

รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY CONSTRUCTION

พ.ศ.2569

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

DEPARTMENT OF HIGHWAYS, MINISTRY OF TRANSPORT

รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY CONSTRUCTION

พ.ศ.2569

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

DEPARTMENT OF HIGHWAYS, MINISTRY OF TRANSPORT

คำนำ

การควบคุมงานก่อสร้างซึ่งเป็นงานหลักของกรมทางหลวงนั้น จำเป็นต้องมีรายการละเอียดการควบคุมการก่อสร้างทาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบงานด้านนี้ ซึ่งจะทำให้การควบคุมงานก่อสร้างทางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน

ในการนี้กรมทางหลวงได้แต่งตั้งคณะกรรมการปรับปรุงและแก้ไขข้อกำหนด รายการรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง (Specifications for Highway Construction) เล่มที่ 1 และ 2 ปี พ.ศ. 2535 โดยได้พิจารณาแก้ไข ปรับปรุงมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ จากรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงฉบับเดิม ให้เหมาะสมกับสภาวการณ์ต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป

สำหรับรายการรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 6 ส่วนคือ งานดินและวัสดุคัดเลือก (EARTHWORK AND SELECTED MATERIALS) งานรองพื้นทางและพื้นทาง (SUBBASE AND BASE COURSES) งานผิวทาง (SURFACE COURSES) งานธรณีเทคนิค (GEOTECHNICS) งานโครงสร้าง (STRUCTURES) และงานเบ็ดเตล็ด (MISCELLANEOUS) กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมและดำเนินงานก่อสร้างทางหลวงให้ถูกต้อง ตามหลักวิชาการ มีประสิทธิภาพ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน อันจะช่วยยกระดับคุณภาพงานก่อสร้างทางหลวงให้มีความมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัย และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชน

(นายปิยพงษ์ จิวัฒนกุลไพศาล)

อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญ

ส่วนที่ 1 งานดิน และวัสดุคัดเลือก 1

1.1 งานถางป่าและขุดตอ 2

1.2 งานตัดคันทาง 4

1.3 งานถมคันทาง 7

1.3.1 งานดินถมคันทาง 7

1.3.2 งานทรายถมคันทาง 8

1.3.3 งานหินถมคันทาง 9

1.4 งานวัสดุคัดเลือก 10

1.4.1 งานวัสดุคัดเลือก ข 10

1.4.2 งานวัสดุคัดเลือก ก 11

ส่วนที่ 2 งานรองพื้นทางและพื้นทาง 12

2.1 งานรองพื้นทาง 13

2.1.1 งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม 13

2.1.2 งานรองพื้นทางดินซีเมนต์ 14

2.2 งานพื้นทาง 15

2.2.1 งานพื้นทางหินคลุก 15

2.2.2 งานพื้นทางกรวดโม่ 16

2.2.3 งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ 17

2.2.4 งานพื้นทางดินซีเมนต์ 18

2.2.5 งานพื้นทางหินคลุกปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ 19

2.3 การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ 20

2.4 งานไหล่ทางวัสดุมวลรวม 21

2.5 งานวัสดุรองใต้ผิวทางคอนกรีต 22

2.5.1 งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต 22

2.5.2 งานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต 23

2.6 งานรื้อชั้นทางเดิมและก่อสร้างใหม่ 24

2.7 งานผิวทางวัสดุมวลรวม 26

ส่วนที่ 3 งานผิวทาง 30

3.1 งานลาดแอสฟัลต์ PRIME COAT 31

3.2 งานลาดแอสฟัลต์ TACK COAT 32

3.3 งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ 33

3.4 งานผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัม 34

3.5 งานแอสฟัลต์คอนกรีต 35

3.6 งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 36

3.7 งานผิวแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ 37

3.8 งานผิวแบบสเลอรีซีล 38

3.9 งานผิวแบบเคพซีล 39

3.10 งานผิวทางซีเมนต์คอนกรีต 40

ส่วนที่ 4 งานธรณีเทคนิค 41

4.1 งานเสาเข็มดินซีเมนต์ 42

4.2 งานเร่งการทรุดตัวของดินด้วยแผ่นระบายน้ำแนวดิ่ง 44

4.3 งานกำแพงดินเสริมกำลัง 47

4.4 กำแพงกล่องลวดบรรจุหิน 49

4.5 งานพ่นคอนกรีต 51

4.6 งานลาดดินตัดเสริมกำลังแบบสลักยึดดิน 53

4.7 สลักเกลียวยึดหิน 55

ส่วนที่ 5 งานโครงสร้าง 58

5.1 งานโครงสร้างคอนกรีต 59

5.1.1 วัสดุ 59

5.1.2 การทดสอบวัสดุ 62

5.1.3 ส่วนผสมคอนกรีต 65

5.1.4 การควบคุมคุณภาพของคอนกรีต 83

5.1.5 การชั่งตวงวัสดุ 85

5.1.6 การผสมคอนกรีต 88

5.1.7 อุณหภูมิของคอนกรีตสด 90

5.1.8 การขนส่งคอนกรีต 91
5.1.9 การเทคอนกรีต 92
5.1.10 การทำให้คอนกรีตแน่น 96
5.1.11 การบ่มคอนกรีต 96
5.1.12 งานเหล็กเสริมธรรมดา 98
5.1.13 งานเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตอัดแรง 103
5.1.14 แบบหล่อคอนกรีต ค้ำยัน นั่งร้าน และโครงสร้างชั่วคราว 110
5.1.15 งานฐานราก 112
5.1.16 สารยึดอีพ็อกซีเรซินสำหรับคอนกรีต 115
5.1.17 วัสดุสำหรับใส่รอยต่อ 116
5.2 งานสะพานคอนกรีต 118
5.2.1 ก่อนเริ่มดำเนินการ 118
5.2.2 การดำเนินงานฐานราก 119
5.2.3 งานตอม่อ, คาน, พื้น และโครงสร้างอื่น ๆ 122
5.2.4 งานแผ่นยางรองรับพื้นสะพานตามแนวคาน 122
5.3 งานก่อสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูปด้วย LAUNCHING GANTRY (LG) 123
5.4 งานก่อสร้างสะพานวิธีคานยื่นสมดุลหล่อในที่ 126
5.5 งานก่อสร้างสะพานคานขึง 129
5.6 งานก่อสร้างสะพานแขวน 132
5.7 งานก่อสร้างสะพานเหล็ก 134
5.8 งานก่อสร้างทางลอด 137
5.9 งานก่อสร้างอุโมงค์และระบบค้ำยัน 143
5.10 งานท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก 148
5.11 งานท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก 149

ส่วนที่ 6 งานเบ็ดเตล็ด 150

6.1 งานป้องกันการพังทลายตามเชิงลาด 151

6.2 งานโครงสร้างเบ็ดเตล็ด 153

6.3 งานขอบคันหินและรางตื้น 154

6.4 งานทางเท้า 155

6.5 งานปลูกหญ้า 156

6.6 งานดินคลุมผิว 158

6.7 งานราวกันอันตราย 159

6.8 งานเครื่องหมายและหลักนำทาง 160

6.9 งานศาลาผู้โดยสารรถประจำทาง 162

ส่วนที่ 1 งานดิน และวัสดุคัดเลือก
(EARTHWORK AND SELECTED MATERIALS)

1.1 งานถางป่าและขุดตอ (CLEARING AND GRUBBING)

หมายถึง การกำจัดต้นไม้ พุ่มไม้ ตอไม้ ขยะ วัชพืช และสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่น โครงสร้าง หรือสิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ เพื่อประโยชน์แก่การก่อสร้างและหรืออาจยังความเสียหายให้แก่ความมั่นคงแข็งแรงของคันทางที่จะก่อสร้างใหม่ สำหรับวัสดุอุปกรณ์และสิ่งของที่เกี่ยวกับงานทางของกรมทางหลวงที่มีอยู่เดิม และจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายออก จะต้องทำการรื้อถอน และเคลื่อนย้ายด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดความเสียหาย และนำไปไว้ ณ สถานที่ที่กำหนดให้

งานในรายการนี้ให้หมายรวมถึง การเกลี่ยแต่ง และกำจัดเศษวัสดุก่อสร้างในบริเวณงานก่อสร้าง เมื่องานแล้วเสร็จ ให้สะอาดเรียบร้อย และไม่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ

ในการก่อสร้าง บูรณะและปรับปรุงทางหลวง ที่ผ่านพื้นที่ของเขตป่าไม้ เช่น เขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ เขตสงวนพันธุ์สัตว์ป่า เขตป่าสงวนคุ้มครอง เขตป่าที่จัดสรรเพื่อเกษตรกรรม เป็นต้น รวมทั้งเขตสงวนของส่วนราชการอื่น ให้ทำการถางป่าและขุดตอเฉพาะบริเวณที่จะก่อสร้างคันทาง เว้นแต่ในกรณีที่จำเป็นก็ให้ดำเนินการภายในเขตทางเท่านั้น ในการนี้ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบหรือเงื่อนไขของกรมป่าไม้ หรือส่วนราชการที่เกี่ยวข้องกับการนั้น ๆ ด้วย

1.1.1 วิธีการก่อสร้าง (Construction Method)

การถางป่าและขุดตอโดยทั่วไปให้ทำภายในเขตทาง หรือตามที่กำหนดในแบบในบริเวณ ซึ่งจะทำการก่อสร้างคันทาง คูข้างทาง และการขุดเพื่อก่อสร้างงานโครงสร้าง จะต้องถางป่าและขุดตอ (Cleared and Grubbed) ให้เรียบร้อย

การขุดเพื่อก่อสร้างงานโครงสร้าง ให้ขุดตอ ราก และอื่น ๆ ออกต่ำกว่าระดับสุดท้าย ตามรูปตัดไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร บริเวณที่จะก่อสร้างคันทางให้ขุดตอ ราก และอื่น ๆ ออก ต่ำกว่าระดับดินเดิมไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร ในกรณีซึ่งทำดินคันทางสูงกว่าระดับดินเดิม มากกว่า 600 มิลลิเมตร ให้ตัดต้นไม้และตอไม้จนชิดใกล้ระดับดินเดิมให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ต้นไม้บางต้นที่อยู่นอกคันทาง หรือนอกเชิงลาดงานตัดคันทาง ที่ไม่อยู่ในพื้นที่การมองเห็นหยุดรถปลอดภัย (Stopping Sight Distance) ให้คงไว้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ส่วนของต้นไม้ที่ให้คงไว้นั้นถ้ายื่นเข้าไปเหนือผิวจราจร และสูงกว่าระดับ ก่อสร้างน้อยกว่า 6 เมตร ให้ตัดออกให้เรียบร้อยโดยให้เหลือโคนกิ่งติดลำต้นยาวไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ผู้รับจ้างต้องระมัดระวังและป้องกันไม่ให้ต้นไม้ที่คงไว้เกิดความเสียหายตลอดระยะเวลาการก่อสร้าง

วัสดุ ซึ่งเกิดจากการถางป่าและขุดตอ ให้นำไปทิ้ง ณ บริเวณที่ไม่กีดขวางการระบายน้ำ หรือบริเวณซึ่งผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ภายหลังเมื่องานก่อสร้างทางแล้วเสร็จเรียบร้อย ให้ทำการเกลี่ยแต่งกลบหลุมบ่อ และ กำจัดเศษวัสดุก่อสร้างให้สะอาดเรียบร้อยด้วย

1.1.2 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน (Measurement & Payment)

งานถางป่าและขุดตอเป็นงานราคาต่อหน่วย (Unit Cost) หรืองานเหมาจ่าย (Lump Sum) ตามแต่ที่กำหนดในสัญญา

1.1.2.1 วิธีการวัดปริมาณงาน (Quantity Measurement)

การวัดปริมาณงาน ให้วัดปริมาณจากพื้นที่ทางราบ (Projected Area) ตามที่ได้ทำการจริงตามแนวตั้งฉากและขนานกับแนวศูนย์กลางทาง

1.1.2.1.1 แบบราคาต่อหน่วย (Unit Cost) ให้วัดปริมาณงานเป็นพื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

1.1.2.1.2 แบบเหมาจ่าย (Lump Sum) ให้วัดปริมาณงานเป็นร้อยละของปริมาณที่คาดว่า จะต้องทำงานทั้งหมด

1.1.2.2 วิธีการจ่ายค่างาน (Payment)

การจ่ายค่างานในรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับงานจนแล้วเสร็จเรียบร้อยในราคาตามสัญญา โดยให้แบ่งจ่ายเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ร้อยละแปดสิบ (80) ของปริมาณงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด จ่ายเมื่อส่งงานในงวดนั้น ๆ

ส่วนที่ 2 ร้อยละยี่สิบ (20) ของปริมาณแล้วเสร็จแต่ละงวด จ่ายเมื่อได้ทำการเกลี่ยแต่ง และกำจัดเศษวัสดุเมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean-up)

1.2 งานตัดคันทาง (ROADWAY EXCAVATION)

หมายถึง การขุดดินเดิมหรือคันทางเดิมเพื่อให้เป็นคันทาง หรือส่วนของงานทาง หรือเพื่อประโยชน์แก่งานทาง ได้รูปร่าง ระดับ และแนว ตามที่แสดงไว้ในแบบ โดยวัสดุที่ขุดออกนี้ อาจจะนำไปใช้หรือนำไปทิ้งเสีย และหมายรวมถึงการขุดคุ้ย คลุกเคล้า เกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ความราบเรียบและได้ความแน่นตามที่กำหนด

1.2.1 วัสดุ (Material)

งานตัดคันทางแบ่งตามประเภทของวัสดุและวัตถุประสงค์ของการตัดออกเป็น 5 ประเภท ดังต่อไปนี้

1.2.1.1 งานตัดดิน (Earth Excavation)

งานตัดดิน หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดนั้นเป็นวัสดุดินทั่ว ๆ ไป ซึ่งไม่ได้จำแนกเป็นประเภทตาม ข้อ 1.2.1.2 - ข้อ 1.2.1.5 หรือไม่ได้กำหนดในแบบเป็นอย่างอื่น

1.2.1.2 งานตัดหินผุ (Soft Rock Excavation)

งานตัดหินผุ หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดขึ้นเป็นหินผุ ซึ่งจะพิสูจน์ทราบได้ โดยใช้รถดันดินตีนตะขาบ (Crawler Tractor) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ใบคราด (Ripper) มีขนาดกำลังเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 270 แรงม้า อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีโดยมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 28 เมตริกตัน จึงจะสามารถขุดออกได้ หรือวิธีการอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง ส่วนการดำเนินการขุดหินผุหลังจากการพิสูจน์ทราบแล้วจะใช้เครื่องจักรกลชนิดใดก็ได้

1.2.1.3 งานตัดหินแข็ง (Hard Rock Excavation)

งานตัดหินแข็ง หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดนั้นเป็นหินแข็งหรือวัสดุเป็นประเภทหินลอย (Boulder) ซึ่งมีขนาดก้อนละตั้งแต่ 0.75 ลูกบาศก์เมตรขึ้นไป ซึ่งต้องใช้วิธีการเจาะและระเบิด (Drilling & Blasting) หรือวิธีการอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง

1.2.1.4 งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม (Unsuitable Material Excavation)

งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม หมายถึง งานขุดวัสดุที่มีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างนอกคันทางเดิมแต่อยู่ภายในขอบเขตของคันทางใหม่ อันได้แก่ เศษวัสดุต่าง ๆ ดินเลน ดินอินทรีย์ วัสดุไม่พึงประสงค์หรือวัสดุที่มีคุณภาพต่ำกว่าชั้นทางนั้น ๆ แต่ไม่รวมถึงวัสดุที่จัดเข้าประเภทตามข้อ 1.2.1.5

1.2.1.5 งานขุดบริเวณดินอ่อน (Soft Material Excavation)

งานขุดบริเวณดินอ่อน หมายถึง งานตัดคันทางโดยขุดวัสดุในบริเวณคันทางเดิมซึ่ง อ่อนตัว และไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ เพื่อเปลี่ยนวัสดุใหม่ที่มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้มาแทนที่

1.2.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ (Equipment)

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมกับงานตัดคันทางแต่ละประเภทและได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานให้ใช้งานได้

1.2.3 วิธีการก่อสร้าง

1.2.3.1 งานตัดคันทาง ต้องตัดให้ได้ตามรูปแบบ ระดับ และแนวตามที่แสดงไว้ในแบบ หรือตามที่ผู้ควบคุมงานกำหนด ในกรณีที่ดินเดิมแบ่งเป็นชั้น ๆ แต่ละประเภทวัสดุ ให้ทำการตัดโดยการเปลี่ยนลาดดินตัด (Back Slope) และมีพักลาดดินตัด (Step) ตามที่แสดงรายละเอียดไว้ในแบบ โดยลาดดินตัดจะต้องแต่งให้ประณีตเรียบร้อยปราศจากวัสดุแตกหลุดซึ่งอาจเลื่อนไหลลงมาได้

1.2.3.2 วัสดุที่ตัดออกนอกเหนือจากส่วนที่นำไปใช้แล้ว จะต้องขนไปทิ้งในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดไว้ในแบบ หรือในบริเวณพื้นที่เหมาะสม ตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร โดยให้มีสภาพเรียบร้อยไม่เป็นอุปสรรคและกีดขวางทางระบายน้ำใด ๆ หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหาย ใด ๆ แก่งานทาง และทรัพย์สินของกรมทางหลวงและผู้อื่น

1.2.3.3 ในกรณีที่จะนำวัสดุที่ตัดออกไปใช้กับงานส่วนอื่น จะต้องทำการถางป่าและขุดตอให้สะอาดเรียบร้อยก่อนเริ่มงานตัดคันทาง เพื่อไม่ให้มีวัชพืชหรือสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ปะปน ไปกับวัสดุที่จะนำไปใช้

1.2.3.4 การตัดทำชั้นดินคันทาง เมื่อตัดถึงระดับงานดิน (Finished Subgrade) ถ้าวัสดุมีคุณภาพ ใช้ได้ ให้ขุดคุ้ย (Scarify) ลึก 150 มิลลิเมตร แล้วคลุกเคล้าเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้รูปร่าง ระดับ แนว และความแน่น ตามที่กำหนดและแสดงไว้ในแบบ

การดำเนินการใต้ระดับงานดินนี้ ให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานตัดคันทางโดยจะไม่วัด จ่ายค่างานให้ หากวัสดุที่ตัดถึงระดับงานดินเป็นดินที่มีคุณภาพใช้ไม่ได้ตามข้อกำหนดให้ตัดลงไปอีก 150 มิลลิเมตร หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ แล้วเกลี่ยแต่ง บดทับให้แน่น ตามที่กำหนดและแสดงไว้ในแบบ

1.2.4 การตรวจสอบ (Construction Control)

1.2.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ (Elevation Check)

งานตัดคันทางเฉพาะที่ทำชั้นดินคันทาง จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

1.2.4.2 การทดสอบความแน่นของการบดทับ (Field Density Test)

เฉพาะงานตัดคันทางที่วัสดุชั้นทางเดิมเป็นดิน ต้องบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างดินเก็บจากหน้างานในสนามหลังจากคลุกเคล้า ผสม และปูบนถนนแล้ว ตาม ทล.-ท. 107 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน”

การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการทดสอบ ตาม ทล.-ท. 603 “วิธีการ ทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจรหรือประมาณพื้นที่ 700 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง หรือทดสอบความแน่นด้วยวิธีการอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

สำหรับกรณีวัสดุเป็นหินผุ หรือหินแข็ง ให้บดทับแน่น โดยได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

1.2.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัด และการคำนวณหาปริมาณตัดคันทาง ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตร (Volume) โดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่ทำงานถางป่า ขุดตอ และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ (Co-Ordinate Method) และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด (Average End Area Method) ในการคำนวณหาปริมาตรของงานตัดคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศภูเขา หรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้น ระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

1.2.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

1.3 งานถมคันทาง (EMBANKMENT)

1.3.1 งานดินถมคันทาง (EARTH EMBANKMENT)

หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) เพื่อถมขยายคันทาง รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุเป็นงานรายการอื่นโดยการจัดหาดินหรือวัสดุอื่นใดที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้วมาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 102 มาตรฐานดินถมคันทาง

1.3.1.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานดินถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

1.3.1.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดและการคำนวณหาปริมาณงานของงานดินถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็น ปริมาตร โดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ หรือการเกลี่ยแต่งคันทางเดิม หรือการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดเพื่อขยายคันทางและหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานดินถมคันทาง โดยใช้ระยะทาง ตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้นระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่าง ๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กรณีงานดินถมคันทางแทนที่งานขุดบริเวณดินอ่อน ให้คำนวณจากความกว้าง ยาว และลึกตามที่ทำการก่อสร้าง

1.3.1.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

1.3.2 งานทรายถมคันทาง (SAND EMBANKMENT)

หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได เพื่อถมขยายคันทาง รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุเป็นงานรายการอื่นด้วยทรายที่มี คุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว มาถมเป็นคันทาง โดยการ เกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 103 มาตรฐานทรายถมคันทาง

1.3.2.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานทรายถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

1.3.2.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัด และการคำนวณหาปริมาณงานของงานทรายถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตรโดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ หรือการเกลี่ยแต่งคันทางเดิมหรือการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดเพื่อขยายคันทาง และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานทรายถมคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานที่ต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้นระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วย ท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่าง ๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กรณีงานทรายถมคันทางแทนที่งานขุดบริเวณดินอ่อน ให้คำนวณจากความกว้าง ยาว และลึกตามที่ทำการก่อสร้าง

1.3.2.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

1.3.3 งานหินถมคันทาง (ROCK EMBANKMENT)

หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได เพื่อถมขยายคันทางด้วยวัสดุหินที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว มาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 104 มาตรฐานหินถมคันทาง

1.3.3.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานหินถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างตามแบบ มีค่าระดับโดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้ว มีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 25 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำ ทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

1.3.3.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดและคำนวณหาปริมาณงานของงานหินถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตร โดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานหินถมคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้น ระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูก แทนที่ด้วยท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่าง ๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

1.3.3.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

1.4 งานวัสดุคัดเลือก (SELECTED MATERIAL)

1.4.1 งานวัสดุคัดเลือก ข. (SELECTED MATERIAL B)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ข. บนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 209 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ข.

1.4.1.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานวัสดุคัดเลือก ข. ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

1.4.1.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ข. ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

1.4.1.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้าง ให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

1.4.2 งานวัสดุคัดเลือก ก. (SELECTED MATERIAL A)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. บนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุมวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้ แนวระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 208 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ก.

1.4.2.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานวัสดุคัดเลือก ก. ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

1.4.2.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ก. ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

1.4.2.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

ส่วนที่ 2 งานรองพื้นทางและพื้นทาง
(SUBBASE AND BASE COURSES)

2.1 งานรองพื้นทาง (SUBBASE)

2.1.1 งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (SOIL-AGGREGATE SUBBASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และ รูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 205 มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

2.1.1.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.1.1.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.1.1.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.1.2 งานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (SOIL CEMENT SUBBASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยดินผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับและการทดสอบความต้านแรงอัด อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 206 มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์

2.1.2.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานรองพื้นทางดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.1.2.2 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับทดสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบความต้านแรงอัด ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

2.1.2.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.2 งานพื้นทาง (BASE)

2.2.1 งานพื้นทางหินคลุก (CRUSHED ROCK SOIL AGGREGATE TYPE BASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุหินคลุกที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 201 มาตรฐานพื้นทางหินคลุก

2.2.1.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางหินคลุกที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.2.1.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพื้นทางหินคลุก ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับ ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.2.1.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จ แต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.2.2 งานพื้นทางกรวดโม่ (CRUSHED GRAVEL SOIL AGGREGATE TYPE BASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุกรวดโม่มวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 202 มาตรฐานพื้นทางกรวดโม่

2.2.2.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางกรวดโม่ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.2.2.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพื้นทางกรวดโม่ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.2.2.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จ แต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.2.3 งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยหินคลุกผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับและการทดสอบความต้านแรงอัด อ้างอิงตามมาตรฐานงานทาง ที่ ทล.-ม. 203 มาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์

2.2.3.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.2.3.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบ ค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบความต้านแรงอัดถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

2.2.3.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างาน ตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.2.4 งานพื้นทางดินซีเมนต์ (SOIL CEMENT BASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยดินผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนวระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ ดินซีเมนต์นี้อาจมีปูนขาวผสมด้วยก็ได้

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับและการทดสอบความต้านแรงอัด อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์

2.2.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.2.4.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบความต้านแรงอัดถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.2.4.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการ ก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.2.5 งานพื้นทางหินคลุกปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ (CEMENT TREATED BASE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยหินคลุกผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนวระดับและรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมพื้นทางหินคลุกปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับและการทดสอบความต้านแรงอัด อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 214 มาตรฐานพื้นทางหินคลุกปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

2.2.5.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางหินคลุกปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.2.5.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพื้นทางหินคลุกปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบความต้านแรงอัดถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.2.5.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างาน ตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.3 การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (PAVEMENT RECYCLING)

หมายถึง การนำวัสดุจากชั้นทางเดิมมาปรับปรุงคุณภาพแล้วนำไปใช้งานใหม่โดยให้มีคุณภาพตามรูปแบบและข้อกำหนด

การใช้งาน วัสดุ การออกแบบปรับปรุงชั้นทางเดิม เครื่องจักรเครื่องมือใช้ในการก่อสร้าง การตรวจสอบเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ก่อนการก่อสร้าง การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง การก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับและการทดสอบความต้านแรงอัด การอำนวยการจราจรระหว่างก่อสร้าง การตรวจตราซ่อมบำรุงระหว่างก่อสร้าง ข้อแนะนำและข้อควรระวัง อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 213 มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่

2.3.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.3.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบความต้านแรงอัดถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.3.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.4 งานไหล่ทางวัสดุมวลรวม (SOIL-AGGREGATE SHOULDER)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นไหล่ทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุมวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และ รูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 207 มาตรฐานไหล่ทางวัสดุมวลรวม

2.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานไหล่ทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.4.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานไหล่ทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.4.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.5 งานวัสดุรองใต้ผิวทางคอนกรีต

(MATERIAL TO CONTROL PUMPING UNDER CONCRETE PAVEMENT)

2.5.1 งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีตบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้ เตรียมไว้แล้วด้วยทรายที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 211 มาตรฐานชั้นทรายรองถนนคอนกรีต

2.5.1.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.5.1.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.5.1.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.5.2 งานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีตบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุหินคลุกที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับ ให้ได้ แนว ระดับ และรูปร่างตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความแน่นของการบดทับ อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 212 มาตรฐานชั้นหินคลุกรองถนนคอนกรีต

2.5.2.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.5.2.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบด อัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.5.2.3 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.6 งานรื้อชั้นทางเดิมและก่อสร้างใหม่

(SCARIFICATION & RECONSTRUCTION OF EXISTING PAVEMENT)

หมายถึง การรื้อชั้นทางเดิม เช่น ชั้นรองพื้นทาง พื้นทาง ผิวทาง ฯลฯ และคัดวัสดุที่ใช้ไม่ได้หรือวัสดุที่ไม่ต้องการออกแล้วทำการคลุกเคล้า เกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ รูปร่างและความแน่นตามที่กำหนด

2.6.1 วัสดุ

ใช้วัสดุเดิมที่รื้อออกมาแล้วคัดวัสดุที่ใช้ไม่ได้หรือวัสดุที่ไม่ต้องการออก แล้วย่อยส่วนที่ใช้ได้ให้แตกโดยมีก้อนโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.6.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.6.3 วิธีการก่อสร้าง

ให้ทำการรื้อชั้นทางเดิมออกจนถึงระดับความลึกอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร ตลอดความกว้างของชั้นนั้นหรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ และในระหว่างการรื้อชั้นทางเดิมจะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างทาง และสาธารณูปโภคอื่น ๆ

ทำการบดย่อยวัสดุที่รื้อออก พร้อมทั้งคัดวัสดุที่ใช้ไม่ได้ หรือวัสดุที่ไม่ต้องการออกให้หมดแล้วคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันพร้อมทั้งพรมน้ำให้ได้ความชื้นพอเหมาะ แล้วทำการบดทับให้ได้รูปร่างราบเรียบและความแน่นตามที่กำหนด

2.6.4 การทดสอบความแน่นของการบดทับ

ความแน่นที่บดทับเรียบร้อยแล้วจะต้องได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุเก็บจากหน้างานสนาม หลังจากคลุกเคล้า ผสมและปูลงบนถนนแล้ว ตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 603 “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง หรือทดสอบความแน่นด้วยวิธีการอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

2.6.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรื้อชั้นทางเดิมและก่อสร้างใหม่ ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริง ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

2.6.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.7 งานผิวทางวัสดุมวลรวม (SOIL-AGGREGATE TEMPORARY SURFACE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นผิวทางบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.7.1 วัสดุ

วัสดุมวลรวมต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเชื่อมประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่น ๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานแล้ว หากมีส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งหรือยึดเกาะกัน มีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไป หรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้ทำชั้นผิวทางวัสดุมวลรวม จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 60

(2) มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” ต้องมีขนาดหนึ่งขนาดใดตามตารางที่ 2.7-1

(3) มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 102 “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 35

(4) มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 103 “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ระหว่างร้อยละ 4 ถึงร้อยละ 11

(5) มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

(6) กรณีใช้วัสดุมากกว่า 1 ชนิดผสมกันเพื่อให้ได้คุณภาพถูกต้อง วัสดุแต่ละชนิดจะต้องมีขนาดคละสม่ำเสมอและเมื่อผสมกันแล้ว จะต้องมีลักษณะสม่ำเสมอและได้คุณภาพตามข้อกำหนด ทั้งนี้จะต้องขอรับอนุญาตให้ใช้ได้จากผู้ควบคุมงานก่อน

ตารางที่ 2.7-1 ขนาดคละของผิวทางวัสดุมวลรวม

ขนาดตะแกรง		ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล			
มิลลิเมตร (นิ้ว)		A	B	C	D
50	(2)	100	100	-	-
25.0	(1)	-	-	100	100
9.5	(3/8)	30-65	40-75	50-85	60-100
2.00	(เบอร์ 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
0.425	(เบอร์ 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
0.075	(เบอร์ 200)	2-8	5-20	5-15	5-20

2.7.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.7.3 วิธีการก่อสร้าง

2.7.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นชั้นผิวทางวัสดุมวลรวม จะต้องถูกคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอกัน (Uniform) แล้วกองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร ไว้เพื่อการทดสอบคุณภาพก่อน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

วัสดุมวลรวมจากกองวัสดุในแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานผิวทาง หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้ โดยตรงให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

สำหรับวัสดุมวลรวมที่ได้จากแหล่งหลาย ๆ แห่ง ซึ่งผ่านการทดสอบว่าใช้ได้แล้ว ถ้าจะนำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งเป็นแต่ละช่วงไป ช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่ผู้ควบคุมงานกำหนด ถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานผิวทางก็ให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งออกจากกันในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากกองวัสดุในแหล่ง ก็ให้

กองวัสดุเป็นกอง ๆ แยกกันไปแต่ละแหล่งแล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำวัสดุมวลรวมที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพ มาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

การตักวัสดุมวลรวมออกจากกอง และการขนส่งวัสดุมวลรวม จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัว ให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นผิวทาง จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานแล้ว

2.7.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังที่ได้ดำเนินการตามข้อ 2.7.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นผิวทางให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมวลรวมจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่เกลี่ยวัสดุมวลรวม คลุกเคล้าผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกันผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

2.7.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นผิวทางวัสดุมวลรวมให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นผิวทางวัสดุมวลรวม ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200-500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างเม็ดวัสดุที่ผิวหน้าของผิวทางวัสดุมวลรวมแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของผิวทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด ผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างผิวทางวัสดุมวลรวมหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

ผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังจากผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข จนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.7.4 การตรวจสอบค่าระดับ

งานผิวทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบค่าระดับด้วยกล้องระดับแล้วมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

2.7.5 การทดสอบความแน่นของการบดทับ

งานผิวทางวัสดุมวลรวมจะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด ที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุมวลรวมเก็บจาก หน้างานในสนาม หลังจากคลุกเคล้าผสมและปูลงบนถนนแล้วตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 603 “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง หรือทดสอบความแน่นด้วยวิธีการอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

2.7.6 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.7.7 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

ส่วนที่ 3 งานผิวทาง

(SURFACE COURSES)

3.1 งานลาดแอสฟัลต์ PRIME COAT

หมายถึง การลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลว ลงบนพื้นทางที่เตรียมไว้ และได้ตกแต่งปรับปรุงถูกต้องแล้ว เพื่อให้แอสฟัลต์ซึมลงไปในช่องว่างของพื้นทางทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ความชื้นผ่าน และเป็นตัวยึดเหนี่ยวให้พื้นทางเชื่อมต่อกับพื้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต รองผิวทาง หรือผิวทาง

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่นๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 402 มาตรฐานการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat

3.1.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.1.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.2 งานลาดแอสฟัลต์ TACK COAT

หมายถึง การลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลวลงบน ผิวทางเดิม พื้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตรองผิวทาง หรือPrime Coat เดิมที่แอสฟัลต์แห้งจนไม่สามารถเป็นตัวยึดเหนี่ยวได้

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่นๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 403 การลาดแอสฟัลต์ Tack Coat

3.2.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานลาดแอสฟัลต์ Tack Coat ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.2.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.3 งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ (SURFACE TREATMENT)

หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยการลาดแอสฟัลต์และเกลี่ยวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับ โดยจะก่อสร้างเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้น บนชั้นพื้นทางที่ได้ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว หรือบนพื้นที่อื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่นๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 401 ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ มาตรฐานที่ ทล.-ม. 406 ผิวแบบชิพซีล

3.3.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.3.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

สำหรับงานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น สามารถแบ่งจ่ายได้โดยเมื่อทำงานชั้นแรกแล้วเสร็จให้จ่ายได้ร้อยละ 50

3.4 งานผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัม (PENETRATION MACADAM)

หมายถึง การก่อสร้างผิวทางเป็นชั้น ๆ โดยการปูหินย่อยหรือกรวดย่อยที่ได้บดทับและลาดทับด้วยแอสฟัลต์ บนพื้นทางที่ได้ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว หรือบนพื้นที่อื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่นๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 404 ผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัม

3.4.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัมให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.4.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.5 งานแอสฟัลต์คอนกรีต (ASPHALT CONCRETE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทาง ปรับระดับ รองผิวทาง ผิวทางหรือไหล่ทางด้วยวัสดุผสมที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ให้ได้แนวและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่นๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408 แอสฟัลต์คอนกรีต มาตรฐานที่ ทล.-ม. 409 มอดิฟายด์แอสฟัลต์คอนกรีต มาตรฐานที่ ทล.-ม. 410 Asphalt Hot-Mix Recycling มาตรฐานที่ ทล.-ม. 414 พอรัสแอสฟัลต์คอนกรีต หรือมาตรฐานที่ ทล.-ม. 416 แอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

3.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดเรียบร้อยแล้ว มีหน่วยวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบ ซึ่งมีวิธีการวัดแต่ละหน่วยวัดดังนี้

(1) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยน้ำหนัก การวัดปริมาณงานแบบนี้ ใช้วิธีการชั่งหาน้ำหนักแอสฟัลต์คอนกรีตที่นำไปปูบนชั้นทางใด ๆ โดยการชั่งจากเครื่องชั่งที่ได้มาตรฐานผ่านการรับรอง และถูกต้องตลอดระยะเวลาที่ใช้งานโดยสามารถบันทึกน้ำหนักตีพิมพ์ออกมาได้โดยอัตโนมัติ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตริกตัน

(2) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยพื้นที่ การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

(3) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยปริมาตร การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้ทำการวัดโดยการตรวจสอบค่าระดับก่อนการก่อสร้าง และเมื่อก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตถูกต้องตามข้อกำหนดแล้วโดยใช้ระยะตามแนวตั้งฉากกับศูนย์กลางทางทุกระยะ 1 เมตร หรือน้อยกว่า และระยะตามแนวศูนย์กลางทางทุกระยะ 12.50 เมตร หรือน้อยกว่า ตามดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตร ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.6 งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (ASPHALT CONCRETE SURFACE EDGE)

หมายถึง การก่อสร้างขอบผิวทางด้วยวัสดุที่ได้จากการผสมร้อน ระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้วไปพร้อมกับชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ได้แนวและรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ เป็นไปตามข้อ 3.5 งานแอสฟัลต์คอนกรีต

3.6.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดแล้ว ซึ่งมีวิธีการวัดแต่ละหน่วยวัดดังนี้

(1) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยความยาว การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้วัดจากความยาวตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตร

(2) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยพื้นที่ การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.6.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.7 งานผิวแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ (COLD MIXED ASPHALT)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นปรับระดับ รองผิวทาง หรือผิวทาง ด้วยวัสดุผสมที่ได้จากการผสมเย็นระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้วให้ได้แนว และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่น ๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 407 วัสดุมวลรวมผสมเย็นด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน

3.7.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวทางแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบ และข้อกำหนดเรียบร้อยแล้ว มีหน่วยวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบ ซึ่งมีวิธีการวัดแต่ละหน่วยวัด ดังนี้

(1) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยน้ำหนัก การวัดปริมาณงานแบบนี้ใช้วิธีการชั่งหาน้ำหนักโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ที่นำไปปูบนชั้นทางใด ๆ โดยการชั่งจากเครื่องชั่งที่ได้มาตรฐาน ผ่านการรับรอง และถูกต้องตลอดระยะเวลาที่ใช้งาน โดยสามารถบันทึกน้ำหนัก ตีพิมพ์ออกมาได้โดยอัตโนมัติ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตริกตัน

(2) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยพื้นที่ การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

(3) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยปริมาตร การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้ทำการวัดโดยการตรวจสอบค่าระดับก่อนการก่อสร้าง และเมื่อก่อสร้างผิวทางแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ถูกต้องตามข้อกำหนดแล้ว โดยใช้ระยะตามแนวตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางทุกระยะ 1 เมตร หรือน้อยกว่า และระยะตามแนวศูนย์กลางทางทุกระยะ 12.50 เมตร หรือน้อยกว่า ตามดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตร ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.7.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้ว เสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.8 งานผิวแบบสเลอรีซีล (SLURRY SEAL)

หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยส่วนผสมของมวลรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยการฉาบบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่น ๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 405 วิธีการฉาบผิวทางแบบ Slurry Seal มาตรฐานที่ ทล.-ม. 412 วิธีการฉาบผิวทางหรือฉาบชั้นทางแบบไมโครซีล มาตรฐานที่ ทล.-ม. 413 วิธีการฉาบผิวทางแบบไฟโบรซีล หรือมาตรฐานที่ ทล.-ม. 415 วิธีการฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซีล

3.8.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวแบบสเลอรีซีล ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.8.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.9 งานผิวแบบเคพซีล (CAPE SEAL)

หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยการก่อสร้างผิวทางชั้นแรกแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียวบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้ แล้วฉาบด้วยผิวแบบสเลอรีซีลทับลงไปอีก 1 ชั้น หรือ 2 ชั้น

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ วิธีการก่อสร้าง และอื่น ๆ อ้างอิงตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 411 ผิวแบบเคพซีล

3.9.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวแบบเคพซีล ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.9.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

สำหรับงานผิวแบบเคพซีล สามารถแบ่งจ่ายได้โดยเมื่อทำการก่อสร้างผิวทางชั้นแรก (ชั้นเซอร์เฟสทรีตเมนต์) แล้วเสร็จ ให้จ่ายได้ร้อยละ 40

3.10 งานผิวทางซีเมนต์คอนกรีต
(CEMENT CONCRETE PAVEMENT)

หมายถึง การก่อสร้างผิวทางคอนกรีต ทั้งที่เสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก บนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยส่วนผสมคอนกรีตที่มีคุณภาพตามที่กำหนด ให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือ ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต วิธีการก่อสร้าง การทดสอบความต้านแรงของคอนกรีต อ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 309 มาตรฐานถนนซีเมนต์คอนกรีต

3.10.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

3.10.1.1 การวัดปริมาณงานผิวทางซีเมนต์คอนกรีต ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ทั้งนี้ไม่รวมพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยต่อเพื่อขยายตามขวาง ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.10.1.2 การวัดปริมาณงานรอยต่อทุกชนิด ให้วัดจากความยาวตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตร

3.10.2 วิธีการจ่ายค่างาน

3.10.2.1 การจ่ายค่างานผิวทางซีเมนต์คอนกรีตตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.10.2.2 การจ่ายค่างานรอยต่อตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าตัดรอยต่อ ค่าวัสดุ ค่าเครื่องมือ ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

ส่วนที่ 4 งานธรณีเทคนิค (GEOTECHNICS)

4.1 งานเสาเข็มดินซีเมนต์ (Soil Cement Column)

4.1.1 ขอบเขตของงาน

งานเสาเข็มดินซีเมนต์ หมายถึง การก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ด้วยการผสมดินเดิม เข้ากับปูนซีเมนต์และน้ำ (รวมถึงปูนขาวที่อาจผสมด้วย) ให้ได้คุณภาพตามแบบก่อสร้าง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความลึก และคุณสมบัติทางวิศวกรรม ตรงตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้างและสัญญา โดยครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมการ การผสมทดลองในห้องปฏิบัติการ การก่อสร้างจริง และการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพ

4.1.2 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างใช้งานจริงในโครงการผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมเอกสาร และประชุมก่อนเริ่มงาน เพื่อหารือเกี่ยวกับลำดับการก่อสร้าง บุคลากร และอุปกรณ์ หากมีการเปลี่ยนตัวบุคลากรหลักหรือมีการปรับแผนงานอย่างมีนัยสำคัญ ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียมเอกสารและจัดการประชุมใหม่ก่อนเริ่มงานต่อ

4.1.2.1 การสำรวจดิน ผู้รับจ้างต้องเจาะสำรวจชั้นดินเดิมตามแนวสายทางและระดับความลึกที่กำหนด เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และจัดทำรายงานเสนอต่อผู้ควบคุมงาน เพื่อขออนุมัติก่อนเริ่มงาน

4.1.2.2 ผู้รับจ้างต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์การทรุดตัว และเสถียรภาพคันทางเสนอต่อผู้ควบคุมงาน เพื่อขออนุมัติก่อนเริ่มงาน

4.1.2.3 การผสมทดลองในห้องปฏิบัติการ (Lab Mix Design)

ต้องทดสอบผสมดินเดิมกับปูนซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณสารผสมที่เหมาะสม ค่าผลลัพธ์ที่ได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในแบบก่อสร้าง ได้แก่

ค่ากำลังรับแรงเฉือน (Undrained Shear Strength)

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

4.1.2.4 การสอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัดความลึก มาตรวัดอัตราการไหล และเกจวัดแรงดัน ต้องได้รับการสอบเทียบจากสถาบันที่เชื่อถือได้และได้รับการอนุมัติก่อนเริ่มงานก่อสร้าง

4.1.3 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้าง

ระบบควบคุมและบันทึกข้อมูล: เครื่องจักรที่ใช้ต้องติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถบันทึกและรายงานผล (Printout) แสดงปริมาณสารผสม อัตราความเร็วในการหมุน และความลึกของเสาเข็มได้ทันทีในขณะปฏิบัติงาน และส่งรายงานหลังเสร็จสิ้นการเจาะเสาเข็มแต่ละต้น

4.1.3.1 การผสมวัสดุ

1) วิธีแบบเปียก (Wet Mixing) ต้องควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อสารผสม (W/C ratio) ให้เป็นไปตามผลการทดลองผสมที่ได้รับอนุมัติ และต้องใช้สารผสมให้หมดภายในระยะเวลาที่กำหนด

2) วิธีแบบแห้ง (Dry Mixing) ต้องใช้ความดันลมที่เพียงพอและสม่ำเสมอ เพื่อให้สารผสมไหลต่อเนื่องและผสมกับดินเดิมได้อย่างทั่วถึง

3) วิธีฉีดน้ำปูนแรงดันสูง (Jet Grout) ต้องใช้แรงดันที่เพียงพอและควบคุมอัตราการฉีดให้สารผสมกระจายตัว และผสมรวมกับดินเดิมได้อย่างสมบูรณ์ตามขนาดเสาเข็มที่ระบุในแบบ

ความต่อเนื่องในการทำงาน ก้านเจาะต้องมีความยาวเพียงพอต่อความลึกของเสาเข็มที่ระบุในแบบก่อสร้าง และต้องควบคุมความเร็วในการยกก้านเจาะขึ้นให้สัมพันธ์กับอัตราการฉีดสารผสมอย่างสม่ำเสมอ

4.1.4 การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ

4.1.4.1 รูปร่าง ตำแหน่ง และแนว

ตรวจสอบระยะตำแหน่งศูนย์กลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวและระยะห่างระหว่างต้นของเสาเข็มดินซีเมนต์ให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในแบบก่อสร้าง

4.1.4.2 การทดสอบความสมบูรณ์และกำลังรับแรงอัด ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้างและสัญญา ดังนี้

1) การทดสอบความสมบูรณ์และขนาดของเสาเข็ม

2) ค่ากำลังรับแรงอัดของเสาเข็มดินซีเมนต์

3) ค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้จากการทดสอบในสนาม

4.1.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

วัดความยาวของเสาเข็มดินซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างจริง และผ่านการทดสอบคุณภาพเรียบร้อยตามแบบก่อสร้างและสัญญา โดยมีหน่วยวัดเป็นเมตร

4.1.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อให้การก่อสร้างถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.2 งานเร่งการทรุดตัวของดินด้วยแผ่นระบายน้ำแนวดิ่ง

(PREFABRICATED VERTICAL DRAIN)

4.2.1 ขอบเขตของงาน

ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมถึงการจัดหาวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ แรงงาน และการดำเนินการติดตั้งแผ่นระบายน้ำในแนวดิ่ง (Prefabricated Vertical Drain: PVD) พร้อมทั้งแผ่นสมอฝังยึด (Anchor Shoes) ชั้นทรายระบายน้ำ และอุปกรณ์ตรวจวัดเครื่องมือวัดพฤติกรรมดิน ทั้งหมดตามที่ระบุในแบบก่อสร้างหรือสัญญา เพื่อจุดประสงค์ในการเร่งการระบายน้ำออกจากช่องว่างของดินเหนียวอ่อน เพื่อเพิ่มกำลังรับน้ำหนักของดินฐานราก และลดการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้นหลังการก่อสร้าง การถ่วงน้ำหนักเพื่อเร่งการทรุดตัว สามารถใช้การก่อสร้างชั้นทรายถ่วงน้ำหนักและหรือใช้การดูดน้ำเพื่อให้เกิดแรงดันลบ โดยระบบปั๊มและองค์ประกอบรวมถึงวิธีการเชิงเทคนิคให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างก่อสร้าง

4.2.2 ส่วนประกอบและนิยาม

4.2.2.1 Prefabricated Vertical Drain (PVD) วัสดุสังเคราะห์ที่ผลิตสำเร็จรูปมาจากโรงงาน มีลักษณะเป็นแถบแบน ประกอบด้วยแกนกลางพลาสติกที่มีร่องระบายน้ำ ห่อหุ้มด้วยวัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) มีคุณสมบัติตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.2.2.2 แกนระบายน้ำ โครงสร้างพลาสติกปั๊มขึ้นรูป ทำหน้าที่ค้ำยันแผ่นกรองไม่ให้ยุบตัวและเป็นช่องทางให้น้ำไหลผ่านในแนวดิ่ง มีคุณสมบัติตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.2.2.3 แผ่นกรอง แผ่นใยสังเคราะห์ชนิดไม่ถักทอ (Non-woven) ทำหน้าที่ยอมให้น้ำผ่านเข้าสู่แกนกลาง แต่ป้องกันไม่ให้เม็ดดินขนาดเล็กไหลเข้ามาอุดตันช่องระบายน้ำ

4.2.2.4 ปลอกเหล็ก แท่งเหล็กกลวงรูปกากบาทหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้หุ้มแผ่น PVD เพื่อกดหรือตอกลงไปในชั้นดินตามความลึกที่กำหนด มีคุณสมบัติตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ของวัสดุ PVD

แผ่น PVD ที่นำมาใช้งานต้องเป็นวัสดุใหม่ ไม่เคยใช้งานมาก่อน และมีคุณสมบัติตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง โดยต้องได้รับการทดสอบจากห้องปฏิบัติการที่เชื่อถือได้และได้รับการอนุมัติก่อนนำมาใช้งาน

4.2.3.1 เครื่องจักรสำหรับติดตั้ง

1 เครื่องจักรสำหรับกดหรือตอกเพื่อติดตั้ง PVD พร้อมอุปกรณ์อาจใช้รถเครนที่มีระบบไฮดรอลิกหรือรถแบคโฮที่ดัดแปลง มีความสูงครอบคลุมความลึกสูงสุดตามที่ระบุในแบบ โดยระบบขับดันต้องเป็นระบบไฮดรอลิก หรือระบบสั่นสะเทือนความถี่สูงที่มีกำลังเพียงพอในการกดปลอกเหล็กผ่านชั้นดินแข็งด้านบนลงไปถึงความลึกที่ต้องการโดยไม่ทำให้โครงสร้างเครื่องจักรบิดเบี้ยว

2 ปลอกเหล็ก ต้องเป็นเหล็กกล่องหนาผิวนอกเรียบ เพื่อลดแรงเสียดทานกับดินให้มากที่สุด หน้าตัดของปลอกเหล็กต้องมีพื้นที่ไม่เกินตามข้อกำหนด เพื่อลดการรบกวนชั้นดิน (Soil Disturbance / Smear Effect) ในขณะกดลงดิน

4.2.3.2 ขั้นตอนการติดตั้งปฏิบัติงาน

1) การเตรียมพื้นที่และการวางแนวทราย ผู้รับจ้างต้องเคลียร์พื้นที่ ปรับระดับดินเดิม และทำการปูทรายระบายน้ำ โดยมีคุณสมบัติตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง ให้ได้ความหนาและระดับตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง เพื่อทำหน้าที่เป็นแท่นทำงาน และทางระบายน้ำออก

2) การทำเครื่องหมายตำแหน่ง ผู้รับจ้างต้องทำการสำรวจและปักหมุดตำแหน่งที่จะตอก PVD โดยใช้กล้องสำรวจ (Total Station) หรือระบบ GPS ที่มีความแม่นยำ

3) การประกอบ ร้อยแผ่น PVD ผ่านชุดลูกกลิ้ง และสอดเข้าไปในปลอกเหล็กจนทะลุปลายล่าง จากนั้นพับปลายแผ่น PVD ยึดเข้ากับแผ่นสมอฝังยึด (Anchor Shoe) ให้แน่นหนา

4) การกดปลอกเหล็ก ตั้งปลอกเหล็กให้ตรงตำแหน่งและได้แนวดิ่ง กดปลอกเหล็กอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอ จนกระทั่งปลายปลอกเหล็กจมลงไปถึงความลึกตามที่ระบุในแบบ หรือจนกว่าจะชนชั้นดินดาน หรือชั้นทรายที่ไม่สามารถกดลงไปได้อีก

5) การถอนปลอกเหล็กและการตัดแผ่น ถอนปลอกเหล็กขึ้นช้า ๆ แผ่นสมอจะขัดกับชั้นดินทำให้แผ่น PVD หลุดออกจากปลอกเหล็กและคงค้างอยู่ในชั้นดิน เมื่อถอนปลอกเหล็กพ้นชั้นทรายแล้ว ให้ทำการตัดแผ่น PVD โดยให้มีปลายเหลือโผล่พ้นระดับทราย Blanket ไม่น้อยกว่าข้อกำหนด

4.2.4 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการติดตั้ง

เพื่อให้การระบายน้ำและการกระจายแรงดันน้ำในดินเป็นไปอย่างสมมาตรตามที่ผู้ออกแบบคำนวณไว้ การติดตั้งต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์ควบคุมตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.2.5 ระบบเก็บบันทึกข้อมูล

เครื่องจักรสำหรับกด หรือตอก PVD ทุกคันต้องติดตั้งระบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ที่สามารถพิมพ์รายงานพฤติกรรมการกด หรือตอกของแต่ละต้นออกแสดงผลได้ทันที โดยรายงานต้องระบุข้อมูลดังต่อไปนี้ (1) หมายเลขประจำต้น (PVD ID) ตามพิกัดในแบบ (2) วันที่ และเวลาที่เริ่ม-แล้วเสร็จของการกด หรือตอก (3) ความลึกสูงสุดที่ติดตั้งจริง (4) แรงกด หรือแรงตอกสูงสุดที่ใช้ในแต่ละช่วงความลึก

4.2.6 การจัดเก็บและดูแลรักษาวัสดุที่หน้างาน

ม้วนแผ่น PVD ต้องถูกจัดเก็บไว้ในพื้นที่แห้ง ยกระดับเหนือพื้นดินเพื่อป้องกันความชื้นและโคลนและต้องมีผ้าใบหรือพลาสติกทึบแสงคลุมม้วน PVD ไว้ตลอดเวลา ห้ามให้ถูกแสงแดดโดยตรงเกิน 2 สัปดาห์ก่อนการติดตั้ง เพื่อป้องกันรังสี UV ทำลายโครงสร้างโพลีเมอร์ของแผ่นกรอง

4.2.7 การจัดทำแปลงทดสอบสาธิต

ก่อนเริ่มดำเนินการติดตั้งใช้งานจริงในโครงการผู้รับจ้าง ต้องจัดประชุมก่อนเริ่มงาน เพื่อหารือเกี่ยวกับลำดับการก่อสร้าง บุคลากร และอุปกรณ์ หากมีการเปลี่ยนตัวบุคลากรหลักหรือมีการปรับแผนงานอย่างมีนัยสำคัญ ต้องจัดการประชุมใหม่ก่อนเริ่มงานต่อ รวมทั้งผู้รับจ้างจะต้องทำการเจาะสำรวจดิน เพื่อเก็บตัวอย่างแบบไม่รบกวนมาดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จัดทำรายการคำนวณการทรุดตัว การอัดตัวคายน้ำ และจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้าง รวมทั้งต้องจัดทำแปลงทดสอบสาธิต ในพื้นที่ที่ผู้ควบคุมงานกำหนด ขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 20 x 20 เมตร (หรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง)

4.2.8 การติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมชั้นดินเหนียว

ผู้รับจ้างต้องประสานงานและระมัดระวังไม่ให้การตอก PVD ทำความเสียหายแก่เครื่องมือวัดพฤติกรรมดินที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่โครงการ หรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วย (หรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง)

4.2.8.1 แผ่นวัดการทรุดตัว สำหรับติดตามอัตราการทรุดตัวของผิวดิน

4.2.8.2 หัววัดแรงดันน้ำในดิน ทั้งชนิด Open Standpipe หรือ Pneumatic/Vibrating Wire เพื่อประเมินค่าแรงดันน้ำส่วนเกิน ที่ลดลงระหว่างการถมดิน

4.2.8.3 ท่อวัดการเคลื่อนตัวทางราบ เพื่อเฝ้าระวังการวิบัติของลาดดิน ระหว่างการถมดินกดทับ

4.2.9 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงาน PVD เพื่อการจ่ายค่างาน จะคิดตามความยาวที่ติดตั้งจริงในสนามของแผ่น PVD ที่ติดตั้งได้จริง โดยมีหน่วยวัดเป็นเมตร

4.2.10 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง As-built Drawing แสดงตำแหน่ง พิกัด และความลึกของ PVD ทุกต้น พร้อมแนบเอกสารบันทึกจาก Data Logger ของเครื่องจักร ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.3 งานกำแพงดินเสริมกำลัง (MECHANICALLY STABILIZED EARTH WALL - MSEW)

4.3.1 ขอบเขตของงาน

หมายถึงการก่อสร้างกำแพงดินเสริมกำลัง (MSEW) ด้วยวัสดุมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างและสัญญา เช่น ซีเมนต์ วัสดุผสมคอนกรีต ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Facing Panels) วัสดุถมกลับ (Backfill Material) วัสดุเสริมกำลังรับแรงดึง (Soil Reinforcement) และวัสดุอื่น ๆ ตามแบบก่อสร้างและสัญญา

4.3.2 ข้อกำหนดทั่วไปและการเตรียมการ

ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการเจาะสำรวจชั้นดินเดิม รายการคำนวณเสถียรภาพ และรายการคำนวณองค์ประกอบอื่นๆที่จำเป็น จัดทำแบบรายละเอียดลำดับการก่อสร้าง และต้องส่งแบบรายละเอียดก่อนการดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งจัดทำโดยวิศวกรโยธาที่มีคุณสมบัติตามที่สภาวิศวกรกำหนดไว้ และให้ผู้ออกแบบพิจารณาอนุมัติก่อนเริ่มงาน

ผู้รับจ้างจะต้องจัดการประชุมก่อนก่อสร้างก่อนเริ่มงาน เพื่อตกลงในรายละเอียดเกี่ยวกับลำดับการก่อสร้าง และต้องมีบุคลากรที่มีประสบการณ์มาให้คำแนะนำ และแก้ไขปัญหาระหว่างก่อสร้าง

4.3.3 ข้อกำหนดวัสดุและการหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป

(1) กำลังอัดคอนกรีต ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

(2) แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ต้องมีขนาด มิติ และความหนาตามที่กำหนดไว้ในแบบสำหรับก่อสร้าง (Shop Drawing)

(3) การทำเครื่องหมายกำกับ ต้องระบุวันที่ผลิต ล็อตการผลิต และเครื่องหมายกำกับชิ้นส่วนที่ด้านหลังแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปอย่างชัดเจนและถาวร

4.3.4 การติดตั้ง

แผ่นฐานปรับระดับ ต้องเทด้วยคอนกรีต ให้ได้ระดับและตำแหน่งตามแบบก่อสร้าง โดยต้องมีกำลังอัดตามที่ระบุ และผ่านการบ่มอย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนวางชิ้นส่วนกำแพง ที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

วัสดุเสริมกำลัง ต้องวางตั้งฉากกับแนวกำแพง และดึงให้ตึงอย่างสม่ำเสมอก่อนเริ่มดำเนินการถมวัสดุชั้นถัดไป

4.3.5 วิธีการก่อสร้าง

วิธีการก่อสร้างอ้างอิงตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 105 มาตรฐานดินถมกำแพงดินเสริมกำลัง

4.3.6 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างกำแพงกันดินเสริมกำลัง ให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างและสัญญา ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยมีหน่วยวัดเป็นตารางเมตร

4.3.7 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.4 กำแพงกล่องลวดบรรจุหิน (GABION WALL)

4.4.1 ขอบเขตของงาน

กำแพงกล่องลวดบรรจุหิน หมายถึง โครงสร้างกันดินและป้องกันการกัดเซาะผิวหน้าดิน ที่สร้างขึ้นโดยการนำลวดตาข่ายเหล็กมาถักเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยม วางเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แล้วเติมก้อนหินธรรมชาติหรือหินระเบิดที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องตาข่ายลงไปจนเต็มกล่อง ตามแบบก่อสร้างและสัญญา

4.4.2 ข้อกำหนดทั่วไปและการเตรียมการ

ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการเจาะสำรวจชั้นดินเดิม รายการคำนวณเสถียรภาพ จัดทำแบบรายละเอียดลำดับการก่อสร้าง และต้องส่งแบบรายละเอียดก่อนการดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งจัดทำโดยวิศวกรโยธาที่มีคุณสมบัติตามที่สภาวิศวกรกำหนดไว้ และให้ผู้ออกแบบพิจารณาอนุมัติก่อนเริ่มงาน

ผู้รับจ้างต้องยื่นใบรับรองคุณสมบัติ และตัวอย่างของกล่องลวดบรรจุหิน (Gabion) หรือกรณีกล่องบรรจุหินที่มีสารเคลือบ PVC โดยสารเคลือบ PVC ต้องระบุรายละเอียดของสารป้องกันรังสี UV ที่ใช้ผสมอย่างชัดเจน รวมทั้งลวดผูก และลวดพันสันกล่องตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง โดยสถาบันที่เชื่อถือได้รับรองก่อนนำมาใช้งาน

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องจัดประชุมก่อนเริ่มงาน เพื่อหารือเกี่ยวกับขั้นตอนการก่อสร้าง บุคลากร และอุปกรณ์ หากมีการเปลี่ยนตัวบุคลากรหลักหรือมีการปรับแผนงานอย่างมีนัยสำคัญ ต้องจัดการประชุมใหม่ก่อนเริ่มงานต่อ

4.4.3 ข้อกำหนดวัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ และหิน

1. แผ่นใยสังเคราะห์ต้องเป็นแผ่นใยสังเคราะห์ประเภทถักทอ ตามมาตรฐาน ASTM D4491 น้ำหนักและการยอมให้ระบายน้ำได้สูงสุด ตามคุณสมบัติที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

2. หินที่นำมาบรรจุต้องมีขนาดที่คละกัน และเป็นไปตามเกณฑ์ตะแกรงร่อน ตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง

4.4.4 ขั้นตอนการประกอบ และการติดตั้ง

ก่อนการเริ่มการก่อสร้าง ให้ทำการทดสอบโดยใช้กล่องลวดขนาดเล็กที่สุดที่ใช้ในโครงการ ใช้วิธีการเติมหินและใช้หินจริงที่จะก่อสร้างจริง

เครื่องชั่งต้องใช้เครื่องชั่งที่ได้รับการสอบเทียบและรับรองความถูกต้อง

4.4.4.1 การเตรียมฐานและการวางแผ่นใยสังเคราะห์

ปรับระดับพื้นดินตามแนวและระดับที่ระบุในแบบ หากแบบระบุให้ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ ให้ปูรองที่ฐานด้านหลัง และด้านข้างของแนวขุดทั้งหมด ในกรณีที่มีการถมดินทับบนกล่องลวด ให้ปูแผ่นใยสังเคราะห์ทับบนหลังกล่องลวดก่อนทำการถมดินเสมอ

4.4.4.2 วิธีการประกอบกล่องลวด

ต้องประกอบกล่องลวดในขณะที่เป็นกล่องเปล่า โดยห้ามพันลวดเป็นเกลียวธรรมดาโดยไม่มีการล็อกปมกล่องลวดถัก (Twisted Mesh) เย็บรอยต่อด้วยลวดผูก โดยผูกเงื่อนตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.4.4.3 การต่อระหว่างกล่องและการเติมหิน

การผูกต่อระหว่างกล่อง: ผูกยึดกล่องเปล่าที่อยู่ติดกันให้เสร็จสิ้นก่อนเติมหิน ผูกให้ครบทั้งด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้าง บน และล่าง โครงสร้างกล่องหลายชั้นต้องวางเรียงแบบสลับแนว และผูกยึดติดกับกล่องชั้นล่างให้แน่นหนา

4.4.5 ขั้นตอนการเติมหินและการควบคุมแนวกล่อง:

4.4.5.1 ดึงกล่องให้ตึงและตรงแนวก่อนเติมหิน เรียงหินเพื่อป้องกันกล่องบวมและลดช่องว่าง ผิวหน้ากล่องต้องเรียบสม่ำเสมอ ห้ามมีหินแหลมคมยื่นทะลุตาลวด

ข้อบังคับสำคัญ ต้องทำการติดตั้งลวดขึงภายในหรือแผงดึงโครง ก่อนเริ่มเติมหินในชั้นถัดไปเสมอ

4.4.5.2 การปิดฝา เติมหินชั้นสุดท้ายให้ล้นเล็กน้อยเพื่อให้ฝากดทับแน่นลงบนหิน เย็บฝากล่องตามแนวหน้า ข้าง และแผงกั้นกลาง หรือลวดพันสันกล่องในรอบเดียว

4.4.6 วิธีการวัดปริมาณงาน

กำแพงกล่องลวดบรรจุหินก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่าง ความหนา ตำแหน่งและแนวตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง กำแพงกล่องลวดบรรจุหิน คิดปริมาณงานเพื่อการจ่ายเงินตาม ปริมาตร (Volume) โดยคำนวณจากขนาดที่แสดงในแบบแปลน หรือตามปริมาตรจริงของกล่องลวดที่ได้ติดตั้ง

4.4.7 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.5 งานพ่นคอนกรีต (SHOTCRETE)

4.5.1 ขอบเขตของงาน

งานพ่นคอนกรีตตามมาตรฐานนี้กำหนดให้ใช้กระบวนการพ่นแบบผสมเปียก (Wet-mixing method) สำหรับทำผนังถาวร ตามแบบก่อสร้างและสัญญา

4.5.2 ข้อกำหนดวัสดุและการคัดขนาดมวลรวม

4.5.2.1 ส่วนประกอบหลัก ปูนซีเมนต์ มวลรวมคอนกรีต น้ำ และอาจจะใช้วัสดุผสมเพิ่ม เช่น เถ้าลอย (Fly Ash) มีคุณสมบัติตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.5.2.2 ขนาดมวลรวม ให้ใช้มวลรวมผ่านตะแกรงขนาด 1/2 นิ้ว ได้ร้อยละ 100 และผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ที่ร้อยละ 70 - 85 หรือตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง

4.5.3 เอกสารและข้อมูลที่ต้องนำเสนอขออนุมัติ

4.5.3.1 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ต้องส่งผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสม และผลการทดสอบแกนคอนกรีต จากแผงทดสอบก่อนเริ่มงาน

4.5.3.2 ข้อมูลบุคลากรและวิธีทำงาน ต้องมีพนักงานพ่นคอนกรีตที่มีประสบการณ์ รวมถึงจัดทำลำดับการก่อสร้าง อุปกรณ์ และแผนการบ่มคอนกรีต

4.5.4 การทดสอบแผงตัวอย่าง

4.5.4.1 ขนาดและการพ่น ผู้รับจ้างต้องนำเสนอการก่อสร้างแผงทดสอบตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง โดยมีการวัดปริมาณอากาศในคอนกรีตสดตามมาตรฐานสากล

4.5.4.2 เกณฑ์การทดสอบแกนคอนกรีต ค่ากำลังต้านทานแรงอัด

4.5.5 การควบคุมแนวและเหล็กเสริม

4.5.5.1 เหล็กเสริม ต้องยึดให้แน่นห่างจากผิวพ่นประมาณ 2.50 ถึง 3.75 เซนติเมตร หรือตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง

4.5.5.2 การควบคุมแนว ติดตั้งเส้นลวดกำหนดแนวและหมุดควบคุมความหนา (Thickness control pins) ที่ไม่เป็นสนิม หรือตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง เพื่อให้ได้ระนาบและความหนาที่ถูกต้อง

4.5.6 ข้อกำหนดด้านพื้นผิว

พื้นผิวรับคอนกรีตต้องมีความชื้น แต่ต้องไม่มีน้ำขัง

4.5.7 การควบคุมคุณภาพในขณะพ่นและการตกแต่งผิวขั้นสุดท้าย

ให้เริ่มพ่นจากด้านล่างขึ้นด้านบน โดยต้องตั้งฉากกับผิวงานในระยะที่ลดการกระเด็นกลับ และเพิ่มความหนาแน่นสูงสุด หากพบว่ามีการสะสมของเศษคอนกรีตกระเด็น คอนกรีตไม่หุ้มเหล็กเสริม หรือเกิดการย้อย (Sloughing) ผู้ควบคุมงานมีสิทธิสั่งระงับงานก่อสร้าง

4.5.8 การบ่ม

สำหรับผิวถาวรต้องบ่มเปียก หากเป็นผิวชั่วคราวสามารถใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต

4.5.9 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพ่นคอนกรีต ให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างและสัญญา โดยวัดเป็นพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.5.10 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตาผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.6 งานลาดดินตัดเสริมกำลังแบบสลักยึดดิน (SOIL NAILS)

4.6.1 ขอบเขตของงาน

หมายถึงการขุดดินเป็นชั้น ๆ การเจาะรูตามมุมที่กำหนด การใส่เหล็กเสริม (Soil Nails) และการฉีดพ่นคอนกรีต (Shotcrete) เพื่อสร้างเสถียรภาพให้กับลาดดินตัด และมีระบบระบายน้ำตามแบบก่อสร้างและสัญญา

4.6.2 ข้อกำหนดทั่วไปและการเตรียมการ

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้าง ผู้รับจ้างจะต้องจัดประชุมก่อนเริ่มงาน เพื่อหารือเกี่ยวกับลำดับการก่อสร้าง บุคลากร และอุปกรณ์ หากมีการเปลี่ยนตัวบุคลากรหลักหรือมีการปรับแผนงานอย่างมีนัยสำคัญ ต้องจัดการประชุมใหม่ก่อนเริ่มงานต่อ รวมทั้งดำเนินการเจาะสำรวจหลุมลึก รายการคำนวณเสถียรภาพ จัดทำแบบรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน และต้องส่งแบบรายละเอียดก่อนการดำเนินการก่อสร้าง จัดทำโดยวิศวกรโยธาที่มีคุณสมบัติตามที่สภาวิศวกรกำหนดไว้ และให้ผู้ออกแบบพิจารณาอนุมัติการใช้งาน

4.6.3 ข้อกำหนดด้านวัสดุ

4.6.2.1 น้ำปูนผสม ต้องมีส่วนผสมและกำลังอัดเป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

4.6.2.2 แผ่นระบายน้ำ ต้องมีคุณสมบัติและการระบายน้ำผ่านตามเกณฑ์ระบุในแบบก่อสร้าง

4.6.2.3 เหล็กเสริมรับแรง ใช้เหล็กเส้นรับแรงตามมาตรฐานและขนาดที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

4.6.4 ลำดับขั้นตอนการก่อสร้างและข้อกำหนดเทคนิค

การก่อสร้างต้องดำเนินการจากบนลงล่าง เป็นลำดับขั้นตามที่ระบุในแบบ

4.6.4.1 งานดิน

1) การขุด ต้องขุดดินลงไปให้ต่ำกว่าระดับของแถว Soil Nails ที่กำลังจะติดตั้ง

2) ความแม่นยำ การขุดหน้าดินต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินตามแบบก่อสร้างกำหนดไว้ เพื่อให้สามารถพ่น Shotcrete ได้ตามความหนาที่กำหนด

4.6.4.2 การติดตั้ง Soil Nails

1) การเจาะ ตำแหน่งรูเจาะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินตามแบบก่อสร้าง

2) ข้อห้าม ห้ามใช้น้ำหรือของเหลวในการไล่เศษดินขณะเจาะ โดยให้ใช้ลมแทน

3) ตัวประคองกลาง ต้องติดตั้งเพื่อรับประกันว่าจะมีน้ำปูนหุ้มเหล็ก และต้องวางห่างกันไม่เกิน 2.5 เมตร

4) การฉีดน้ำปูน ต้องฉีดจากจุดต่ำสุดของรูเจาะ และต้องบันทึกปริมาณและแรงดันที่ใช้ เพื่อป้องกันดินบวมตัว (Ground heave)

4.6.4.3 งานพ่นคอนกรีตและระบายน้ำ

1) แผ่นระบายน้ำ ติดตั้งแผ่นระบายน้ำสำเร็จรูปในแนวตั้งระหว่างแถวของ Soil Nail โดยหันด้านระบายน้ำเข้าหาดิน

2) Shotcrete พ่นปิดหน้าตามความหนาขั้นต่ำในแบบ โดยค่าใช้จ่ายส่วนที่หนาเกินจากการขุดดินพลาด ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบ

3) การขันแน่น แผ่นเหล็กประคองหน้ากำแพงต้องวางบนมอร์ต้าเปียก และขันน็อตให้แน่น หลังจากคอนกรีตแข็งแรงแล้ว

4.6.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างลาดคันดินเสริมกำลังแบบสลักยึดดิน (Soil Nail) ให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดครอบคลุมพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบก่อสร้างและสัญญา ปริมาณงานมีหน่วยเป็น เมตร

4.6.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.7 สลักเกลียวยึดหิน (ROCK BOLT)

4.7.1 ขอบเขตของงาน

สลักเกลียวยึดหิน หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเสริมความมั่นคงและเพิ่มกำลังรับน้ำหนักให้แก่ชั้นหิน จะใช้ในงานขุดเจาะอุโมงค์ โครงสร้างใต้ดิน และการป้องกันดินหรือหินสไลด์บริเวณลาดเชิงเขา (Slope Stabilization) หลักการทำงานสำคัญคือการยึด โดยแท่งเหล็กจะถูกส่งเข้าไปในรูเจาะที่เตรียมไว้ในชั้นหิน เพื่อยึดแผ่นหินที่แตกหักหรือหลุดล่อนให้ติดแน่นอยู่กับชั้นหินแข็งด้านในที่อยู่ลึกกว่า ทำหน้าที่เสมือนคานหรือโครงสร้างที่ช่วยให้หินสามารถพยุงน้ำหนักของตัวมันเองได้ และอาจใช้ร่วมกับตาข่ายกันหินร่วง ตามที่ระบุในแบบก่อสร้างและสัญญา

4.7.2 ข้อกำหนดทั่วไปและการเตรียมการ

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างจริงในโครงการผู้รับจ้างจะต้องจัดประชุมก่อนเริ่มงาน เพื่อหารือเกี่ยวกับลำดับการก่อสร้าง บุคลากร และอุปกรณ์ หากมีการเปลี่ยนตัวบุคลากรหลักหรือมีการปรับแผนงานอย่างมีนัยสำคัญ ต้องจัดการประชุมใหม่ก่อนเริ่มงานต่อ และผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการเจาะสำรวจหลุมลึก การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ รายการคำนวณเสถียรภาพและการวิเคราะห์กลไกการพังทลายของหิน วิเคราะห์แรงของ Rock bolt เปรียบเทียบพฤติกรรมหินก่อนยึดและหลังยึด จัดทำแบบรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน และต้องส่งแบบรายละเอียดก่อนการดำเนินการก่อสร้าง จัดทำโดยวิศวกรโยธาที่มีคุณสมบัติตามที่สภาวิศวกรกำหนดไว้ และให้ผู้ออกแบบพิจารณาอนุมัติการใช้งาน

4.7.3 ข้อกำหนดด้านวัสดุ (Material Specifications)

4.7.3.1 ตัวสลักเกลียว (Rock Bolt Rod)

ให้ใช้เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar) ที่มีเกลียวต่อเนื่องตลอดทั้งเส้น (Continuous Threaded Bar) หรือเหล็กข้ออ้อยมาตรฐานที่มีการสกัดเกลียวที่ปลาย (Threaded End) ตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.3.2 แผ่นรองรับแรง

ทำจากเหล็กแผ่นรีดร้อนตามมาตรฐาน มอก. 1479 หรือ ASTM A36 หรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.3.3 น็อตและแหวนรอง

น็อต (Heavy Hex Nut หรือ Domed Nut) ต้องมีความสามารถในการรับแรงดึงได้สูงกว่าหรือเทียบเท่ากับกำลังรับแรงดึงสูงสุดของตัว Rock Bolt มีคุณสมบัติตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.3.4 วัสดุประสาน

ผู้รับจ้างสามารถเลือกใช้ระบบน้ำปูนหรือเรซินตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.3.5 การป้องกันการกัดกร่อน

สำหรับ Rock Bolt ประเภทถาวรต้องป้องกันการกัดกร่อนด้วยวิธีตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.4 ข้อกำหนดด้านเครื่องจักรและเครื่องมือ

4.7.4.1 เครื่องเจาะหิน

เครื่องเจาะต้องมีกำลังขับเคลื่อนสูง สามารถเจาะผ่านชั้นหินชนิดต่าง ๆ ตามที่พบบนพื้นที่หน้างานได้ รวมถึงหินแข็ง (Hard Rock) และชั้นหินผุ (Weathered Rock) สามารถปรับเปลี่ยนมุมเจาะ ทิศทาง และระดับความลึกได้ตรงตามที่ระบุในแบบก่อสร้างอย่างแม่นยำ มีระบบล้างเศษผงหินในรูเจาะ ต้องใช้วิธีเป่าลมแห้ง หรือระบบน้ำฉีด เพื่อทำความสะอาดรูเจาะได้อย่างหมดจด

4.7.4.2 เครื่องผสมและปั๊มน้ำปูน

เครื่องผสมน้ำปูนต้องเป็นชนิดจานกวนความเร็วรอบสูง เพื่อให้ปูนซีเมนต์และน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์ และเครื่องอัดน้ำปูน ต้องเป็นระบบสกรู หรือระบบลูกสูบ ที่สามารถให้แรงดันปั๊มได้อย่างต่อเนื่อง และมีเกจวัดแรงดัน ติดตั้งอยู่ที่หัวทางออก

4.7.5 วิธีการและขั้นตอนการทำงาน (Execution and Installation)

4.7.5.1 การเตรียมพื้นผิวและการวางตำแหน่ง

ผู้รับจ้างต้องขจัดเศษหินที่หลุดล่อนออกจากผิวหน้าหินบริเวณที่จะทำการติดตั้งให้เรียบร้อยเพื่อความปลอดภัยและทำเครื่องหมายตำแหน่งรูเจาะตามระยะห่างตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.5.2 การเจาะรู

ผู้รับจ้างต้องเจาะรูให้ตั้งฉากกับผิวหน้าหิน หรือตามมุมเอียงที่กำหนดในแบบ

4.7.5.3 การทำความสะอาดรูเจาะ

เมื่อเจาะได้ความลึกที่ต้องการแล้ว ผู้รับจ้างต้องทำความสะอาดรูเจาะทันทีด้วยการเป่าลมแรงดันสูง หรือฉีดล้างด้วยน้ำจนกระทั่งไม่มีเศษผงหินหรือน้ำโคลนหลงเหลืออยู่ข้างในรูเจาะ

4.7.5.4 การติดตั้งเหล็กและการอัดน้ำปูน

เหล็ก Rock Bolt ที่จะนำไปใส่ในรูเจาะต้องสะอาด ไม่มีคราบดิน คราบน้ำมัน หรือสนิมขุม ที่อาจลดแรงยึดเหนี่ยว ต้องติดตั้งตัวจัดกึ่งกลาง ทำจากพลาสติก ทุก ๆ ระยะ 1.50 ถึง 2.0 เมตร ตามความยาวของแท่งเหล็ก เพื่อควบคุมให้แท่งเหล็กอยู่กึ่งกลางรูเจาะเสมอ

การอัดน้ำปูน ให้สอดท่อฉีดน้ำปูน ลงไปจนถึงก้นรูเจาะ ปั๊มน้ำปูนจากก้นรูขึ้นมาขนาบด้านบนเพื่อไล่อากาศและน้ำออกให้หมด ทำการปั๊มอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเห็นน้ำปูนข้นเหนียวไหลทะลักออกมาที่ปากรูเจาะ จึงค่อย ๆ ถอนท่อเกร้าท์ออก

กรณีใช้สารเคมีเรซิน (Resin) ให้สอดหลอดเรซินลงไปตามจำนวนที่คำนวณไว้ แล้วใช้เครื่องเจาะปั่นหมุนแท่ง Rock Bolt แทงทะลุเข้าไปเพื่อผสมสารเคมีให้เข้ากันตามเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด

4.7.5.5 การติดตั้งแผ่นรองและการขันแน่น

ปล่อยให้น้ำปูนหรือเรซินแข็งตัวจนได้กำลังตามที่กำหนด ติดตั้งแผ่นรอง และน็อต เข้ากับปลายเหล็กที่โผล่พ้นหน้าหิน และขันเกลียวแน่น

4.7.6 การควบคุมคุณภาพและการทดสอบ

4.7.6.1 การทดสอบวัสดุในสนามและห้องปฏิบัติการ

1) การเก็บตัวอย่างน้ำปูน ผู้รับจ้างต้องเก็บตัวอย่างน้ำปูนทรงลูกบาศก์ ขนาด 50 x 50 x 50 มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด (6 ลูกตัวอย่าง) สำหรับงานเกร้าท์ทุก ๆ 10 ลูกบาศก์เมตร หรือในแต่ละวันที่มีการทำงาน เพื่อนำไปทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน

2) ใบรับรองผลการทดสอบเหล็ก ผู้รับจ้างต้องส่งมอบใบรับรองจากโรงงานผู้ผลิตเหล็ก และสารเคมีเรซินให้แก่ผู้ควบคุมงาน ก่อนเริ่มงาน

4.7.6.2 การทดสอบแรงดึงสลักเกลียวยึดหิน

ผู้รับจ้างต้องทำการทดสอบแรงดึงในสนาม โดยใช้แม่แรงไฮดรอลิกที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว โดยเกณฑ์ทดสอบและการตัดสิน ตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

4.7.7 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานสลักเกลียวยึดหิน ให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างและสัญญา ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว ตามแนวศูนย์กลางของเหล็กที่ฝังในรูเจาะสำเร็จ โดยมีหน่วยวัดเป็น เมตร

4.7.8 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง รายงานขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

ส่วนที่ 5 งานโครงสร้าง
(STRUCTURES)

5.1 งานโครงสร้างคอนกรีต (CONCRETE STRUCTURE)

หมายถึง การก่อสร้างในส่วนที่เป็นงานโครงสร้างคอนกรีตทั้งหมด หรือเป็นงานโครงสร้างคอนกรีตส่วนหนึ่ง โดยมีคุณภาพตามข้อกำหนด ซึ่งข้อกำหนดนี้จะครอบคลุมถึงงานคอนกรีตเสริมเหล็ก งานคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก งานคอนกรีตอัดแรง งานคอนกรีตที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่ม ทั้งนี้ต้องก่อสร้างให้ได้แนว ระดับ ขนาด และมิติตามที่แสดงไว้ในแบบ โดยได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานด้วย

คอนกรีตเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิค น้ำ มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด และอาจใส่สารเคมีผสมเพิ่มก็ได้

5.1.1 วัสดุ

5.1.1.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 หรือตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก มาตรฐานเลขที่ มอก.2594-โดยการใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ให้อ้างอิงตามที่แบบก่อสร้างระบุ

ปูนซีเมนต์ผงหรือปูนซีเมนต์ถุงซึ่งใช้ในแต่ละครั้ง จะต้องไม่เป็นเม็ดหรือเป็นก้อน ห้ามนำปูนซีเมนต์ถุงเก่าที่เปิดแล้วมาใช้

5.1.1.2 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผสมและบ่มคอนกรีต ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน โดยต้องสะอาด ปราศจากน้ำมัน กรด ด่าง เกลือ น้ำตาล วัชพืช หรือสารอื่นใด ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม น้ำที่นำมาใช้ต้องเป็นน้ำจากแหล่งเดียวกัน และเมื่อทำการทดสอบตาม AASHTO T 26 : Quality of Water to be Used in Concrete ต้องมีความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ในน้ำได้ไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.1-1

ตารางที่ 5.1-1 ค่ากำหนดความเข้มข้นของสารละลายและอนุมูลในน้ำ

ชนิดของโครงสร้าง	ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ (ppm.)		
	สารละลายอื่น ๆ	อนุมูลคลอไรด์	อนุมูลซัลเฟต
คอนกรีตไม่เสริมเหล็ก	2,000	2,000	1,500
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2,000	1,000	1,000
คอนกรีตอัดแรง	2,000	500	1,000

น้ำที่ขุ่น หากจะนำมาใช้ ต้องทำให้ตกตะกอนเสียก่อน และความขุ่นของน้ำต้องไม่เกิน 2,000 ppm.

ในกรณีที่ไม่สามารถจะหาน้ำที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดนี้ได้ หรือในกรณีสงสัยว่าน้ำอาจมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมที่จะใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีต ให้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำตาม AASHTO T 106 : Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar โดยการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ถ้าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ซึ่งหล่อโดยน้ำที่เก็บทดสอบ เมื่อแท่งคอนกรีตอายุ 7 วัน และ 28 วัน มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ที่หล่อโดยน้ำกลั่น ก็ให้ถือว่าน้ำนั้นสามารถจะใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีตได้

น้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีต ให้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ในกรณีที่ผู้ควบคุมงานเห็นว่าน้ำที่นำมาผสมหรือบ่มคอนกรีตมีคุณภาพเปลี่ยนไป ให้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำทันที

5.1.1.3 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต (Chemical Admixtures of Concrete)

หมายถึง สารเคมีที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม

สารผสมเพิ่มแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเหลว และชนิดผง สารผสมเพิ่มที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก.733 ส่วนประกอบของสารผสมเพิ่ม ต้องไม่มีสารเคมีในปริมาณที่อาจจะเป็นอันตรายต่อเหล็กเสริมและปูนซีเมนต์

สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก สารผสมเพิ่มที่ใช้จะต้องไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมเพิ่มนั้น และต้องไม่มีอนุมูลคลอไรด์ชนิดอื่น ๆ ปนอยู่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของสารผสมเพิ่ม

สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง สารผสมเพิ่มที่ใช้จะต้องไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ อนุมูลฟลูออไรด์ อนุมูลซัลเฟต และอนุมูลไนเตรท ผสมอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมเพิ่มนั้น และจะต้องไม่มีอนุมูลคลอไรด์ชนิดอื่น ๆ ปนอยู่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของสารผสมเพิ่ม

ในกรณีของสารผสมเพิ่มแบบไม่กระจายกักฟองอากาศ ปริมาณอากาศในคอนกรีตสดขณะทดสอบไม่เกินร้อยละ 3 โดยปริมาตร ในกรณีของสารผสมเพิ่มแบบกระจายกักฟองอากาศ ปริมาณอากาศในคอนกรีตสดขณะทดสอบต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 3.5 ถึง 7.0 โดยปริมาตร

5.1.1.4 สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต (Air-entraining Admixtures for Concrete)

หมายถึง สารเคมีที่เติมลงในคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ระหว่างการผสม กระจายและคงตัวอยู่ในปริมาณที่ต้องการ ทำให้เทคอนกรีตได้ง่ายขึ้น

สารกระจายกักฟองอากาศแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผง และชนิดเหลวสารกระจายกักฟองอากาศที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก.874

5.1.1.5 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล (Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete)

หมายถึง สารเคมีที่ใช้เติมลงในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสมเพื่อให้สามารถเทคอนกรีตได้ง่ายขึ้น (High Workability) ในลักษณะของคอนกรีตไหล (Flowing Concrete) ซึ่งให้ค่าความยุบตัว (Slump) สูงกว่า 190 มิลลิเมตร และสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน คือ

(1) ประเภทที่ 1 สารเพื่อการไหล (Plasticizing admixture) หมายถึงสารผสมเพิ่มที่ทำให้คอนกรีตไหลได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มน้ำ และไม่หน่วงการก่อตัวของคอนกรีต

(2) ประเภทที่ 2 สารเพื่อการไหลและหน่วงการก่อตัว (Plasticizing and retarding admixture) หมายถึง สารผสมเพิ่มที่ทำให้คอนกรีตไหลได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มน้ำ แต่หน่วงการก่อตัวของคอนกรีต

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผง และชนิดเหลว สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหลที่ใช้ จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมี ผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล มาตรฐานเลขที่ มอก. 985

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต และสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหลทุกชนิดนั้น ภาชนะที่ใช้บรรจุทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ประเภท และชนิด

(3) ชื่อสารเคมีหลักในสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต และสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหลแต่ละชนิดตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

(4) สิ่งที่เหลือจากการอบ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ และคุณสมบัติอื่น ๆ ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

(5) ปริมาณสุทธิ เป็นน้ำหนักหรือปริมาตร

(6) เดือน ปี ที่ผลิต หรือรหัสรุ่นที่ผลิต

(7) ชื่อผู้ผลิต หรือโรงงานที่ผลิต หรือเครื่องหมายการค้า หรือชื่อผู้จัดจำหน่าย

(8) คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีใช้ มาตรการว่าด้วยความปลอดภัยในการใช้ และการเก็บรักษา

(9) วันหมดอายุ หรืออายุการใช้งาน

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีตและสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหลที่ใช้ในงานคอนกรีต หากมิได้ระบุไว้ในแบบ จะต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ควบคุมงานก่อน

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต และสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล ทุกชนิด ต้องใช้ตามคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีใช้อย่างเคร่งครัด หากผลการใช้สารผสมเพิ่มในงานคอนกรีตไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการใช้สารผสมเพิ่มชนิดดังกล่าว

สารผสมเพิ่มอื่น ๆ สำหรับคอนกรีต นอกเหนือจากที่กล่าวไว้ในข้อ 5.1.1.3, 5.1.1.4 และ 5.1.1.5 แล้ว หากจะนำมาใช้ ต้องได้รับความยินยอมจากผู้ว่าจ้างเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

5.1.1.6 มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

มวลรวมหยาบอ้างอิงข้อกำหนด ทล.-ก. 202 “ข้อกำหนดมวลรวมหยาบสำหรับผสมคอนกรีต”

5.1.1.7 มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

มวลรวมละเอียดอ้างอิงข้อกำหนด ทล.-ก. 201 “ข้อกำหนดมวลรวมละเอียดสำหรับผสมคอนกรีต”

5.1.2 การทดสอบวัสดุ

ค่าใช้จ่ายในการทดสอบวัสดุ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

5.1.2.1 การทดสอบปูนซีเมนต์

ในกรณีที่สงสัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่นำมาใช้งาน ให้ผู้ควบคุมงานเก็บตัวอย่างปูนซีเมนต์เพื่อทดสอบคุณภาพได้

การเก็บตัวอย่างปูนซีเมนต์อาจเก็บที่โรงงานผลิตหรือสถานที่ก่อสร้างก็ได้ โดยให้เป็นไปตามวิธีการที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 หรือตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก มาตรฐานเลขที่ มอก.2594

การทดสอบคุณภาพของปูนซีเมนต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 หรือตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก มาตรฐานเลขที่ มอก.2594

ปูนซีเมนต์ผงที่นำมาใช้ต้องมีผลการทดสอบคุณภาพจากโรงงานผู้ผลิตกำกับ รถบรรทุกปูนซีเมนต์ผงจะต้องมีการปิดผนึกอย่างแน่นหนา และผนึกนั้นจะต้องไม่เปิดก่อนที่จะส่งมอบปูนซีเมนต์ผง

ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมสถานที่จัดเก็บและระบบควบคุมคุณภาพที่ดี เสนอต่อผู้ควบคุมงานให้เห็นชอบก่อนเก็บและนำมาใช้งาน

5.1.2.3 การทดสอบสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอตัวอย่าง ข้อมูลจำเพาะ และชื่อสารเคมีหลักของสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตที่ต้องการใช้ รวมทั้งหลักฐานการทดลองคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตที่ใช้สารผสมเพิ่มดังกล่าว ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณาก่อน

การทดสอบสารผสมเพิ่มให้ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะการใช้งาน และการทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์ และปริมาณสารเคมี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 733

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตที่ได้รับอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 733 ให้นำมาใช้ได้โดยไม่ต้องทำการทดสอบอีก

5.1.2.4 การทดสอบสารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอตัวอย่าง ข้อมูลจำเพาะ และชื่อสารเคมีหลักของสารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีตที่ต้องการใช้ รวมทั้งหลักฐานการทดลองคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตที่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศดังกล่าว ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณาก่อน

การทดสอบสารกระจายกักฟองอากาศให้ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะการใช้งาน และการทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์ และทางปริมาณสารเคมี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 874

สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีตที่ได้รับอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 874 ให้นำมาใช้ได้โดยไม่ต้องทำการทดสอบอีก

5.1.2.5 การทดสอบสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตไหล

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอตัวอย่าง ข้อมูลจำเพาะ และชื่อสารเคมีหลักของสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตไหลที่ต้องการใช้ รวมทั้งหลักฐานการทดลองคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหลดังกล่าว ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณาก่อน

การทดสอบสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล ให้ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะการใช้งาน และทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์ และปริมาณสารเคมี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล มาตรฐานเลขที่ มอก. 985

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหลที่ได้รับอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล มาตรฐานเลขที่ มอก. 985 ให้นำมาใช้ได้ โดยไม่ต้องทำการทดสอบอีก

5.1.2.6 การทดสอบมวลรวม

การเก็บตัวอย่างมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด ให้ดำเนินการตามวิธีการเก็บตัวอย่างตาม AASHTO T 2 : Sampling Aggregate มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดจะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามข้อกำหนดวิธีการทดสอบมวลรวมให้ดำเนินการตามวิธีการดังนี้

(1) ปริมาณมวลรวมที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 214 "วิธีการทดลองหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง"

(2) ค่าความพรุนของมวลรวมหยาบ ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.207 "วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ" โดยอนุโลม

(3) ขนาดคละของมวลรวม ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.204 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง"

(4) ความสะอาดของมวลรวม ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.201 "วิธีการทดลองหา Organic Impurities ในทรายสำหรับคอนกรีต"

(5) ค่าความสึกหรอของมวลรวมหยาบ ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.202 "วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion"

(6) ความคงทน (Soundness) ของมวลรวม ให้ดำเนินการทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.213 "วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม"

(7) ความแบน ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.210 "วิธีการทดลองหาค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index)"

(8) ความยาว ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.211 "วิธีการทดลองหาค่าดรรชนีความยาว (Elongation Index)"

(9) คุณสมบัติของมอร์ตาร์ ให้ดำเนินการทดสอบตาม AASHTO T 71 : Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar

(10) ปริมาณก้อนดินและเศษวัสดุอ่อนที่แตกง่าย ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 215 "วิธีการทดลองหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม"

(11) ปริมาณถ่านหินและลิกไนท์ ให้ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 216 "วิธีการทดลองหาปริมาณวัสดุมวลเบาในวัสดุมวลรวม"

ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการส่งมอบตัวอย่างมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ผ่านการทดสอบแล้วจำนวน 30 กิโลกรัม ให้แก่ผู้ควบคุมงานเพื่อเก็บไว้เป็นมาตรฐาน จนกว่างานคอนกรีตจะแล้วเสร็จ และผู้ควบคุมงานจะต้องออกเอกสารซึ่งบันทึกเกี่ยวกับคุณสมบัติของมวลรวมดังกล่าวให้แก่ผู้รับจ้างเก็บไว้เป็น

หลักฐานด้วย ในการเทคอนกรีตทุก ๆ 500 ลูกบาศก์เมตร ให้เก็บตัวอย่างมวลรวมมาทำการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด และทดลองหาความสะอาดของมวลรวมละเอียดอย่างน้อย 1 ครั้ง

ถ้ามวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดลักษณะแตกต่างไปจากตัวอย่างมวลรวมมาตรฐานที่เก็บไว้ที่ผู้ควบคุมงาน ให้ดำเนินการเก็บตัวอย่างมวลรวมมาทำการทดสอบใหม่บางรายการหรือทุกรายการตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

5.1.3 ส่วนผสมคอนกรีต

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างงานโครงสร้างคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในแต่ละชั้นคุณภาพให้มีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในแบบ ในการออกแบบส่วนผสมจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางด้านความคงทนต่อสภาวะอากาศและความสึกหรอ ความต้านแรงอัด ความสามารถเทได้ ความง่ายในการปรับแต่งผิวหน้า ความต้านทานการซึมน้ำ และลักษณะเนื้อผิวของคอนกรีตแต่ละชั้นคุณภาพให้เหมาะสมกับส่วนของโครงสร้างต่าง ๆ ด้วย

ตามปกติคอนกรีตของโครงสร้างได้กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตไว้ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 ระบุค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดและระบุส่วนผสมที่แน่นอน ลักษณะที่ 2 ระบุเฉพาะความต้านแรงอัดต่ำสุดไว้ ให้ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ตามตารางที่ 5.1-2.1 โดยไม่ต้องคำนึงถึงชนิดของโครงสร้าง และลักษณะที่ 3 ซึ่งไม่ระบุทั้งความต้านแรงอัดต่ำสุดและส่วนผสมที่แน่นอนไว้ ให้ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ตามชนิดของโครงสร้างตามตารางที่ 5.1-2.1 และ 5.1-2.2

ตารางที่ 5.1-2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชั้นคุณภาพของคอนกรีต กำลังอัด และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้น้อยสุด

Class of concrete	A	B	C	D	E
กำลังอัด (Cube) MPa	> 50	46-50	41-45	30-40	< 30
ปูนซีเมนต์ (กก.)	500	450	400	350	300

ตารางที่ 5.1-2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของโครงสร้าง องค์ประกอบโครงสร้าง และค่ากำลังอัดประลัยต่ำสุด

ชนิดของโครงสร้าง	องค์ประกอบโครงสร้าง	ค่ากำลังอัดประลัยต่ำสุด f_{cu} MPa (กก./ซม.^{2})
โครงสร้างส่วนบน	คานคอนกรีตอัดแรง I-GIRDER ชนิดดึงเหล็กทีหลัง	45 (459)
	คานคอนกรีตอัดแรง I-GIRDER และ BOX BEAM ชนิดดึงเหล็กก่อน	50 (510)
	คานคอนกรีตอัดแรง PLANK GIRDER ชนิดดึงเหล็กก่อน	50 (510)
	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และ DIAPHRAGM สำหรับโครงสร้าง I-GIRDER	35 (357)
	คอนกรีตเททับหน้าและรอยต่อรับแรงเฉือน	40 (408)
	แผ่นพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C.SLAB TYPE) ราวกันชนและทางเท้า	35 (357)
โครงสร้างส่วนล่าง	เสาตอม่อ (PIER) และคานยึดเสา (CAP BEAM)	35 (357)
	ฐานราก	35 (357)
	ตอม่อตับริม (ABUTMENT) และกำแพงปีก (WINGWALL)	35 (357)
	เสาเข็มเจาะแบบแห้ง	30 (306)
	เสาเข็มเจาะแบบเปียก	35 (357)
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ	35 (357)
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ	45 (459)
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงโดยใช้แรงเหวี่ยง	60 (612)
โครงสร้างอื่น ๆ	กำแพงกันดิน	35 (357)
	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยม	30 (306)
	ท่อระบายน้ำคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปสี่เหลี่ยม	40 (408)
	โครงสร้างอื่น ๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้ข้างต้น	35 (357)

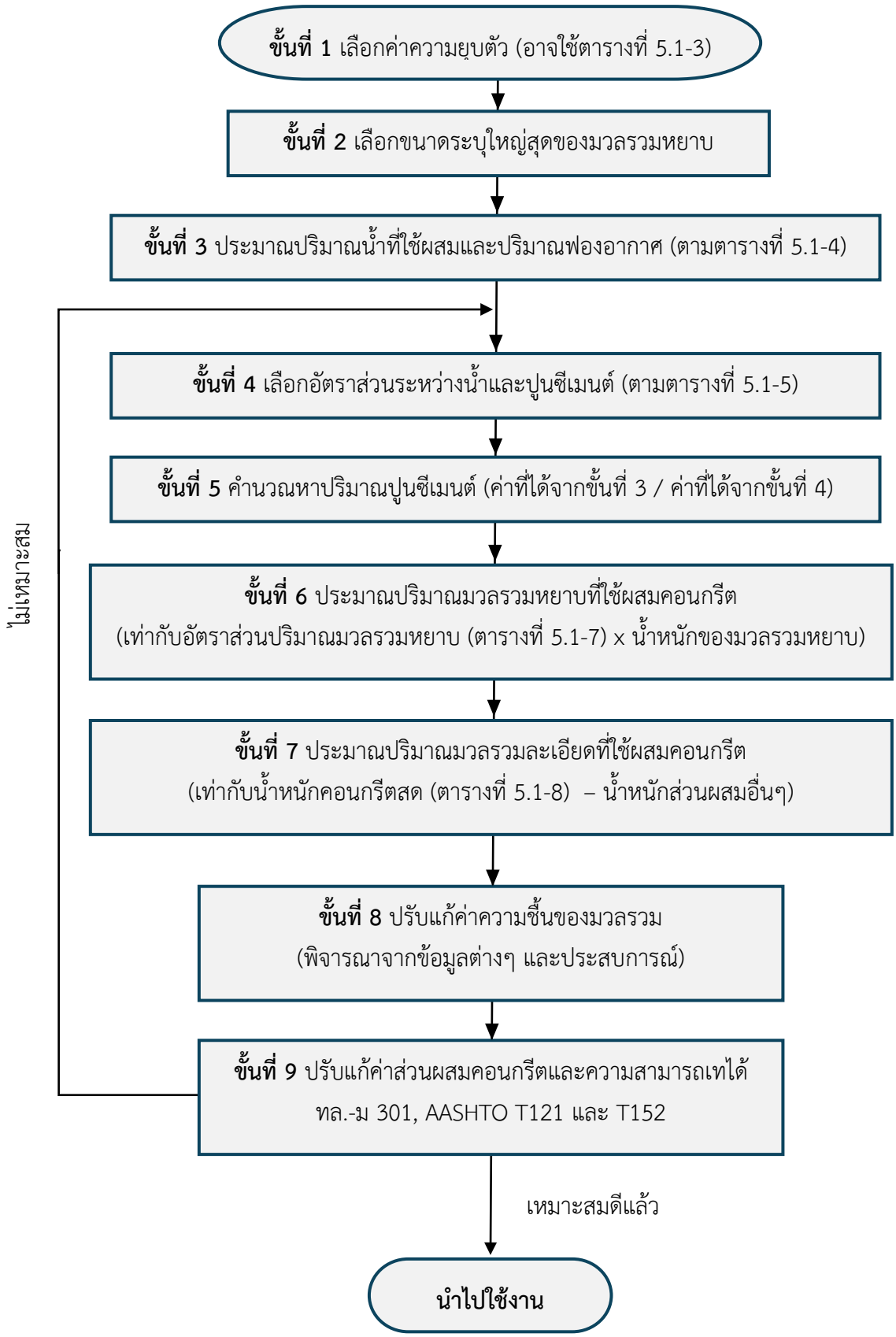
สำหรับโครงสร้างพิเศษอื่นๆ ให้ค่ากำลังอัดประลัยต่ำสุดเป็นไปตามแบบก่อสร้าง

5.1.3.1 องค์ประกอบของส่วนผสมคอนกรีต

วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมคอนกรีตต้องเป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามข้อ 5.1.1

5.1.3.2 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

สำหรับขั้นตอนที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมนี้ เป็นขั้นตอนที่แนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้คอนกรีตน้ำหนักปกติ (Normal Weight Concrete) เป็นเกณฑ์พิจารณา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (สามารถพิจารณาจากแผนภูมิขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้)



แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบอัตราส่วนผสมคอนกรีต

(1) ขั้นที่ 1 การเลือกหาค่าความยุบตัว (Slump) ถ้าหากไม่ได้ระบุค่าความยุบตัว (Slump) ไว้ในแบบ ค่าที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.1-3 ซึ่งเป็นค่าความยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตที่มีความข้นเหลวขั้นที่สุด และสามารถเทลงแบบได้ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนช่วยในการทำให้คอนกรีตแน่นด้วย

ตารางที่ 5.1-3 ค่าความยุบตัว (Slump) สำหรับโครงสร้างชนิดต่าง ๆ หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

ชนิดของโครงสร้าง	**ค่าความยุบตัว (Slump) มิลลิเมตร**	
	ค่าสูงสุด	**ค่าต่ำสุด**
ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก	75	25
ฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก และโครงสร้างใต้ดิน	75	25
คาน กำแพง และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	100	25
เสาโครงสร้าง	100	25
พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	75	25
คอนกรีตหลา (Mass Concrete)	50	25

หมายเหตุ ค่าความยุบตัว (Slump) สามารถเพิ่มมากกว่าค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 5.1-3 ได้ เมื่อใช้สารเคมีผสมสำหรับคอนกรีต หรือสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล โดยให้เป็นไปตามข้อ 5.1.1.3 5.1.1.5 5.1.2.3 และ 5.1.2.5

(2) ขั้นที่ 2 การเลือกขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ (Nominal Maximum Size of Aggregate) เนื่องจากขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่ และมีขนาดคละที่ดี จะมีช่องว่าง (Void) น้อยกว่าขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่มีขนาดเล็กกว่า และมีขนาดคละที่ดี จึงเป็นผลให้ใช้มอร์ตาร์น้อยกว่าในปริมาณคอนกรีตที่เท่ากันด้วย ดังนั้นโดยปกติแล้ว จะใช้ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่ และทำงานได้เพื่อประหยัดปริมาณมอร์ตาร์

ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบต้องไม่เกิน 1 ใน 5 ของระยะห่างระหว่างแบบสองข้างที่แคบที่สุด หรือไม่เกิน 1 ใน 3 ของความหนาของพื้น หรือไม่เกิน 3 ใน 4 ของระยะห่างน้อยที่สุด (Clear Spacing) ระหว่างเหล็กเสริม หรือกลุ่มเหล็กเสริม หรือเกลียวลวดเหล็กเสริมอัดแรง ซึ่งข้อกำหนดเหล่านี้อาจจะยกเว้นได้ในกรณีที่ใช้คอนกรีตซึ่งมีความสามารถเทได้ดี โดยไม่ทำให้คอนกรีตที่เทลงไปในแบบมีช่องว่าง (Honeycomb or Void) ในโครงสร้างที่ใช้เหล็กเสริม หรือท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงจำนวนมาก ผู้รับจ้างซึ่งเป็นผู้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต จะต้องเลือกขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ ซึ่งสามารถเทคอนกรีตได้โดยไม่เกิดการแยกตัวและช่องว่างขึ้นในคอนกรีต

เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้คอนกรีตที่มีค่าความต้านแรงอัดสูง (High Strength Concrete) ควรจะลดขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบลงบ้าง เพื่อให้ได้ค่าความต้านแรงอัดที่สูงตามค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ที่กำหนดไว้

(3) ขั้นที่ 3 การประมาณปริมาณน้ำที่ใช้ผสมและปริมาณของฟองอากาศ ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วยน้ำหนักปริมาตรของคอนกรีตขึ้นอยู่กับขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ รูปร่างและขนาดของมวลรวม อุณหภูมิคอนกรีต ปริมาณของฟองอากาศ และการใช้สารผสมเพิ่ม ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถประมาณได้ตามตารางที่ 5.1-4 เนื่องจากรูปร่างและผิวเนื้อของมวลรวมมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ ดังนั้นค่าที่แนะนำให้ใช้จึงอาจเปลี่ยนแปลงไปบ้าง แต่ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตควรใช้ค่าที่แนะนำเป็นเกณฑ์เริ่มต้น

ตารางที่ 5.1-4 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตโดยประมาณ (กก./ลบ.ม.) และปริมาณฟองอากาศที่ต้องการสำหรับค่าความยุบตัวและขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ค่าต่าง ๆ

ค่าความยุบตัว (Slump) (มม.)	ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ (มม.)					
	9.5	12.5	19	25	37.5	50
ก. ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ						
25 – 50	207	199	190	179	166	154
75 – 100	228	216	205	193	181	169
150 – 175	243	228	216	202	190	178
ปริมาณฟองอากาศโดยประมาณ (เปอร์เซ็นต์)	3	2.5	2	1.5	1	0.5
ข. ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ						
25 – 50	181	175	168	160	150	142
75 – 100	202	193	184	175	165	157
150 – 175	216	205	197	184	174	166
ปริมาณของฟองอากาศโดยประมาณสำหรับโครงสร้างที่สัมผัสกับสภาวะแวดล้อม (Exposure) แบบต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์)						
- สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมน้อย (Mild Exposure)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
- สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมปานกลาง (Moderate Exposure)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0
- สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมมาก (Severe Exposure)	7.5	7.0	6.0	6.0	6.5	5.0

หมายเหตุ 1. ในกรณีที่ใช้สารผสมเพิ่ม ปริมาณของน้ำที่ใช้ละลายสารผสมเพิ่มชนิดที่เป็นผง หรือปริมาณของสารผสมเพิ่มชนิดที่เป็นของเหลว ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตด้วย

2. โครงสร้างที่สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมน้อย (Mild Exposure) หมายถึง โครงสร้าง คอนกรีตที่ใช้งานภายในร่ม และภายนอกในสภาพที่โครงสร้างไม่ถูกสัมผัสกับสภาพที่น้ำเป็นน้ำแข็งได้ หรือสัมผัสกับสารที่ทำให้น้ำแข็งละลายได้ เช่น เกลือ เป็นต้น

3. โครงสร้างที่สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมปานกลาง (Moderate Exposure) หมายถึง โครงสร้างคอนกรีตที่ใช้งานในสภาพที่น้ำเป็นน้ำแข็งได้ แต่โครงสร้างนั้นจะต้องไม่ถูกแช่น้ำ หรือถูกความชื้นเป็นเวลานานติดต่อกัน และไม่สัมผัสกับเกลือ หรือสารทำลายคอนกรีตอื่น ๆ ตัวอย่าง เช่น คาน เสา ผนัง คานซอย หรือพื้น ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็นมาก เป็นต้น และโครงสร้างเหล่านั้นจะต้องไม่สัมผัสกับดินที่เปียกชื้น และไม่อยู่ในบริเวณที่จะสัมผัสกับเกลือ หรือสารที่สามารถทำลายคอนกรีตได้

4. โครงสร้างที่สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมมาก (Severe Exposure) หมายถึงโครงสร้างคอนกรีตที่ใช้งานในสภาพที่สัมผัสกับเกลือ หรือสารที่สามารถทำลายคอนกรีตได้ หรือโครงสร้างที่ต้องแช่น้ำติดต่อกันเป็นเวลานาน ตัวอย่าง เช่น คอนกรีตดาดคลอง ถังน้ำ หรือบ่อพักน้ำ เป็นต้น

(4) ขั้นที่ 4 การเลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ ต้องคำนึงถึงทั้งค่าความต้านแรงอัดและความทนทานด้วย เพราะมวลรวมต่างชนิดกัน หรือปูนซีเมนต์ต่างชนิดกัน หากใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์เท่ากัน ก็จะให้ค่าความต้านแรงอัดและความทนทานแตกต่างกันด้วย

ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลของชนิดมวลรวม และชนิดของปูนซีเมนต์ ค่าประมาณของอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ สำหรับงานคอนกรีตที่ค่าความต้านแรงอัดต่าง ๆ สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.1-5

ตารางที่ 5.1-5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ และค่าความต้านแรงอัด

ค่าความต้านแรงอัดที่ 28 วัน (MPa)	**อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์**	
	ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ	**ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ**
45	0.42	-
40	0.47	0.39
35	0.54	0.45
30	0.61	0.52
25	0.69	0.60
20	0.79	0.70

หมายเหตุ 1. ค่าความต้านแรงอัดที่ 28 วัน เป็นความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตทดลองรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร ที่อายุครบ 28 วัน บ่มโดยการแช่น้ำ

2. ปริมาณฟองอากาศสำหรับคอนกรีตที่ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ สำหรับคอนกรีตต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฟองอากาศสำหรับคอนกรีตที่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ สำหรับคอนกรีตต้องไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์

3. ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบมีค่าระหว่าง 19 ถึง 25 มิลลิเมตร และในกรณีที่โครงสร้างคอนกรีตนั้นต้องใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตมาก ให้มีอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ไม่มากกว่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 5.1-6

ตารางที่ 5.1-6 อัตราส่วนสูงสุดระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์
สำหรับคอนกรีตที่ต้องสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพคอนกรีตมาก

ชนิดของโครงสร้าง	โครงสร้างที่เปียกชื้นหรือถูกแดดฝนอยู่เสมอ	โครงสร้างสัมผัสน้ำทะเลหรือซัลเฟต
โครงสร้างที่มีรูปร่างบาง เช่น พื้นสะพาน ขอบและราวสะพาน และโครงสร้างที่มีคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมอยู่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร	0.45	0.40
โครงสร้างอื่น ๆ	0.50	0.45

หมายเหตุ ในโครงสร้างสัมผัสกับน้ำทะเลหรือซัลเฟต หากใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 อาจเพิ่มอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ได้อีกไม่เกิน 0.05 นอกจากนั้น สำหรับโครงสร้างพิเศษที่ต้องการความคงทนสูง ให้อ้างอิงอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์และส่วนผสมอื่นๆ ตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง

(5) ขั้นที่ 5 คำนวณหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีต (กก./ลบ.ม.) ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้ค่าปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในขั้นที่ 3 หารด้วยค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ในขั้นที่ 4 แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าปริมาณปูนซีเมนต์น้อยที่สุดที่ระบุไว้ในแบบ (ถ้ามี) โดยให้ใช้ค่าปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากกว่าเป็นเกณฑ์

(6) ขั้นที่ 6 ประมาณปริมาณมวลรวมหยาบที่ใช้ผสมคอนกรีต ให้ใช้อัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบที่แห้งด้วยเตาอบและกระทุ้งแน่น (Oven-Dry-Rodded Basis) ตาม AASHTO T 19: Unit Weight and Voids in Aggregate ใน 1 หน่วยปริมาตรของคอนกรีตสด ตามตารางที่ 5.1-7 ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ และค่าโมดูลัสความละเอียดของมวลรวมละเอียด

ตารางที่ 5.1-7 อัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบที่แห้งด้วยเตาอบและกระทุ้งแน่น ใน 1 หน่วยปริมาตรของคอนกรีตสด

ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ (มม.)	อัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบที่แห้งด้วยเตาอบและกระทุ้งแน่น ใน 1 หน่วยปริมาตรของคอนกรีตสด			
	โมดูลัสความละเอียดของมวลรวมละเอียด			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	0.66	0.64	0.62	0.60
25.0	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50.0	0.78	0.76	0.74	0.72

หมายเหตุ อัตราส่วนปริมาตรของมวลรวมหยาบที่แห้งด้วยเตาอบและกระทุ้งแน่นในตารางนี้ ใช้สำหรับโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป ถ้าเป็นงานที่ต้องการความสามารถในการเทสูง เช่น งานคอนกรีตปั๊ม อาจลดอัตราส่วนนี้ได้อีกไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ต้องรักษาค่าความยุบตัว (Slump) อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ และค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีต ตามที่แนะนำไว้ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 4 และต้องตรงตามข้อกำหนดในแบบทุกประการ

(7) ขั้นที่ 7 ประมาณปริมาณมวลรวมละเอียดที่ใช้ผสมคอนกรีต ให้ใช้ปริมาณมวลรวมละเอียดโดยการหักน้ำหนักของส่วนผสมต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ น้ำที่ใช้ผสมทั้งหมด ซีเมนต์ และมวลรวมหยาบ ออกจากน้ำหนักของคอนกรีตสดใน 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้ำหนักของคอนกรีตสดสามารถประมาณครั้งแรกได้ตามตารางที่ 5.1-8

ตารางที่ 5.1-8 น้ำหนักของคอนกรีตสดสำหรับการประมาณครั้งแรก

ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ (มม.)	น้ำหนักของคอนกรีตสดสำหรับการประมาณครั้งแรก(กก./ลบ.ม.)	
	ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ	ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ
9.5	2,280	2,200
12.5	2,310	2,230
19.0	2,345	2,275
25.0	2,380	2,290
37.5	2,410	2,350
50.0	2,445	2,345

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางที่ 5.1-8 นี้ สามารถคำนวณโดยประมาณจากสมการ

$$U_M = 10G_m (100-A) + C_M (1 - G_m/G_c) - W_M (G_m - 1)$$

โดยที่

U_M เป็นค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสด กก./ลบ.ม.

G_m เป็นค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Bulk, Saturated-Surface-Dry)

G_c เป็นค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ ปกติใช้ 3.15

A เป็นค่าของปริมาณฟองอากาศในคอนกรีต ให้ใช้ตามตารางที่ 5.1-4

W_M เป็นค่าปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ให้ใช้ตามตารางที่ 5.1-4

C_M เป็นค่าปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีต

ตัวอย่าง

กำหนดให้

ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ = 25 มิลลิเมตร

ค่าความยุบตัว = 75-100 มิลลิเมตร

ไม่ใช้ความกระจายกักฟองอากาศ

สมมุติให้

G_m = 2.7

A = 1.5 เปอร์เซ็นต์

C_M = 300 กก./ลบ.ม.

G_C = 3.15

W_M = 193 กก./ลบ.ม.

U_M = 10x2.7 (100-1.5) + 300 (1-2.7/3.15) – 193 (2.7-1)

= 27 (98.5) + 42.857 – 328.1

= 2,659.5 + 42.857 – 328.1

= 2,374 กก./ลบ.ม.

ซึ่งใกล้เคียงกับในตารางที่ 5.1-8

2. ถ้าใช้ปริมาณน้ำหนักแตกต่างไปจากตารางที่ 5.1-4 แล้ว ปริมาณน้ำทุก 5 กก. ที่แตกต่าง (ค่าความยุบตัว 75-100 มิลลิเมตร) จะแปรผกผันกับค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดทุก 8 กก./1 ลบ.ม. ถ้าใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่แตกต่างไปจาก 330 กก. แล้ว ปริมาณปูนซีเมนต์ทุก 22 กก. ที่แตกต่าง จะแปรผันกับค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดทุก 3 กก. ถ้าใช้ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดแตกต่างไปจาก 2.7 แล้ว ค่าที่แตกต่างไปทุก 0.1 จะแปรผันกับค่าหน่วยน้ำหนักคอนกรีตสดทุก 60 กก./1 ลบ.ม. สำหรับคอนกรีตที่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต ในแบบที่สัมผัสกับสภาวะแวดล้อม ค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดจะเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตสดลดลง 1 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณฟองอากาศเดิม

(8) ขั้นที่ 8 การปรับแก้ค่าความชื้นของมวลรวม ปริมาณความชื้นที่อยู่ในมวลรวมต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยในมวลรวมที่มีความชื้นปนอยู่ทั้งที่ผิวหน้าและภายใน เนื้อวัสดุต้องเผื่อน้ำหนักไว้มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องลดลงไปในจำนวนเท่ากับปริมาณน้ำอิสระ (Free Water) ที่ผสมอยู่ในมวลรวม

(9) ขั้นที่ 9 การปรับแก้ค่าส่วนผสมคอนกรีต ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้ต้องทำการตรวจสอบส่วนผสมตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 301 “มาตรฐานการผสมตัวอย่างคอนกรีตสดในห้องทดลอง” คอนกรีตสดที่ได้จะต้องทำการทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักและปริมาณตามมาตรฐาน AASHTO T 121 : Weight per Cubic Foot, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete และทดสอบหาปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตตามมาตรฐาน AASHTO T 121 หรือตามมาตรฐาน AASHTO T 196 : Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method หรือตามมาตรฐาน AASHTO T 152 : Air Content of Freshly

Mixed Concrete by the Pressure Method นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงความสามารถเทได้ การป้องกันการแยกตัว และการตกแต่งผิวหน้าของคอนกรีตสดด้วย

ในการใช้น้ำผสมคอนกรีตในห้องทดลองนั้น ถ้าหากพบว่าค่าความยุบตัว (Slump) ไม่ถูกต้อง สามารถปรับแก้โดยเพิ่มหรือลดน้ำจำนวน 2 กก. ต่อคอนกรีตสด 1 ลบ.ม. เพื่อเพิ่มหรือลดค่าความยุบตัว ทุก ๆ 10 มิลลิเมตร

ในกรณีใช้สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต การลดหรือเพิ่มจำนวน 3 กก. ต่อคอนกรีตสด 1 ลบ.ม. จะทำให้ปริมาณฟองอากาศเพิ่มหรือลดลงประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

หลังจากปรับแก้ค่าต่าง ๆ ให้คำนวณปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ตามสัดส่วนที่ทดลองผสมในห้องทดลอง เพื่อให้ได้ปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ ในคอนกรีตสด 1 ลบ.ม.

5.1.3.3 การกำหนดค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีต

ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตทดลองนั้น ควรออกแบบเผื่อให้คอนกรีตมีค่าเฉลี่ยของความต้านแรงอัดสูงกว่าค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่ระบุไว้ในแบบ ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ว่า เมื่อทดสอบความต้านแรงอัดจากแท่งคอนกรีตทดลองอย่างน้อย 30 แท่ง ที่ทำจากส่วนผสมคอนกรีตทดลองดังกล่าวแล้ว ค่าความต้านแรงอัดเป้าหมายที่คำนวณจากสูตรต่อไปนี้ ต้องไม่น้อยกว่าค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่ระบุไว้

$$F_{ck} = F_m + ZS \geq F_{cu}$$

โดยที่

F_{ck} = ค่าความต้านแรงอัดเป้าหมาย

F_m = ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตทดลอง จำนวนไม่น้อยกว่า 30 แท่ง

$$\sum_{j=1}^{N} \frac{F_{cd}}{N}$$

F_{cd} = ค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตทดลองแต่ละแท่ง

N = จำนวนแท่งคอนกรีตทดลอง (ไม่น้อยกว่า 30 แท่ง)

S = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตทดลองทั้งหมด

$$= \sqrt{\frac{\Sigma(F_{cj} - F_m)^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{\Sigma(F_{cj}{}^2) - (\Sigma F_{cj})^2}{N - 1}}$$

Z = สัมประสิทธิ์ของความน่าจะเป็นสำหรับที่ยอมให้ต่ำกว่าค่าความต้านแรงอัดเป้าหมาย ในที่นี้ยอมให้ต่ำกว่าได้ร้อยละ 5 ซึ่งค่า Z จะเท่ากับ -1.64

F_{cu} = ค่าความต้านทานแรงอัดต่ำสุดที่ระบุไว้

ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเก่าของส่วนผสมคอนกรีตในเกณฑ์เดียวกันมาก่อน ขอแนะนำให้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเพื่อให้มีความต้านแรงอัดสูงกว่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่ระบุไว้ไม่น้อยกว่า 5 เมกะปาสกาล ก่อน จากนั้นจึงค่อยปรับส่วนผสมอีกภายหลังเมื่อทราบผลการทดสอบค่าความต้านแรงอัดแล้ว

ตัวอย่าง เมื่อทำการทดสอบความต้านแรงอัดจากแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร เมื่ออายุ 28 วัน ซึ่งเป็นข้อมูลเก่าที่ทำจากส่วนผสมคอนกรีตทดลองตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามที่แนะนำไว้เพื่อใช้เป็นคอนกรีตชั้นคุณภาพ D ตามตารางที่ 5.1-2.1 และ 5.1-2.2 สำหรับเสาเข็มเจาะแบบแห้ง ได้ผลดังนี้

j	F_{cd} (เมกะปาสกาล)	$(F_{cd}- F_m)^2$
1	45	2.16
2	46	6.10
3	47	12.04
4	48	19.98
5	49	29.92
6	45	2.16
7	42	2.34
8	44	0.22
9	45	2.16
10	43	0.28
11	42	2.34
12	41	6.40
13	40	12.46
14	42	2.34

j	F_{cd} (เมกะปาสกาล)	$(F_{cd}- F_m)^2$
15	43	0.28
16	44	0.22
17	43	0.28
18	42	2.34
19	41	6.40
20	42	2.34
21	43	0.28
22	41	6.40
23	42	2.34
24	43	0.28
25	44	0.22
26	45	2.16
27	42	2.34
28	43	0.28
29	44	0.22
30	45	2.16
	F_{cd} = 1,306	$(F_{cd} - F_m)^2$ = 129.44

F_m = 1,306/30 = 43.53 เมกะปาสกาล

N - 1 = 30-1 = 29

$$S = \sqrt{\frac{\sum(F_{cj} - F_m)^2}{N - 1}}$$

= 2.11

F_{ck} = F_m+ZS

= 43.53 + (-1.64 x 2.11)

= 43.53 – 3.46

= 40.07 เมกะปาสกาล

ในกรณีนี้ตามตารางที่ 5.1-2.2 ค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดต้องไม่น้อยกว่า 30 เมกะปาสกาล ดังนั้นส่วนผสมคอนกรีตนี้สามารถนำไปใช้ได้

5.1.3.4 ตัวอย่างการคำนวณหาส่วนผสมคอนกรีต

จากข้อมูลที่ระบุไว้ดังนี้

- ข้อกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตที่ระบุไว้ในแบบ (คอนกรีตชั้นคุณภาพ D)

  ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต

  ค่าความต้านแรงอัดเป้าหมาย (F_{ck}) 40 เมกะปาสกาล

  ค่าความยุบตัว (Slump) 75-100 มิลลิเมตร

  ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้น้อยสุด 350 กก./ลบ.ม.

- มวลรวมหยาบ

  ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ 37.5 มิลลิเมตร

  น้ำหนักของมวลรวมหยาบที่แห้งด้วยเตาอบและกระทุ้งแน่น 1,600 กก./ลบ.ม.

  ค่าความดูดซึมน้ำ 0.5 เปอร์เซ็นต์

- มวลรวมละเอียด

  ค่าความดูดซึมน้ำ 0.7 เปอร์เซ็นต์

  โมดูลัสความละเอียด 2.80

- ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท 1. หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

การคำนวณหาส่วนผสมคอนกรีตสามารถดำเนินการได้ดังนี้

(1) ขั้นที่ 1 ค่าความยุบตัว (Slump) อยู่ระหว่าง 75 ถึง 100 มิลลิเมตร

(2) ขั้นที่ 2 ขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ 37.5 มิลลิเมตร

(3) ขั้นที่ 3 ตามตารางที่ 5.1-4 เป็นคอนกรีตที่ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ

ดังนั้นปริมาณน้ำสำหรับค่าความยุบตัว (Slump) ที่ 75-100 มิลลิเมตร

และขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ 37.5 มิลลิเมตร คือ 181 กก./ลบ.ม.

(4) ขั้นที่ 4 อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีตที่ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ เพื่อให้ได้ค่าความต้านแรงอัด 40 เมกะปาสกาล (MPa) สามารถหาได้จากตารางที่ 5.1-5 คือ 0.47

(5) ขั้นที่ 5 จากขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 สามารถหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต

คือ 181/0.47 = 385 กก./ลบ.ม.

(6) ขั้นที่ 6 หาปริมาณของมวลรวมหยาบได้ จากตารางที่ 5.1-7 โดยที่ค่าโมดูลัสความละเอียดของมวลรวมละเอียด 2.8 และขนาดระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ 37.5 มิลลิเมตร ดังนั้นจากตารางจะได้อัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบที่แห้งด้วยเตาอบและกระทุ้งแน่นใน 1 หน่วยปริมาตรของคอนกรีตสด เท่ากับ 0.71 หรือคิดเป็นน้ำหนัก

เท่ากับ 0.71x1,600 = 1,136 กิโลกรัม

(7) ขั้นที่ 7 หาปริมาณของมวลรวมละเอียดโดยหักน้ำหนักของส่วนผสมต่าง ๆ ออกจากน้ำหนักคอนกรีตสดซึ่งหาได้จากตารางที่ 5.1-8 ดังนี้

น้ำหนักน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต	181	กก.
ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้	385	กก.
มวลรวมหยาบที่ใช้	1,136	กก.
รวม	1,702	กก.

น้ำหนักของคอนกรีตสด จากตารางที่ 5.1-8 = 2,410 กก.

ดังนั้น มวลรวมละเอียดที่ใช้ = 2,410-1,702 = 708 กก.

(8) ขั้นที่ 8 ถ้าประมาณการได้ว่ามวลรวมหยาบมีความชื้นปนอยู่ 2 เปอร์เซ็นต์และมวลรวมละเอียดมีความชื้นปนอยู่ 6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการหาส่วนผสมมวลรวมจะต้องแก้ไขดังนี้

มวลรวมหยาบ (ความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์) = 1,136x1.02 = 1,159 กก.

มวลรวมละเอียด (ความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์) = 708x1.06 = 750 กก.

ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปในมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดไม่นำไปคิดเป็นส่วนหนึ่งของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

น้ำที่เหลืออยู่โดยรอบมวลรวมหยาบ = 2 - 0.5 = 1.5 เปอร์เซ็นต์

น้ำที่เหลืออยู่โดยรอบมวลรวมละเอียด = 6 - 0.7 = 5.3 เปอร์เซ็นต์

นั่นคือปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีต = 181 - 1,136 (0.015) – 708 (0.053)
= 126 กก.

ดังนั้นใน 1 ลบ.ม. ส่วนผสมจะประกอบด้วย

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต	126	กก.
ปูนซีเมนต์	385	กก.
มวลรวมหยาบ (ความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์)	1,159	กก.
มวลรวมละเอียด (ความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์)	750	กก.
รวม	2,420	กก.

(9) ขั้นที่ 9 วิธีการแก้ค่าส่วนผสมคอนกรีตสดในห้องทดลองซึ่งสมมติว่าใช้คอนกรีตสดจำนวน 0.02 ลบ.ม. (เพื่อความสะดวกในการผสม) ดังนั้นในคอนกรีตสด 0.02 ลบ.ม.จะประกอบด้วยน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต 126 x 0.02 = 2.52 กก. (จากการคำนวณ)

ให้ทำการทดลองผสมคอนกรีตจำนวน 0.02 ลบ.ม. โดยใช้อัตราส่วนตามที่คำนวณได้และวัดค่าความยุบตัว (Slump) ถ้าไม่ได้ค่าความยุบตัว (Slump) ตามความต้องการ ให้ทำการทดลองผสมใหม่โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำตามความเหมาะสม

สาเหตุที่ปริมาณน้ำที่ใช้ทดลองผสมไม่เป็นไปตามที่คำนวณได้เนื่องมาจากความผันแปร (Variation) ของคุณสมบัติของคอนกรีตสด เช่น คุณสมบัติของมวลรวมหยาบคุณสมบัติของมวลรวมละเอียด อุณหภูมิของอากาศขณะผสมคอนกรีต เป็นต้น

สมมติทดลองเพิ่มปริมาณน้ำอีกประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ จากที่คำนวณได้ (2.52 กก.)

ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำ 2.70 กก.

ปริมาณปูนซีเมนต์ 385 × 0.02 = 7.70 กก.

มวลรวมหยาบ (ความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์) 1,159 × 0.02 = 23.18 กก.

มวลรวมละเอียด (ความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์) 750 × 0.02 = 15.00 กก.

รวม 2.70 + 7.70 + 23.18 + 15.00 = 48.58 กก.

เมื่อทำการผสมแล้ว วัดค่าความยุบตัว (Slump) ได้ 50 มิลลิเมตร และหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน AASHTO T121 : Weight per Cubic Foot, Yield, and Air-Content (Gravimetric) of Concrete มีค่า 2,390 กก./ลบ.ม. จึงต้องปรับแก้ค่าความยุบตัว (Slump) ให้ได้ถูกต้องตามความต้องการต่อไป

ดังนั้นปริมาณคอนกรีตที่ได้ = 48.58 / 2,390 = 0.0203 ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับน้ำที่ใช้ทดลองผสมรวมกับน้ำที่อยู่โดยรอบมวลรวมหยาบ (ภายหลังการหักค่าความดูดซึมน้ำแล้ว) รวมกับน้ำที่อยู่โดยรอบมวลรวมละเอียด (ภายหลังหักค่าความดูดซึมน้ำแล้ว) = 2.70 + (0.015 × 1,136 × 0.02) + (0.053 × 708 × 0.02) = 3.79 กก.

นั่นคือปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตใน 1 ลบ.ม. = 3.79 / 0.0203 = 187 กก.ตามที่แนะนำไว้ในข้อ 5.1.3.2 ในขั้นที่ 9 จะต้องเพิ่มน้ำอีก 8 กก. เพื่อเพิ่มค่าความยุบตัวจาก 50 มิลลิเมตร เป็น 75 ถึง 100 มิลลิเมตร ดังนั้นน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตใน 1 ลบ.ม. จะเท่ากับ 187 + 8 = 195 กก.

ในการเพิ่มน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต จะต้องให้ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์คงที่ คือ 0.47 เพราะฉะนั้นปริมาณปูนซีเมนต์ = 195 / 0.47 = 415 กก.

เมื่อได้คุณสมบัติของคอนกรีตที่เหมาะสมแล้ว ปริมาณมวลรวมหยาบในคอนกรีต 1 ลบ.ม. จะต้องสอดคล้องกับที่ใช้ในห้องทดลอง

นั่นคือมวลรวมหยาบจะเป็น

23.18 / 0.0203 = 1,142 กก. (ความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์)

หรือ = 1,142 / 1.02 = 1,120 กก. (สภาพแห้ง)

หรือ = 1,120 × 1.005 = 1,126 กก. (Saturated-Surface-Dry)

แล้วสำหรับปริมาณของมวลรวมละเอียดจะสามารถหาได้จาก

2,390 – (195 + 415 + 1,126) = 654 กก. (Saturated-Surface-Dry)

หรือ = 654 / 1.007 = 649 กก. (สภาพแห้ง)

หรือ = 649 × 1.06 = 688 กก. (ความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์)

เนื่องจากมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีตมีความชื้นอยู่ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่อยู่ในคอนกรีตสดนั้น อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated-Surface-Dry) จึงมีน้ำเหลืออยู่โดยรอบมวลรวมทั้งสองในคอนกรีตสดดังนี้

น้ำที่เหลืออยู่โดยรอบมวลรวมหยาบเป็นปริมาณ = 1,142 – 1,126 = 16 กก.

น้ำที่เหลืออยู่โดยรอบมวลรวมละเอียดเป็นปริมาณ = 688 – 654 = 34 กก.

น้ำคอนกรีตที่จะใส่เพิ่มเข้าไปอีกมีปริมาณ = 195 – 16 – 34 = 145 กก.

ดังนั้นหลังจากปรับแก้ค่าต่าง ๆ แล้วส่วนผสมของคอนกรีตที่จะนำไปใช้งานใน 1 ลบ.ม. จะประกอบด้วย

น้ำ	145	กก.
ปูนซีเมนต์	415	กก.
มวลรวมหยาบ (ความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์)	1,142	กก.
มวลรวมละเอียด (ความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์)	688	กก.
รวมน้ำหนักทั้งหมด	2,390	กก.

จากตัวอย่างข้างต้นนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการหาส่วนผสมคอนกรีต ให้มีคุณสมบัติตามต้องการได้

5.1.3.5 การควบคุมส่วนผสมคอนกรีต

เมื่อผู้ควบคุมงานให้ความเห็นชอบในรายการคำนวณ และผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดลองผสมคอนกรีตเพื่อตรวจสอบความสามารถเทได้ (Workability) อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ ความต้านแรงอัด ลักษณะผิวคอนกรีตที่ได้ และคุณสมบัติอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อตรวจสอบว่าคอนกรีตดังกล่าวเหมาะสมสำหรับส่วนของโครงสร้างนั้น ๆ หรือไม่ นอกจากนี้ต้องตรวจสอบวิธีการขนส่งคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วและเครื่องมือทำคอนกรีตให้แน่น ซึ่งในการทดลองผสมทั้งหมดนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

ส่วนผสมทดลองจะต้องมีความข้นเหลวเหมาะสมสำหรับใช้งานก่อสร้างที่กำหนด โดยมีค่ากำลังอัดไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ และจะต้องออกแบบให้มีค่าความยุบตัวแตกต่างจากค่าความยุบตัวสูงสุดเหมาะสมกับที่กำหนดไว้ในแบบ และให้วัดอุณหภูมิของคอนกรีตในส่วนผสมทดลองด้วย

แต่ละอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ให้ดำเนินการจัดทำส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 301 “มาตรฐานการผสมตัวอย่างคอนกรีตสดในห้องทดลอง” แล้วหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์อย่างน้อย 9 แท่ง ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 303 “มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์” ทำการบ่มจนได้อายุครบ 28 วัน หรือเร็วกว่านั้น นำแท่งคอนกรีตตัวอย่างมาทดสอบความต้านแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 409 จะต้องได้ค่าความต้านแรงอัดไม่น้อยกว่าค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ที่อายุ 28 วัน ตามที่กำหนดไว้

จากผลการทดลองเหล่านี้จะได้กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์และค่าความต้านแรงอัด ซึ่งค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ที่จะใช้งานจริง ๆ อาจเลือกได้จากกราฟดังกล่าว

ผู้ควบคุมงานจะอนุญาตให้ใช้สัดส่วนของส่วนผสมคอนกรีตที่ได้ก็ต่อเมื่อ ค่าความต้านแรงอัดและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้น้อยสุด (กก./ลบ.ม.) เป็นไปตามที่กำหนด

ส่วนผสมคอนกรีตที่ได้รับการตรวจสอบและอนุญาตแล้ว ห้ามมิให้เปลี่ยนแปลงส่วนผสมหรือเปลี่ยนแปลงชนิด ขนาด ช่วงของส่วนคละ ขนาดหรือแหล่งวัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของส่วนผสม เว้นแต่จะได้รับความยินยอมจากผู้ควบคุมงาน ซึ่งอาจกำหนดให้ทำส่วนผสมทดลองใหม่ก่อนที่จะอนุญาตให้เปลี่ยนแปลงส่วนผสมก็ได้

การดำเนินการทั้งหมดนี้จะต้องให้แล้วเสร็จก่อนเริ่มงานคอนกรีต และค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

5.1.3.6 กรณีใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete)

ในกรณีใช้คอนกรีตผสมเสร็จ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการหาส่วนผสมคอนกรีตตามข้อ 5.1.3 โดยเคร่งครัด สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จที่ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ มาตรฐานที่ มอก. 213 ให้นำมาใช้ได้ โดยเลือกชั้นคุณภาพของคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งมีค่าความต้านแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์มากกว่าหรือเท่ากับค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่กำหนดในแบบก่อสร้าง และต้องมีคุณสมบัติตรงตามข้อ 5.1.3 ด้วย

สำหรับชั้นคุณภาพของคอนกรีตตามมาตรฐานกรมทางหลวงนั้น สามารถเทียบกับชั้นคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้ตามตารางที่ 5.1-9

ตารางที่ 5.1-9 เปรียบเทียบชั้นคุณภาพของคอนกรีตตามมาตรฐานกรมทางหลวง กับชั้นคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จ (มอก.213)

ชั้นคุณภาพของคอนกรีตตามมาตรฐานกรมทางหลวง	ชั้นคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จ (มอก.213)
A	c 50/55
B	c 45/50
C	c 40/45
D	c 35/40
E	c 25/30

5.1.4 การควบคุมคุณภาพของคอนกรีต

ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบควบคุมคุณภาพของคอนกรีตให้มีคุณภาพตรงตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง การตรวจสอบโดยผู้ควบคุมงาน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องที่กำหนดนั้น จะไม่เป็นการทำให้ผู้รับจ้างพ้นจากการรับผิดชอบต่อคุณภาพของคอนกรีตแต่อย่างใด

ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือทดสอบหาค่าความยุบตัว (Slump) และแบบหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร ประจำไว้ที่หน้างานให้เพียงพอ

5.1.4.1 ความถี่ในการทดสอบ

(1) โรงงานผลิตคอนกรีตและเครื่องมือ ต้องทำการตรวจสอบโรงงานผลิตคอนกรีตและอุปกรณ์ทุกครั้งต่อการผสมคอนกรีตประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตร และในกรณีผสมคอนกรีตเพื่องานโครงสร้างที่สำคัญ ผู้ควบคุมงานจะสั่งการให้ทำการตรวจสอบโรงงานผลิต และเครื่องมือก่อนก็ได้ หรือในเวลาใดก็ตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

เครื่องชั่งสำหรับชั่งมวลรวม ปูนซีเมนต์ รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับใส่น้ำ และสารผสมเพิ่มจะต้องตรวจสอบให้เป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 5.1.5

ผู้รับจ้างต้องทำการตรวจสอบโรงงานผลิตคอนกรีตและเครื่องมือต่าง ๆ ตามวิธีการที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

(2) คอนกรีตสด ให้ทำการทดสอบหาค่าความยุบตัว (Slump) ทุกครั้งที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร และอย่างน้อยที่สุดต้องทำการทดสอบ 1 ครั้ง ต่อการผลิตคอนกรีต 25 ลูกบาศก์เมตร โดยทำการทดสอบเมื่อเริ่มเทคอนกรีต และทุกครั้งที่มีการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร

(3) การทดสอบหาค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีต การเก็บตัวอย่างสำหรับทดสอบหาค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีตแต่ละชั้นคุณภาพ ซึ่งทำการเทในแต่ละวันจะต้องเก็บไม่น้อยกว่าวันละ 1 ครั้ง หรือไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ต่อการผลิตคอนกรีตทุก 120 ลูกบาศก์เมตร หรือไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ต่อคอนกรีตที่ใช้กับพื้นหรือหล่อผนังทุกพื้นที่ 450 ตารางเมตร หรือไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ต่อคอนกรีตที่เทเป็นโครงสร้างแต่ละส่วน

5.1.4.2 การเตรียมการบ่มและการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่างจากสนาม

แท่งคอนกรีตตัวอย่างสำหรับใช้ทดสอบหาค่าความต้านแรงอัด จะต้องดำเนินการตาม AASHTO T 23 : Making and Curing Concrete Compressive and Flexural Strength Test Specimens in the Field และวิธีการบ่มแท่งคอนกรีตตัวอย่างจะต้องให้มีสภาพใกล้เคียงกับวิธีการบ่มคอนกรีตที่ในสนาม ตามที่ระบุไว้ในหัวข้อที่ 5.1.11

ค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างทั้ง 3 แท่ง ซึ่งได้จากการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก. 409 จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

5.1.4.3 การตรวจสอบค่าความต้านแรงอัดที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

ในกรณีที่ทดสอบหาค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างไม่เป็นไปตามข้อ 5.1.4.2 ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการทดสอบภายใต้คำแนะนำของผู้ควบคุมงานโดยเคร่งครัด ในการปฏิบัติงานนั้น หากพิจารณาความเป็นไปได้จากผลการทดสอบค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตและคาดคะเนได้ว่า การรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างจะต้องลดลงอย่างแน่นอน ผู้รับจ้างต้องดำเนินการเจาะคอนกรีตจากโครงสร้าง ในบริเวณที่สงสัยนั้น ด้วยวิธีการทดสอบตาม AASHTO T 24 : Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed

Beams of Concrete โดยทำการเจาะคอนกรีตจากโครงสร้างออกมาทั้งหมด 3 แท่ง ซึ่งแต่ละแท่งของคอนกรีตที่เจาะออกมาจะต้องไม่น้อยกว่าค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่กำหนดไว้

ในกรณีที่ค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีต ที่ทำการทดสอบโดยการเจาะคอนกรีตจากโครงสร้างแล้วผลที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น ผู้รับจ้างอาจขอให้ดำเนินการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกจริงบนโครงสร้างนั้น ๆ หากสามารถกระทำได้

สำหรับค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ได้ สามารถเปลี่ยนเป็นค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ได้ตามตารางที่ 5.1-10

ตารางที่ 5.1-10 อัตราส่วนความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกกับรูปลูกบาศก์

ความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก (เมกะปาสกาล)	**ความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์** (เมกะปาสกาล)
15.0	20.0
20.0	25.0
25.0	30.0
30.0	35.0
35.0	40.0
40.0	45.0
45.0	50.0
50.0	55.0

5.1.5 การชั่งตวงวัสดุ

การชั่งตวงวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ผสมคอนกรีตดำเนินการตามวิธีการที่ผู้ควบคุมงานเห็นชอบ โดยชั่งตวงที่โรงงานผสมคอนกรีต (Plant) หรือบริเวณเครื่องผสมคอนกรีต (Mixer) เท่านั้น การผสมคอนกรีตจะใช้โรงงานผสมแบบตั้งอยู่กับที่ (Stationary Type) หรือแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Type) ก็ได้ ซึ่งโรงงานผสมคอนกรีตนี้จะต้องติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสม เพื่อให้การชั่งตวงเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ

5.1.5.1 ยุ้งใส่วัสดุและถังชั่งน้ำหนัก

ยุ้งใส่วัสดุจะต้องมีระบบระบายน้ำออกของมวลรวมที่ดี และต้องมีช่องแบ่งสำหรับเก็บมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดแต่ละขนาดให้เพียงพอ แต่ละช่องแบ่งจะต้องมีอุปกรณ์บังคับให้ปูนซีเมนต์ มวลรวมหยาบแต่ละขนาดและมวลรวมละเอียดไหลลงถังชั่งน้ำหนักได้สะดวกและมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องสามารถควบคุมอัตราการไหลของวัสดุต่าง ๆ ให้ช้าลงเมื่อวัสดุนั้น ๆ ใกล้ถึงปริมาณที่ต้องการ และสามารถปิดลงได้อย่างสนิทเมื่อได้ปริมาณที่ต้องการ

ถังชั่งน้ำหนักต้องจัดให้มีช่องเปิดเพื่อไว้สำหรับให้วัสดุต่าง ๆ ที่เกินปริมาณที่ต้องการไหลออกไปได้โดยสะดวก และสามารถปล่อยวัสดุออกจากถังได้หมดเมื่อมีความจำเป็น

5.1.5.2 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้ในการชั่งวัสดุผสมคอนกรีต จะต้องเป็นแบบคานหรือแบบหน้าปัทม์ที่ไม่ใช้สปริง จะต้องชั่งได้ละเอียดโดยอ่านน้ำหนักผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของมวลรวมสูงสุดที่ต้องการชั่ง ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 20 – 30 กิโลกรัม จำนวนอย่างน้อย 10 ตุ้ม ไว้ที่หน้างาน สำหรับตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องชั่ง ส่วนประกอบของเครื่องชั่งต่าง ๆ จะต้องรักษาให้สะอาดอยู่เสมอ

กรณีที่ใช้เครื่องชั่งแบบคาน จะต้องมีเข็มชี้ให้ทราบเมื่อวัสดุในถังชั่งน้ำหนักมีปริมาณเกือบพอกับความต้องการ แล้วเข็มดังกล่าวจะต้องเริ่มเตือนให้ทราบเมื่อการชั่งวัสดุยังขาดอยู่อีก 100 กิโลกรัมของน้ำหนักที่ต้องการ และเตือนอีกครั้งเมื่อน้ำหนักที่ชั่งสูงเกินพิกัดถึง 25 กิโลกรัม

เครื่องชั่งและเข็มชี้จะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมมองเห็นง่ายและอ่านได้สะดวกขณะเทวัสดุลงในถังชั่งน้ำหนัก และจะต้องมีทางเดินเข้าจุดควบคุมต่าง ๆ ได้โดยสะดวก

การชั่งปูนซีเมนต์อาจใช้การชั่งโดยตรง หรือคิดจากปูนซีเมนต์ถุงมาตรฐานซึ่งมีน้ำหนักถุงละ 50 กิโลกรัม เมื่อต้องการชั่งโดยตรงจะต้องจัดเตรียมเครื่องชั่งและถังชั่งน้ำหนักไว้โดยเฉพาะ และต้องเตรียมระบบการลำเลียงปูนซีเมนต์ที่ดีไว้สำหรับนำปูนซีเมนต์จากถังชั่งน้ำหนักไปยังเครื่องผสมคอนกรีต ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

สำหรับวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตแต่ละชนิดนั้นยอมให้มีค่าคลาดเคลื่อนได้ตามตารางที่ 5.1-11

ตารางที่ 5.1-11 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีต

วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ผสมคอนกรีต	น้ำหนักของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ผสมรวมกัน			
	มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของค่าน้ำหนักสูงสุดของเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งวัสดุแต่ละชนิด		น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของค่าน้ำหนักสูงสุดของเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งวัสดุแต่ละชนิด	
	การชั่งทีละครั้ง	การนำน้ำหนักที่ชั่งแต่ละครั้งมารวมกัน	การชั่งทีละครั้ง	การนำน้ำหนักที่ชั่งแต่ละครั้งมารวมกัน
ปูนซีเมนต์	± 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ หรือ ± 0.3เปอร์เซ็นต์ ของค่าน้ำหนักที่สามารถชั่งได้สูงสุดของเครื่องชั่งนั้น (ให้ใช้ค่าที่มากกว่า)		ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้หรือมากกว่าที่กำหนดไว้ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์	
น้ำ (โดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนัก) (เปอร์เซ็นต์)	± 1	ไม่ควรใช้	± 1	ไม่ควรใช้
มวลรวม (เปอร์เซ็นต์)	± 2	± 1	± 2	± 0.3 เปอร์เซ็นต์ของค่าน้ำหนักสูงสุดของเครื่องชั่ง หรือ ± 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักที่ชั่งแต่ละครั้งรวมกัน (ให้ใช้ค่าที่น้อยกว่า)
สารผสมเพิ่ม (โดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนัก) (เปอร์เซ็นต์)	± 3	ไม่ควรใช้	± 3	ไม่ควรใช้

5.1.6 การผสมคอนกรีต (Mixing Concrete)

การผสมคอนกรีตอย่างทั่วถึงมีความสำคัญต่อการผลิตคอนกรีตให้มีคุณภาพเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้น เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ผสมคอนกรีต นอกจากจะใช้ผสมคอนกรีตทั่วไปได้ดีแล้ว จะต้องสามารถใช้กับมวลรวมที่มีขนาดใหญ่สุดได้ และสามารถใช้ผลิตคอนกรีตที่มีค่ายุบตัว (Slump) ต่ำสุดได้ด้วย

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครื่องมือให้เพียงพอ และวิธีการผสมคอนกรีตให้เหมาะสมกับงานรวมถึงการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและทันเวลาที่กำหนด

5.1.6.1 เครื่องผสมคอนกรีต (Mixing Equipment)

เครื่องผสมคอนกรีตอาจจะเป็นแบบติดตั้งประจำอยู่ที่โรงงานผลิตคอนกรีต หรือเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้ การจัดเรียงใบกวนในเครื่องผสม จะต้องสามารถคลุกเคล้าวัสดุได้ทั่วเครื่องผสมคอนกรีตในขณะที่แกนของเครื่องผสมคอนกรีตหมุนหรือกลิ้งไปมา นอกจากนี้การผสมและปล่อยคอนกรีตออกจากเครื่องผสมจะต้องเป็นไปอย่างสะดวก

ชนิดของเครื่องผสมคอนกรีตสามารถแยกออกได้ 6 ชนิด ดังต่อไปนี้

(1) เครื่องผสมคอนกรีตแบบถังเอียง (Tilting Drum Mixer) เป็นเครื่องผสมที่ถังสามารถเอียงได้ในระหว่างผสมหรือปล่อยคอนกรีตออกจากถัง ในระหว่างการผสมคอนกรีตแกนของถังสามารถนอนหรือเอียงทำมุมกับแนวราบได้

(2) เครื่องผสมคอนกรีตแบบถังนอน (Non-tilting Drum Mixer) เป็นเครื่องผสมที่ถังและแกนของถังอยู่ในแนวนอนตลอดเวลา ดังนั้นในการผสมและปล่อยคอนกรีตออกจากถังจะต้องกระทำในลักษณะที่ถังอยู่ในแนวนอนเสมอ

(3) เครื่องผสมคอนกรีตแบบแกนตั้ง (Vertical Shaft Mixer) หรือเครื่องผสมแบบกังหัน หรือเครื่องผสมแบบหม้อ (Turbine or Pan Type Mixer) เป็นเครื่องผสมที่ทำงานโดยการหมุนของใบกวน ติดตั้งในแนวดิ่งภายในหม้อผสม ซึ่งหม้อนี้จะมี 2 ลักษณะคือ แบบอยู่นิ่งและแบบที่หมุนได้ในทิศทางตรงกันข้ามกับใบกวน ระหว่างการผสมสามารถปรับให้การหมุนของใบกวนเร็วหรือช้าได้

เครื่องผสมชนิดนี้เหมาะสำหรับการผสมคอนกรีตที่ค่อนข้างแห้ง ใช้ในห้องปฏิบัติการและใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์คอนกรีต

(4) เครื่องผสมแบบใบพัด (Paddle Mixer) เป็นเครื่องผสมที่ใบกวนวางอยู่ในแนวราบและสามารถหมุนได้อย่างแรง เหมาะกับคอนกรีตที่เหนียว ตามปกติใช้ในงานผลิตคอนกรีตบล็อก

(5) รถผสมคอนกรีต (Truck Mixer) สามารถแบ่งออกได้อีก 2 แบบ คือแบบปล่อยคอนกรีตออกด้านท้ายรถ และแบบปล่อยคอนกรีตออกด้านหน้ารถ ตามปกติแบบปล่อยคอนกรีตออกด้านท้ายรถ และมีแกนเอียงเป็นที่นิยมแพร่หลายกว่า โดยทั้ง 2 แบบ จะมีใบผสมติดตั้งอยู่ในถังเพื่อผสมคอนกรีตและสามารถปล่อยคอนกรีตออกจากถังได้เมื่อให้ถังหมุนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการผสม

(6) เครื่องผสมแบบต่อเนื่อง (Continuous Mixing Equipment) เป็นเครื่องผสมที่มีใบกวนแบบเกลียวซึ่งหมุนด้วยความเร็วสูงติดตั้งอยู่ภายในเครื่องผสม แกนหมุนจะเอียงทำมุมระหว่าง 15 ถึง 25 องศา กับแนวนอน

5.1.6.2 คอนกรีตผสมที่โรงงาน (Central Mixed Concrete)

เป็นคอนกรีตที่ผสม โดยเครื่องผสมที่ติดตั้งอยู่ในโรงงาน ต่อจากนั้นจึงนำคอนกรีตที่ผสมแล้วไปใช้งานต่อไป

5.1.6.3 คอนกรีตผสมโดยรถผสมคอนกรีต (Truck Mixed Concrete)

เป็นคอนกรีตที่ผสมโดยชั่งตวงวัสดุต่าง ๆ ลงในถังที่ติดตั้งอยู่บนรถ ต่อจากนั้นจึงทำการผสมคอนกรีตและนำไปใช้งานต่อไป

5.1.6.4 การป้อนวัสดุและการผสมคอนกรีต (Charging and Mixing)

วิธีและขั้นตอนป้อนวัสดุต่าง ๆ ลงในเครื่องผสมเป็นสิ่งสำคัญ เพราะมีผลต่อการผสมคอนกรีตมาก เครื่องผสมที่ติดตั้งในโรงงานจะต้องให้ความสำคัญต่อการลำเลียงวัสดุลงสู่เครื่องผสมอย่างต่อเนื่อง

ในการผสมคอนกรีตโดยรถผสมคอนกรีต การป้อนวัสดุลงในถังจะต้องป้องกันการรวมตัวกันเป็นก้อนของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรวมตัวกันของทรายและปูนซีเมนต์ สำหรับในส่วนหัวของถังนั้นสามารถป้องกันการรวมตัวกันเป็นก้อนของวัสดุได้ โดยใช้มวลรวมหยาบและน้ำอย่างละ 10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่ใช้ ใส่ลงไปก่อนที่จะใส่ทรายและปูนซีเมนต์

การใส่น้ำลงไปในเครื่องนั้น จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งตามปกติแล้วควรใส่น้ำประมาณ 1/4 ถึง 1/3 ของปริมาณน้ำที่ใช้ ลงไปในเครื่องผสมภายหลังจากป้อนวัสดุต่าง ๆ ลงไปหมดก่อนแล้ว การใส่น้ำลงไปในเครื่องผสม จะต้องใช้ท่อส่งน้ำที่เหมาะสมและออกแบบให้มีขนาดเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อน้ำสามารถผสมกับวัสดุต่าง ๆ ได้ภายในระยะเวลา 1 ใน 4 ของเวลาในการผสมทั้งหมด

กรณีที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีตและสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตไหลทุกชนิด จะต้องใส่ขณะผสมคอนกรีตเท่านั้น สารผสมเพิ่มขณะที่ใช้เป็นของเหลวต้องใส่ลงไปพร้อมกับน้ำหรือมวลรวมละเอียดที่ชื้น ส่วนสารผสมเพิ่มขณะที่ใช้เป็นผงต้องใส่ลงไปพร้อมวัสดุผสมที่มีสภาพแห้ง

กรณีที่ใช้สารผสมเพิ่มมากกว่า 1 ชนิด ต้องแยกใส่ลงไปในเครื่องผสมทีละครั้ง นอกจากระบุให้ใส่พร้อมกันได้ นอกจากนี้สารผสมเพิ่มชนิดเหลวต้องทำให้เจือจางก่อนใส่ลงไปในเครื่องผสม

(1) การผสมคอนกรีตโดยใช้เครื่องผสมชนิดที่ติดตั้งในโรงงาน ในการผสมแต่ละครั้งจะต้องให้มีปริมาณคอนกรีตไม่เกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้

เวลาที่ใช้ผสมคอนกรีตขึ้นกับความสามารถของเครื่องผสมคอนกรีตที่จะผลิตคอนกรีตให้มีคุณภาพสม่ำเสมอต่อการผลิตคอนกรีตครั้งหนึ่ง ๆ ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและรายละเอียดการใช้งานของเครื่องผสม อย่างไรก็ตามเวลาในการผสมควรขึ้นอยู่กับผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสม ซึ่งควรจะทำการทดสอบเป็นช่วง ๆ ตลอดอายุการใช้งาน และเวลาที่ใช้ผสมแต่ละครั้งจะต้องไม่น้อยกว่า 1 นาที

เวลาที่ใช้ผสมคอนกรีต จะเริ่มนับเมื่อวัสดุต่าง ๆ ถูกป้อนลงไปในเครื่องผสมเรียบร้อยแล้ว นาฬิกาจับเวลาจะต้องสามารถได้ยินได้ และจะต้องมีตัวบังคับเพื่อป้องกันการใช้เวลาผสมคอนกรีตน้อยหรือมากเกินไป นอกจากนี้ยังต้องสามารถป้องกันการป้อนวัสดุลงไปขณะผสมคอนกรีตด้วย การใช้นาฬิกาจับเวลาควรใช้ทั้งในระบบโรงงานผสมคอนกรีตระบบอัตโนมัติ และโรงงานผสมคอนกรีตแบบธรรมดา เครื่องผสมจะต้องออกแบบให้ใช้งานได้ดีทั้งขณะเริ่มต้น และหยุดผสมคอนกรีตภายใต้น้ำหนักบรรทุกเต็มพิกัด

(2) การผสมโดยใช้รถผสมคอนกรีต ตามปกติจะผสมในปริมาณไม่เกิน 63 เปอร์เซ็นต์ ของความจุถัง และจะหมุนถัง 70 ถึง 100 รอบ เพื่อกวนวัสดุต่าง ๆ ให้เข้ากันได้ดี แต่อาจจะหมุนถังมากหรือน้อยกว่านี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของรถผสมคอนกรีตกับปริมาณคอนกรีตที่ผสม ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม ไม่ควรหมุนถังเกิน 300 รอบ

ถ้าหากต้องเผื่อเวลาไว้สำหรับการเทคอนกรีตภายหลังการผสมเสร็จแล้วก็จะต้องลดจำนวนของการหมุนของถังลง หรือหยุดการหมุนในระยะหนึ่ง และเมื่อจะเทคอนกรีตออกจากถังจึงทำการหมุนถังอีกประมาณ 30 รอบก่อน เพื่อให้คอนกรีตที่ผสมไว้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น

ในกรณีที่ต้องใช้เวลาในการขนส่งคอนกรีต จะต้องผสมคอนกรีตในลักษณะผสมแห้งซึ่งจะต้องเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการใส่น้ำลงไปในวัสดุต่าง ๆ โดยจะใส่น้ำเมื่อขนส่งคอนกรีตที่ผสมแห้งไปถึงหน้างานแล้ว วัสดุมวลรวมที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพผิวแห้ง เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์

วิธีการผสมแห้งนี้ จะเริ่มจากการป้อนวัสดุลงไปในรถผสมคอนกรีต และขนส่งไปยังหน้างาน ต่อจากนั้นจึงฉีดน้ำด้วยความดันลงไปในส่วนหน้า และส่วนหลังของถังที่ใช้ผสมคอนกรีต พร้อมกันนั้นก็ทำการหมุนถังไปจนกระทั่งครบ 70 ถึง 100 รอบ

(3) น้ำ ปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อให้ได้ค่าความยุบตัวที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับระยะทางการขนส่งคอนกรีตไปยังหน้างาน ระยะเวลาการเทคอนกรีต และอุณหภูมิโดยรอบขณะทำงาน ในกรณีที่สภาพอากาศเย็น ระยะทางการขนส่งคอนกรีตไปยังหน้างานไม่ไกล และไม่มีการเสียเวลารอคอยก็จะไม่มีปัญหาต่องานคอนกรีต แต่ถ้าระยะการขนส่งไกล สภาพอากาศร้อนก็จะทำให้มีการสูญเสียความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตสด ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขโดยใช้วิธีการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีต ใช้สารหน่วงการก่อตัว รวมทั้งการวางแผนการทำงานที่ดีด้วย

ในกรณีที่ได้แก้ไขโดยวิธีการดังกล่าวข้างต้นแล้วไม่ได้ผลจะต้องใช้วิธีผสมแห้งเท่านั้น

5.1.7 อุณหภูมิของคอนกรีตสด

การผสมคอนกรีตในเครื่องผสมนั้น อุณหภูมิของคอนกรีตสดจะมีผลต่อค่าความยุบตัว ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม และปริมาณฟองอากาศ ดังนั้นในการผสมคอนกรีตต้องให้อุณหภูมิของคอนกรีตสดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อที่จะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอตลอดการทำงาน

อุณหภูมิของคอนกรีตก่อนเทลงแบบจะต้องอยู่ระหว่าง 10 ถึง 33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของคอนกรีตที่เทลงแบบแล้วและอยู่ระหว่างที่คอนกรีตกำลังก่อตัวจะต้องสูงไม่เกิน70 องศาเซลเซียส สำหรับโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ต้องใช้ปริมาณคอนกรีตในการเทมากอุณหภูมิของคอนกรีตขณะทำปฏิกิริยาก่อตัวอาจสูง

เกินค่ากำหนดดังกล่าวได้ ในกรณีนี้ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมวิธีการที่เหมาะสมเพื่อลดอุณหภูมิของคอนกรีตสด เสนอต่อผู้ควบคุมงานเพื่อดำเนินการพิจารณาก่อนที่จะเริ่มดำเนินการ

สำหรับอุณหภูมิของคอนกรีตสดสามารถประมาณได้จากสูตรดังนี้

ก. เมื่อไม่ใช้น้ำแข็ง $T = \frac{0.22\left(T_a\ W_a + T_c\ W_c\right) + T_w W_w + T_a W_{wa}}{0.22\left(W_a + W_c\right) + W_w + W_{wa}}$

ข. เมื่อใช้น้ำแข็ง $T = \frac{0.22\left(T_a\ W_a + T_c\ W_c\right) + T_w W_w + T_a W_{wa} - 79.6\ W_i}{0.22\left(W_a + W_c\right) + W_w + W_i + W_{wa}}$

โดยที่

T_a = อุณหภูมิของมวลรวม (องศาเซลเซียส)

T_c = อุณหภูมิของซีเมนต์ (องศาเซลเซียส)

T_w = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต (องศาเซลเซียส)

W_a = น้ำหนักของมวลรวมสภาพแห้ง (กิโลกรัม)

W_c = น้ำหนักของซีเมนต์ (กิโลกรัม)

W_w = น้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต (กิโลกรัม)

W_{wa} = น้ำหนักของน้ำอิสระบนผิวมวลรวมและน้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดซึมในมวลรวม (กิโลกรัม) (ซึ่งสมมุติให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของมวลรวม)

W_i = น้ำหนักของน้ำแข็ง (กิโลกรัม)

5.1.8 การขนส่งคอนกรีต (Transporting Concrete)

การขนส่งคอนกรีตจะกระทำโดยใช้รถผสมคอนกรีต รถบรรทุก เรือ ราง ท่อสายพานลำเลียง หรือวิธีอื่นใดก็ได้

วิธีการขนส่งคอนกรีตที่จะต้องถึงจุดหมายปลายทางอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตสด ซึ่งได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ ค่าความยุบตัว ปริมาณฟองอากาศ และความเป็นเนื้อเดียวกันของคอนกรีต ซึ่งในแต่ละวิธีการขนส่งจะมีข้อดีข้อเสียในเงื่อนไขต่าง ๆ กัน ได้แก่ วัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีต อัตราส่วนผสมของคอนกรีต วิธีการในการลำเลียงคอนกรีตสดเข้าไปในสถานที่ก่อสร้าง ปริมาณคอนกรีตที่ต้องการเท สถานที่ตั้งของโรงงานผสมคอนกรีต สภาวะอากาศ และอื่น ๆ ซึ่งเงื่อนไขต่าง ๆ ดังกล่าวนี้จะต้องศึกษาให้รอบคอบก่อนที่จะเลือกวิธีการขนส่งคอนกรีต เพื่อให้งานคอนกรีตที่ได้มีคุณภาพดีและประหยัด

5.1.8.1 การขนส่งโดยใช้รถผสมคอนกรีต

รถชนิดนี้จะมีใบกวนอยู่ในถังบรรจุคอนกรีตในขณะขนส่งคอนกรีต ถังจะหมุนด้วยอัตราเร็วเท่ากับขณะผสมคอนกรีต และในกรณีที่ใช้รถผสมคอนกรีตขนส่งคอนกรีตสดนี้ อนุญาตให้ใส่คอนกรีตลงไปได้

80 เปอร์เซ็นต์ของความจุถัง การขนส่งคอนกรีตจะต้องทำให้เสร็จเรียบร้อยภายในเวลา 45 นาที ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

5.1.8.2 การขนส่งโดยใช้รถบรรทุกชนิดเปิดฝาข้างบนแบบมีใบกวน

ซึ่งจะเป็นชนิดที่เปิดด้านบนได้ และสามารถปล่อยคอนกรีตออกด้านท้ายรถได้โดยการเอียงถัง และมีประตูควบคุมการไหลของคอนกรีต

การใช้ผ้าใบปิดด้านบนในขณะที่สภาพภูมิอากาศไม่ดี การใช้ถังบรรจุที่สะอาด และการขนส่งบนถนนที่ราบเรียบ จะทำให้คุณภาพและการทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การขนส่งคอนกรีตต้องกระทำให้เสร็จเรียบร้อยภายใน 45 นาที ยกเว้นกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว ทั้งนี้ควรพิจารณาถึงสภาวะอุณหภูมิของอากาศประกอบด้วย

5.1.8.3 การขนส่งโดยใช้ถังบรรจุคอนกรีตใส่ไปในรถบรรทุก หรือวิ่งไปตามรางรถไฟ

เป็นวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไปเพื่อขนส่งคอนกรีตจากโรงงานผสมคอนกรีตไปยังสถานที่จะทำการเทคอนกรีต ซึ่งอยู่ใกล้กับโรงงานผสมคอนกรีต การบรรจุคอนกรีตสดที่โรงงานผสมคอนกรีตจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต การขนส่งคอนกรีตต้องกระทำให้เสร็จเรียบร้อยภายใน 45 นาที ยกเว้นกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

5.1.8.4 การขนส่งทางท่อ (คอนกรีตปั๊ม) ให้พิจารณาตามข้อ 5.1.9.5

5.1.9 การเทคอนกรีต (Placing Concrete)

หมายถึง การนำคอนกรีตสดที่ได้จากการขนส่ง มาใส่ในแบบเพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การเทคอนกรีตจะต้องใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ช่วยในการทำงาน ได้แก่ บุ้งกี๋ (Bucket) ภาชนะป้อนคอนกรีต (Hopper) รถเข็นด้วยคน (Manual Buggy) รถขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ (Motor Propelled Buggy) ราง (Chute) ท่อ (Drop Pipe) สายพานลำเลียง (Conveyor Belt) เครื่องสูบ (Pump) ปล่อง (Tremie) และเครื่องปูและแต่งผิว (Paving Equipment)

5.1.9.1 การวางแผนเทคอนกรีต

ต้องคำนึงถึงคุณภาพและความสม่ำเสมอของคอนกรีตสด ซึ่งคุณสมบัติที่ควรพิจารณา ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ค่าความยุบตัว ปริมาณฟองอากาศ และความเป็นเนื้อเดียวกันของคอนกรีตสด ในการเลือกวิธี การเทคอนกรีตด้วยเครื่องมือต่าง ๆ จะต้องพิจารณาถึงวิธีการทำให้คอนกรีตแน่นด้วย

การวางแผนไว้ล่วงหน้าจะทำให้การผลิตและเทคอนกรีตสดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเททุกชนิดจะต้องสะอาดและอยู่ในสภาพที่ดี การเทคอนกรีต จะต้องมีวิธีการป้องกันการแยกตัว (Segregation) ได้เป็นอย่างดี การจัดเตรียมอุปกรณ์ที่หน้างานจะต้องให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอเพื่อป้องกันความล่าช้า ต้องเตรียมคนงานไว้ที่หน้างานให้เพียงพอ สำหรับการเทคอนกรีต การทำให้คอนกรีตแน่น และการตกแต่งผิวหน้าของคอนกรีตด้วย

กรณีเทคอนกรีตในที่แสงสว่างไม่เพียงพอ จะต้องจัดเตรียมระบบแสงสว่างให้มองเห็นได้ชัดเจน

ผู้รับจ้างต้องเตรียมเอกสารสำหรับขออนุมัติเทคอนกรีต เพื่อนำเสนอต่อผู้ควบคุมงาน ซึ่งผู้ควบคุมงานจะต้องดำเนินการตรวจสอบให้เป็นไปตามรูปแบบและข้อกำหนดก่อน

5.1.9.2 เหล็กเสริมและสิ่งที่ต้องยึดกับโครงสร้าง (Reinforcement and Embedded Items)

ก่อนเทคอนกรีตควรตรวจสอบดูให้เรียบร้อยว่า เหล็กเสริมและสิ่งที่ต้องยึดกับโครงสร้างนั้น ต้องสะอาด ปราศจากน้ำมัน สารเคลือบต่าง ๆ และสิ่งไม่พึงประสงค์ในงานโครงสร้างที่จะเกิดผลกระทบต่อความยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

เหล็กเสริมที่ใช้ต้องมีขนาด ตำแหน่งและระยะการเหลื่อมทับกัน และระยะหุ้มของคอนกรีต ที่ถูกต้องตรงตามแบบและข้อกำหนดทุกประการ

เหล็กเสริมและสิ่งที่ต้องยึดกับโครงสร้าง ต้องวางและยึดติดอย่างแข็งแรงในตำแหน่งที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวในระหว่างการเทคอนกรีต โดยใช้ลูกปูน (Concrete Block) หนุน หรือใช้ขาหยั่ง (Bar Chair) ช่วยในการทำงาน ตามจำนวนที่เหมาะสม

การวางแผ่นยางกันซึมลงไปในแบบหล่อคอนกรีตนั้น ผู้รับจ้างต้องหาวิธีการยึดจับที่ไม่ทำให้แผ่นยางกันซึมเกิดการโก่งงอ อันจะทำให้คอนกรีตเป็นโพรงได้

ผู้รับจ้างต้องคอยดูแลเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องในขณะเทคอนกรีตนอกจากนี้โครงสร้างบางชนิดนั้นผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบเหล็กเสริมและสิ่งที่ต้องยึดกับโครงสร้างเป็นพิเศษด้วย

5.1.9.3 ข้อปฏิบัติในการเทคอนกรีต

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในงานเทคอนกรีตต้องทำให้คอนกรีตสามารถไหลลงตามแนวดิ่งไปสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้โดยสะดวก การไหลของคอนกรีตจะต้องไม่ถูกทำให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต (Segregation)

กรณีที่จะเทคอนกรีตใหม่ทับบนคอนกรีตเดิม หากคอนกรีตเดิมพ้นระยะการก่อตัวของคอนกรีตเริ่มแรก (Initial Setting) ซึ่งตามปกติประมาณ 45 นาทีภายหลังการผสมคอนกรีตแล้วเสร็จ ให้ผู้รับจ้างดำเนินการแต่งผิวหน้าให้เป็นรอยหยาบเพื่อให้คอนกรีตเดิมกับคอนกรีตใหม่ยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าจะเทคอนกรีตใหม่ทับบนคอนกรีตเดิมที่ทิ้งไว้เกิน 6 ชั่วโมง ต้องใช้น้ำยาช่วยการยึดเกาะ (Bonding Agent) ทาผิวหน้าคอนกรีตเดิมก่อน

(2) อุปกรณ์ (Equipment) การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการเทคอนกรีตจะเกี่ยวข้องกับวิธีการเทคอนกรีต ถ้าหากเป็นการเทคอนกรีตเป็นครั้ง ๆ ไป หรือเป็นชุดของโครงสร้างหนึ่ง ๆ ก็จะเลือกอุปกรณ์ประเภทบุ้งกี๋ (Bucket), ภาชนะป้อนคอนกรีต (Hopper) รถเข็น (Buggy) และอื่น ๆ แต่ถ้าเป็นการเทคอนกรีตที่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ๆ ก็ควรเลือกใช้อุปกรณ์ประเภทสายพานลำเลียง (Conveyor Belt) และเครื่องสูบ (Pump)

(2.1) บุ้งกี๋ (Bucket) หรือภาชนะป้อนคอนกรีต (Hopper) ต้องเป็นชนิดเปิดฝาด้านล่าง โดยช่องเปิดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดใหญ่สุดของมวลรวมไม่น้อยกว่า 5 เท่า และแนวเอียงลาดของช่องเปิดต้องทำมุมไม่น้อยกว่า 60 องศากับแนวราบ ช่องเปิดต้องสามารถควบคุมอัตราการไหลของคอนกรีตได้อย่างดี

อุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับการเทคอนกรีตโดยทั่วไป และยังใช้กับคอนกรีตที่มีค่าความยุบตัวต่ำสุดได้ด้วยการปล่อยคอนกรีตให้ไหลออกใกล้ผิวหน้าคอนกรีตเดิมที่เทเสร็จใหม่ ๆ หรือการปล่อยคอนกรีตให้ไหลขณะบุ้งกี๋เคลื่อนที่ จะเป็นสาเหตุให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีตได้ ห้ามเก็บคอนกรีตที่ตกหล่นจากบุ้งกี๋แล้วมาใช้อีก ไม่ควรนำบุ้งกี๋วิ่งผ่านเหนือผิวหน้าคอนกรีตสดที่แต่งแล้ว เพราะอาจทำให้ผิวหน้าดังกล่าวเสียหายได้ ถ้าหากมีการเร่งเทคอนกรีต ผู้รับจ้างควรเตรียมบุ้งกี๋จำนวน 2 ชุดหรือมากกว่าต่อปั้นจั่นที่ใช้ยก 1 ตัว

(2.2) การใช้รถเข็นด้วยคน (Manual Buggy) หรือรถขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ (Motor Propelled Buggy) การใช้รถเข็นด้วยคนเหมาะกับระยะทางที่ใช้ขนส่งไม่เกิน 60 เมตร ซึ่งบรรทุกคอนกรีตจำนวน 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง และอัตราการเทอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ลำเลียง) ส่วนการใช้รถขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เหมาะกับระยะทางไม่เกิน 300 เมตร ซึ่งบรรทุกคอนกรีตจำนวน 0.3 ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง และอัตราการเทอยู่ระหว่าง 11 ถึง 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ลำเลียง)

(2.3) การใช้ราง (Chute) รางที่ใช้ควรทำจากโลหะ มีรูปร่างเป็นครึ่งวงกลม สามารถป้องกันคอนกรีตล้นออกนอกรางได้ ความลาดเอียงที่ใช้ต้องมากเพียงพอที่จะให้คอนกรีตซึ่งมีค่าความยุบตัวตามที่กำหนดไหลได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดการแยกตัวของคอนกรีตเกิดขึ้น

การใช้อุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับการลำเลียงคอนกรีตจากข้างบนลงสู่ข้างล่างตามความลาดเอียง

ข้อควรระวังในการทำงานคือ เมื่อคอนกรีตถูกลำเลียงลงสู่ข้างล่างตามความลาดเอียงของรางแล้วจะต้องทำการเทโดยไม่ให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวเช่นกัน

(2.4) การใช้ท่อ (Drop Pipe) ท่อที่ใช้อาจทำจากยาง พลาสติก หรือปล่องโลหะก็ได้ ท่อจะมีความยาวประมาณ 2 ถึง 3 เมตร และต้องสามารถถอดให้สั้นลงได้เพื่อเทคอนกรีตได้สะดวกขึ้น ส่วนบนของท่อควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดใหญ่สุดของมวลรวมไม่น้อยกว่า 8 เท่า ส่วนช่วงถัดมาอาจลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลงมา โดยให้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดใหญ่สุดของมวลรวมประมาณ 6 เท่าได้

อุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับการเทคอนกรีตจากข้างบนลงสู่ข้างล่างตามแนวดิ่งตรง ท่อที่ใช้จะต้องวางให้ดิ่งตรง แข็งแรง ทั้งนี้เพื่อให้การลำเลียงคอนกรีตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ท่อที่ทำจากยางหรือพลาสติกต้องระวังไม่ให้บิดงอหรือเป็นคอคอด ซึ่งจะทำให้คอนกรีตไหลไม่สะดวก

(2.5) การใช้แบบเลื่อน (Slip forming) เป็นการใช้แบบหล่อที่เตรียมไว้ ซึ่งเมื่อเทคอนกรีตไปแล้วสักระยะหนึ่ง จะสามารถเลื่อนแบบผ่านคอนกรีตที่เทแล้วได้ โดยคอนกรีตนั้นจะต้องมีความอยู่ตัวด้านรูปร่างและคงรูปตามที่ออกแบบไว้ได้

ข้อควรระวังในการใช้แบบเลื่อนเทคอนกรีต คือ การเลือกใช้ส่วนผสมของคอนกรีต และต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิของอากาศโดยรอบระหว่างเทคอนกรีตด้วย

5.1.9.4 การเทคอนกรีตหลา (Mass Concreting)

เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการเทคอนกรีตหลาจะต้องสามารถป้องกันการแยกตัวระหว่างมวลรวมหยาบกับมอร์ตาร์ในคอนกรีตได้ ผู้รับจ้างจะต้องทำการเกลี่ยให้มวลรวมหยาบกระจายโดยทั่วก่อนที่จะทำการเทคอนกรีต ทั้งนี้เพราะถ้าหากมวลรวมหยาบรวมตัวกันเป็นกลุ่มหรือเป็นก้อนแล้ว จะไม่สามารถแก้ไขได้ในขณะที่เทคอนกรีต ถึงแม้ว่าจะใช้การสั่นสะเทือนช่วยก็ตาม เนื่องจากมวลรวมหยาบในคอนกรีตหลามีขนาดใหญ่

คอนกรีตหลาที่ใช้เทลงไปจะต้องหนาชั้นละไม่เกิน 600 มิลลิเมตร ไม่ควรเทในลักษณะเป็นชั้นที่ลาดเอียง และไม่ควรมีรอยต่อ (Cold Joint) โดยไม่จำเป็น ในงานคอนกรีตหลาปริมาณมาก ๆ ต้องแบ่งการเทออกเป็นชั้น ๆ แต่ชั้นของคอนกรีตจะต้องเทให้ต่อเนื่องกัน โดยชั้นที่เทไปก่อนจะต้องถูกทำให้สั่นสะเทือนขณะที่ทำการเทชั้นถัดขึ้นไป นอกจากนี้แต่ละชั้นต้องไม่หนามากเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้คอนกรีตหลาในแต่ละชั้นสามารถประสานเป็นเนื้อเดียวกันได้

ขั้นตอนการเทคอนกรีตหลาในพื้นที่ที่เป็นบริเวณกว้างนั้น จะต้องกำหนดพื้นที่เป็นส่วน ๆ (Block) ก่อน และการเทคอนกรีตแต่ละชั้นต้องหนาประมาณ 300 ถึง 450 มิลลิเมตร โดยเริ่มเทจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งให้ทั่วพื้นที่ที่กำหนดเป็นส่วน ๆ ไว้ ต่อจากนั้นจึงค่อยเทชั้นถัดไปจนได้ความหนาตามต้องการ

5.1.9.5 คอนกรีตปั๊ม (Pumping Concrete)

หมายถึง คอนกรีตที่ถูกลำเลียงด้วยความดันผ่านท่อหรือสายสูบไปยังบริเวณที่จะทำการเทคอนกรีต คอนกรีตปั๊มสามารถใช้ในงานโครงสร้างทั่วไปได้ แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง จึงควรใช้ในโครงสร้างที่มีข้อจำกัดเรื่องการเข้าออก

เครื่องสูบของงานคอนกรีตปั๊มจะติดตั้งไว้บนรถบรรทุก เครื่องสูบขนาดเล็กจะมีความดัน 1.7 ถึง 2.1 เมกะปาสกาล และสามารถลำเลียงปริมาณคอนกรีตได้ในอัตรา 11 ถึง 23 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถ้าเป็นเครื่องสูบขนาดใหญ่ จะมีความดันมากกว่า 7 เมกะปาสกาล และสามารถลำเลียงปริมาณคอนกรีตได้ถึง 115 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามปกติรถบรรทุกที่ใช้งานคอนกรีตปั๊มจะต้องติดแขนยื่น (Boom) ไว้ด้วย เพื่อให้การเทคอนกรีตเป็นไปอย่างสะดวก

คอนกรีตปั๊มจะต้องใช้อัตราส่วนผสมของคอนกรีตให้เหมาะสมกับเครื่องสูบและท่อหรือสายสูบ นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการใช้คอนกรีตปั๊มยังขึ้นอยู่กับความยาวของท่อหรือสายสูบด้วย

เครื่องสูบที่ใช้งานจะเป็นระบบลูกสูบ (Piston Pump) ระบบอัดอากาศ (Pneumatic Pump) หรือระบบอัดแน่น (Squeeze Pressure Pump) ก็ได้

ท่อหรือสายสูบที่ใช้งาน ถ้าทำด้วยโลหะจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 75 ถึง 200 มิลลิเมตร แต่ที่นิยมใช้คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ถึง 125 มิลลิเมตร ส่วนท่อที่ทำด้วยยางจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 75 ถึง 125 มิลลิเมตร ปกติสามารถใช้ท่อโลหะและท่อยางสลับกันได้ แต่ถ้าเป็นการลำเลียงที่ระยะทางมาก ๆ จะนิยมใช้ท่อโลหะเพียงอย่างเดียว

ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบไม่ควรเกิน 33 เปอร์เซ็นต์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อหรือสายสูบที่ใช้งาน ขนาดของทรายที่ใช้ควรจะผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ประมาณ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ประมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าโมดูลัสความละเอียดอยู่ระหว่าง 2.40 ถึง 3.00

5.1.10 การทำให้คอนกรีตแน่น

การสั่นสะเทือนแบบภายใน (Internal Vibrator) เป็นวิธีการที่ทำให้คอนกรีตที่มีสภาพพลาสติก (Plastic Concrete) แน่นอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้โดยขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวของเครื่องสั่นสะเทือน ความถี่ (Frequency) และช่วงกว้างของการสั่นสะเทือน (Amplitude)

ห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนเพื่อทำให้คอนกรีตเคลื่อนตัวในแนวราบ ควรใช้เครื่องสั่นสะเทือนจี้ลงไปและถอนขึ้นมาจากคอนกรีตสดตามแนวดิ่ง ในกรณีที่เทคอนกรีตเป็นจำนวนมาก ควรใช้เครื่องสั่นสะเทือนแบบเป็นชุด ในจุดที่การใช้เครื่องสั่นสะเทือนจี้คอนกรีตกระทำได้ไม่สะดวก ให้ใช้เครื่องสั่นสะเทือนที่แบบหล่อ (Form Vibrator) ในการใช้เครื่องสั่นสะเทือนต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้คอนกรีตเสียหายได้ หากจำเป็นต้องใช้เครื่องสั่นสะเทือนจี้ซ้ำต้องกระทำก่อน ที่คอนกรีตจะเริ่มก่อตัว (Initial Set)

เพื่อให้การเทคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ต้องมีเครื่องสั่นสะเทือนสำรองไว้ที่หน้างาน และต้องมีการบำรุงรักษาอย่างดีด้วย

5.1.11 การบ่มคอนกรีต

หมายถึง การคงสภาพความชื้นและอุณหภูมิให้แก่คอนกรีตในช่วงระยะแรกภายหลังการเทคอนกรีตแล้วเสร็จ เพื่อเป็นการพัฒนาคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตให้เป็นไปตามที่ต้องการ เพราะถ้าเกิดการระเหยของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดรอยร้าวในคอนกรีตสภาพพลาสติก (Plastic Shrinkage Crack) และการสูญเสียค่าของกำลังบริเวณผิวหน้าคอนกรีตได้

5.1.11.1 วิธีการบ่มคอนกรีต แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) การบ่มด้วยน้ำ หมายถึง การให้ความชื้นอย่างต่อเนื่องแก่ผิวหน้าคอนกรีตที่เทไปแล้ว การบ่มด้วยน้ำเป็นวิธีที่ประหยัด น้ำที่ใช้ต้องสะอาดและมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต การบ่มด้วยน้ำนี้สามารถกระทำได้ในหลายลักษณะ เช่น การฉีดน้ำ (Fog Spraying or Sprinkling) การขังน้ำ (Ponding or Immersion) และการคลุมด้วยกระสอบที่ชุ่มน้ำ ซึ่งการคลุมด้วยกระสอบที่ชุ่มน้ำนี้ ช่วงที่ต่อกันต้องให้เหลื่อมกันประมาณครึ่งของความกว้างของกระสอบที่ใช้คลุม

(2) การบ่มโดยการป้องกันความชื้นในคอนกรีตไม่ให้ระเหยออกไป เป็นการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการที่ความชื้นระเหยออกไปจากผิวหน้า เมื่อมีความผิดพลาดจากการบ่มด้วยน้ำ การบ่มด้วยวิธีนี้สามารถกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้แผ่นพลาสติก (Plastic Film) ขนาดความหนา 0.1 มิลลิเมตร การใช้กระดาษพิเศษ (Reinforced Paper) การใช้สารเหลวบ่มคอนกรีต (Liquid Membrane-Forming Curing Compound) เป็นต้น สำหรับการใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตนั้น ไม่ควรใช้กับผิวหน้าคอนกรีตที่มีการเททับหน้าอีก หรือหากจำเป็นต้องใช้ ก็จะต้องทำความสะอาดสารเหลวบ่มคอนกรีตให้หมดไปก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นถัดไป และหากผู้รับจ้างประสงค์จะใช้การบ่มโดยวิธีนี้ต้องขออนุญาตจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

5.1.11.2 การบ่มคอนกรีตในงานผิวทางหรืองานพื้นคอนกรีตที่วางบนดิน

ซึ่งได้แก่ ผิวทางคอนกรีต ดาดคลองคอนกรีต ลานจอดรถ ทางเท้า และพื้นคอนกรีตนอกอาคาร ซึ่งผิวหน้าของโครงสร้างเหล่านี้อยู่ในลักษณะที่สัมผัสกับสภาวะแวดล้อมมาก โอกาสที่จะสูญเสียความชื้นจึงมีสูง ซึ่งสามารถทำให้เกิดรอยร้าวของผิวคอนกรีตได้ ดังนั้นจึงต้องทำให้พื้นใต้โครงสร้างเหล่านี้เปียกชื้นก่อนเทคอนกรีต และต้องทำการบ่มคอนกรีตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องภายหลังเทคอนกรีตแล้วเสร็จ

ในกรณีที่เริ่มเกิดรอยร้าวในคอนกรีตขณะแข็งตัว ก็จะต้องทำการฉีดสารเหลวบ่มคอนกรีตลงไป และทำการปกคลุมด้วยกระสอบที่ชุ่มน้ำทันที ผู้รับจ้างจะต้องทำการบ่มคอนกรีตในงานผิวทางหรืองานพื้นคอนกรีตที่วางบนดินตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือจนกว่าค่าความต้านแรงอัดจะขึ้นสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่กำหนดไว้

5.1.11.3 การบ่มคอนกรีตในงานโครงสร้าง

ซึ่งได้แก่ ผนัง, เสา, พื้นในอาคาร, คาน, ตอม่อ, พื้นสะพาน, กำแพงปากท่อ และอื่น ๆ ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะต้องทำการบ่มคอนกรีตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องภายหลังเทคอนกรีตแล้วเสร็จ การบ่มอาจใช้การฉีดน้ำหรือการคลุมด้วยกระสอบที่ชุ่มน้ำก็ได้ แต่ถ้าหากผู้รับจ้างมีความจำเป็นต้องใช้สารเหลวบ่มคอนกรีต ก็จะต้องทำหนังสือขออนุมัติจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน และในกรณีที่ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.4 ห้ามใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตโดยเด็ดขาด

ผู้รับจ้างจะต้องทำการบ่มคอนกรีตที่โครงสร้างดังกล่าวตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือจนกว่าค่าความต้านแรงอัดจะขึ้นสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่กำหนดไว้

5.1.11.4 การบ่มคอนกรีตในงานคอนกรีตหลา

ใช้สำหรับงานซึ่งเป็นการเทคอนกรีตจำนวนมาก ซึ่งมีความร้อนขึ้นสูงมาก การควบคุมอุณหภูมิจึงมีความสำคัญ ดังนั้นผู้รับจ้างต้องทำการบ่มคอนกรีตต่อเนื่องกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 14 วัน หรืออาจขออนุมัติใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตก็ได้

5.1.11.5 การบ่มคอนกรีตในโครงสร้างหล่อสำเร็จรูป

ซึ่งเป็นโครงสร้างที่หล่อและบ่มในโรงงานก่อนนำไปใช้งาน ได้แก่ ท่อกลม, ผนัง, คาน และพื้นสำเร็จรูป เป็นต้น ผู้รับจ้างต้องทำการบ่มคอนกรีตดังกล่าวตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือจนกว่าค่าความต้านแรงอัดจะสูงขึ้นถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดที่กำหนดไว้

5.1.12 งานเหล็กเสริมธรรมดา

หมายถึง การจัดหาเหล็กเสริมและประกอบติดตั้งให้ถูกต้องตามประเภท ชนิด ขนาด และตำแหน่งดังที่แสดงไว้ในแบบและรายละเอียดตามข้อกำหนด

5.1.12.1 เหล็กเส้นสำหรับงานคอนกรีต ประเภทเหล็กเส้นกลม (ROUND BAR)

จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20

5.1.12.2 เหล็กเส้นสำหรับงานคอนกรีต ประเภทเหล็กเส้นข้ออ้อย (DEFORMED BAR)

จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24

5.1.12.3 ลวดผูกเหล็ก (Binding Wire)

จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลวดผูกเหล็ก มาตรฐานเลขที่ มอก. 138 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 มิลลิเมตร

5.1.12.4 การจัดหาวัสดุ

หมายถึง การที่ผู้รับจ้างจัดหาเหล็กเสริมและขนส่งนำมาเก็บรักษาไว้ ณ สถานที่ก่อสร้างเพื่อใช้ในงานก่อสร้างนี้ ผู้รับจ้างต้องส่งสำเนาหลักฐานแหล่งผลิต และเอกสารข้อมูลจำเพาะของเหล็กเสริมที่จัดหามานั้นต่อผู้ควบคุมงานทุกครั้ง

การขนส่งเหล็กเสริมจะต้องจัดทำเป็นมัดและติดป้าย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

5.1.12.5 การเก็บตัวอย่างและการทดสอบ

เหล็กเสริมต้องปราศจากรอยแตกร้าว สนิมเกล็ดหรือสนิมขุม น้ำมัน และต้องมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในแบบ หรือในข้อกำหนดการก่อสร้าง ต้องผ่านการทดสอบจากกรมทางหลวง และการส่งทดสอบให้ปฏิบัติดังนี้ คือ

(1) ตัวอย่างเหล็กที่ใช้ในการก่อสร้าง ต้องส่งไปตรวจสอบคุณสมบัติก่อนที่จะเริ่มงานเหล็ก

(2) ตัวอย่างเหล็กต้องยาวอย่างน้อยท่อนละ 1.00 เมตร และต้องตัดจากเหล็กเสริมที่นำมาเก็บรักษาไว้ที่สถานที่ก่อสร้าง

(3) จำนวนตัวอย่างเหล็กที่ต้องส่งทดสอบ ให้คิดตามสูตรดังนี้

$$S = K\sqrt[3]{N^2} \geq 2$$

โดยที่ S หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งทดสอบ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง

K หมายถึง เลขคงที่ (Empirical Constant) = 0.04

และ N หมายถึง จำนวนเหล็กในขนาดเดียวกันทั้งมัด คิดเป็นเส้น ซึ่งมีความยาวเท่ากัน

การคำนวณตามสูตรข้างต้นนี้ ถ้ามีเศษเกิน 0.5 ให้คิดเพิ่มอีก 1 ตัวอย่างเสมอไป

5.1.12.6 การเก็บรักษาวัสดุเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้าง

จะต้องขนส่งและเก็บในลักษณะที่ไม่ทำให้เหล็กบิดงอจากรูปร่างที่ต้องการ และป้องกันมิให้ฝุ่นผง น้ำมัน หรือสีเปรอะเปื้อนโดยไม่จำเป็น เมื่อใส่เข้าแบบแล้วเหล็กเสริมจะต้องปราศจากฝุ่นผง น้ำมัน จารบี สี สะเก็ดเหล็ก และสนิมขุม

5.1.12.7 การตัดและการดัดเหล็กเสริม

จะต้องตัดและดัดให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ หรือในข้อกำหนดการก่อสร้าง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ผู้ควบคุมงานเห็นชอบ ห้ามดัดเหล็กเสริมโดยใช้ความร้อน

5.1.12.8 การงอขอ

ของอมาตรฐาน ในที่นี้ หมายถึง ของอที่ตรงตามข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่ง ดังต่อไปนี้ หรือให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

(1) ส่วนที่งอ 180 องศา หรืองอเป็นครึ่งวงกลม ต้องมีส่วนที่ยื่นต่อออกไปจากจุดสิ้นสุดโค้งอีกอย่างน้อย 4 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้นแต่ต้องไม่น้อยกว่า 65 มิลลิเมตร

(2) ส่วนที่งอ 90 องศา หรืองอเป็นมุมฉาก ต้องมีส่วนที่ยื่นต่อออกไปจากจุดสิ้นสุดโค้งถึงปลายสุดของเหล็กอีกอย่างน้อย 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

(3) เหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอก ให้งอ 90 องศา หรือ 135 องศา ต้องมีส่วนที่ยื่นต่อออกไปจากจุดสิ้นสุดโค้งถึงปลายสุดของเหล็กอีกอย่างน้อย 6 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ต้องไม่น้อยกว่า 60 มิลลิเมตร

5.1.12.9 การดัดงอ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับการงอเหล็ก ให้เป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้ หรือให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

(1) การดัดงอเหล็กข้ออ้อย ชั้นคุณภาพ SD 40/SD 50 ยกเว้นเหล็กเสริมที่ดัดงอเป็นเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอก เส้นผ่านศูนย์กลางของการงอเหล็กวัดด้านในข้อเหล็กที่งอ ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 5.1-12

ตารางที่ 5.1-12 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการงอเหล็กที่เล็กที่สุดของเหล็กเสริม หรือให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

ขนาดของเหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการงอเหล็กที่เล็กที่สุด
12 มม. ถึง 25 มม.	6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
28 มม. ถึง 35 มม.	8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

(2) การดัดงอเหล็กเส้นกลม SR 24 ยกเว้นเหล็กเสริมที่ดัดงอเป็นเหล็กลูกตั้งหรือเหล็กปลอก เส้นผ่านศูนย์กลางของการงอเหล็กวัดด้านในของเหล็กที่งอ ต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

(3) เหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอก สำหรับเหล็กเสริมคอนกรีตทุกประเภท เส้นผ่านศูนย์กลางของการงอเหล็กวัดด้านในของเหล็กที่งอ ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 5.1-13

ตารางที่ 5.1-13 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการงอที่เล็กที่สุดของเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอก หรือให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

ขนาดของเหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการงอเหล็กที่เล็กที่สุด
6 มม. ถึง 16 มม.	4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
19 มม. ถึง 32 มม.	6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

5.1.12.10 การจัดวางเหล็กเสริม

การจัดวางเหล็กเสริมเข้าที่ เหล็กเสริมทุกเส้นจะต้องจัดวาง รองหนุน ผูกยึด ให้มั่นคงเพียงพอและถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดการก่อสร้าง ก่อนที่จะเริ่มงานคอนกรีต ตำแหน่งของเหล็กเสริมยอมให้คลาดเคลื่อนได้ภายในระยะที่กำหนด ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจเหล็กเสริมและให้ความเห็นชอบก่อนเทคอนกรีต ภายหลังจากการเทคอนกรีตแล้ว ห้ามกดหรือตอกเหล็กเสริมเข้าไปในเนื้อคอนกรีต

การรองหนุนเหล็กเสริมส่วนที่ติดกับแบบ จะต้องเป็นแท่งมอร์ตาร์เท่านั้น โดยมีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทรายในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 โดยน้ำหนัก มีรูปร่างและขนาดตามที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานแล้ว และมีลวดผูกเหล็กฝังปลายข้างหนึ่งอยู่ในแท่งมอร์ตาร์ทุกแท่ง สำหรับการรองหนุนระหว่างชั้นเหล็กเสริมภายใน จะใช้แท่งมอร์ตาร์ ขาตั้งโลหะ เหล็กปลอก หรือเหล็กยึดก็ได้

5.1.12.10.1 การจัดระยะเหล็กเสริม

(1) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมที่วางขนานกัน (ยกเว้นในเสาและในระหว่างชั้นของเหล็กเสริมในคาน) ต้องไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมนั้น ๆ หรือ 1 1/3 เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้ หรือ 25 มิลลิเมตร หรือที่กำหนดไว้ในแบบ ทั้งนี้แล้วแต่อย่างไหนจะมากกว่ากัน

(2) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมแต่ละชั้น ในกรณีที่มีการเสริมเหล็กในคานตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ต้องไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร หรือที่กำหนดไว้ในแบบ

(3) ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเส้นยืนของเสาปลอกเกลียวและปลอกเดี่ยว ต้องไม่น้อยกว่า 1 1/2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น หรือ 1 1/2 เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้ หรือ 40 มิลลิเมตร หรือที่กำหนดไว้ในแบบ ทั้งนี้แล้วแต่อย่างไหนจะมากกว่ากัน

(4) ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กต่อทาบกับเหล็กต่อทาบด้วยกัน หรือระหว่างเหล็กต่อทาบกับเหล็กเส้นอื่น ให้ใช้เช่นเดียวกันกับที่กำหนดไว้สำหรับระยะช่องว่างระหว่างเส้นนั้น ๆ

(5) มัดเหล็กเสริม (Bundle Bars) คือ เหล็กเสริมหลายเส้นที่ขนานกัน และมัดรวมกัน โดยถือว่ามัดเหล็กเสริมนั้นเป็นเสมือนเหล็กเส้นเดียว

5.1.12.10.2 ความหนาของคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กเสริม

ถ้าไม่ได้ระบุไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น ให้ใช้ค่าความหนาดังต่อไปนี้

(1) ฐานรากหรือองค์อาคารคอนกรีตอื่น ๆ ซึ่งฝังอยู่ในดิน ต้องมีความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร

(2) เสา คาน หรือองค์อาคารคอนกรีตอื่น ๆ ซึ่งหล่อกับที่ และเมื่อถอดแบบออกแล้วผิวคอนกรีตนั้นสัมผัสดิน ต้องมีความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมรับแรง (ซึ่งไม่ใช่เหล็กลูกตั้งหรือเหล็กปลอก) ไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร และสำหรับเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอก ต้องมีความหนาของคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร

(3) คานคอนกรีตที่ไม่ได้สัมผัสดินโดยตรง ต้องมีความหนาของคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กเสริมไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร

(4) ผิวขององค์อาคารคอนกรีตอื่น ๆ ที่ไม่ได้สัมผัสดินโดยตรง ความหนาของคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กเสริมในด้านนั้น ต้องไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

(5) ความหนาของคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กเสริมสำหรับมัดเหล็กเสริม ต้องไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ซึ่งมีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากับเนื้อที่รวมของมัดเหล็กเสริมนั้น แต่ไม่มากกว่า 50 มิลลิเมตร ยกเว้นในกรณีที่ต้องป้องกันน้ำหรือดินเค็ม

(6) ในกรณีที่ป้องกันน้ำหรือดินเค็ม หรือสภาวะที่จะทำให้เกิดการผุกร่อนรุนแรงได้ จะต้องเพิ่มความหนาของคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กเสริมส่วนนั้นขึ้นอีก 25 มิลลิเมตร

(7) เหล็กเสริมส่วนที่เปลือยหัว ยึด หรือแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้สำหรับยึดต่อกับส่วนที่จะต่อเติมในภายหน้า จะต้องห่อหุ้มด้วยคอนกรีตหรือสิ่งอื่นเพื่อป้องกันการผุกร่อน

ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของเหล็กเสริม เมื่อจัดวางเหล็กเสริมเข้าที่แล้วเสร็จ ตำแหน่งของเหล็กเสริมยอมให้คลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

5.1.12.11 การต่อความยาวของเหล็กเสริม

ในกรณีที่ไม่จำเป็นห้ามต่อความยาวเหล็กเสริม นอกจากที่ได้แสดงไว้ในแบบ หรือได้รับความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ควบคุมงาน การต่อความยาวของเหล็กเสริมกระทำได้ 3 วิธี คือ

(1) การต่อความยาวโดยวิธีทาบเหล็ก

ห้ามต่อเหล็กเสริมขนาดใหญ่กว่า 36 มิลลิเมตร โดยวิธีการทาบเหล็ก สำหรับเหล็กข้ออ้อย ระยะทาบต้องไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมที่รับแรงดึง และไม่น้อยกว่า 32 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมที่รับแรงอัด สำหรับเหล็กเส้นกลม ระยะทาบต้องไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมที่รับแรงดึงและแรงอัด ที่ปลายของเหล็กเส้นกลมจะต้องงอขอด้วย หรือต่อความยาวของเหล็กเสริมตามมาตรฐาน AASHTO LRFD Bridge Construction Specification 3rd Edition 2010

(2) การต่อความยาวโดยวิธีเชื่อมไฟฟ้า

การต่อความยาวเหล็กโดยวิธีเชื่อมไฟฟ้า จะต้องเชื่อมต่อโดยวิธีต่อชน แล้วเชื่อมรอบนอกจนเหล็กทั้งสองเส้นต่อเป็นเนื้อเดียวกัน ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานนี้จะต้องเป็นชนิด E 4903 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลวดเชื่อมชนิดเหล็กกล้าเหนียว ซึ่งมีปลอกหุ้มสำหรับเชื่อมด้วยประกายไฟฟ้า มาตรฐานเลขที่ มอก. 49 ส่วนกรรมวิธีของการเชื่อมต่อเหล็กเสริมให้เป็นไปตาม AWS (American Welding Society Reinforcing Steel Welding Code) และเหล็กเสริมที่ได้ทำการต่อเชื่อมด้วยไฟฟ้าแล้วนี้ เมื่อนำไปทดสอบด้วยแรงดึง จะต้องไม่ขาดที่รอยเชื่อม

เนื่องจากการควบคุมตรวจสอบรอยต่อเชื่อมไฟฟ้านี้กระทำได้ยาก ฉะนั้นเพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพของเหล็กเสริมที่จะนำมาใช้ให้ได้คุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องเสนอลำดับขั้นกรรมวิธีในการต่อความยาวเหล็กเสริมโดยวิธีเชื่อมไฟฟ้าต่อผู้ควบคุมงาน เพื่อพิจารณาเห็นชอบเสียก่อน จึงจะดำเนินการต่อไปได้

การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริมที่ต่อความยาวเหล็กโดยวิธีเชื่อมไฟฟ้านี้ ต้องเก็บจากเหล็กเสริมที่ได้ต่อความยาวไว้แล้ว ส่วนจำนวนตัวอย่างเหล็กที่ต้องส่งทดลอง ให้คิดตามสูตรดังนี้

$$S = 0.04\sqrt[3]{N^2} \geq 3$$

โดยที่ S หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งทดลอง แต่ไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง

และ N หมายถึง จำนวนรอยต่อเชื่อมไฟฟ้า

ขนาดความยาวของตัวอย่างต้องยาวท่อนละไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยมีจุดต่อเชื่อมด้วยไฟฟ้าอยู่ตรงกลางเหล็กตัวอย่างนั้น

(3) การต่อความยาวโดยใช้อุปกรณ์กล (Mechanical Connection)

การต่อความยาวเหล็กโดยใช้อุปกรณ์กล ต้องทำตามรายละเอียดแผนผัง ซึ่งผู้รับจ้างต้องยื่นขออนุมัติต่อผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษร เหล็กที่ต่อโดยใช้อุปกรณ์กลเหล่านี้ เมื่อนำไปทดสอบด้วยแรงดึง

จะต้องไม่ขาดที่รอยต่อ การส่งตัวอย่างทดลอง จะต้องส่งตัวอย่างเหล็กเสริมที่ต่อด้วยอุปกรณ์กลเหล่านี้ จำนวนอย่างน้อยขนาดละ 3 ตัวอย่าง ยาวตัวอย่างละ 1 เมตร โดยมีอุปกรณ์กลซึ่งอยู่กึ่งกลางของท่อนเหล็กตัวอย่างนั้น พร้อมทั้งวิธีการในการใช้อุปกรณ์กลนั้น ให้ผู้ควบคุมงาน เพื่อจัดส่งไปตรวจสอบคุณภาพ

โดยทั่วไป ตำแหน่งรอยต่อเหล็กเหล่านี้ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน ยกเว้นตามที่ระบุไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น ในกรณีที่จำเป็น ตำแหน่งรอยต่อเหล็กเหล่านี้อาจจะอยู่ในแนวเดียวกันได้ แต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

การต่อความยาวโดยวิธีเชื่อมไฟฟ้า และการต่อความยาวโดยใช้อุปกรณ์กล ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการจัดส่งตัวอย่าง ทดสอบ ค่าธรรมเนียมทดสอบวัสดุ และอื่น ๆ ทั้งหมด

5.1.12.10 การเปลี่ยนขนาดเหล็กเสริม

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนขนาดเหล็กเสริม ผู้รับจ้างจะต้องเสนอแบบแสดงการเสริมเหล็ก พร้อมทั้งแบบการดัดเหล็ก และลำดับการวางเหล็กเสริมทุกเส้น เพื่อให้กรมทางหลวงเห็นชอบ และผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในการนี้เองทั้งสิ้น

5.1.13 งานเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตอัดแรง

หมายถึง การจัดหาเหล็กเสริมอัดแรง และประกอบติดตั้งให้ถูกต้องตามตำแหน่งและขนาดของเหล็กเสริมอัดแรง รวมทั้งการดึงเหล็กอัดแรงด้วยวิธีการดึงเหล็กอัดแรงทีหลัง (Post-Tensioning) หรือวิธีการดึงเหล็กอัดแรงก่อน (Pre-Tensioning) ให้ถูกต้องตามที่ระบุไว้ในแบบ และรายละเอียดข้อกำหนดนี้

5.1.13.1 วิธีดึงเหล็กอัดแรงทีหลัง

หมายถึง วิธีการอัดแรงคอนกรีตใด ๆ โดยดึงเหล็กอัดแรงหลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้ว

5.1.13.2 วิธีดึงเหล็กอัดแรงก่อน

หมายถึง วิธีการอัดแรงคอนกรีตใด ๆ โดยดึงเหล็กอัดแรงก่อนการเทคอนกรีต

5.1.13.3 เหล็กเสริมอัดแรงจะต้องเป็นลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง (Steel Wires For Prestressed Concrete) หรือ ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง (Steel Wires Strands For Prestressed Concrete) หรือเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง (PT-Bar)

5.1.13.3.1 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง มาตรฐานเลขที่ มอก. 95

5.1.13.3.2 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง มาตรฐานเลขที่ มอก. 420

5.1.13.3.3 เส้นโลหะผสมแรงดึงสูง

เส้นโลหะผสมแรงดึงสูงที่ใช้จะต้องได้รับการคลายแรงเค้นแล้ว และภายหลังจากการคลายแรงเค้นจะต้องนำมาดึงให้ยืดในขณะที่เย็นด้วยความเค้นดึงไม่น้อยกว่า 900 เมกะปาสกาล และเมื่อเส้นโลหะผสมแรงดึงสูงได้ผ่านกรรมวิธีดังกล่าวแล้ว จะต้องมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดังต่อไปนี้ หรือเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

ความเค้นดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า 1,000 เมกะปาสกาล

ความเค้นดึงพิสูจน์ที่ระยะ 0.7% ต้องไม่น้อยกว่า 900 เมกะปาสกาล

Modulus of Elasticity ไม่น้อยกว่า 172,400 เมกะปาสกาล

ความยืดในช่วงความยาว 20 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น เมื่อขาดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 4

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง คือ +0.8 มิลลิเมตร และ -0.25 มิลลิเมตร

5.1.13.4 เหล็กเสริมไม่อัดแรง

เหล็กเสริมไม่อัดแรง หมายถึง เหล็กเสริมธรรมดาตามข้อ 5.1.12 หรือเหล็กเสริมอัดแรงที่ไม่ได้มีการใช้แรงภายนอกดึงเพื่ออัดแรง ทั้งนี้ให้ใช้ตามที่ระบุไว้ในแบบ

5.1.13.5 อุปกรณ์หัวยึด (Anchorage Assemblies)

อุปกรณ์หัวยึดปลายจะต้องออกแบบเป็นพิเศษเพื่อใช้กับงานคอนกรีตอัดแรงโดยเฉพาะ ต้องเป็นแบบที่เคยใช้ในงานอย่างเดียวกันมาแล้ว และปรากฏให้เห็นว่าทำงานได้ถูกต้อง มีความคงทนถาวร เหมาะสำหรับงานประเภทนี้ ผู้รับจ้างจะต้องเสนอตัวอย่างและเอกสารแสดงรายละเอียด รวมทั้งคุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์หัวยึด ให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบ และพิจารณาอนุญาตให้นำมาใช้ในงาน ห้ามนำอุปกรณ์หัวยึดที่ไม่ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ควบคุมงานมาใช้งานโดยเด็ดขาด อนึ่ง หากเอกสารต่าง ๆ ที่เสนอประกอบการพิจารณาอนุมัติให้ใช้อุปกรณ์หัวยึด มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ว่าอุปกรณ์หัวยึดดังกล่าว มีคุณภาพดีเหมาะสมกับงานประเภทนี้แล้ว ผู้ควบคุมงานจะเก็บตัวอย่างให้กรมทางหลวงทำการทดสอบอุปกรณ์หัวยึด โดยที่อุปกรณ์หัวยึดดังกล่าวจะต้องสามารถยึดรั้งเหล็กเสริมอัดแรง ซึ่งดึงด้วยแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของแรงดึงสูงสุดขั้นต่ำตามที่ได้กำหนดไว้สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงนั้น โดยไม่เกิดความเสียหาย และการที่ผู้ควบคุมงานอนุญาตให้นำอุปกรณ์หัวยึดดังกล่าวมาใช้งานนี้ ไม่เป็นเหตุให้ผู้รับจ้างพ้นภาระรับผิดชอบต่อความชำรุดเสียหายอันอาจเกิดขึ้นในระหว่างหรือภายหลังเทคอนกรีต

5.1.13.6 อุปกรณ์ต่อเหล็ก (Couplers)

ในกรณีที่จำเป็นต้องต่อเหล็กเสริมอัดแรง ให้ต่อเหล็กเสริมอัดแรงให้ต่อเนื่องกัน โดยใช้อุปกรณ์ต่อเหล็กที่ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อใช้กับงานนี้โดยเฉพาะ อุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องเป็นแบบที่เคยใช้ในงานอย่างเดียวกันมาแล้ว และปรากฏให้เห็นว่าทำงานได้ถูกต้อง มีความคงทนถาวร เหมาะสำหรับงานประเภทนี้ ผู้รับจ้างจะต้องเสนอตัวอย่างและเอกสารแสดงรายละเอียด รวมทั้งคุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์ต่อเหล็ก

ให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบและพิจารณาอนุญาตให้นำมาใช้ในงาน ห้ามนำอุปกรณ์ต่อเหล็กที่ไม่ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ควบคุมงานมาใช้งานโดยเด็ดขาด หากเอกสารต่าง ๆ ที่เสนอประกอบการพิจารณาอนุมัติให้ใช้อุปกรณ์ต่อเหล็ก มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ว่าอุปกรณ์ต่อเหล็กดังกล่าวมีคุณภาพดีเหมาะสมกับงานประเภทนี้แล้ว ผู้ควบคุมงานจะเก็บตัวอย่างให้กรมทางหลวงทำการทดสอบอุปกรณ์ต่อเหล็ก โดยที่อุปกรณ์ต่อเหล็กดังกล่าวจะต้องสามารถถ่ายทอดแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของแรงดึงสูงสุดขั้นต่ำตามที่ได้กำหนดไว้สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงนั้นโดยไม่เกิดความเสียหาย และการที่ผู้ควบคุมงานอนุญาตให้นำเอาอุปกรณ์ต่อเหล็กดังกล่าวมาใช้งานนั้น ไม่เป็นเหตุให้ผู้รับจ้างพ้นภาระรับผิดชอบต่อความชำรุดเสียหายอันอาจเกิดขึ้นในระหว่างหรือภายหลังเทคอนกรีต

5.1.13.7 ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง (Enclosures, Sheaths, Ducts)

ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง ต้องเป็นโลหะที่มีผิวเป็นลอนหรือเป็นบั้งตามขวางตลอดความยาวของท่อร้อย มากพอที่จะทำให้แรงยึดหน่วงระหว่างผิวของท่อร้อยกับคอนกรีตเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ท่อร้อยจะต้องมีความแข็งแรงพอที่จะคงรูปเดิมได้เมื่อได้รับแรงกระทำต่าง ๆ อันเกิดจากการเทคอนกรีต และต้องสามารถกันไม่ให้น้ำปูนรั่วซึมเข้าไปภายในท่อได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อร้อยให้มีขนาดตามคำแนะนำหรือข้อกำหนดของผู้ผลิตเคเบิล (Cable) เหล็กเสริมอัดแรงที่มาใช้

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอตัวอย่าง พร้อมทั้งเอกสารแสดงรายละเอียดและคุณสมบัติต่าง ๆ ของท่อร้อยที่ต้องการจะนำมาใช้ในงาน ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณาตรวจสอบให้ความเห็นชอบเสียก่อน ห้ามไม่นำท่อร้อยที่ไม่ได้ผ่านการตรวจสอบและอนุญาตจากผู้ควบคุมงานมาใช้ในงานเป็นอันขาดการที่ผู้ควบคุมงานอนุญาตให้นำเอาท่อร้อยดังกล่าวมาใช้ในงานนี้ ไม่เป็นเหตุให้ผู้รับจ้างพ้นภาระรับผิดชอบต่อความชำรุดเสียหายอันอาจเกิดขึ้นในระหว่างหรือภายหลังการเทคอนกรีต

ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการจะทำรูหรือช่องสำหรับร้อยเหล็กเสริมอัดแรง โดยใช้ท่อยางหรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสมเป็นแบบในขณะหล่อคอนกรีต และถอดแบบดังกล่าวออกก่อนการร้อยเหล็กเสริมอัดแรงเข้าในรูหรือช่องที่ทำไว้แทนการใช้ท่อร้อย ผู้รับจ้างจะต้องเสนอรายละเอียดตลอดจนวิธีการในการทำรู หรือช่องร้อยเหล็กดังกล่าว ให้กรมทางหลวงพิจารณาอนุมัติก่อน

5.1.13.8 การจัดหาวัสดุ

ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง ที่จะนำมาใช้ในงานนี้ ผู้รับจ้างควรจะจัดหาและนำส่งมาถึงสถานที่ก่อสร้างครั้งละจำนวนมาก ๆ เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบและอนุญาตให้ใช้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้รับจ้างเอง ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง และเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง ที่จัดส่งและนำมาใช้ในงานก่อสร้างนี้ จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเส้นโลหะนั้นอันเนื่องมาจากการขนส่ง และจะต้องมีแผ่นป้ายหรือตราหรือเอกสารอื่นใดเพื่อแสดงความยาว ขนาด คุณภาพ และบริษัทผู้ผลิตกำกับมาด้วยทุกครั้ง

อุปกรณ์หัวยึด อุปกรณ์ต่อเหล็ก และท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง ซึ่งผู้รับจ้างจัดส่งและนำมาใช้ในงานก่อสร้างนี้ จะต้องมีป้ายหรือตราประทับหรือเอกสารอื่นใดเพื่อแสดงชนิด ขนาด และบริษัทผู้ผลิตกำกับมาพร้อมกับวัสดุอุปกรณ์เหล่านั้นด้วยทุกครั้ง

5.1.13.9 การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณภาพ

การเก็บตัวอย่างวัสดุก่อสร้างเพื่อทดสอบคุณภาพ จะต้องจัดเก็บจากวัสดุก่อสร้างที่ได้นำส่งมาเก็บไว้บริเวณสถานที่ก่อสร้าง ต่อหน้าผู้ควบคุมงานหรือผู้แทนเท่านั้น และให้ผู้ควบคุมงานหรือผู้แทนเป็นผู้จัดส่งตัวอย่างเพื่อไปทดสอบคุณภาพ วัสดุก่อสร้างต่าง ๆ จะนำไปใช้งานได้ต่อเมื่อผลการตรวจคุณภาพใช้ได้

วิธีการเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง ให้ตัดลวดเหล็กหรือเส้นโลหะของม้วนลวดเหล็กหรือเส้นโลหะนั้น ซึ่งผู้ควบคุมงานหรือผู้แทนได้เลือกไว้ ม้วนละ 1 ตัวอย่าง ส่วนวิธีการเก็บตัวอย่างอุปกรณ์หัวยึด อุปกรณ์ต่อเหล็กและท่อร้อย ให้ผู้ควบคุมงานหรือผู้แทนเลือกเอาจากจำนวนวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด ซึ่งผู้รับจ้างได้จัดหาไว้ที่หน้างาน ผู้รับจ้างต้องอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ควบคุมงานหรือผู้แทนในการจัดเก็บตัวอย่างวัสดุก่อสร้างเหล่านี้เป็นอย่างดี

จำนวนตัวอย่างวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดที่ต้องจัดส่งเพื่อทำการทดสอบคุณภาพ ให้คิดจากจำนวนวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดซึ่งได้จัดหามาไว้ที่หน้างาน ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ตัวอย่างลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง จะต้องยาวอย่างน้อยท่อนละ 1.2 เมตร และจำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ ให้คิดตามสูตรดังต่อไปนี้

$$S = 0.02\ \sqrt[3]{N^2} \geq 2$$

โดยที่ S หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง ถ้ามีเศษเกินครึ่งให้ปัดเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวอย่าง

N หมายถึง จำนวนม้วนของลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวเท่ากัน สำหรับม้วนลวดเหล็กที่มีความยาวม้วนละ 100 เมตร ถึง 300 เมตร

(2) ตัวอย่างลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง จะต้องยาวอย่างน้อยท่อนละ 1.2 เมตรและจำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ ให้คิดตามสูตรดังต่อไปนี้

$$S = K\ \sqrt[3]{N^2} \geq 2$$

โดยที่ S หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง ถ้ามีเศษเกินครึ่งให้ปัดเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวอย่าง

K เท่ากับ 0.9 สำหรับม้วนลวดที่มีความยาวน้อยกว่า 3,000 เมตร และเท่ากับ 1.5 สำหรับม้วนลวดที่มีความยาวมากกว่า 3,000 เมตร

N หมายถึง จำนวนม้วนของลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวเท่ากัน

(3) ตัวอย่างเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง จะต้องยาวท่อนละไม่น้อยกว่า 60 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นโลหะผสมแรงดึงสูงนั้น แต่ต้องยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร และจำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ ให้คิดตามสูตรดังต่อไปนี้

$$S = \frac{\mathrm{W}}{5} \text{ และ } S \geq 2$$

โดยที่ S หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง ถ้ามีเศษเกินครึ่งให้ปัดเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวอย่าง

W หมายถึง จำนวนน้ำหนักของเส้นโลหะผสมแรงดึงสูง มีหน่วยเป็นตัน

(4) ในกรณีที่ให้มีการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์หัวยึด และอุปกรณ์ต่อเหล็กจำนวนตัวอย่าง ที่ต้องการเพื่อทดสอบคุณภาพ ให้คิดตามสูตรดังต่อไปนี้

$$S = \frac{N}{100} \text{ และ } S \geq 1$$

โดยที่ S หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ต้องส่งไปทดสอบคุณภาพ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1 ตัวอย่าง ถ้ามีเศษเกินครึ่งให้ปัดเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวอย่าง

N หมายถึง จำนวนแต่ละชนิดของอุปกรณ์หัวยึดหรืออุปกรณ์ต่อเหล็ก

5.1.13.10 วิธีการก่อสร้าง

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครื่องมือทุกชนิดที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างและอัดแรง พร้อมทั้งช่างฝีมือที่ชำนาญงานในระบบอัดแรงนั้น ทั้งนี้โดยให้ผู้ควบคุมงานเห็นชอบก่อน ในกรณีที่ใช้เครื่องมืออัดแรงแบบแม่แรงน้ำมัน จะต้องติดตั้งเครื่องวัดแรงดันที่มีความละเอียดเพียงพอ และจะต้องหาค่าความสัมพันธ์ของแม่แรงและเครื่องวัดที่ใช้ประกอบกันนั้น พร้อมทั้งจัดทำตารางหรือแผนภูมิแสดงค่าสัมพันธ์ให้ผู้ควบคุมงานด้วย ถ้าใช้แม่แรงชนิดอื่น จะต้องจัดหาแหวนรับน้ำหนัก (Proving Ring) ที่รู้ค่าความสัมพันธ์ เพื่อจะได้ทราบค่าแรงดันแม่แรงนั้นได้อย่างถูกต้อง

5.1.13.10.1 การเก็บรักษาวัสดุ

วัสดุก่อสร้างต่าง ๆ ที่ใช้ในงานก่อสร้างนี้ จะต้องขนส่งและเก็บรักษาในลักษณะที่ไม่ทำให้วัสดุก่อสร้างนั้นได้รับความเสียหายหรือเปรอะเปื้อนผู้รับจ้างจะต้องแยกเก็บวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดให้เป็นสัดส่วน เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบและนำไปใช้งานวัสดุก่อสร้างส่วนที่ได้ตรวจสอบแล้ว จะต้องแยกจากส่วนวัสดุก่อสร้างที่ยังไม่ได้ตรวจสอบให้เห็นได้อย่างชัดเจน ผู้รับจ้างต้องแยกส่วนวัสดุก่อสร้างสำหรับใช้ในงานก่อสร้างนี้ออกจากวัสดุก่อสร้างของงานอื่นให้เห็นได้อย่างชัดเจน

5.1.13.10.2 การจัดวางเหล็กและอุปกรณ์

เหล็กเสริมอัดแรง อุปกรณ์หัวยึด อุปกรณ์ต่อเหล็ก และท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง จะต้องวางไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามที่แสดงไว้ในแบบหรือรายการข้อกำหนด และต้องยึดให้มั่นคงไม่เคลื่อนที่ในระหว่างเทคอนกรีตและในระหว่างที่คอนกรีตก่อตัว โดยใช้แท่งคอนกรีต ขาตั้งโลหะ อุปกรณ์หนุน อุปกรณ์แขวน หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว ผูกยึดหรือรองหนุนให้มั่นคง

5.1.13.10.3 วิธีดึงเหล็กอัดแรงก่อน (Pretensioning Method)

การดึงเหล็กเสริมอัดแรงจะกระทำได้ต่อเมื่อเหล็กเสริมอัดแรงได้จัดวางไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว และการดึงเหล็กจะต้องดึงจนมีความเค้นในเหล็กเสริมอัดแรงได้ตามที่แสดงไว้ในแบบ ผู้รับจ้างจะต้องเสนอกรรมวิธีการดึงเหล็กอัดแรงนี้ เพื่อให้ผู้ควบคุมงานให้ความเห็นชอบก่อน ผู้รับจ้างจะต้องแจ้งให้ผู้ควบคุมงานทราบล่วงหน้าก่อน และต้องจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับใช้ตรวจสอบขณะดึงเหล็กด้วยโครงสร้างคอนกรีตหลาย ๆ หน่วย อาจจะดึงเหล็กเสริมอัดแรงและหล่อคอนกรีตพร้อมกันในแนวเดียวกันได้ แต่จะต้องเว้นระยะห่างระหว่างปลายโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงแต่ละหน่วยให้เพียงพอเพื่อการตัดเหล็กเสริมอัดแรงห้ามตัดเหล็กเสริมอัดแรงจนกว่าจะได้ถอดแบบข้างออกแล้ว และคอนกรีตของโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงนั้นสามารถต้านแรงอัดได้ตามที่ระบุไว้ในแบบ โดยให้ทำการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ซึ่งบ่มในสภาพเดียวกับชิ้นส่วนโครงสร้างนั้นก่อน การถ่ายแรงอัดจากเหล็กเสริมอัดแรงเข้าไปในโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง จะต้องทำในลักษณะที่ทำให้เกิดแรงอัดในโครงสร้างคอนกรีตนั้นสมดุลที่สุด

5.1.13.10.4 วิธีดึงเหล็กอัดแรงทีหลัง (Post-Tensioning Method)

(1) การประกอบเคเบิล (Manufacture of Cables or Tendons)

ในการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรงด้วยวิธีดึงเหล็กเสริมอัดแรงทีหลัง จะใช้วิธีวางเคเบิลเหล็กเสริมอัดแรงก่อนแล้วหล่อคอนกรีตทีหลัง หรือใช้วิธีหล่อคอนกรีตก่อนแล้วใส่เคเบิลเหล็กเสริมอัดแรงทีหลังก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการก่อสร้าง เคเบิลเหล็กเสริมอัดแรงหนึ่งเคเบิลอาจประกอบด้วยเหล็กเสริมอัดแรงหลายเส้นมัดรวมกัน หรือประกอบด้วยเหล็กอัดแรงเพียงเส้นเดียว วิธีการในการประกอบเคเบิลเหล็กเสริมอัดแรงนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน

ก่อนที่จะนำท่อร้อยไปใช้ในงาน จะต้องตรวจสอบและซ่อมแซมส่วนที่บกพร่องให้เรียบร้อย การซ่อมแซมและการตัดท่อร้อยที่เสียหายให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาอุปกรณ์คั่นเหล็กเสริมอัดแรง (Spacers) ที่เหมาะสม เพื่อยึดเหล็กเสริมอัดแรงให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องในท่อร้อย และเพื่อทำให้มีช่องว่างรอบ ๆ เหล็กเสริมอัดแรงแต่ละเส้นในท่อร้อยเพียงพอที่จะใส่วัสดุสำหรับอัดอุดได้โดยรอบและสะดวก โลหะที่ใช้ทำอุปกรณ์คั่นเหล็กเสริมอัดแรงนี้จะต้องเป็นเหล็ก

การต่อท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง จะต้องใช้อุปกรณ์ต่อหรือวัสดุพันหุ้มที่คอนกรีตสามารถยึดเกาะได้และไม่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การต่อท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง อุปกรณ์ต่อหรือวัสดุพันหุ้มท่อร้อย และอุปกรณ์คั่นเหล็กเสริมอัดแรงเหล่านี้ ก่อนที่จะนำมาใช้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน

(2) การวางท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง

การขนส่ง ขนย้าย และการวางท่อร้อยเข้าที่ จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง โดยต้องไม่ทำให้ท่อร้อยหักหรือโค้งงอมาก ท่อร้อยจะต้องวางเข้าที่และผูกยึดให้มั่นคงด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม และได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งท่อร้อยแต่ละท่อที่วางเข้าที่ ยอมให้คลาดเคลื่อนไปจากที่ระบุไว้ในแบบได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และตำแหน่งของศูนย์กลางของกลุ่มท่อร้อยทั้งหมด ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ในขณะเทคอนกรีต ท่อร้อยจะต้องไม่เคลื่อนที่ และจะต้องระมัดระวังไม่ให้ท่อร้อยหรือปลอกหุ้มเสียหาย ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงจะต้องเตรียมให้สามารถอัดอุดและระบายอากาศออกให้หมด ท่อหรือรูสำหรับอัดอุดและระบายอากาศเหล่านี้ จะต้องสามารถอุดกั้นไม่ให้วัสดุที่ใช้อัดอุดรั่วไหลออกมาภายหลังจากการอัดอุดแล้วได้ และท่อหรือรูสำหรับอัดอุดและระบายอากาศจะต้องยึดให้มั่นคง

ภายหลังจากวางท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง ผูกเหล็ก และประกอบแบบแล้ว จะต้องตรวจสอบความเรียบร้อยของท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงก่อนทำการเทคอนกรีตทุกครั้ง

(3) การประกอบและติดตั้งอุปกรณ์หัวยึดและอุปกรณ์ต่อเหล็ก

อุปกรณ์หัวยึดและอุปกรณ์ต่อเหล็กจะต้องประกอบและติดตั้งให้ถูกต้องตรงตามตำแหน่งที่แสดงไว้ในแบบ และให้อยู่ในแนวแกนเดียวกันกับแนวแกนของเหล็กเสริมอัดแรงหรือเคเบิลนั้น ๆ และต้องยึดจับให้มั่นคงไม่ให้เคลื่อนที่ได้ในระหว่างเทคอนกรีต

(4) การดึงเหล็กอัดแรงทีหลัง

ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดวิธีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไว้ในแบบ ผู้รับจ้างจะต้องเสนอแผนงาน วิธีการดึงเหล็กเสริมอัดแรง และชนิดของแม่แรงที่จะใช้ เพื่อให้ผู้ควบคุมงานเห็นชอบก่อนเริ่มงาน แผนงานการดึงเหล็กเสริมอัดแรงนี้ต้องประกอบด้วย ลำดับวิธีการดึงเหล็กเสริมอัดแรง ขนาดของแรงดึงที่จะใช้ และระยะยืดของเหล็กเสริมอัดแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงนั้น ห้ามอัดแรงเข้าไปในโครงสร้างคอนกรีตก่อนที่คอนกรีตของโครงสร้างนั้นจะสามารถรับแรงอัดได้ไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในแบบ โดยให้ทำการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่างซึ่งบ่มในสภาพเดียวกับชิ้นส่วนโครงสร้างนั้นก่อน การอัดแรงเข้าไปในโครงสร้างคอนกรีตจะต้องทำในลักษณะที่ทำให้เกิดแรงอัดในโครงสร้างคอนกรีตสมดุลที่สุด

ก่อนที่จะทำการดึงเหล็กเสริมอัดแรง จะต้องทำความสะอาดอุปกรณ์หัวยึด เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อย และตรวจสอบความพร้อมเพรียงของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียบร้อยก่อน วิธีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงจะต้องทำให้สามารถอ่านค่าแรงตึงและวัดระยะยืดได้ตลอดเวลาในขณะดึงเหล็กเสริมอัดแรง การวัดค่าแรงดึงให้อ่านจากเครื่องวัดที่มีความละเอียดเพียงพอ ภายหลังจากปล่อยอุปกรณ์หัวยึดเหล็กเสริมอัดแรงและเกิดการรูดของเหล็กเสริมอัดแรงในอุปกรณ์หัวยึดแล้ว ให้บันทึกระยะยืดเหล็กเสริมอัดแรงที่เหลือไว้สำหรับเคเบิลที่ประกอบด้วยเหล็กเสริมอัดแรงจำนวนหลายเส้นรวมกัน จะต้องจับยึดติดกับแม่แรงดึงเหล็กอย่างระมัดระวังให้แน่น เพื่อให้เหล็กเสริมอัดแรงแต่ละเส้นในเคเบิลยืดออกมาเท่า ๆ กัน

ผู้รับจ้างจะต้องอำนวยความสะดวกให้ผู้ควบคุมงาน ในการตรวจสอบการดึงเหล็กเสริมอัดแรง และจะต้องจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการดึงเหล็กเสริมอัดแรงตามแบบฟอร์มซึ่งผู้ควบคุมงานจะกำหนดให้

ผู้รับจ้างจะต้องส่งบันทึกข้อมูลนี้ให้ผู้ควบคุมงานทันที เมื่อดึงเหล็กเสริมอัดแรงสำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงนั้นแล้วเสร็จ ในกรณีที่เหล็กเสริมอัดแรง หรืออุปกรณ์หัวยึด หรืออุปกรณ์ต่อเหล็ก ขาดหรือชำรุดเสียหาย การเปลี่ยนเหล็กเสริมอัดแรง หรืออุปกรณ์หัวยึด หรืออุปกรณ์ต่อเหล็ก จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน

ก่อนการจับยึดเหล็กเสริมอัดแรงด้วยอุปกรณ์หัวยึด และการอัดอุด จะต้องได้รับการตรวจสอบและอนุญาตจากผู้ควบคุมงาน

(5) การขอเปลี่ยนระบบการดึงเหล็กอัดแรงทีหลัง

ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการใช้ระบบอัดแรง หรือวิธีดึงเหล็กนอกเหนือไปจากที่ระบุไว้ในแบบ ให้ผู้รับจ้างเสนอรายละเอียดแบบก่อสร้าง พร้อมทั้งรายการคำนวณให้กรมทางหลวงพิจารณาเห็นชอบก่อน

5.1.14 แบบหล่อคอนกรีต ค้ำยัน นั่งร้าน และโครงสร้างชั่วคราว

5.1.14.1 แบบหล่อคอนกรีต

แบบหล่อคอนกรีตต้องทำด้วยไม้ ไม้อัด โลหะ หรือวัสดุอื่นที่ได้รับความเห็นชอบ แบบจะต้องเป็นไปตามรูปร่าง แนวระดับ และมิติต่าง ๆ ดังแสดงในแบบ การทำแบบจะต้องทำให้มีความมั่นคงแข็งแรง และต้องยึดค้ำยันแบบให้สามารถทรงรูปร่างได้ ไม่ทรุดแอ่น โค้งงอ หรือบิดเบี้ยวไปในระหว่างการเท การทำให้แน่นและการแข็งตัวของคอนกรีต รวมทั้งสามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาปฏิบัติการดังกล่าวด้วยรอยต่อแบบหล่อจะต้องสนิท น้ำปูนรั่วไหลไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ออกแบบ และคำนวณแบบหล่อคอนกรีตให้เหมาะสมตามข้อกำหนดนี้ และจะต้องรับผิดชอบต่อความเสียหายในทุกกรณีอันอาจเกิดขึ้นเนื่องจากแบบหล่อ

แบบหล่อสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีคุณลักษณะที่ยอมให้คอนกรีตของชิ้นส่วนโครงสร้างนั้นสามารถหดตัวได้เมื่อได้รับการอัดแรง และจะต้องมีมาตรการป้องกันไม่ให้แบบหล่อด้านล่างยึดติดกับเนื้อคอนกรีต นอกจากนี้จะต้องออกแบบให้แบบข้างสามารถถอดออกได้โดยไม่ทำให้ความมั่นคงของแบบที่เหลืออยู่ลดน้อยลง หรือก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นกับผิวคอนกรีตส่วนนั้น

แบบหล่อสำหรับผิวคอนกรีตภายนอกที่มองเห็นได้ทั่วไป และไม่มีการฉาบปูนทับภายหลัง ผิวด้านในของแบบหล่อที่สัมผัสกับคอนกรีตจะต้องเรียบสม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อถอดแบบหล่อแล้ว ผิวคอนกรีตต้องเรียบสะอาด และสวยงาม ถ้าหากสกปรกหรือไม่เรียบร้อย ให้ผู้รับจ้างขัดและตกแต่งผิวให้สวยงาม นอกจากนี้ ตามขอบหรือมุมของผิวคอนกรีตที่มองเห็นได้ จะต้องลบเหลี่ยมโดยทำบัวขนาด 20 มิลลิเมตร หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ

ไม้ทำแบบหล่อจะต้องมีขนาดระบุหนาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร แข็ง ไม่ผุ ไม่โก่งงอหรือบิดเบี้ยว ไม่มียาง จับติด ไม่มีรอยแตกตาไม้ขนาดใหญ่ซึ่งอาจหลุดออกได้ ขอบไม่เป็นคลื่น หรือมีข้อเสียอย่างอื่นซึ่งจะทำให้กำลังหรือรูปแบบของโครงสร้างเมื่อถอดแบบแล้วเสียหายไป ไม้อัดที่ใช้ทำแบบจะต้องเป็นชนิดทนน้ำ หนาไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร สำหรับไม้อัดที่ใช้บุชั้นในแบบ จะต้องหนาไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร

แบบหล่อที่ใช้แล้ว หากจะนำมาใช้งานใหม่ จะต้องซ่อมแซมให้คงรูปเดิม มีความมั่นคงแข็งแรง รอยต่อสนิท น้ำปูนรั่วไหลไม่ได้ และผิวเรียบปราศจากสิ่งสกปรกแปลกปลอมเกาะติดเปรอะเปื้อน ห้ามนำไม้แบบที่ไม่ได้แก้ไขให้เรียบร้อย ได้รูปแบบที่ถูกต้องมาใช้งานอีกเป็นอันขาด

เหล็กหรืออุปกรณ์ที่ใช้ยึดภายในขอบแบบหล่อ จะต้องจัดทำให้สามารถเอาออกได้ลึกจากผิวคอนกรีตไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่คอนกรีตส่วนนั้น และห้ามมิให้โลหะใด ๆ ฝังทิ้งอยู่ในเนื้อคอนกรีตลึกจากผิวหน้าคอนกรีตน้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

แบบหล่อจะต้องสร้างให้สามารถทำความสะอาดและขจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ที่ตกค้างอยู่ภายในแบบออกได้โดยง่าย โดยไม่ทำให้มิติต่าง ๆ ของแบบซึ่งผู้ควบคุมงานตรวจสอบเห็นชอบแล้วคลาดเคลื่อนไป

วัสดุหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท่อเดินสายไฟ ท่อระบายน้ำ ที่จะต้องฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีต หรือช่องว่างหรือรูที่ต้องทำเตรียมไว้เพื่อติดตั้งอุปกรณ์อื่นใดภายหลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะต้องจัดวางหรือติดตั้งให้มั่นคง ถูกต้อง ตรงตำแหน่งที่กำหนด ไม่เคลื่อนที่ไปในขณะที่ทำการเทคอนกรีต วิธีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวหากไม่ได้แสดงไว้ในแบบ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน

ผิวภายในแบบหล่อจะต้องทำความสะอาด และราดน้ำให้ชุ่มก่อนเทคอนกรีต ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ในกรณีที่ใช้น้ำมันทาแบบจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเสียก่อน โดยผู้ควบคุมงานอาจให้ทดลองน้ำมันซึ่งผู้รับจ้างจะใช้ เพื่อให้มั่นใจว่าน้ำมันดังกล่าวจะไม่ทำให้ผิวคอนกรีตมีสีผิดไป หรือทำให้ผิวคอนกรีตเสียหายด้วยประการใด ๆ ผู้รับจ้างจะต้องระวังไม่ให้น้ำมันทาแบบเปรอะเปื้อนเหล็กเสริม หรือวัสดุอุปกรณ์อย่างอื่นที่ฝังทิ้งอยู่ในเนื้อคอนกรีตเป็นอันขาด

5.1.14.2 ค้ำยัน นั่งร้าน และโครงสร้างชั่วคราว

ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้คำนวณออกแบบค้ำยัน นั่งร้าน และโครงสร้างชั่วคราวต่าง ๆ ที่ใช้ยันและรับแบบหล่อคอนกรีต และจะต้องรับผิดชอบในทุกกรณี หากมีความเสียหายเกิดขึ้นเนื่องจากการออกแบบไม่เหมาะสมก่อนที่จะทำการก่อสร้างนั่งร้านหรือโครงสร้างชั่วคราวอื่น ๆ ผู้ควบคุมงานอาจขอให้ผู้รับจ้างส่งรายการคำนวณและแบบของโครงสร้างชั่วคราวที่จะใช้ในงานก่อสร้างดังกล่าว ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณาตรวจสอบเสียก่อน ในกรณีที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควรให้แก้ไขแบบส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของโครงสร้างชั่วคราวนั้น ๆ มิได้เป็นเหตุให้ผู้รับจ้างหมดความรับผิดชอบ ในเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นแม้แต่ประการใดทั้งสิ้น

ค้ำยัน นั่งร้าน และโครงสร้างชั่วคราวต่าง ๆ จะต้องออกแบบและก่อสร้างให้มั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างงานก่อสร้างได้โดยปลอดภัย การทรุดตัวของค้ำยันและนั่งร้านและการแอ่นตัวของโครงสร้างชั่วคราวซึ่งทำหน้าที่เป็นคาน จะต้องมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และต้องไม่ทำให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างถาวรมีรูปร่าง ขนาด แนว และระดับต่าง ๆ คลาดเคลื่อนไปมากกว่าที่จะยอมให้ได้ ดังนั้นผู้รับจ้างจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในการทำฐานรากเพื่อรับโครงสร้างชั่วคราวต่าง ๆ นี้

ระดับของแบบหล่อคอนกรีตจะต้องเป็นระดับที่แสดงไว้ในแบบ บวกระยะแอ่นตัว หรือลบระยะโก่งตัวที่เกิดจากน้ำหนักของโครงสร้างถาวร และ/หรือแรงอัดเนื่องจากเหล็กเสริมอัดแรง ซึ่งจะได้กำหนดให้หรือระบุไว้ในแบบ และให้บวกด้วยระยะแอ่นตัวหรือทรุดตัวของโครงสร้างชั่วคราวที่ใช้ยันรับแบบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ในบางกรณีผู้รับจ้างอาจตั้งค้ำยัน หรือนั่งร้าน บนส่วนของโครงสร้างถาวรที่ก่อสร้างเสร็จแล้วได้ ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนในการนี้ ผู้ควบคุมงานอาจให้ผู้รับจ้างทำการวิเคราะห์โครงสร้างถาวรดังกล่าวว่า จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ จากโครงสร้างชั่วคราวนั้นได้หรือไม่ หากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าจำเป็นต้องเพิ่มเหล็กเสริมของโครงสร้างคอนกรีตถาวรดังกล่าว และผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ตั้งนั่งร้านหรือค้ำยันบนโครงสร้างถาวรส่วนนั้นได้แล้ว ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นในการนี้จะต้องเป็นภาระของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

5.1.15 งานฐานราก (Foundation)

ฐานราก หมายถึง ส่วนล่างสุดของโครงสร้าง ทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้างส่วนที่อยู่ข้างบน แบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับชนิดและชั้นของดินที่รองรับฐานรากนั้นอยู่ จัดเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ฐานรากตื้น (Shallow Foundation) และฐานรากลึก (Deep Foundation) ฐานรากตื้น หมายถึง ฐานรากที่มีความลึกจากระดับดินเท่ากันหรือน้อยกว่าส่วนกว้างของฐานราก ส่วนฐานรากลึก หมายถึง ฐานรากที่มีความลึกจากระดับดินมากกว่าส่วนกว้างของฐานราก

ประเภทของฐานรากที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ ฐานรากแผ่ และฐานรากเสาเข็ม

5.1.15.1 ฐานรากแผ่ (Spread Footing Foundation)

หมายถึง ฐานรากที่ทำหน้าที่บรรทุกน้ำหนักจากเสา หรือกำแพง ลงยังชั้นดินหรือหินซึ่งอยู่ใต้ฐานรากอย่างปลอดภัย โดยไม่เกินกำลังหรือความสามารถที่ชั้นดินข้างล่างนั้นจะรับได้ ฐานรากแผ่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อาคารทรุดตัวหรือเอียง และป้องกันไม่ให้แรงลมยกอาคารลอยขึ้นด้วย ระดับของฐานรากควรอยู่ในระดับที่เนื้อดินจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือขนาดอีกเนื่องจากน้ำใต้ดิน ก่อนการก่อสร้างฐานรากต้องบดอัดดินให้แน่นและปรับระดับให้เรียบ เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ

ฐานรากแผ่แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) ฐานรากแผ่รับน้ำหนักของอาคารเป็นผืนแผ่นเดียวกัน เรียกว่า ฐานรากแบบแพ (Raft Foundation) หรือฐานรากแบบเสื่อ (Mat Foundation) หรือฐานรากแบบลอย (Floating Foundation)

(2) ฐานรากแผ่รับน้ำหนักของอาคารแบบถ่ายน้ำหนักเป็นแห่ง ได้แก่ ฐานรากแบบแยก (Isolated Footing) ฐานรากตื้นรองรับเสาอาคารเพียงต้นเดียว ฐานแผ่ร่วม (Combined Footing) เป็นฐานรากรองรับเสากลุ่มหนึ่ง และฐานรากผนัง (Wall Footing) รองรับผนังกำแพงเป็นแถวยาวตลอด

วิธีการก่อสร้าง

(1) ก่อนเริ่มงานก่อสร้างฐานรากแผ่ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบเพื่อหากำลังแบกทานของดินก่อน โดยให้ทำการทดสอบตาม AASHTO T 235 : “Bearing Capacity of Soil for Static Load on Spread Footings” และเมื่อได้ผลทดสอบแล้ว ให้ใช้กำลังแบกทานของดินไม่เกินครึ่งหนึ่งของผลที่ได้จากการทดสอบ

ในกรณีที่บริเวณที่จะก่อสร้างฐานรากแผ่เป็นหินพืด จะต้องฝังฐานรากให้อยู่ในหินพืดลึกไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร (วัดตรงที่ตื้นที่สุด) และเพื่อให้ทราบแน่ชัดว่าเป็นหินพืดจริงหรือไม่ โดยการพิสูจน์ความต่อเนื่อง

ของหินพืดออกไปจากขอบของฐานรากแผ่ไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความกว้างฐานราก และตรวจสอบความหนาโดยการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร และลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร โดยฐานรากแผ่หนึ่ง ๆ ต้องเจาะไม่น้อยกว่า 2 รู

(2) คุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ในงานฐานรากแผ่ ให้เป็นไปตามข้อ 5.1 คุณสมบัติของเหล็กเสริมให้เป็นไปตามข้อ 5.1.12 และการจัดวางเหล็กเสริมให้เป็นไปตามข้อ 5.1.12.10

(3) แบบหล่อคอนกรีตที่ใช้ ให้เป็นไปตามข้อ 5.1.14.1

(4) ในกรณีที่ฐานรากแผ่มีความหนามาก ผู้รับจ้างต้องเสนอวิธีการและเทคนิคในการเทคอนกรีตให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบและอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

5.1.15.2 ฐานรากเสาเข็ม (Pile Foundation)

หมายถึง ฐานรากที่ทำหน้าที่บรรทุกน้ำหนักจากเสา หรือกำแพงลงยังชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป โดยการใช้เสาเข็มช่วยรับและถ่ายน้ำหนักบรรทุกฐานรากเสาเข็มมีหลายชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ (Precast Reinforced Concrete Pile) เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ (Precast Prestressed Concrete Pile) เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จแบบแรงเหวี่ยง (Prestressed Concrete Spun Pile)

5.1.15.2.1 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ

ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง ในกรณีที่แบบไม่ได้ระบุไว้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก มาตรฐานเลขที่ มอก. 395

5.1.15.2.2 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง ในกรณีที่แบบไม่ได้ระบุไว้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ มาตรฐานเลขที่ มอก. 396

5.1.15.2.3 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ แบบแรงเหวี่ยง

ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง ในกรณีที่แบบไม่ได้ระบุไว้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงแบบแรงเหวี่ยง มาตรฐานเลขที่ มอก. 398

5.1.15.2.4 เสาเข็มเจาะ

ในกรณีที่แบบไม่ได้ระบุให้ใช้เสาเข็มเจาะ ผู้รับจ้างอาจใช้ได้โดยต้องได้รับอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรจากกรมทางหลวงก่อน

เสาเข็มเจาะโดยทั่วไปสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก และเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

(1) เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก หมายถึง เสาเข็มกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 600 มิลลิเมตร

เสาเข็มเจาะชนิดนี้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ขนาดเล็กและไม่ยุ่งยาก เคลื่อนย้ายสะดวก ไม่ต้องการบริเวณทำงานมากนัก อุปกรณ์หลักประกอบด้วยขาหยั่งเหล็ก 3 ขา ปลายบนติดรอกเดี่ยว (Tripod) และใช้เครื่องกว้านลมในการเจาะ ยก ดึง หรือถอนปลอกเหล็ก

(2) เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ หมายถึง เสาเข็มกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 600 มิลลิเมตร ซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดมาตรฐานคือ 800 900 1,000 1,200 1,500 1,800 และ 2,000 มิลลิเมตร หรือเสาเข็มเจาะแบบเหลี่ยม (Barrette Pile) ซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดคือ 3,000x800 3,000x1,000 3,000x1,200 และ 3,000x1,500 มิลลิเมตร อุปกรณ์สำคัญที่ใช้เป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

วิธีการทำงานแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

(ก) Dry Process ปกติใช้กับงานเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 600 มิลลิเมตร ในสภาพดินบางแห่ง เมื่อเจาะแล้วไม่พบน้ำใต้ดิน หรือเป็นชั้นทรายอัดตัวแน่น ไม่เกิดการพังทลายของผนังหลุมเจาะ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ของเหลวป้องกันผนังหลุมเจาะ

(ข) Wet Process ปกติใช้กับงานเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 600 มิลลิเมตร ขึ้นไป หรือเสาเข็มเจาะแบบเหลี่ยม (Barrette Pile) ใช้กับสภาพดินที่มีชั้นทรายหรือมีน้ำใต้ดิน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ของเหลวเพิ่มแรงดันในหลุมเจาะเพื่อป้องกันมิให้ผนังหลุมเจาะพัง เช่น สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite) โพลิเมอร์ เป็นต้น

การทำเสาเข็มเจาะกลมขนาดใหญ่ให้ปฏิบัติดังนี้

- ก่อนทำงาน ให้ผู้รับจ้างทำการตรวจดูสภาพของดินเดิม และระดับน้ำใต้ดินตลอดความลึกของเสาเข็มเจาะนั้น และต้องขออนุมัติวิธีการเจาะต่อผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน
- การขุดเจาะ เมื่อได้วางหมุดตำแหน่งเสาเข็มและตรวจสอบตำแหน่งที่แน่นอนได้แล้ว ก็ทำการขุดดินตามขนาด และความลึกของเข็มที่ต้องการ ช่วงแรกของการขุดเจาะซึ่งส่วนมากเป็นดินอ่อน จะใส่ปลอกเหล็ก (Steel Casing) เพื่อป้องกันดินส่วนบนพัง และใช้หัวขุดเจาะแบบสว่าน (Auger Type)

ถ้าจำเป็นต้องใช้ Wet Process ในส่วนที่อยู่ระดับใต้ปลอกเหล็ก ก็จะต้องใช้ของเหลวเพิ่มแรงดันในหลุมเจาะเพื่อป้องกันมิให้หลุมเจาะพัง และควรใช้หัวขุดเจาะแบบบุ้งกี๋ (Bucket Type)

- การตรวจความลึกของหลุมที่เจาะแล้ว เมื่อขุดเจาะดินได้ตามต้องการ จะต้องตรวจสอบความลึกของเข็มโดยใช้สายดิ่งวัดความลึกถึงก้นหลุม และตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น DRILL HOLE MONITORING เป็นต้น ตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ทั้งนี้โดยต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

- การเตรียมเหล็กเสริมและการติดตั้ง ตามปกติจะต้องประกอบเหล็กเสริมตามที่ออกแบบไว้ก่อน โดยจัดเป็นชุด ๆ ตามความเหมาะสม และทำความสะอาดให้เรียบร้อยก่อนยกมาใส่ลงในหลุมเจาะตามตำแหน่งของแต่ละท่อน และเมื่อเหล็กเสริมได้ติดตั้งตามตำแหน่งเรียบร้อยแล้ว ให้จัดแขวนไว้กับปากของปลอกเหล็กเพื่อเตรียมเทคอนกรีตต่อไป
- การเทคอนกรีต การเทคอนกรีตใช้วิธีเทคอนกรีตใต้น้ำโดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 250 มิลลิเมตร ใส่ลงไปในหลุมเจาะจนเกือบถึงก้นหลุม โดยให้ปลายท่อห่างจากก้นหลุมเพียงเล็กน้อย การเทคอนกรีตจะต้องเทอย่างต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นในหนึ่งหลุมเจาะ และในขณะที่ทำการเทคอนกรีตจะต้องมีการวัดตรวจสอบความลึกให้สัมพันธ์กับปริมาณคอนกรีตที่ใช้ตลอดเวลา
- การถอนปลอกเหล็กขึ้นให้กระทำในขณะที่คอนกรีตยังไม่ก่อตัวด้วยหัวจับยึดแบบสั่น (Vibro Hammer)
- การตรวจสอบคุณภาพของสารละลายเบนโทไนท์ในสนาม ได้แก่:

(1) การตรวจสอบความหนาแน่น (Density / Specific Gravity): ทดสอบด้วยเครื่องมือ Mud Balance เพื่อดูว่าน้ำโคลนมีน้ำหนักพอที่จะพยุงผนังหลุมเจาะไม่ให้พังทลายได้หรือไม่

(2) การตรวจสอบความหนืด (Viscosity): ทดสอบด้วยกรวย Marsh Funnel โดยจับเวลาที่น้ำโคลนไหลผ่านกรวย เพื่อประเมินความสามารถในการอุ้มและพยุงตะกอนดินไม่ให้ตกตะกอนลงก้นหลุมเร็วเกินไป

(3) การตรวจสอบปริมาณทรายเจือปน (Sand Content): ทดสอบด้วยชุด Sand Content Kit เพื่อควบคุมไม่ให้มีเศษทรายแขวนลอยในน้ำโคลนมากเกินไป ซึ่งหากมีมากจะทำให้ก้นหลุมไม่สะอาดและส่งผลต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

(4) การตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง (pH): ทดสอบด้วยกระดาษวัดค่า pH หรือเครื่อง pH Meter เพื่อควบคุมคุณสมบัติทางเคมีไม่ให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตที่กำลังจะเทลงไปทดแทนน้ำโคลน

ในการทำงานทุกขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นนี้ ให้ผู้รับจ้างจัดทำรายงานเสนอผู้ควบคุมงานทุกหลุมเจาะโดยละเอียด

5.1.16 สารยึดอีพ็อกซีเรซินสำหรับคอนกรีต (Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete)

หมายถึงสารผสมที่ทำหน้าที่ยึดหรือประสานวัสดุต่าง ๆ ที่เป็นคอนกรีต ประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ อีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) และสารบ่ม (Curing Agent) อาจมีตัวเติม (Filler) ในส่วนประกอบใดส่วนประกอบหนึ่ง หรือทั้ง 2 ส่วนประกอบก็ได้

สารยึดอีพ็อกซีเรซินต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารยึดอีพ็อกซีเรซินสำหรับคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 1026 เนื่องจากสารยึดอีพ็อกซีเรซินไม่สามารถแข็งตัวในสภาพชื้น จึงห้ามให้ยึดผิวหน้าคอนกรีตเดิมที่มีความชื้น และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนนำมาใช้งาน

ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้สารยึดอีพ็อกซีสำหรับคอนกรีตในน้ำ ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักเจ้าของงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

5.1.17 วัสดุสำหรับใส่รอยต่อ (Joint Filler, Joint Primer and Joint Sealer)

5.1.17.1 วัสดุอุดรอยต่อชนิดไม่ปลิ้นและยืดหยุ่น (Joint Filler for Concrete, Nonextruding and Resilient Type)

วัสดุที่ใช้อุดรอยต่อชนิดนี้ต้องมีคุณสมบัติตาม ทล.-ก. 301 "ข้อกำหนดของวัสดุสำเร็จรูปอุดรอยต่อเพื่อขยายสำหรับงานคอนกรีต ชนิดไม่ปลิ้นและยืดหยุ่น มีแอสฟัลต์เป็นส่วนประกอบ" และจะต้องเจาะรูให้สอดเหล็กเดือยได้ วัสดุอุดรอยต่อแต่ละแผ่นต้องมีความหนาและความลึกตามที่ระบุไว้ในแบบ

อนุญาตให้ใช้วัสดุอุดรอยต่อตามความยาวได้ตามความจำเป็น โดยรอยต่อต้องต่อกันให้สนิท

5.1.17.2 วัสดุอุดรอยต่อคอนกรีตประเภท ยางฟองน้ำ และไม้ก๊อก (Concrete – Joint Filler, Sponge Rubber and Cork)

วัสดุที่ใช้อุดรอยต่อชนิดนี้ต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุอุดรอยต่อประเภทฟองน้ำและไม้ก๊อก มาตรฐานเลขที่ มอก. 1079 วัสดุอุดรอยต่อนี้ทำมาจากยางฟองน้ำหรือไม้ก๊อก มีลักษณะเป็นแผ่นหรือแถบ ใช้แทรกหรือกั้นตรงรอยต่อเพื่อการขยายตัวของอิฐหรือคอนกรีต แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) ประเภทยางฟองน้ำ (Sponge Rubber)

(2) ประเภทไม้ก๊อก (Cork)

(3) ประเภทไม้ก๊อกขยายตัว (Self-Expanding Cork)

วัสดุอุดรอยต่อประเภทยางฟองน้ำ ทำด้วยยางฟองน้ำแบบยืดหยุ่นที่ได้จากยางสังเคราะห์ และ/หรือยางธรรมชาติ โดยไม่มียางที่ใช้แล้วผสมอยู่สำหรับวัสดุอุดรอยต่อประเภทไม้ก๊อก และประเภทไม้ก๊อกขยายตัวทำโดยประสานเม็ดไม้ก๊อกให้ติดกันด้วยกาวเรซินสังเคราะห์

วัสดุอุดรอยต่อชนิดนี้ ก่อนนำมาใช้งานต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

5.1.17.3 วัสดุยารอยต่อ (Joint Primer)

วัสดุยารอยต่อต้องเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการไหลแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของคอนกรีตได้สูง เมื่อทดลองทาทับไปบนผิวคอนกรีต จะต้องแห้งภายใน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมอร์ตาร์บล็อกที่ทำด้วยวัสดุยารอยต่อประกบชิ้นทดสอบของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว มาดำเนินการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวโดยวิธีการทดสอบการยึดเหนี่ยวโดยสมบูรณ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุยารอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน มาตรฐานเลขที่ มอก. 479 โดยอนุโลม

แล้ว ต้องไม่เกิดรอยร้าว (Cracking) หรือการแยกตัว (Separation) หรือร่อง (Opening) อย่างหนึ่งอย่างใด ลึกเกินกว่า 6.4 มิลลิเมตร ณ จุดหนึ่งจุดใด ระหว่างชิ้นทดสอบกับมอร์ตาร์บล็อก ในระหว่างการทดสอบ

5.1.17.4 วัสดุยารอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดร้อน (Concrete Joint-Sealer, Hot-Poured Elastic Type)

หมายถึงวัสดุใช้สำหรับยารอยต่อคอนกรีตเพื่อป้องกันการแทรกซึมของความชื้นและสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ มีแอสฟัลต์เป็นส่วนผสม มีสมบัติหยุ่นตัวและเกาะติด สามารถทำให้เหลวโดยการให้ความร้อน และเทลงในรอยต่อได้สม่ำเสมอไม่ขาดตอนหรือเกิดโพรงอากาศ ไม่ไหลออกนอกรอยต่อหรือติดล้อยานพาหนะ

วัสดุอุดรอยต่อชนิดนี้ ต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุยารอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน มาตรฐานเลขที่ มอก. 479 และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนนำมาใช้งาน

5.1.17.5 วัสดุยารอยต่อคอนกรีตชนิดเย็น (Concrete Joint Sealer, Cold-Application Type)

หมายถึงวัสดุผสมเสร็จที่มีแอสฟัลต์เป็นส่วนผสม ใช้ที่อุณหภูมิปกติ โดยไม่ต้องให้ความร้อนสำหรับยารอยต่อคอนกรีต เพื่อป้องกันการแทรกซึมของความชื้นและสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและเกาะติด เมื่อยารอยต่อคอนกรีตแล้วไม่ไหลออกนอกรอยต่อหรือติดล้อยานพาหนะ

วัสดุยารอยต่อคอนกรีตชนิดเย็นนี้ใช้สำหรับยารอยต่อคอนกรีตที่มีความกว้างไม่น้อยกว่า 13 มิลลิเมตร และต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุยารอยต่อคอนกรีตชนิดเย็น มาตรฐานเลขที่ มอก. 917

ก่อนนำวัสดุยารอยต่อชนิดนี้ไปใช้งาน ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

5.2 งานสะพานคอนกรีต (CONCRETE BRIDGE)

5.2.1 ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างสะพาน ให้ผู้ควบคุมงานดำเนินการดังนี้

5.2.1.1 ทำการตรวจสอบ Plan และ Profile ของถนนตามสภาพปัจจุบัน พร้อมทั้งทำ Profile ในสนามออกไปจากคอสะพานข้างละไม่น้อยกว่า 300 เมตร

5.2.1.2 ทำรูปตัด (Cross Section) ของลำน้ำจำนวนอย่างน้อย 3 แห่ง โดยแห่งแรกให้อยู่บริเวณแนวสะพานทุกสะพาน และอีกอย่างน้อย 2 แห่ง ให้ห่างออกไปจากบริเวณสะพานทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ด้านละประมาณ 50 เมตร แล้วนำมาหาแนวร่องน้ำที่ถูกต้องเพื่อพิจารณาตำแหน่งและขนาดของสะพานที่เหมาะสม

5.2.1.3 ในกรณีที่สะพานมีมุมเฉียง (Skew Angle) ไม่ตรงกับแบบ หรือสะพานอยู่บริเวณคุ้งน้ำ ซึ่งอาจมีการกัดเซาะเกิดขึ้น และในแบบไม่ได้แสดงวิธีการป้องกันการกัดเซาะไว้ ให้พิจารณาหาวิธีแก้ไข

5.2.1.4 ตรวจสอบค่าระดับที่จะใช้ในการก่อสร้าง ให้ถ่ายระดับจากหมุดหลักฐานมาไว้ในบริเวณก่อสร้าง ในกรณีที่มีหมุดหลักฐานหลายหมุด จะต้องตรวจระดับและหาความสัมพันธ์ของหมุดต่าง ๆ เหล่านี้ และปรับค่าระดับให้เข้ากันได้

5.2.1.5 ให้ตรวจสอบเขตทางในสนาม โดยดำเนินการร่วมกับแขวงฯ ให้ถูกต้อง และวางแนวศูนย์กลางสะพานให้ถูกต้องตามแบบ

5.2.1.6 นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นมาเปรียบเทียบกับแบบ โดยพิจารณาเกี่ยวกับระดับหลังสะพาน, ความยาวของสะพาน, ระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำต่ำสุด, ช่องลอด, มุมเฉียง, การกัดเซาะ, ขนาดช่องของสะพาน และตำแหน่งของตอม่อแต่ละตับ ว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าเห็นว่าไม่เหมาะสม เช่น สั้นเกินไป ช่องลอดไม่เหมาะสม เป็นต้น ให้ผู้ควบคุมงานปรับให้เหมาะสมกับสภาพจริงในสนามได้ และถ้ามีความแตกต่างในสาระสำคัญอย่างมาก ให้รายงานตามขั้นตอนระเบียบ

5.2.1.7 ให้ผู้รับจ้างติดตั้งเครื่องหมายควบคุมการจราจรในระหว่างการก่อสร้างตามแบบมาตรฐานการก่อสร้างกรมทางหลวง

5.2.1.8 ในกรณีที่สะพานสร้างอยู่ในแนวทางที่เปิดการจราจรแล้ว การสั่งให้ผู้รับจ้างสร้างสะพานเบี่ยงหรือทางเบี่ยงเพื่ออำนวยความสะดวกแก่การจราจรตามสัญญา ให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้

(1) ในกรณีที่กรมทางหลวงมิได้เป็นผู้ออกแบบสะพานเบี่ยง ให้ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ออกแบบสะพานเบี่ยงเอง และรับผิดชอบมิให้เกิดความเสียหายใด ๆ จากสะพานเบี่ยงเหล่านี้ทั้งหมด ดังนั้น ก่อนที่จะทำการก่อสร้างสะพานเบี่ยง ให้ผู้รับจ้างส่งแบบก่อสร้างสะพานเบี่ยงที่มีวิศวกรออกแบบลงนามที่จะใช้ในการก่อสร้างมาให้ผู้ควบคุมงานพิจารณา และหากให้แก้ไขส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดของสะพานเบี่ยงนั้น ๆ แล้ว ผู้รับจ้างจะต้องจัดการแก้ไขตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร อนึ่ง การแก้ไขดังกล่าวมิได้ทำให้ความรับผิดชอบของผู้รับจ้างต่อความเสียหายใด ๆ ที่เกิดจากสะพานเบี่ยงนั้นน้อยลงไปแต่อย่างใด และในการคำนวณและออกแบบสะพานเบี่ยง ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบให้รับน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดไม่น้อยกว่า HS 20 หรือตามที่กรมทางหลวงได้กำหนดตามความจำเป็น

(2)ก่อนปิดการจราจรบนเส้นทางเดิม เพื่อเปิดใช้สะพานเบี่ยงหรือทางเบี่ยง ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก สำนักงานทางหลวง และแขวงทางหลวงก่อน

(3)มาตรฐานผิวจราจรของทางเบี่ยงต้องมีมาตรฐานไม่น้อยกว่ามาตรฐานผิวจราจรที่ใช้งานของทางในบริเวณนั้น ๆ ยกเว้นผิวจราจรคอนกรีต ให้ใช้ผิวจราจรแอสฟัลต์แทนตลอดเวลาใช้งาน

(4)ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ดูแล ตรวจสอบ และบำรุงรักษาสะพานเบี่ยง ทางเบี่ยง ให้อยู่ในสภาพที่ดีและปลอดภัยตามที่กำหนดตลอดเวลาใช้งาน

5.2.1.9 วัสดุก่อสร้างที่ผู้รับจ้างนำมาใช้ในงานก่อสร้าง ให้เก็บตัวอย่างแล้วนำไปทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพ (วิธีเก็บและปริมาณของตัวอย่างจะต้องเป็นไปตามข้อ 5.1)

5.2.1.10 ตรวจสอบปริมาณของวัสดุก่อสร้างว่า พอเพียงและทันต่อความต้องการของงานหรือไม่ ห้ามผู้รับจ้างนำวัสดุก่อสร้างไปใช้งานก่อนได้รับแจ้งผลของการทดลองว่าใช้ได้ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษร

5.2.1.11 ตรวจสอบสภาพ จำนวน และชนิดของเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งจำนวนแรงงานว่ามีเพียงพอต่อความต้องการของงานหรือไม่

5.2.1.12 ให้ทำหลักฐานตำแหน่งตอม่อทุกตับ พร้อมระดับหลังสะพานระหว่างการก่อสร้าง เพื่อสะดวกในการตรวจสอบ

5.2.2 การดำเนินงานฐานราก

ก่อนเริ่มดำเนินการ ให้ผู้รับจ้างตรวจสอบประเภทของฐานรากในแบบก่อสร้างและสภาพจริงในสนามมีความเหมาะสมและสอดคล้องกันหรือไม่ หากพบว่าไม่สอดคล้องกันให้เสนอผู้ออกแบบเพื่อพิจารณารูปแบบที่เหมาะสมต่อไป

ประเภทของฐานรากแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

5.2.2.1 ฐานแผ่ (Spread Footing) เหมาะสำหรับดินแข็ง ดินปนกรวด หรือหินผุ

(1) ให้ดำเนินการตามข้อ 5.1.15.1

(2) พื้นดินใต้ฐานรากจะต้องรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดในแบบ ซึ่งผู้ควบคุมงานเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนที่จะดำเนินงานต่อไป

(3) ระดับฐานรากกลางน้ำจะต้องฝังลึกจากท้องคลองอย่างน้อย 2.50 เมตร หรือเท่าที่กำหนดไว้ในแบบ สำหรับตอม่อริมฝั่ง ต้องพยายามฝังให้ระดับฐานรากลึกใกล้เคียงกับตอม่อกลางน้ำที่อยู่ติดกัน เพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำในอนาคต

(4) ในกรณีที่ผู้รับจ้างไม่สามารถที่จะขุดดินถึงระดับที่กำหนดได้ ให้รายงานเหตุผลไปยังสำนักสำรวจและออกแบบ ในกรณีที่เห็นว่าจะต้องทำการทดสอบน้ำหนักตามรายการในสัญญา ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น

(5) ให้แสดงลักษณะดินแต่ละชั้นของหลุมฐานรากทุกตับที่ตรวจพบในการก่อสร้าง

(6) ให้จดระดับฐานรากที่ก่อสร้างแล้วเสร็จทุกตับลงในแบบก่อสร้าง

5.2.2.2 ฐานรากชนิดใช้เสาตอก (Driving Pile)

เหมาะสำหรับดินอ่อน และ/หรือ สภาพของท้องที่ไม่เหมาะสมที่จะทำฐานแผ่ ฯลฯ เช่น น้ำลึก น้ำขังสูบไม่แห้ง

ก่อนเริ่มดำเนินการตอกเสาเข็มผู้รับจ้างต้องเสนอวิธีการทำงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ และบุคลากร ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณา และจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนดำเนินการ

(1) ให้ดำเนินการตามข้อ 5.1.15.2.1, 5.1.15.2.2 และ 5.1.15.2.3

(2) น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณได้จากผลการตอกเสาเข็มตามสูตรที่กรมทางหลวงกำหนดใช้จะต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ

กรณีที่ผลการตอกเสาเข็มไม่เป็นไปตามที่กำหนด ผู้รับจ้างอาจร้องขอให้มีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม (Pile Load Test) โดยต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน และเสาเข็มต้นนั้น ๆ ต้องรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ

(3) กรณีที่ผู้รับจ้างตอกเสาเข็มโดยใช้วิธีลูกตุ้มปล่อยตก (Drop-Hammer) ต้องใช้ลูกตุ้มน้ำหนักไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเสาเข็มที่จะตอก และลูกตุ้มนั้นต้องหนักไม่น้อยกว่า 3.0 ตัน หรือตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

หากผู้รับจ้างจะตอกเสาเข็มโดยใช้วิธีอื่น ๆ จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 5.2-1

(4) เสาเข็มที่ตอกจนรับน้ำหนักได้ตามที่กำหนดแล้ว ต้องมีส่วนของเสาเข็มจมลงดินเดิมไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวจากปลายเสาเข็มถึงท้องคานตอม่อ และต้องไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร

(5) การตอกเสาเข็มต้องตอกให้ตรงตามตำแหน่งที่ระบุไว้ในแบบ หากมีการเยื้องศูนย์ต้องไม่มากกว่า 75 มิลลิเมตร และระยะระหว่างเสาเข็มสองต้นที่อยู่ติดกันจะแตกต่างจากที่กำหนดในแบบไม่เกิน 75 มิลลิเมตร ถ้าเกินกว่านี้ให้รายงานผู้ควบคุมงาน

(6) การตอกเสาเข็มต้นหนึ่งต้องตอกต่อเนื่องให้เสร็จ หากมีอุปสรรคใด ๆ เกิดขึ้นทำให้ต้องหยุด ต้องแก้ไขให้เร็วที่สุด และตอกเสาต่อไปให้แล้วเสร็จ

(7) ห้ามนำเสาเข็มที่มีรอยแตกร้าวไปทำการตอกเป็นอันขาด

(8) เมื่อเสาเข็มต้นที่ดำเนินการตอกอยู่มีความยาวไม่เพียงพอ ผู้รับจ้างต้องทำการหล่อเสาเข็มต้นนั้น ๆ ให้ยาวขึ้นตามที่ระบุไว้ในแบบ เมื่อส่วนที่หล่อใหม่แข็งแรงเพียงพอแล้ว ให้ดำเนินการตอกเสาเข็มต้นนั้นต่อทั้งนี้โดยค่อย ๆ ตอกลงไปเบา ๆ ก่อนจนสังเกตเห็นว่าเสาเข็มเริ่มจมเพิ่มลงไปแล้ว จึงดำเนินการตอกเสาเข็มตามปกติต่อไปจนแล้วเสร็จ

ตารางที่ 5.2-1 ข้อกำหนดของประสิทธิภาพต่ำสุดสำหรับเครื่องตอกเสาเข็มชนิดต่าง ๆ นอกเหนือจากวิธีใช้ลูกตุ้มปล่อยตก

ชนิดของการตอก	ค่าต่ำสุดของน้ำหนัก ลูกตุ้ม (ตัน)	ค่าสูงสุดของระยะยก (เมตร)	อัตราพลังงานที่ใช้ (กก.-ม.)
1. Air/Steam Hammer (Single Action)	3.50	1.00	3,500
2. Air/Steam Hammer (Double Action)	3.50	0.50	3,500
3. Diesel Hammer (Single Action)	1.35	2.60	3,500
4. Diesel Hammer (Double Action)	1.50	-	3,500
5. Steam Hammer (Differential Action)	6.35	0.40	4,900
6. Hydraulic Hammer	1.50	3.30	3,700

(9) ขณะตอกเสาเข็ม ถ้าปรากฏว่ามีรอยแตกร้าว หรือเสาเข็มหักด้วยเหตุประการใด ๆ ก็ตาม ผู้รับจ้างต้องถอนเสาเข็มต้นนั้นออก และตอกเสาเข็มต้นใหม่ทดแทน หากไม่สามารถถอนเสาเข็มออกได้ ให้รายงานผู้ควบคุมงาน

(10) บันทึกระดับปลายเสาเข็มลงในแบบก่อสร้างสะพาน เมื่อตอกเสาเข็มเสร็จเรียบร้อยแล้ว

(11) ค่า Last Ten Blows (การตอก 10 ครั้งสุดท้าย) เพื่อนำไปคำนวณหากำลังรับน้ำหนักปลอดภัย (Safe Bearing Capacity) โดยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้:

-การขีดเส้น (Marking): เมื่อเสาเข็มจมลงใกล้ถึงระดับความลึกที่ออกแบบไว้ หรือเริ่มตอกไม่ลง ผู้ควบคุมงานจะให้ขีดเส้นแบ่งระยะบนเสาเข็ม (เช่น ขีดช่องละ 1 ฟุต หรือ 30 เซนติเมตร)

-การนับจำนวนครั้ง (Blow Count) คือ นับจำนวนครั้งของการตอกตุ้มที่ทำให้เสาเข็มจมลงไปในแต่ละช่วง (Blows/foot)

-การเช็ก Last Ten Blows: เมื่อถึงช่วงสุดท้าย จะทำการตอก 10 ครั้ง แล้ววัดระยะที่เสาเข็มจมลงไป (Penetration) รวมทั้งวัดระยะยุบตัวยืดหยุ่นและการกระดอนกลับ (Rebound) โดยใช้กระดาษทาบและขีดเส้นด้วยดินสอขณะตอก

-การคำนวณ นำค่าระยะจมเฉลี่ยต่อการตอก 1 ครั้ง (จาก 10 ครั้งสุดท้าย) ไปตรวจสอบร่วมกับสูตร Hiley Formula หรือสูตรอื่น ๆ ตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง เพื่อยืนยันว่าเสาเข็มต้นนั้นรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามแบบหรือไม่

5.2.2.3 ฐานรากชนิดใช้เสาเข็มเจาะ

ให้ใช้ในกรณีที่กำหนดไว้ในแบบ หรือไม่สามารถใช้ฐานรากชนิดใช้เสาตอกได้

ผู้รับจ้างต้องเจาะสำรวจข้อมูลทางธรณีวิทยา (Soil Investigation Test) พร้อมทั้งรายการคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเสนอสำนักสำรวจและออกแบบเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

ก่อนเริ่มดำเนินการเจาะเสาเข็มผู้รับจ้างต้องเสนอวิธีการทำงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ และบุคลากร ให้ผู้ควบคุมงานพิจารณา และจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนดำเนินการ

ดำเนินการตามข้อ 5.1.15.2.4

5.2.3 งานตอม่อ, คาน, พื้น และโครงสร้างอื่น ๆ ของสะพานคอนกรีต

ก่อนเริ่มงานก่อสร้างตอม่อ ให้ดำเนินการตรวจสอบระยะช่วง (Span) ของตอม่อทุกตับ และระยะห่างของเสาแต่ละต้นในตอม่อ หากผิดพลาดให้ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องตามแบบ หรือหากสุดวิสัยที่จะแก้ไขได้ ให้ผู้ควบคุมงานรายงานสำนักสำรวจและออกแบบ

ก่อนเริ่มงานก่อสร้างคาน ให้ดำเนินการตรวจสอบขนาดและระดับของคานรับพื้น (Cap Beam) และคานยึดเสา (Bracing) ให้ถูกต้องตามแบบ

ก่อนเริ่มงานพื้น ให้ดำเนินการตรวจสอบระดับและตำแหน่งของระบบระบายน้ำบนพื้นสะพานและใต้สะพาน ให้เหมาะสมกับสภาพในแต่ละพื้นที่

5.2.4 งานแผ่นยางรองรับพื้นสะพานตามแนวคาน (ELASTOMERIC BEARING PAD)

คุณสมบัติและมิติต่าง ๆ ของแผ่นยาง ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ หรือตามที่ผู้รับจ้างได้ออกแบบตามมาตรฐาน AASHTO LRFD ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จนกระทั่งได้รับความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

5.2.4.10 การส่งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นให้พิจารณาดำเนินการตามนี้

(1) ขนาดของแผ่นยางตัวอย่าง ให้มีความกว้างและความยาว หรือเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาตรงตามที่ระบุไว้ในแบบ กรณีที่แผ่นยางเป็นม้วน หรือแบบไม่ได้ระบุความยาว ให้ส่งตัวอย่างโดยใช้ความยาวเท่ากับ 1 เมตร ต่อ 1 ตัวอย่าง

(2) ให้ทดลองตัวอย่างจากแหล่งผลิต (General Test) โดยให้ผู้รับจ้างส่งตัวอย่างจำนวน 1 ตัวอย่าง ของแผ่นยางแต่ละชนิด

(3) ให้ผู้รับจ้างนำแผ่นยางชนิดเดียวกับที่ผ่านการทดสอบตามข้อ (1) มากองรวมกันบริเวณหน้างาน แล้วเก็บตัวอย่างจำนวนร้อยละ 1 ของจำนวนแผ่นยางแต่ละชนิดที่จะใช้งาน แต่ต้องไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง เพื่อส่งทดสอบต่อไป (Control Test)

สำหรับงานแผ่นรองรับคานสะพานประเภทอื่นๆ เช่น Mechanical Bearing (Pot Bearing และ Spherical Bearing) รวมทั้งรอยต่อเพื่อการขยายตัวของสะพาน (Expansion Joint) ประเภทต่าง ๆ ให้คุณสมบัติและมิติต่าง ๆ ของอุปกรณ์ข้างต้น เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ หรือตามที่ผู้รับจ้างได้ออกแบบตามมาตรฐาน AASHTO LRFD ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จนกระทั่งได้รับความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

5.3 งานก่อสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูป (PRECAST SEGMENTAL BOX GIRDER BRIDGE) ด้วย LAUNCHING GANTRY (LG)

5.3.1 ภาพรวมและหลักการทำงาน

การก่อสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูปด้วยเครื่องยกติดตั้ง (Launching Gantry : LG) เป็นวิธีก่อสร้างสะพานช่วงยาวสำหรับทางยกระดับ ทางพิเศษ และสะพานข้ามจุดตัดที่มีข้อจำกัดพื้นที่ด้านล่าง โดยหล่อชิ้นส่วน (Segment) ในโรงหล่อ แล้วขนส่งมาประกอบยกติดตั้งทีละชิ้นด้วยโครงเหล็กยกที่พาดบนหัวเสา ช่วยลดการรบกวนพื้นที่ด้านล่างและนั่งร้าน และทำงานต่อเนื่องช่วงต่อช่วง (span-by-span) จึงเหมาะกับงานในเขตเมืองและบริเวณที่มีการจราจรเปิดใช้อยู่

หลักการทำงานคือ นำชิ้นส่วนหล่อสำเร็จมาเรียงต่อบนโครงรับน้ำหนักชั่วคราวของ LG ให้ครบหนึ่งช่วงเสา จัดแนวและระดับให้ถูกต้องตามรูปเรขาคณิต (Geometry) แล้วร้อยและดึงลวดอัดแรง (Post-Tensioning) ให้ชิ้นส่วนทำงานเป็นคานต่อเนื่องเดียวกัน เมื่อรับน้ำหนักตัวเองได้จึงปลดน้ำหนักและเลื่อน LG ไปช่วงถัดไป

5.3.2 องค์ประกอบ Launching Gantry (LG)

LG คือเครื่องจักรกลโครงสร้างเหล็กเฉพาะทางที่ออกแบบมาเพื่อยก จัดเรียง และยึดชิ้นส่วนระหว่างก่อสร้าง โดยถ่ายน้ำหนักชั่วคราวลงหัวเสาหรือชิ้นส่วนที่ติดตั้งแล้ว ออกแบบเฉพาะแต่ละโครงการตามขนาดน้ำหนักที่ยกติดตั้ง ความยาวช่วง และผังแนวเส้นทาง

5.3.2.1 ส่วนประกอบหลักของ Launching Gantry

โดยทั่วไปประกอบด้วย คานหลัก (Main Girder / Truss) ขาตั้งหน้า–กลาง–หลัง (Support Legs) ชุดรถยก/รอกเคลื่อนที่ (Winch Trolley) ระบบเลื่อน (Launching System) ชุดแขวน/รองรับและปรับตำแหน่ง (Hangers/Bars) PT-Bar / Stress Bar ระบบยึดเหนี่ยวกับเสา (Tie-down/Corbel)

5.3.2.2 ระบบและอุปกรณ์ส่วนควบอื่น ๆ

โดยทั่วไปประกอบด้วยระบบไฮดรอลิกและปั๊มแรงดันพร้อมวาล์วล็อกตำแหน่ง ระบบไฟฟ้าและตู้ควบคุม ระบบหยุดฉุกเฉิน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ระบบเซนเซอร์และระบบเตือน ตลอดจนอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลและทางเดินทำงาน ราวกันตก บันได จุดยึด Lifeline และตาข่ายกันตก

5.3.2.3 การบำรุงรักษา (Maintenance)

ต้องมีแผนการบำรุงรักษาและบันทึกการตรวจสอบสม่ำเสมอ ดำเนินการตรวจระบบไฮดรอลิก รอยรั่วสลิง PT-Bar รอก เบรก และระบบหยุดฉุกเฉินก่อนเริ่มงาน ความแน่นสลักเกลียว รอยเชื่อม การสึกหรอ การกัดกร่อน และระบบไฟฟ้า พร้อมจัดทำบันทึกและใบรับรองสภาพเครื่อง และทะเบียนประวัติซ่อมบำรุง (Maintenance Log) ทั้งนี้ หากพบชำรุด ให้แจ้งผู้ควบคุมงานและเปลี่ยนอุปกรณ์ทันทีก่อนทำงานขั้นต่อไป

5.3.3 กระบวนการก่อสร้าง

5.3.3.1 เอกสารและข้อมูลที่ต้องนำเสนอขออนุมัติ

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบเอกสารที่มีการรับรองโดยวิศวกรโยธาและวิศวกรเครื่องกลซึ่งเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้ครบถ้วนพร้อมรายการคำนวณ เพื่อขออนุมัติก่อนเริ่มงาน โดยมีเอกสารที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยประกอบด้วย

1) แผนวิธีการทำงาน (Method Statement)
2) แผนลำดับการก่อสร้าง (Construction Sequence)
3) แบบรายละเอียดโครงสร้างชั่วคราว (ถ้าใช้)
4) รายละเอียด LG พร้อมอุปกรณ์ส่วนควบอื่น ๆ
5) แผนการจัดการยกและการปฏิบัติงาน (Lifting Management & Operation Plan)
6) เอกสารควบคุมเรขาคณิต (Geometry Control / Casting Curve) และค่าพิกัดติดตั้ง
7) แผนการดึงลวดอัดแรงและการฉีดน้ำปูน พร้อมค่าแรงดึงและลำดับการดึง
8) รายการตรวจสอบ (Check List) ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน
9) แผนการจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง แผนความปลอดภัย (Safety Plan)
10) แผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment) และแผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน
11) ใบรับรองและผลทดสอบวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ LG ที่ใช้ในโครงการ

5.3.3.2 การเตรียมพื้นที่บริเวณหน้างาน

เริ่มจากตรวจสอบความพร้อมและกำลังรับน้ำหนักของหัวเสาและฐานราก รวมถึงอายุและกำลังคอนกรีตเสาที่รองรับ LG การจัดเตรียมเส้นทางขนส่ง พื้นที่วางพักชิ้นส่วน และพื้นที่ประกอบติดตั้ง LG การปิดกั้นพื้นที่ทำงาน (Work Zone) พร้อมป้ายและอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย และตรวจสอบสาธารณูปโภคและสิ่งกีดขวางเหนือศีรษะ เช่น สายไฟแรงสูง

5.3.3.3 ขั้นตอนการประกอบติดตั้งและการถอดประกอบ LG

การประกอบและถอดประกอบให้ปฏิบัติตามคู่มือผู้ผลิตและแบบที่ได้รับการอนุมัติ โดยตรวจความพร้อม ของพื้นที่และฐานรองรับชั่วคราว การประกอบคานหลักและขาตั้งพร้อมขันแรงสลักเกลียว (Torque) ตามค่าที่กำหนด ก่อนยกโครงขึ้นวางบนหัวเสา ติดตั้งและทดสอบระบบไฮดรอลิก/ไฟฟ้า ส่วนการถอดประกอบให้ทำย้อนลำดับ พร้อมตรวจสอบความมั่นคงทุกขั้นตอน

5.3.3.4 การทดสอบรับน้ำหนัก (Load Testing) และการทดสอบยก

ก่อนใช้งานจริงต้องทดสอบสมรรถนะ LG ตามที่ได้รับการอนุมัติ ได้แก่ การทดสอบรับน้ำหนักสถิต (Static Load Test) ตามที่ผู้ออกแบบหรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ในสัญญา การทดสอบพลวัต (Dynamic Test) ตรวจเบรก กลไก และระบบควบคุม และการทดสอบยกทดลอง (Trial Lift) กับชิ้นส่วนจริงชิ้นแรก

5.3.3.5 ขั้นตอนการยกติดตั้งชิ้นส่วนสะพาน

โดยทั่วไปเริ่มจากการติดตั้ง Pier / End Segment บนหัวเสา จากนั้นจึงเป็นการเลื่อน LG (Kinematic) เข้าตำแหน่ง แล้วจึงเริ่มทำการยกติดตั้ง Segment (Erection) ทีละชิ้นจนครบช่วงสะพาน การจัดเรียงและควบคุมแนว ระดับ และเรขาคณิต (Survey) ซึ่งก่อนจะดำเนินการดึงลวดอัดแรง บางรูปแบบการก่อสร้างต้องดำเนินการงาน Wet Joint ก่อน สำหรับการดึงลวดอัดแรง ต้องดึงตามลำดับก่อนหลังและใช้ค่าแรงดึงตามแบบ และงานฉีดน้ำปูน (Grouting) เข้าท่อร้อยลวดอัดแรง

5.3.3.6 ข้อควรระมัดระวังระหว่างการก่อสร้าง

ข้อควรระมัดระวังที่มักเกิดความผิดพลาด ได้แก่ การดึงลวดผิดลำดับหรือแรงดึงกับระยะยืดไม่สัมพันธ์กัน ความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตสะสมทั้งงานแนวและงานระดับ การฉีดน้ำปูนไม่เต็มท่อจนเกิดโพรงอากาศ

การทำงานในสภาพลมแรงหรือสภาพอากาศไม่เหมาะสม การนำ LG ไปใช้งานรับน้ำหนักก่อนผ่านการทดสอบหรือการยึดเหนี่ยวไม่ครบตามขั้นตอน การเลื่อน LG โดยจุดรองรับยังไม่มั่นคง

5.3.4 งานโครงสร้างชั่วคราว (Temporary Works)

งานโครงสร้างชั่วคราว (Temporary Works) เพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องระหว่างก่อสร้างจะต้องออกแบบโดยวิศวกร และผ่านการตรวจสอบและอนุมัติก่อนเริ่มงาน และต้องมีแผนการติดตั้งใช้งานและรื้อถอนที่ชัดเจนและปลอดภัย

5.3.5 มาตรการความปลอดภัยระหว่างการก่อสร้าง

งานก่อสร้างสะพานด้วย LG เป็นงานที่มีความเสี่ยงจากการทำงานบนที่สูง การยกของหนัก และเครื่องจักรขนาดใหญ่ เหนือพื้นที่จราจร ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัยที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัด โดยมาตรการที่ต้องใช้อย่างน้อยประกอบด้วย

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work)

2) ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานระหว่างก่อสร้าง

3) การควบคุม/กำกับ/บริหารงานก่อสร้างที่ปลอดภัย

4) การตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้งาน รวมถึงงานระบบอื่น ๆ ก่อนใช้งาน

5) การบริหารจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างที่ปลอดภัย

6) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน

5.3.6 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.3.7 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.4 งานก่อสร้างสะพานวิธีคานยื่นสมดุลหล่อในที่ (BALANCED CANTILEVER METHOD)

5.4.1 ภาพรวมและหลักการทำงาน

วิธีคานยื่นสมดุลเป็นการก่อสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรง (โดยทั่วไปเป็นคานรูปกล่อง Box Girder) โดยหล่อคอนกรีตในที่ (Cast-in-place) ด้วยชุดแบบหล่อเคลื่อนที่แบบยื่นหรือ Form Traveler ก่อสร้างยื่นออกจากหัวเสาตอม่อทีละท่อน (Segment) ทั้งสองข้างพร้อมกันให้มีน้ำหนักสมดุลเพื่อให้โมเมนต์ที่กระทำต่อเสาระหว่างก่อสร้างใกล้เคียงสมดุล เมื่อปลายคานยื่นจากสองตอม่อที่อยู่ติดกันมาบรรจบกลางช่วงจะหล่อท่อนปิดช่วง (Closure Segment) เพื่อเชื่อมเป็นคานต่อเนื่อง แล้วดึงลวดอัดแรงต่อเนื่อง (Continuity Tendon) เปลี่ยนระบบโครงสร้างให้รับน้ำหนักในสภาพใช้งาน

แต่ละท่อนจะหล่อในแบบหล่อบน Form Traveler ที่ยึดและถ่ายน้ำหนักลงบนท่อนเดิมที่อัดแรงแล้ว เมื่อคอนกรีตได้กำลังและดึงลวดอัดแรงช่วงยื่นเรียบร้อย จึงเลื่อน Form Traveler ไปหล่อท่อนถัดไปวนเป็นรอบจนสุดช่วง วิธีนี้เหมาะกับสะพานช่วงยาวปานกลางถึงยาว (ประมาณ 60–250 เมตร) ที่ตั้งนั่งร้านจากพื้นด้านล่างไม่ได้ เช่น ข้ามแม่น้ำลึก หุบเขา หรือทางจราจร/ทางรถไฟที่ต้องเปิดใช้งานต่อเนื่อง จุดเด่นคือไม่กีดขวางการสัญจรใต้สะพาน ใช้คอนกรีตอัดแรงรับโมเมนต์ลบที่หัวเสาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และควบคุมรูปทรงเรขาคณิตได้ละเอียด

5.4.2 องค์ประกอบ Form Traveler (FT)

Form Traveler คือ ชุดโครงเหล็กพร้อมแบบหล่อที่ยึดและถ่ายน้ำหนักลงบนท่อนคานที่ก่อสร้างแล้ว และ เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ทีละท่อน เพื่อรองรับเหล็กเสริม ลวดอัดแรง และคอนกรีตที่หล่อใหม่จนได้กำลัง

5.4.2.1 ส่วนประกอบหลักของ Form Traveler (FT)

ส่วนประกอบหลักโดยทั่วไปประกอบด้วย โครงหลัก (Main Frame) แบบหล่อ ระบบแขวน (Suspension) ระบบยึดรั้งด้านหลัง (Anchoring/Tie-down) ระบบราง/ระบบเคลื่อนที่ (Rail/Travelling) แท่นทำงาน/นั่งร้าน (Working Platform) พร้อมราวกันตก

5.4.2.2 ระบบและอุปกรณ์ส่วนควบอื่น ๆ

ระบบและอุปกรณ์ส่วนควบอื่น ๆ โดยทั่วไปประกอบด้วย ระบบไฮดรอลิก ระบบดึง/รอก (Winch & Hoist) อุปกรณ์ปรับระดับ/ปรับแนว อุปกรณ์ดึงลวดอัดแรง ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง หรือตามที่ผู้ออกแบบกำหนด

5.4.2.3 การบำรุงรักษา (Maintenance)

ต้องมีแผนบำรุงรักษาและบันทึกการตรวจสอบสม่ำเสมอ ทั้งการตรวจรอยเชื่อมสลักและสลักเกลียวก่อนเลื่อนทุกครั้ง การตรวจระบบหล่อลื่นของระบบราง การตรวจระบบไฮดรอลิกและอุปกรณ์ยก การป้องกันสนิมและการกัดกร่อนและการจัดทำทะเบียนอุปกรณ์พร้อมใบสอบเทียบ ทั้งนี้หากพบการชำรุด ต้องแจ้งผู้ควบคุมงานและเปลี่ยนอุปกรณ์ทันทีก่อนทำงานขั้นต่อไป

5.4.3 กระบวนการก่อสร้าง

5.4.3.1 เอกสารและข้อมูลที่ต้องนำเสนอขออนุมัติ

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบเอกสารที่มีการรับรองโดยวิศวกรโยธาและวิศวกรเครื่องกลซึ่งเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้ครบถ้วนพร้อมรายการคำนวณ เพื่อขออนุมัติก่อนเริ่มงาน โดยมีเอกสารที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยประกอบด้วย

1) แผนวิธีการทำงาน (Method Statement)
2) แผนลำดับการก่อสร้าง (Construction Sequence)
3) แบบรายละเอียดและรายการคำนวณการทำงานของ Form Traveler
4) แบบรายละเอียดโครงสร้างชั่วคราว (ถ้าใช้)
5) แบบรายละเอียดและผังลวดอัดแรง (Tendon Layout)
6) รายการคำนวณค่าเผื่อโก่งตัว/เรขาคณิต ขั้นตอนและรายการคำนวณการดึงลวดอัดแรง
7) แผนการยกติดตั้ง/แผนการเลื่อน/แผนการถอด Form Traveler
8) แผนการบำรุงรักษา รายการตรวจสอบ (Check List) ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน
9) แผนการทำงานที่ความปลอดภัย (Safety Plan)
10) แผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment)
11) แผนการจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง และแผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน
12) ใบรับรองและผลทดสอบวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ Form Traveler ที่ใช้ในโครงการ

5.4.3.2 การเตรียมพื้นที่บริเวณหน้างาน

เตรียมพื้นที่ทำงานและฐานรองรับ ตรวจกำลังของเสาตอม่อและฐานราก เส้นทางลำเลียง พื้นที่จัดเก็บและประกอบโครง ระบบไฟฟ้า/น้ำ/แสงสว่าง การกั้นเขตพื้นที่ทำงาน และมาตรการ จัดการจราจรทั้งบนและใต้สะพาน รวมถึงการจัดการจราจรทางน้ำ (กรณีข้ามแม่น้ำ)

5.4.3.3 ขั้นตอนการประกอบติดตั้งและการถอดประกอบ Form Traveler

การประกอบและติดตั้ง Form Traveler บนหัวเสา (Pier Table) พร้อมยึดรั้งโครงเข้าตำแหน่งและจำนวนตามแบบที่ระบุ ทดสอบการทำงานของระบบก่อนรับน้ำหนักจริง และตรวจสอบให้ติดตั้งทั้งสองข้างสมมาตรเพื่อรักษาสมดุล

5.4.3.4 ขั้นตอนการทำงาน

โดยทั่วไปเมื่อท่อนเดิมได้กำลังและดึงลวดอัดแรงเรียบร้อย จึงเลื่อน Form Traveler ไปข้างหน้าอย่างช้า ๆ และสมมาตรโดยยึดรั้งในตำแหน่งใหม่ การควบคุมแนว ระดับ และเรขาคณิต (Survey & Geometry Control)

งานเทคอนกรีตโดยทั่วไปเทตามลำดับ พื้นล่าง (Bottom slab) ผนัง (Webs) และพื้นบน (Top slab) โดยควบคุมน้ำหนักให้สมดุล เริ่มจากการตรวจความครบถ้วนและถูกต้องของแบบหล่อ เหล็กเสริม ท่อร้อยลวดตำแหน่งสมอ เมื่อคอนกรีตได้กำลังจึงดึงลวดอัดแรงอย่างสมมาตรทั้งสองข้าง

เมื่อปลายคานสองข้างมาบรรจบกันจึงหล่อท่อนปิดช่วง (Closure) แล้วดึงลวดอัดแรงต่อเนื่องเปลี่ยนระบบเป็นคานต่อเนื่อง จากนั้นฉีดน้ำปูน (Grouting) เข้าท่อร้อยลวด

5.4.3.5 ข้อควรระมัดระวังระหว่างการก่อสร้าง

ข้อควรระวังที่มักเกิดความผิดพลาด ได้แก่ การตั้งค่าเผื่อโก่งตัวผิด การปล่อยให้น้ำหนักสองข้างไม่สมดุลเกินเกณฑ์ การดึงลวดขณะคอนกรีตยังไม่ได้กำลัง การปลดระบบยึดรั้งก่อนถ่ายน้ำหนักลงระบบใหม่ การฉีดน้ำปูนไม่เต็มท่อ การหล่อท่อนปิดช่วงโดยไม่ล็อกปลายคาน และการละเลยการบำรุงรักษา

5.4.4 งานโครงสร้างชั่วคราว

งานโครงสร้างชั่วคราว (Temporary Works) เพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องระหว่างก่อสร้างจะต้องออกแบบโดยวิศวกร และผ่านการตรวจสอบและอนุมัติก่อนเริ่มงาน และต้องมีแผนการติดตั้งใช้งานและรื้อถอนที่ชัดเจนและปลอดภัย

5.4.5 มาตรการความปลอดภัยระหว่างการก่อสร้าง

งานก่อสร้างด้วย Form Traveler เป็นงานที่มีความเสี่ยงจากการทำงานบนที่สูง น้ำหนักและแรงกระทำสูง และทำซ้ำเป็นรอบ ต่อเนื่อง จึงมีความเสี่ยงสูงกว่างานสะพานทั่วไป ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัย ที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัด โดยมาตรการที่ต้องใช้อย่างน้อยประกอบด้วย

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work)

2) ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานระหว่างก่อสร้าง

3) การควบคุม/กำกับ/บริหารงานก่อสร้างที่ปลอดภัย

4) การตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้งาน รวมถึงงานระบบอื่น ๆ ก่อนใช้งาน

5) การบริหารจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างที่ปลอดภัย

6) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน

5.4.6 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.4.7 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.5 งานก่อสร้างสะพานคานขึง (EXTRADOSED BRIDGE)

5.5.1 ภาพรวมและขอบเขตของงาน

สะพานคานขึง (Extradosed Bridge) เป็นระบบที่ใช้สายเคเบิลขึงเหนือคานสะพาน รวมจุดเด่นของสะพานคานคอนกรีตและสะพานขึงเข้าไว้ด้วยกัน โดยตัวสะพานเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับน้ำหนักตัวเองได้ดี แต่มีหอคอย และสายเคเบิลช่วยดึงพยุงคานสะพานไว้เพื่อช่วยรับแรงดึงจากคานที่ยื่นออกจากหัวเสาทั้งสองข้างในระหว่างการก่อสร้างแบบคานยื่นสมดุล นำเส้นลวดเหล็กแรงดึงสูง (PC Strand) หลาย ๆ เส้นมารวมกันเป็นกลุ่มในลักษณะขนานกันตามแนวยาวเพื่อรับแรงดึง (Parallel Strand System: PSS) ซึ่งเป็นลวดเหล็กอัดแรงชนิด 7 เส้น เรียกว่า Strand วางเรียงขนานกันภายในท่อ HDPE ที่ ห่อหุ้มภายนอก ระบบนี้มีชั้นป้องกันการกัดกร่อนสองระดับ ได้แก่ ปลอกHDPE และ โดยมี Wax ห่อหุ้มลวดแต่ละเส้น และท่อ HDPE ที่ ห่อหุ้มกลุ่มลวดแต่ละมัดทั้งหมดอีกชั้น

5.5.2 ข้อกำหนดด้านวัสดุ

1) ลวดเหล็กอัดแรง (Strand) ลวดเหล็กอัดแรงชนิด 7 เส้นที่เป็นองค์ประกอบรับแรงหลักของสายเคเบิล ลวดทุกเส้นต้องผ่านการชุบสังกะสีก่อนตีเกลียว มีกำลังดึงและความยืดตัวตามที่กำหนด และมีค่า Relaxation ต่ำ โดยผู้รับจ้างต้องเสนอรายละเอียดและคุณสมบัติของลวดอัดแรง และส่งตัวอย่างเพื่อทดสอบก่อนนำมาใช้งาน

2) ท่อ HDPE ห่อหุ้ม Strand แต่ละเส้น เป็นชั้นป้องกันการกัดกร่อนชั้นแรก โดยช่องว่างระหว่างลวดแต่ละเส้นและช่องว่างระหว่างลวดกับปลอกต้องอุดด้วย Petroleum Wax อย่างสมบูรณ์ ห้ามใช้จาระบีหรือซีเมนต์เกราท์เป็นวัสดุอุดช่องว่าง โดยผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารรายละเอียดและคุณสมบัติเพื่อนำส่งตัวอย่างทดสอบก่อนนำมาใช้งาน

3) ท่อห่อหุ้มภายนอก ท่อปลอกหุ้มภายนอก (Outer Stay Pipe) ท่อปลอกหุ้มภายนอก ที่นำมาสวมทับเพื่อปกป้องเส้นลวดรับแรง (Stay Cables) เป็นท่อ HDPE ห่อหุ้มกลุ่มลวดเรียงขนานเป็นมัดทั้งหมด เป็นชั้นป้องกันการกัดกร่อนชั้นที่สอง ต้องมีเกลียวหรือปุ่มด้านนอกที่ผิวเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนจากลมและฝน ผู้รับจ้างต้องยื่นรายงานทดสอบจากห้องปฏิบัติการของหน่วยงานหรือองค์กรที่น่าเชื่อถือก่อนดำเนินการก่อสร้าง

4) Saddle คือส่วนประกอบที่ใช้เปลี่ยนมุมเคเบิลที่จุดบนของหอคอย จะต้องมีการทดสอบวัสดุ และชิ้นส่วนตามข้อกำหนดในแบบก่อสร้างจากห้องปฏิบัติการขององค์กรและหน่วยงานที่น่าเชื่อถือก่อนดำเนินการก่อสร้าง

5.5.3 การดำเนินการก่อสร้าง

5.5.3.1 เอกสารที่ใช้ขออนุมัติในการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารให้ครบถ้วนเพื่อขออนุมัติ ดังนี้

1) รายละเอียดและคุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2) แผนวิธีการทำงาน (Method Statement) ครอบคลุมลำดับขั้นตอนการก่อสร้างและมาตรการความปลอดภัย

3) แบบโครงสร้างชั่วคราว และรายการคำนวณ รับรองโดยวิศวกรที่มีใบประกอบวิชาชีพ

4) Shop Drawing รายละเอียด Strand Tendon Layout และ Anchorage/Saddle

5) รายการคำนวณค่าโก่งตัว/รูปทรงเรขาคณิต (Camber/Geometry Control)

6) รายการคำนวณการดึงลวดอัดแรง (Stressing Calculation) พร้อมค่าแรงดึงและค่าระยะยืดที่ยอมรับได้

7) แผนการยกติดตั้ง เลื่อน และถอด Form Traveler

8) แผนการตรวจสอบและทดสอบ ITP (Inspection and Test Plan) และเอกสารอนุมัติวัสดุ

9) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉินและการจัดการจราจร รวมถึงแผนอำนวยความปลอดภัยระหว่างก่อสร้าง

5.5.3.2 การเตรียมพื้นที่

เตรียมความพร้อมก่อนติดตั้งระบบ โดยตรวจสอบดังนี้

1) ความพร้อมของเสาตอม่อและระบบรองรับชั่วคราวบนหัวเสา

2) เส้นทางลำเลียง พื้นที่จัดเก็บวัสดุ และตำแหน่งปั้นจั่น

3) ระบบไฟฟ้า น้ำ แสงสว่าง และการสื่อสาร

4) การปิดกั้นเขตพื้นที่ทำงานและมาตรการจัดการจราจร

5.5.4 การบริหารจัดการความปลอดภัย

งานก่อสร้างสะพานคานขึง (Extradosed Bridge) เป็นงานบนที่สูง มีน้ำหนักและแรงกระทำสูง จึงมีความเสี่ยงสูงกว่างานสะพานทั่วไป ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัย ที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัดอย่างน้อย ดังนี้

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work) สำหรับงานเสี่ยงสูง

2) ต้องติดตั้งราวกันตก แผงกันของตก และตาข่ายกันตกให้ครบ

3) ผู้ปฏิบัติงานสวมสายรัดนิรภัยแบบเต็มตัวและเกี่ยวยึดตลอดเวลา

4) กำหนดเขตหวงห้ามใต้แนวงาน และจัดทางขึ้น–ลงพร้อมไฟส่องสว่างเพียงพอ

5) ต้องตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบของปั้นจั่น แม่แรง ระบบไฮดรอลิก ลวดสลิง รอก และอุปกรณ์ยกก่อนใช้งานทุกครั้ง

6) แผนการบริหารจัดการจราจรที่ปลอดภัย

7) ตรวจระบบไฟฟ้าให้มีการต่อสายดิน เตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงใน จุดเสี่ยง และกำหนดเกณฑ์หยุดงานเมื่อลมแรง/ฝน/ฟ้าคะนอง

5.5.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.5.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.6 งานก่อสร้างสะพานแขวน (SUSPENSION BRIDGE)

5.6.1 ภาพรวมและขอบเขตของงาน

สะพานแขวน (Suspension Bridge) คือ สะพานที่โครงสร้างพื้นสะพาน (Bridge Deck) ถูกแขวนด้วยสายแขวน (Hangers หรือ Suspenders) ซึ่งเชื่อมต่อกับสายเคเบิลหลัก (Main Cables) ที่พาดผ่านยอดหอสะพาน (Towers หรือ Pylons) และยึดปลายทั้งสองด้านเข้ากับฐานยึดสายเคเบิล (Anchorages) โดยระบบโครงสร้างจะถ่ายน้ำหนักจากพื้นสะพานไปยังสายเคเบิลหลัก หอสะพาน และฐานรากตามลำดับ

5.6.2 ข้อกำหนดด้านวัสดุ

1) ลวดเคเบิลหลัก (Main Cable) ลวดเคเบิลหลักต้องเป็นลวดเหล็กกำลังสูงชนิดดึงเย็นเคลือบสังกะสีโดยต้องมีคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงดึง ความยืดตัว และน้ำหนักเคลือบสังกะสีต่อหน่วยพื้นที่เป็นไปตามข้อกำหนดและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

2) กลุ่มลวดขนานสำเร็จรูป (PPWS) และซ็อกเก็ต (Socket) กลุ่มลวดขนานสำเร็จรูป (Prefabricated Parallel Wire Strand: PPWS) เป็นชุดลวดเหล็กกำลังสูงชุบสังกะสีที่เรียงตัวแบบขนานผลิตสำเร็จจากโรงงานพร้อม Socket ที่ปลายทั้งสองด้าน ลวดทุกเส้นต้องต่อเนื่องตลอดความยาวโดยไม่มีรอยเชื่อม (Weld-Free) ทั้งนี้ Socket ทุกตัวต้องผ่านการตรวจสอบและทดสอบตามข้อกำหนดและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

3) วัสดุพันรัดเคเบิล (Cable Wrapping Materials) ใช้พันรัดเคเบิลหลักภายหลังการอัดขึ้นรูป เพื่อรักษาหน้าตัดของเคเบิลให้คงรูปและเป็นส่วนหนึ่งของระบบป้องกันการกัดกร่อน ส่วนวัสดุหุ้มยางอีลาสโตเมอร์ (Elastomeric Wrapping) ใช้หุ้มเป็นชั้นป้องกันภายนอก เพื่อป้องกันน้ำ ความชื้นเข้าสู่เคเบิล ทั้งนี้ผู้รับจ้างต้องจัดทำและยื่น Method Statement สำหรับการติดตั้งและการปิดผนึกรอยต่อ เพื่อขออนุมัติก่อนเริ่มดำเนินงาน

4) ซ็อกเก็ตและแท่งดึง (Socket and Tie Rod) ผลิตจากโลหะหล่อสังกะสีหรือโลหะผสม ทำหน้าที่ถ่ายแรงดึงจากสายเคเบิลรับแรงดึงสูงเข้าสู่ระบบยึดสมอหรืออุปกรณ์รับแรง โดยต้องมีกำลังรับแรงดึงประลัย (Ultimate Tensile Capacity) ไม่น้อยกว่ากำลังรับแรงดึงประลัยที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

5.6.3 การดำเนินการก่อสร้าง

5.6.3.1 เอกสารที่ใช้ขออนุมัติในการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารให้ครบถ้วนเพื่อขออนุมัติ ได้แก่

1) แผนวิธีการทำงาน (Method Statement) ครอบคลุมลำดับขั้นตอนการก่อสร้างและมาตรการความปลอดภัย

2) แบบและรายการคำนวณโครงสร้างชั่วคราว รับรองโดยวิศวกรที่มีใบประกอบวิชาชีพ

3) Shop Drawing แสดงรายละเอียด PPWS Socket Splay Saddle Cable Band และอุปกรณ์เชื่อมต่อ

4) แผนสำหรับการรับ จัดเก็บ และตรวจสอบวัสดุ

5) แผนการลากวาง ปรับแต่ง อัด และพันสายเคเบิล

6) แผนการตรวจสอบและทดสอบ ITP (Inspection and Test Plan) และเอกสารอนุมัติวัสดุ

7) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉินและการจัดการจราจร

8) รายงานทดสอบลวดและ PPWS จากห้องปฏิบัติการอิสระที่ได้รับอนุมัติ

5.6.3.2 การเตรียมพื้นที่

เตรียมพื้นที่ทำงานให้พร้อมก่อนเริ่มงาน โดยตรวจสอบ ดังนี้

1) ความพร้อมของหอเสา (Tower) และระบบรองรับชั่วคราวบริเวณหัวเสา

2) ความพร้อมของสะพานทางเดิน (Footbridge) และอุปกรณ์ลากติดตั้ง (Hauling Equipment)

3) ระบบสาธารณูปโภค ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำ ระบบแสงสว่าง และการสื่อสารในพื้นที่ปฏิบัติงาน

4) การกั้นเขตพื้นที่ทำงาน (Work Zone) และมาตรการควบคุม/จัดการจราจรให้เป็นไปตามแผนความปลอดภัยที่ได้รับอนุมัติ

5.6.4 การบริหารจัดการความปลอดภัย

งานก่อสร้างสะพานแขวน (Suspension Bridge) เป็นงานบนที่สูง น้ำหนักและแรงกระทำสูง จึงมีความเสี่ยงสูงกว่างานสะพานทั่วไป ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัย ที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัดอย่างน้อย ดังนี้

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA/Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work) สำหรับงานเสี่ยงสูง

2) ต้องติดตั้งราวกันตก แผงกันของตก และตาข่ายกันตกให้ครบ

3) ผู้ปฏิบัติงานสวมสายรัดนิรภัยแบบเต็มตัวและเกี่ยวยึดตลอดเวลา

4) กำหนดเขตหวงห้ามใต้แนวงาน และจัดทางขึ้น–ลงพร้อมไฟส่องสว่างเพียงพอ

5) ต้องตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบของปั้นจั่น แม่แรง ระบบไฮดรอลิก ลวดสลิง รอก และอุปกรณ์ยกก่อนใช้งานทุกครั้ง

6) แผนการบริหารจัดการจราจรที่ปลอดภัย

7) ตรวจระบบไฟฟ้าให้มีการต่อสายดิน เตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงในจุดเสี่ยง และกำหนดเกณฑ์หยุดงานเมื่อลมแรง/ฝน/ฟ้าคะนอง

5.6.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.6.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.7 งานก่อสร้างสะพานเหล็ก (STEEL BRIDGE)

5.7.1 ภาพรวมและขอบเขตของงาน

งานก่อสร้างสะพานเหล็ก (Steel Bridge) คือ การนำวัสดุเหล็กมาประกอบเป็นสะพานตามแบบก่อสร้าง โดยอาศัยกระบวนการผลิตกระบวนการผลิตชิ้นส่วนของโครงสร้างสะพานเหล็ก(Steel Bridge Fabrication) ณ โรงงาน ก่อนนำมาประกอบบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง โดยชิ้นส่วนที่ผลิตครอบคลุมสมอเหล็กยึดฐานราก เสาโครงสร้าง คานขวาง และคานสะพาน กระบวนการผลิตประกอบด้วยการตัดชิ้นงานตามแบบ การเจาะรูสำหรับสลักเกลียว การดัดและม้วนชิ้นงาน การประกอบขึ้นรูป การเชื่อม และการเคลือบสีป้องกันการกัดกร่อน จากนั้นทดลองประกอบชิ้นส่วนทั้งหมด ณ โรงงานก่อนส่งมอบ

5.7.2 ข้อกำหนดด้านวัสดุ

1) เหล็กโครงสร้าง เหล็กโครงสร้างหลัก (Class A) คือเหล็กกล้าแรงดึงสูงชนิดเชื่อมได้ ใช้สำหรับชิ้นส่วนรับแรงหลัก เช่น ปีกคาน (Flange) และ แกนกลาง (Web) ต้องมีกำลังคราก (Yield Strength) ความยืดตัว (Elongation) และความเหนียว (Toughness) ตามที่กำหนด เหล็กโครงสร้างรอง (Class B) ใช้สำหรับชิ้นส่วนรับแรงรอง โดยเหล็กโครงสร้างดังกล่าวต้องมีใบรับรองผลการทดสอบจากแหล่งผลิต (Mill Certificate) ก่อนรับมอบทุกชิ้นส่วนทุกครั้ง

2) ระบบงานเชื่อม (WPS / PQR / WQT) งานเชื่อมของโครงสร้างเหล็กสะพาน ต้องมีเอกสารรับรองครบสามชุดก่อนเริ่มงาน ได้แก่ ข้อกำหนดวิธีการเชื่อม (WPS) ผลทดสอบขั้นตอนการเชื่อมโดยสถาบันอิสระ หน่วยงานหรือองค์กรที่น่าเชื่อถือ (PQR) และ บัตรรับรองฝีมือช่างเชื่อมรายบุคคล (WQT) ช่างเชื่อมต้องมีบัตร WQT ตรงกับกระบวนการและวิธีการเชื่อมที่ปฏิบัติงานจริง

3) ระบบสีป้องกันการกัดกร่อน ระบบสี จำนวนชั้นของสี และความหนาในแต่ละชั้น ให้อ้างอิงแบบมาตรฐานสะพานเหล็ก สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง หรือ แบบก่อสร้างโดยต้องดำเนินการเตรียมผิวตามวิธีการที่ระบุในแบบ เช่น การทำความสะอาดพื้นผิวด้วยการพ่นแรงดันสูง (Blast Cleaning) ก่อนทาสีทุกครั้ง และวัดความหนาฟิล์มแห้งของชั้นสีหรือสารเคลือบ DFT (Dry Film Thickness) ทุกชั้นเพื่อยืนยันความสมบูรณ์ โดยความหนาและจำนวนชั้นของสีทาสะพานต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและแบบก่อสร้าง

4) วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ ลวดเชื่อม สลักเกลียวโครงสร้าง สลักรับแรงเฉือน และสารเคลือบพิเศษ เป็นต้น ต้องได้รับอนุมัติวัสดุ (Material Approval) ตามวิธีและรายการทดสอบที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง และได้รับการอนุมัติจากผู้ควบคุมงานและวิศวกรผู้ออกแบบก่อนนำไปใช้งาน

5.7.3 การดำเนินการก่อสร้าง

5.7.3.1 เอกสารที่ใช้ขออนุมัติในการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารครบถ้วนเพื่อขออนุมัติ ได้แก่

1) เอกสารอนุมัติวัสดุ (Material Approval) ครอบคลุมเหล็ก ลวดเชื่อม ระบบสี สลักเกลียว

2) เอกสารข้อกำหนดวิธีการเชื่อม WPS (Welding Procedure Specification) พร้อมเอกสารบันทึกผลการทดสอบการเชื่อม PQR (Procedure Qualification Record) รองรับทุกรอยต่อ และบัตรรับรองฝีมือช่างเชื่อมรายบุคคล WQT ของช่างเชื่อมทุกคน

3) รูปแบบการผลิตชิ้นส่วน (Fabrication Shop Drawing) ที่ได้รับอนุมัติ

4) รายการตัดชิ้นงาน (Cutting Plan) และแผนผังพื้นที่จัดเก็บวัสดุ

5) ขั้นตอนการทำความสะอาดพื้นผิวด้วยการพ่นแรงดันสูง (Blast Cleaning) และการทาสี พร้อมข้อกำหนดด้านสภาพแวดล้อม

6) แผนการทดลองประกอบ (Pre-Assembly Plan) และเกณฑ์การยอมรับ

7) แผนการตรวจสอบและทดสอบ ITP (Inspection and Test Plan) และเอกสารอนุมัติวัสดุ

8) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉินและการจัดการจราจรสำหรับการขนส่ง

5.7.3.2 การเตรียมพื้นที่

เตรียมความพร้อมของโรงงาน และพื้นที่กองเก็บก่อนเริ่มงาน โดยตรวจสอบ ดังนี้

1) ความพร้อมของอุปกรณ์ตัด เจาะ ดัด เชื่อม และ Blast Cleaning

2) พื้นที่จัดเก็บวัสดุแยกเกรดและขนาด พร้อมแผนผังและป้ายกำกับ

3) ใบรับรองสอบเทียบของอุปกรณ์และเครื่องทดสอบทุกชนิด

4) รูปแบบการผลิตต้องได้รับความเห็นชอบของผู้ควบคุมงาน

5.7.3.3 ลำดับขั้นตอนการทำงานในสนาม

1) การตัดและเจาะชิ้นงาน ตัดชิ้นงานตามแบบ Cutting Plan โดยใช้เครื่อง Computer Numerical Control Cutting (CNC) เป็นหลัก และเจาะรูด้วยเครื่อง Drilling/Boring Machine ห้ามใช้กระบวนการตัดโลหะและการเจาะรูด้วยความร้อน (Flame Cutting)

2) การประกอบขึ้นรูปและการเชื่อม การประกอบและการเชื่อมเป็นไปตามเอกสารที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน จัดวางชิ้นส่วนด้วยอุปกรณ์จับยึด (Jig and Fixture) ก่อนเชื่อม ทำการเชื่อมตาม WPS (Welding Procedure Specification) ใช้ลวดเชื่อมแห้ง ห้ามเชื่อมขณะพื้นผิวเปียกหรือมีลมแรง

3) การตรวจสอบรอยเชื่อม (NDT) ดำเนินการโดยหน่วยงานราชการหรือองค์กรที่น่าเชื่อถือ ตรวจพินิจด้วยสายตา (VT) ทุกชนิดรอยต่อ ตรวจเพิ่มเติมด้วย UT (Ultrasonic Testing) หรือ MT (Magnetic Particle Testing) หรือ X-RAY TEST ตามประเภทชิ้นส่วนและรอยต่อ รอยเชื่อมที่ไม่ผ่านการทดสอบต้องแก้ไข ให้เป็นไปตามมาตรฐานและทดสอบซ้ำ

4) การทำสีป้องกันการกัดกร่อน มีลำดับขั้นตอนดังนี้

4.1 ตรวจสอบสภาพอากาศ

4.2 ทำความสะอาดพื้นผิวด้วยการพ่นแรงดันสูง (Blast Cleaning)

4.3 หลังทำความสะอาดผิวทาน้ำยา Primer

4.4 ตรวจสอบวัด DFT (Dry Film Thickness) ทุกชั้น

5) การทดลองประกอบและการขนส่ง ทดสอบประกอบชิ้นส่วน ณ โรงงาน เพื่อยืนยันความถูกต้องของรูสลักเกลียว และค่าการเผื่อการโก่งตัว (Pre-Camber) ลงนามก่อนอนุมัติรื้อและขนส่ง และลงนามใน MDR (Manufacturing Data Report) ก่อนออกใบอนุญาตขนส่ง

5.7.4 การบริหารจัดการความปลอดภัย

งานก่อสร้างสะพานเหล็ก (Steel Bridge) เป็นงานบนที่สูง น้ำหนักและแรงกระทำสูง จึงมีความเสี่ยงสูงกว่างานสะพานทั่วไป ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัย ที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัดอย่างน้อย ดังนี้

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA/Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work) สำหรับงานเสี่ยงสูง

2) ต้องติดตั้งราวกันตก แผงกันของตก และตาข่ายกันตกให้ครบ

3) ผู้ปฏิบัติงานสวมสายรัดนิรภัยแบบเต็มตัวและเกี่ยวยึดตลอดเวลา

4) กำหนดเขตหวงห้ามใต้แนวงาน และจัดทางขึ้น–ลงพร้อมไฟส่องสว่างเพียงพอ

5) ต้องตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบของปั้นจั่น แม่แรง ระบบไฮดรอลิก ลวดสลิง รอก และอุปกรณ์ยกก่อนใช้งานทุกครั้ง

6) แผนการบริหารจัดการจราจรที่ปลอดภัย

7) ตรวจระบบไฟฟ้าให้มีการต่อสายดิน เตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงใน จุดเสี่ยง และกำหนดเกณฑ์หยุดงานเมื่อลมแรง/ฝน/ฟ้าคะนอง

5.7.5 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.7.6 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.8 งานก่อสร้างทางลอด (UNDERPASS)

5.8.1 ภาพรวมและขอบเขตของงาน

การก่อสร้างทางลอด (Underpass) ในปัจจุบันใช้วิธีการแบบขุดเปิด (Open Cut) โดยมีรูปแบบการก่อสร้างโครงสร้างที่เป็นส่วนป้องกันดินพังหรือผนังทางลอด คือ กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กขุดเจาะหล่อในที่ เช่น Secant Pile Wall หรือ Diaphragm Wall และระบบประกอบ เช่น ระบบเครื่องสูบน้ำระบายน้ำทิ้ง (Pumping System) ระบบระบายอากาศ (Ventilation System) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System) และระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Distribution)

5.8.2 งานก่อสร้างกำแพงเสาเข็มตัดและระบบยึดดิน (Secant Pile Wall and Tieback Anchor)

งานก่อสร้างกำแพงเสาเข็มตัด (Secant Pile Wall) หมายถึง วิธีการก่อสร้างกำแพงกันดินและกันน้ำถาวร โดยการเจาะและหล่อเสาเข็มคอนกรีตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันสลับกันไป โดยแบ่งเป็นเสาเข็มรอง (Secondary/Soft Pile) ที่ใช้คอนกรีตกำลังต่ำหล่อก่อน และเสาเข็มหลัก (Primary/Hard Pile) ที่เจาะตัดผ่านเสาเข็มรองและใช้คอนกรีตเสริมเหล็กกำลังสูง การซ้อนทับ (Overlap) ระหว่างเสาเข็มทำให้กำแพงมีความต่อเนื่องและทำให้กันน้ำได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างทางลอด ทั้งในบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง หรือมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ หรือมีโครงสร้างอื่นที่อยู่บริเวณใกล้กับพื้นที่ก่อสร้าง

เมื่อระดับความลึกในการขุดดินเพิ่มมากขึ้นระหว่างการก่อสร้าง กำแพงเสาเข็มตัดจะได้รับแรงดันดินและแรงดันน้ำสูงขึ้น จำเป็นต้องเพิ่มระบบยึดด้านข้าง (Lateral Support) ซึ่งทำได้สองวิธีหลัก ได้แก่ ค้ำยัน (Strut/Raker) ซึ่งรับแรงภายในพื้นที่ขุด และระบบยึดดิน (Tieback) ซึ่งถ่ายแรงออกไปยังดินด้านหลังกำแพง โดยไม่กีดขวางพื้นที่การขุดดินภายในและทำงานได้สะดวก

5.8.2.1 ข้อกำหนดด้านวัสดุ

ระบบกำแพงเสาเข็มตัดประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักหลายประเภทที่ทำงานร่วมกัน ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบสภาพและคุณสมบัติของแต่ละส่วนก่อนนำไปใช้งาน ได้แก่

1) เสาเข็มและคอนกรีต เสาเข็มหลัก (Primary/Hard Pile) คือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำหน้าที่รับแรงด้านข้างหลักของกำแพง ต้องใช้คอนกรีตกำลังสูงและเหล็กเสริมที่เหมาะสมตามแบบ เสาเข็มรอง (Secondary/Soft Pile) คือเสาคอนกรีตกำลังต่ำที่หล่อก่อน โดยต้องมีกำลังต่ำเพียงพอให้เครื่องเจาะสามารถตัดผ่านได้ และยังคงทำหน้าที่ในการกันน้ำ ทั้งนี้ต้องมีสารหน่วงการแข็งตัวเพื่อให้สามารถเจาะตัดได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด

2) เหล็กเสริม เหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงดัดในเสาหลัก ต้องผลิตและติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบ โดยต้องมีระยะหุ้มคอนกรีตเพียงพอ

3) ระบบ Tieback คือสมอดึงที่เจาะผ่านกำแพงเข้าสู่ชั้นดินด้านหลัง ประกอบด้วยส่วนอิสระ (Free Length) และส่วนยึดดิน (Bond Length) เพื่อถ่ายแรงต้าน แรงดันดิน ประกอบด้วย Tieback ชั่วคราว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนด้วยจาระบีและปลอกพลาสติก หรือการเคลือบอีพ็อกซี และ Tieback ถาวรใช้งานตลอดอายุโครงสร้าง ต้องมีระบบป้องกันการกัดกร่อนสองชั้น (Double Corrosion Protection) ประกอบด้วยปลอก HDPE ครอบ Bond Length และจาระบีหรือซีเมนต์เกราท์ใน Free Length

4) สารละลายพยุงดิน สารละลายพยุงดินเบนโทไนต์หรือโพลิเมอร์ต้องมีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในแบบ ขณะเทคอนกรีตต้องทดสอบก่อนและหลังเทคอนกรีตทุกหลุม และจัดการสารละลายที่ใช้แล้วตามกฎระเบียบสิ่งแวดล้อม ห้ามปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะ

5.8.2.2 การดำเนินการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารเพื่อขออนุมัติ และผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบความครบถ้วน ความสอดคล้องของแบบและข้อกำหนด มีการรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตในส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) วิธีการทำงาน (Method Statement) ครอบคลุมลำดับขั้นตอนการเจาะ การเทคอนกรีต อุปกรณ์ กำลังคน และมาตรการความปลอดภัย

2) แบบก่อสร้าง (Shop Drawing) แสดงผังเสา กำหนดเสาหลัก/รอง รายละเอียดโครงเหล็กเสริม และคานรัดหัวเสาเข็ม

3) รายการคำนวณ Tieback แสดง Free Length, Bond Length, มุมเจาะ และแรงทดสอบ รับรองโดยวิศวกร

4) ส่วนผสมคอนกรีต (Mix Design) ทั้งเสาเข็มหลัก เสาเข็มรอง และปูนเกราท์ พร้อมผล Trial Batch จากห้องปฏิบัติการ

5) แผนการระบายน้ำ (Dewatering Plan) และแผนติดตามพฤติกรรม (Instrumentation Plan) ระบุตำแหน่ง Inclinometer จุดวัดการทรุดตัว และ Piezometer

6) แผนการตรวจสอบและทดสอบ ITP (Inspection and Test Plan) รายการตรวจสอบ (Checklist) และเอกสารอนุมัติวัสดุ (Material Approval)

7) ติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรม (Instrumentation) และอ่านค่า Baseline ก่อนเริ่มงานทุกรายการ

8) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉินและการกู้ภัย และแผนการจัดการจราจร

5.8.2.3 ระบบยึดดิน (Tieback)

ระบบยึดดินต้องติดตั้งและผ่านการทดสอบ ก่อนขุดดินต่ำกว่าระดับที่กำหนด ขั้นตอนมีดังนี้

1) เจาะหลุม Tieback ตามตำแหน่ง หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ บันทึกลักษณะดินตลอดการขุดเจาะดิน และตรวจสอบว่า Bond Length อยู่ในชั้นดินที่ถูกต้อง

2) ติดตั้ง Tendon ฉีดปูนเกราท์จากก้นหลุมขึ้นสู่ปากหลุมอย่างต่อเนื่อง บันทึกปริมาณปูนเกราท์จริงเทียบกับปริมาณที่คำนวณ รอให้ปูนเกราท์มีกำลังอัดตามที่ระบุไว้ในแบบ ก่อนทดสอบและอัดแรง

3) ทดสอบสมรรถนะ (Performance Test) และทดสอบรับรอง (Proof Test) Tieback ทุกตัวก่อน Lock-off

5.8.2.4 การทดสอบความสมบูรณ์ของเสา (CSL)

ต้องทำ Crosshole Sonic Logging (CSL) ในเสาเข็มหลักทุกต้นตามเส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำที่กำหนดไว้ในแบบ

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจรายงาน CSL จากหน่วยงานหรือองค์กรที่น่าเชื่อถือและลงนามรับรองก่อนอนุมัติทำงานขั้นต่อไป

5.8.2.5 มาตรการความปลอดภัยระหว่างการก่อสร้าง

งานกำแพงเสาเข็มตัดและ Tieback เป็นงานที่มีความเสี่ยงสูง ทั้งจากการทำงานในพื้นที่จำกัด การใช้เครื่องจักรหนัก และความเสี่ยงจากการพังทลายของกำแพงหรือดินบริเวณข้างเคียง ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัยที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัดทุกขั้นตอน ดังนี้

1) จัดทำแผนความปลอดภัย (Safety Plan) และประเมินความเสี่ยง (JSA) ทุกกิจกรรมหลัก โดยเฉพาะการเจาะ การเทคอนกรีต การติดตั้ง Tieback และการขุดดิน

2) ชี้แจงความปลอดภัยก่อนเริ่มงาน (Toolbox Talk) ทุกวัน และอบรมความปลอดภัยเฉพาะงานแก่ผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้าพื้นที่ ควบคุมงานความเสี่ยงสูงด้วยระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work) เช่น งานบนที่สูง งานในพื้นที่อับอากาศ งานไฟฟ้า และงานเจาะ

3) จัดให้มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (จป.) ประจำหน่วยงาน และกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรมอย่างชัดเจน

5.8.3 งานก่อสร้างกำแพงไดอะแฟรม (Diaphragm Wall)

งานก่อสร้างกำแพงไดอะแฟรม (Diaphragm Wall) เป็นการก่อสร้างโครงสร้างกำแพงเพื่อกันดินและป้องกันการซึมผ่านของน้ำใต้ดิน ซึ่งก่อสร้างโดยการขุดร่องลึกลงในชั้นดินตามแนวที่กำหนด พร้อมรักษาเสถียรภาพของผนังร่องขุดด้วยสารละลายเบนโทไนต์ (Bentonite Slurry) หรือโพลิเมอร์ จากนั้นจึงติดตั้งเหล็กเสริมและเทคอนกรีตด้วยวิธีท่อเทคอนกรีต (Tremie Method) เพื่อแทนที่สารละลายภายในร่องขุดจนแล้วเสร็จ กำแพงไดอะแฟรมเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จจะมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ โดยประกอบเป็นแผง (Panel) ซึ่งเชื่อมต่อกันเป็นกำแพงต่อเนื่องตลอดแนว ทำให้มีความแข็งแรง ความแข็งแกร่ง และประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำใต้ดินสูง เหมาะสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินที่มีความลึกมาก เช่น ทางลอด รวมถึงพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง หรือมีชั้นกรวด และชั้นหิน ซึ่งการใช้ระบบกำแพงกันดินประเภทอื่นอาจไม่สามารถให้ประสิทธิภาพหรือความมั่นคงได้เพียงพอ

5.8.3.1 ข้อกำหนดด้านวัสดุ

ระบบกำแพงไดอะแฟรมประกอบด้วยองค์ประกอบหลักหลายส่วนที่ทำงานร่วมกัน ได้แก่ แผงกำแพง สารละลายเบนโทไนต์หรือโพลิเมอร์ เหล็กเสริม และอุปกรณ์ขุด ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบสภาพความพร้อมและคุณสมบัติขององค์ประกอบแต่ละส่วนก่อนนำไปใช้งาน เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามรูปแบบการก่อสร้างและข้อกำหนดของโครงการ ดังนี้

1) แผงกำแพง (Panel) เป็นหน่วยการก่อสร้างพื้นฐานของกำแพงไดอะแฟรม มีความกว้าง และมีความหนาเป็นไปตามแบบก่อสร้างที่กำหนด การก่อสร้างต้องดำเนินการโดยก่อสร้าง Primary Panel ก่อน แล้วจึงก่อสร้าง Secondary Panel ระหว่าง Primary Panel ที่คอนกรีตมีกำลังเพียงพอ รอยต่อระหว่างแผง

กำแพงใช้ Stop-end Pipe หรือ CWS (Concrete Wall Stop) เพื่อให้รอยต่อมีรูปทรงตามที่กำหนดและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2) สารละลายพยุงดิน (Slurry) ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพของร่องขุด โดยสร้างแรงดันของเหลวเพื่อต้านแรงดันดินและแรงดันน้ำใต้ดิน อีกทั้งยังช่วยพาเศษดินออกจากร่องขุดระหว่างการก่อสร้าง จึงต้องมีการตรวจสอบและควบคุมคุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนต์หรือโพลิเมอร์อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งรักษาระดับสารละลายในร่องขุดให้สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินตลอดระยะเวลา

3) เหล็กเสริม เหล็กเสริมของกำแพงไดอะแฟรมมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่าเหล็กเสริมของเสาเข็มเจาะทั่วไป จึงต้องผลิตเป็นท่อนในโรงงาน จากนั้นยกติดตั้งและเชื่อมต่อด้วยเครื่องจักรตามลำดับที่กำหนด การติดตั้งต้องจัดให้มีตัวรองระยะ (Spacer) อย่างเพียงพอเพื่อรักษาระยะหุ้มคอนกรีตตามแบบ และต้องจัดตำแหน่งเหล็กเสริมให้สามารถติดตั้งท่อเทคอนกรีต (Tremie Pipe) ได้โดยไม่เกิดการติดขัด

4) อุปกรณ์ขุด อุปกรณ์ขุดสำหรับงานก่อสร้างกำแพงไดอะแฟรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ Clamshell Grab ซึ่งเหมาะสำหรับการขุดในชั้นดินอ่อนและดินแน่น และ Hydromill (Trench Cutter) ซึ่งเป็นเครื่องตัดดินแบบหมุนที่เหมาะสำหรับการขุดในชั้นดินแน่น ชั้นกรวด และชั้นหิน โดยสามารถควบคุมความดิ่งของร่องขุดได้ดี และทำให้ร่องขุดมีความแม่นยำตามแนวที่กำหนด

5.8.3.2 การดำเนินการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารเพื่อขออนุมัติ และผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบความครบถ้วนความสอดคล้องของแบบและข้อกำหนด มีการรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตในส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) วิธีการทำงาน (Method Statement) ครอบคลุมลำดับการก่อสร้างแผงกำแพง (Panel) ชนิดอุปกรณ์ขุด และมาตรการด้านความปลอดภัย

2) แบบก่อสร้างสำหรับการปฏิบัติงาน (Shop Drawing) แสดงผังแผงกำแพง (Panel) ลำดับการก่อสร้าง รายละเอียดเหล็กเสริม และรายละเอียดรอยต่อระหว่างแผงกำแพง

3) รายละเอียดส่วนผสมคอนกรีตและสารละลายเบนโทไนต์หรือโพลิเมอร์ พร้อมผลการทดสอบ Trial Mix และ Trial Slurry

4) แผนการตรวจสอบและทดสอบ ITP (Inspection and Test Plan) รายการตรวจสอบ (Checklist) และเอกสารอนุมัติวัสดุ (Material Approval)

5) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน โดยเฉพาะกรณีร่องขุดพังทลาย

5.8.3.3 การทดสอบและการยอมรับ

การทดสอบและการยอมรับงานก่อสร้างกำแพงไดอะแฟรมต้องดำเนินการตามข้อกำหนดของโครงการและแผนการตรวจสอบและทดสอบ (Inspection and Test Plan: ITP) เพื่อยืนยันว่าคุณภาพของงานก่อสร้างเป็นไปตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายการตรวจสอบและทดสอบที่สำคัญดังนี้

1) ตรวจสอบคุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนต์หรือโพลิเมอร์ก่อนการขุด ระหว่างการขุด และก่อนการเทคอนกรีตสำหรับทุกแผงกำแพง (Panel) พร้อมบันทึกผลการตรวจสอบทุกครั้ง

2) เก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัดตามความถี่ที่กำหนด และทดสอบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

3) ตรวจสอบความดิ่งของแผงกำแพง (Panel) ระหว่างการขุดและภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ

4) ตรวจสอบการรั่วซึมของกำแพงภายหลังเปิดหน้ากำแพงในแต่ละช่วงการขุด และรายงานต่อผู้ควบคุมงานเมื่อพบการรั่วซึม

5.8.4 ระบบสูบน้ำ

ระบบสูบน้ำในโครงการทางลอด ครอบคลุมทั้งระบบลดระดับน้ำใต้ดินชั่วคราวระหว่างการก่อสร้าง (Construction Dewatering System) เพื่อควบคุมและลดแรงดันของน้ำใต้ดินในสภาวะขุดเปิด และระบบเครื่องสูบน้ำระบายน้ำทิ้งถาวร (Permanent Sump Pump System) ซึ่งติดตั้งภายในบ่อรวบรวมน้ำทิ้ง (Sump Pit) ของทางลอด เพื่อทำหน้าที่ระบายน้ำท่า น้ำซึม (Seepage) และน้ำจากการล้างทำความสะอาดตลอดอายุการใช้งาน โครงสร้างระบบนี้มีความสำคัญต่อความปลอดภัยในการสัญจรของผู้ใช้ทางลอด และเสถียรภาพความทนทานของโครงสร้างใต้ดิน (Structural Durability)

5.8.5 ระบบระบายอากาศ และแสงสว่างในทางลอด

ทางลอด (Underpass) เป็นโครงสร้างกึ่งปิดที่มีการหมุนเวียนของอากาศจำกัด ต้องติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อควบคุมคุณภาพอากาศ ระบบแสงสว่างเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ และระบบไฟฟ้าเพื่อรองรับอุปกรณ์ทั้งหมด ระบบเหล่านี้ต้องออกแบบ ก่อสร้าง และทดสอบร่วมกันเพื่อให้ทำงานประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.8.5.1 ระบบระบายอากาศ (Ventilation System)

ระบบระบายอากาศในทางลอดมีสองแนวทางหลัก ได้แก่ การระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural Ventilation) ซึ่งอาศัยความแตกต่างของแรงดันอากาศและลมธรรมชาติ เหมาะสำหรับทางลอดสั้น และการระบายอากาศเชิงกล (Mechanical Ventilation) ซึ่งใช้พัดลมดูดหรืออัดอากาศ เหมาะสำหรับทางลอดยาวหรือที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น

1) ระบบพัดลม Jet Fan

Jet Fan คือพัดลมแนวแกน (Axial Fan) ที่ติดตั้งบนเพดานทางลอด ทำงานโดยสร้างกระแสอากาศตามแนวยาวของทางลอด (Longitudinal Ventilation) เพื่อดันอากาศเสียและควันออก และนำอากาศบริสุทธิ์เข้า Jet Fan สามารถทำงานสองทิศทางและปรับความเร็วได้ตามความต้องการ

2) ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศ (CO / NO_2 Sensor System)

เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศทำหน้าที่ตรวจสอบและวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซพิษภายในโครงสร้างทางลอด (Underpass) อย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นการตรวจวัด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน และ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเกิดจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล โดยสัญญาณอนาล็อกหรือดิจิทัลจากเครื่องตรวจวัดนี้จะถูกส่งต่อไปยังระบบควบคุมส่วนกลางเพื่อสั่งการเปิด-ปิด และปรับเปลี่ยนระดับความเร็วรอบของระบบพัดลมระบายอากาศ (Jet Fan) โดยอัตโนมัติ

5.8.5.2 ระบบแสงสว่าง (Lighting System)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในทางลอดต้องได้รับการออกแบบและคำนวณค่าความสว่างเพื่อให้สายตามนุษย์ (Human Eye) สามารถปรับการมองเห็น (Visual Adaptation) ได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม เมื่อเกิดการเปลี่ยนผ่านระดับความเข้มของแสงจากสภาวะแสงกลางวันภายนอกเข้าสู่ภายในทางลอดและออกจากทางลอด โดยโครงสร้างระบบจะแบ่งการควบคุมออกเป็น พื้นที่ส่องสว่างสูงบริเวณทางเข้า-ออก (Threshold Zone) เพื่อลดสภาวะตาพร่ามัวชั่วขณะและพื้นที่ส่องสว่างปกติภายในทางลอด (Interior Zone) ตลอดแนวเส้นทาง ดำเนินการตรวจสอบและรังวัดระดับความเข้มของการส่องสว่างด้วยเครื่องวัดแสง (Lux Meter) ภายหลังเสร็จสิ้นการติดตั้งอุปกรณ์ครบถ้วนตามแบบ นอกจากนี้ต้องจัดให้มีระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Lighting System) ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบแบตเตอรี่สำรองพลังงานทันทีเมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าหลักขัดข้อง

5.8.6 การบริหารจัดการความปลอดภัย

งานก่อสร้างทางลอด (Underpass) เป็นงานเสี่ยงสูงจากการขุดดินลึก การยกของหนัก และเครื่องจักรขนาดใหญ่ ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัยที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัด โดยมาตรการที่ต้องใช้อย่างน้อยประกอบด้วย

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work)

2) ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานระหว่างก่อสร้าง

3) การควบคุม/กำกับ/บริหารงานก่อสร้างที่ปลอดภัย

4) การตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้งาน รวมถึงงานระบบอื่น ๆ ก่อนใช้งาน

5) การบริหารจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างที่ปลอดภัย

6) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน

5.8.7 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.8.8 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.9 งานก่อสร้างอุโมงค์และระบบค้ำยัน
(TUNNEL CONSTRUCTION SPECIFICATION - SEM METHOD)

5.9.1 ภาพรวมและขอบเขตของงาน

งานก่อสร้างอุโมงค์ หมายถึง การก่อสร้างโครงสร้างทางวิศวกรรมที่เป็นทางสัญจรสำหรับยานพาหนะ โดยสร้างเป็นช่องทางลอดผ่านภูเขา ใต้ดิน หรือใต้สิ่งกีดขวางต่าง ๆ เพื่อให้การเดินทางมีความต่อเนื่อง ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ งานก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธี Sequential Excavation Method (SEM) เป็นวิธีการขุดเจาะอุโมงค์ที่อาศัยกำลังรับแรงของมวลหินโดยรอบร่วมกับระบบค้ำยันชั้นแรก เพื่อควบคุมการเสียรูปและรักษาเสถียรภาพของอุโมงค์ระหว่างการก่อสร้าง การก่อสร้างประกอบด้วยการขุดเจาะและระเบิด ระบบค้ำยันชั้นแรก (Primary Support) ระบบกันน้ำ (Waterproofing) และผิวบุอุโมงค์ (Lining) โดยต้องมีระบบติดตามพฤติกรรม (Monitoring) ตลอดการก่อสร้าง

การก่อสร้างต้องดำเนินการตามแบบที่ได้รับอนุมัติ คู่มือ (Manual) หรือข้อแนะนำ (Guideline) และข้อกำหนดพิเศษเพิ่มเติม จากหน่วยงานหรือองค์กรที่น่าเชื่อถือ หรือหน่วยงานอื่นที่วิศวกรผู้ออกแบบกำหนด ผู้ควบคุมงานต้องทราบขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอน และผู้รับจ้างต้องดำเนินการตามคู่มือ (Manual) หรือข้อแนะนำ (Guideline) ที่ได้รับการอนุมัติแล้วทุกขั้นตอน ผู้ควบคุมงาน ต้องตรวจสอบให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนด

5.9.2 การดำเนินการก่อสร้าง

วิธี SEM แบ่งการขุดหน้าตัดอุโมงค์ตามข้อกำหนด เพื่อควบคุมการเสียรูปของมวลหินและช่วยให้สามารถ ติดตั้งระบบค้ำยันได้ทันท่วงที ลำดับขั้นการขุดขึ้นอยู่กับระดับการจำแนกมวลหิน (Rock Mass Class) ที่ได้จากการ Geological Mapping ในแต่ละรอบการขุด หรือกำหนดในแบบก่อสร้าง

1) การขุดส่วนบน (Top Heading)

การขุดส่วนบน (Top Heading) คือการขุดส่วนบนของหน้าตัดอุโมงค์ ครอบคลุมประมาณครึ่งบนถึงสองในสามของหน้าตัดทั้งหมด เป็นขั้นตอนแรกและวิกฤติที่สุดของการขุด เนื่องจากเพดานอุโมงค์ยังไม่มีระบบค้ำยันรองรับ การขุดส่วนหัวต้องติดตั้งระบบค้ำยันชั้นแรกทันทีหลังการขุดแต่ละรอบ ก่อนขุดรอบถัดไป

2) การขุดส่วนกลาง (Bench)

การขุดส่วนกลาง (Bench) คือการขุดส่วนกลางของหน้าตัดอุโมงค์ ถัดจาก Top Heading ลงมา ระยะห่างระหว่างหน้าตัดขุดของ Top Heading และ Bench ขึ้นอยู่กับสภาพมวลหินและข้อกำหนดออกแบบ

3) การขุดส่วนล่าง (Invert)

การขุดส่วนล่าง (Invert) คือการขุดส่วนล่างสุดของหน้าตัดอุโมงค์ เพื่อปิดหน้าตัดวงแหวนโครงสร้าง การปิด Invert มีความสำคัญอย่างยิ่งในมวลหินที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากช่วยถ่ายแรง ด้านล่างและลดการยกตัวของพื้นอุโมงค์ (Heave) ในกรณีหินที่มีกำลังต่ำหรือดินอ่อน

5.9.3 วิธีการเจาะและระเบิด (Drilling and Blasting Method)

วิธีการเจาะและระเบิด (Drill and Blast) เป็นวิธีหลักในการขุดอุโมงค์ในมวลหิน ต้องดำเนินการตาม Blast Design ที่ได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ออกแบบ โดยมีขั้นตอนต่อเนื่องตั้งแต่การสำรวจจนถึงการตรวจสอบธรณีวิทยาหลังการขุด

5.9.3.1 การเจาะ (Drilling)

ดำเนินการเจาะรูระเบิดตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องเจาะ (Drilling Machine หรือ Jumbo) โดยพิจารณาทั้งตำแหน่ง ทิศทาง และความลึกของรูเจาะให้สอดคล้องกับสภาพหิน

5.9.3.2 การบรรจุวัตถุระเบิด (Loading)

การบรรจุวัตถุระเบิดและชนวนเข้าในรูเจาะต้องดำเนินการอย่างปลอดภัยตามแผนงาน โดยบุคลากรที่มีใบอนุญาตและผ่านการฝึกอบรมเท่านั้น

5.9.3.3 การระเบิด (Blasting)

หลังจากการบรรจุวัตถุระเบิดตามรูปแบบที่ได้รับการเห็นชอบแล้ว จะดำเนินการต่อวงจรชนวนและระเบิดตามขั้นตอนความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้อาจดำเนินการขุดหรือเจาะหินโดยวิธีการอื่นตามที่แบบก่อสร้างระบุ

5.9.4 ระบบระบายอากาศ (Ventilation) ระหว่างก่อสร้าง

หลังการระเบิดเสร็จสิ้น ต้องระบายอากาศเสีย ฝุ่น และควันพิษจากการระเบิดออกจากอุโมงค์ ก่อนอนุญาตให้บุคลากรเข้าทำงาน

5.9.5 การตรวจสอบธรณีวิทยา (Geological Mapping)

การตรวจสอบธรณีวิทยา (Geological Mapping) คือการบันทึกสภาพธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างของมวลหิน ณ หน้าตัดขุด เพื่อนำข้อมูลไปกำหนดรูปแบบค้ำยันที่เหมาะสมตาม Rock Mass Class

1) บันทึกชนิดหิน อัตราความผุพัง (Weathering Grade) สภาพความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) แนวแตก แนวรอยเลื่อน และสภาพน้ำใต้ดิน

2) จำแนกคุณภาพมวลหินตามระบบ MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) หรือ RMR/Q-system ตามที่ระบุในแบบ

3) จัดทำ Tunnel Face Log ทุกรอบการขุด ระบุหมายเลขรอบ วันที่ ตำแหน่ง (Chainage) และ Rock Mass Class ที่กำหนด

4) หาก Rock Mass Class แย่กว่าที่ออกแบบไว้ ต้องรายงานผู้ควบคุมงานทันทีเพื่อพิจารณาปรับรูปแบบค้ำยัน ห้ามขุดรอบถัดไปโดยไม่ได้รับอนุมัติ

5) บันทึกภาพถ่ายหน้าตัดขุดทุกรอบ พร้อม Scale Bar และ Chainage ชัดเจน

5.9.6 ระบบค้ำยันชั้นแรก Primary Support Systems

ระบบค้ำยันชั้นแรก (Primary Support) ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพของอุโมงค์ทันทีหลังการขุด โดยอาศัยหลักการ SEM METHOD ในการควบคุมการเสียรูปของมวลหินให้อยู่ในช่วงที่มวลหินยังคงรับแรงได้ ประกอบด้วย Shotcrete, Rock Bolt, Steel Rib,Pipe Roof (กรณีหินกำลังต่ำ) และการผสมผสานตามระดับ Rock Mass Class

5.9.7 ระบบกันน้ำ (Waterproofing System)

ระบบกันน้ำ (Waterproofing System) คั่นระหว่าง Primary Support และ Secondary Lining ทำหน้าที่กั้นน้ำจากมวลหินไม่ให้ซึมเข้าสู่อุโมงค์ และช่วยลดแรงดันน้ำที่กระทำต่อ Secondary Lining ประกอบด้วย Drainage Layer, Waterproofing Membrane และระบบท่อระบายน้ำ

5.9.7.1 ชั้นระบายน้ำ (Drainage Layer)

ชั้นระบายน้ำทำหน้าที่รวบรวมน้ำที่ซึมผ่านมวลหินและนำออกสู่ท่อระบายน้ำ ป้องกันการสะสมแรงดันน้ำ (Hydrostatic Pressure) ด้านหลัง Secondary Lining

5.9.7.2 แผ่นกันน้ำ (Waterproofing Membrane)

แผ่นกันน้ำ (Waterproofing Membrane) โดยทั่วไปเป็นแผ่น PVC หรือ HDPE ความหนาตามแบบ ติดตั้งก่อนหล่อ Lining ทั้งบริเวณด้านบนและด้านข้างของอุโมงค์

5.9.8 ผิวบุอุโมงค์ (Tunnel Lining)

ผิวบุอุโมงค์ (Lining) เป็นโครงสร้างคอนกรีตถาวรที่หล่อหลังจาก Primary Support คงตัวแล้ว ทำหน้าที่รับแรงระยะยาว ให้ผิวเรียบสำหรับการใช้งาน และปกป้องระบบกันน้ำ โดยทั่วไปหล่อด้วย Traveling Formwork (Gantry) เป็นช่วง ๆ

5.9.8.1 เอกสารที่ใช้ขออนุมัติ

1) Shop Drawing ระบบ Formwork (Gantry / Traveler) รายละเอียดเหล็กเสริม และ Construction Joint

2) แผนการหล่อคอนกรีต (Concreting Plan) ลำดับการเท ความเร็วการเท และวิธีการสั่นคอนกรีต

3) ส่วนผสมคอนกรีต (Concrete Mix Design) พร้อมผล Trial Mix ความสามารถในการไหล (Slump / Flow) และกำลังอัดตามที่ระบุไว้ในแบบ

4) แผนการตรวจสอบและทดสอบ ITP (Inspection and Test Plan) สำหรับ Secondary Lining

5.9.8.2 คุณสมบัติวัสดุ

1) คอนกรีตต้องมีกำลังอัดไม่ต่ำกว่าที่ระบุในแบบ ส่วนผสมต้องมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมตามสภาพธรณีวิทยา

2) เหล็กเสริมต้องเป็นชนิดและขนาดตามแบบ ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน

3) ใช้ Admixture ที่เหมาะสมเพื่อควบคุม Workability และ Shrinkage ตามที่วิศวกรออกแบบกำหนด

5.9.8.3 การก่อสร้าง

1) ตรวจสอบสภาพ Primary Support, Membrane และระบบระบายน้ำก่อนลงนามอนุมัติ Formwork

2) ตรวจสอบ Formwork ว่ามีความแข็งแรงเพียงพอ ไม่รั่วซึม และตรงตามขนาดหน้าตัดในแบบ

3) เทคอนกรีตเป็นระบบ ควบคุมความเร็วการเทตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง เพื่อควบคุมแรงดันต่อ Membrane

4) จี้คอนกรีตด้วยเครื่องสั่นสะเทือน (Vibrator) ทุกจุด โดยเฉพาะบริเวณรอยต่อ (Construction Joint) และช่วง Crown

5) บ่มคอนกรีต (Curing) ด้วยน้ำหรือสารบ่ม (Curing Compound) ตามที่ระบุไว้ในแบบ

6) ระยะเวลาก่อนถอด Formwork ต้องรอให้คอนกรีตมีกำลังอัดเพียงพอ ตามที่วิศวกรออกแบบกำหนด

5.9.8.4 การทดสอบและการยอมรับ

1) เก็บตัวอย่างคอนกรีตทุกช่วงการหล่อ ทดสอบกำลังอัดตามที่กำหนดไว้ในแบบ

2) ตรวจสอบผิวหน้า Lining หลังถอด Formwork สำหรับ Honey Comb รอยแตก หรือข้อบกพร่อง รายงานผู้ควบคุมงานทันที

3) ทดสอบความหนาด้วย GPR (Ground Penetrating Radar) หรือ Core Drilling ตามความถี่ที่กำหนดในแบบ

4) ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำผ่าน Lining หลังการก่อสร้าง ซ่อมแซมตามข้อกำหนด

5.9.9 การติดตามพฤติกรรมระหว่างก่อสร้าง (Geotechnical Monitoring)

ระบบติดตามพฤติกรรม (Geotechnical Monitoring) เป็นองค์ประกอบสำคัญของ SEM METHOD เนื่องจากพฤติกรรมจริงของมวลหินอาจแตกต่างจากการออกแบบ ข้อมูลจากการติดตามใช้ยืนยันความปลอดภัย และตัดสินใจปรับ Support Pattern หรือ Excavation Sequence ให้เหมาะสม ต้องกำหนด ค่าแจ้งเตือน (Alert Level) และ ค่าหยุดงาน (Alarm Level) ก่อนเริ่มก่อสร้าง

5.9.10 การจัดการข้อมูลและการรายงาน

1) จัดทำ Monitoring Report รายวันระหว่างการขุด ครอบคลุมค่า Convergence, Crown Settlement และค่าอื่น ๆ

2) แสดงกราฟแนวโน้มทุกพารามิเตอร์ ระบุ Alert/Alarm Level ชัดเจนในรายงาน

3) ส่งรายงานให้วิศวกรผู้ออกแบบหรือผู้ควบคุมงานตรวจสอบก่อนลงนามอนุมัติขุดแต่ละรอบ

4) เก็บรักษาข้อมูลดิบและรายงานทั้งหมดตลอดอายุโครงการ และจัดทำ As-built Monitoring Report เมื่อสิ้นสุดโครงการ

5.9.11 การบริหารจัดการความปลอดภัย

งานก่อสร้างอุโมงค์ เป็นงานเสี่ยงสูงจากการขุดเจาะใต้ดินลึก และพื้นที่อับอากาศ ผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีระบบบริหารความปลอดภัยที่ชัดเจนและบังคับใช้อย่างเคร่งครัด โดยมาตรการที่ต้องใช้อย่างน้อยประกอบด้วย

1) การจัดทำแผนวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Job Safety Analysis:JSA / Risk Assessment) และระบบใบอนุญาตทำงาน (Permit to Work)

2) ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานระหว่างก่อสร้าง

3) การควบคุม/กำกับ/บริหารงานก่อสร้างที่ปลอดภัย

4) การตรวจสภาพและใบรับรอง/สอบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้งาน รวมถึงงานระบบอื่น ๆ ก่อนใช้งาน

5) การบริหารจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างที่ปลอดภัย

6) แผนเผชิญเหตุฉุกเฉิน

5.9.12 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานก่อสร้างให้ทำการวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.9.13 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ให้ทำการจ่ายค่างานตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างหรือสัญญา

5.10 งานท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. BOX CULVERT)

คุณลักษณะและมิติต่าง ๆ ของท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

5.10.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้คิดจากความยาวตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตร หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

5.10.2 วิธีการจ่ายค่างาน

5.10.2.1 การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึงค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จ ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

5.10.2.2 การจ่ายค่างานงวดสุดท้ายนั้น ผู้รับจ้างต้องทำการรื้อถอนแบบหล่อ, ค้ำยัน, นั่งร้าน, โครงสร้างชั่วคราวต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างออกให้หมด และทำความสะอาดท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็กให้เรียบร้อย รวมทั้งการปรับแต่งทางน้ำและกำจัดเศษวัสดุเมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean-up)

5.11 งานท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. PIPE CULVERT)

คุณลักษณะและมิติต่าง ๆ ของท่อกลม ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

5.11.1 การดำเนินการก่อสร้าง

5.11.1.1 ท่อที่ใช้จะต้องผ่านการทดสอบความแข็งแรงของท่อ (External Load –Crushing Strength Test) ตามมาตรฐานการทดลองที่ ทล.-ท.301 “วิธีการทดลองกำลังรับแรงของท่อระบายน้ำด้วยวิธี Three-edge-bearing” และจำนวนของท่อที่จะทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อคอนกรีตเสริมเหล็กสำหรับงานระบายน้ำ มาตรฐานเลขที่ มอก. 128

5.11.1.2 ผู้รับจ้างจะต้องบดอัดชั้นดินเดิมให้เสร็จเรียบร้อยตามที่ระบุไว้ในรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง เรื่องงานถมคันทาง (Embankment) หรือตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

5.11.1.3 ขุดดินตรงที่จะวางท่อให้ได้ความลึกตามที่ระบุไว้ในแบบ หรือตามที่ผู้ควบคุมงานกำหนดให้

5.11.1.4 การเตรียมพื้นสำหรับรองรับท่อและการวางท่อ ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ

5.11.1.5 เมื่อได้เตรียมพื้นและวางท่อลงไปตามที่กำหนดไว้ในแบบแล้ว ให้ถมวัสดุเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นให้บดทับด้วย Mechanical Tamper หรือ Vibratory Compactor จนได้ระดับและความแน่นตามที่ระบุไว้ในแบบ

5.11.2 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับและความแน่นของการบดทับให้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตรของผลรวมเฉพาะความยาวท่อ

5.11.3 วิธีการจ่ายค่างาน

5.11.3.1 การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึงค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จ ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

5.11.3.2 การจ่ายค่างานงวดสุดท้ายนั้น ผู้รับจ้างต้องทำการรื้อถอนแบบหล่อ โครงสร้างต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างออกให้หมด และทำความสะอาดท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็กให้เรียบร้อย รวมทั้งการปรับแต่งทางน้ำและกำจัดเศษวัสดุ เมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean-up)

ส่วนที่ 6 งานเบ็ดเตล็ด
(MISCELLANEOUS)

6.1 งานป้องกันการพังทลายตามเชิงลาด (SLOPE PROTECTION)

หมายถึง การก่อสร้างเครื่องป้องกันการพังทลายให้กับฝั่งแม่น้ำ เชิงลาดคันทาง เชิงลาดบริเวณตอม่อ และพื้นผิวอื่น ๆ ที่ถูกกัดเซาะได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วเครื่องป้องกันจะประกอบเป็นชั้นทึบน้ำอยู่บนผิวของวัสดุที่ต้องการปกป้อง ส่วนปลายล่างสุดและขอบจะต้องมีเครื่องป้องกันการกัดเซาะ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเครื่องป้องกันการพังทลายอาจเป็นคอนกรีต หินเรียง (Rip-Rap) กระสอบคอนกรีต (Sacked Concrete) กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Rock-And-Wire Mattress) หรืออื่น ๆ ตามที่แสดงไว้ในแบบ

ผู้ควบคุมงานสามารถพิจารณาให้ดำเนินการก่อสร้างเครื่องป้องกันการพังทลายตามเชิงลาดชนิดต่าง ๆ ในบริเวณที่เห็นสมควร ตามแบบมาตรฐาน ซึ่งบริเวณเหล่านี้อาจไม่ได้แสดงไว้ในแบบก็ได้

6.1.1 วัสดุ

6.1.1.1 หินเรียง (RIP-RAP)

หินที่ใช้จะต้องมีขนาด น้ำหนักเป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.1.2 คอนกรีต (Concrete)

คอนกรีตที่ใช้เป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.1.3 มอร์ตาร์ (Mortar)

มอร์ตาร์ ที่ใช้เป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.1.4 กระสอบคอนกรีต (Sacked Concrete)

กระสอบคอนกรีต ประกอบไปด้วย กระสอบ ซีเมนต์ และมวลรวม ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.1.5 กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Rock-And-Wire Mattress)

กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส ประกอบไปด้วย กล่องลวดตาข่าย และหิน ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.1.6 วัสดุเบ็ดเตล็ด

วัสดุเบ็ดเตล็ดสำหรับงานป้องกันการพังทลายตามเชิงลาด เช่น แผ่นใยสังเคราะห์ ท่อ PVC เป็นต้น ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.2 วิธีการก่อสร้าง

6.1.2.1 รายการทั่วไป

ในกรณีที่ความสูงของคันทางมากกว่า 6 เมตร หรือคันทางมีแนวโน้มที่จะถูกกัดเซาะได้ง่าย ให้พิจารณาป้องกันน้ำจากผิวจราจรที่จะกัดเซาะคันทางและจุดปลายล่างสุดของคันทาง (Toe Slope)

คอนกรีต หินเรียง กระสอบคอนกรีต หรือกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส จะต้องก่อสร้างตามที่แสดงในแบบหรือตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร งานป้องกันการพังทลายตามเชิงลาดชนิดนี้ใช้ทั่วไปในกรณีที่ส่วนล่างของคันทางยื่นลงไปในทางน้ำ

6.1.2.2 การเตรียมการ

การก่อสร้างคันทางจะต้องได้รูปร่างและขนาดตามที่แสดงในแบบ โดยให้มีเสถียรภาพ โดยผู้รับจ้างมีหน้าที่ประสานงานกับผู้ควบคุมงานก่อนที่จะมีการขุดหรือถมเพื่อจะได้หาวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม

6.1.2.3 การวางวัสดุป้องกันการพังทลายตามเชิงลาด

6.1.2.3.1 หินเรียง (RIP-RAP) การเรียงหินและยาแนว ให้มีการบดอัดและตบแต่ง Slope ตามแบบ โดยเรียงหินก้อนใหญ่ที่สุดไว้ด้านล่าง หินก้อนเล็กไว้ด้านบน ระหว่างช่องว่างรอยต่อให้อุดด้วยหินเล็ก ๆ อัดแน่น หรือวิธีการก่อสร้างให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.2.3.2 กระสอบคอนกรีต (Sacked Concrete) ให้เรียงตามแบบโดยจะต้องเรียงจากต่ำไปหาสูง กระสอบต้องวางนอนในแนวราบ และวางเหลื่อมกันตามแบบ ปากกระสอบจะต้องไม่หันออกด้านนอก หลังจากวางเสร็จให้ฉีดน้ำบนกระสอบที่เรียงให้ทั่ว หรือวิธีการก่อสร้างให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.1.3 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานให้วัดเป็นพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร การวัดจะต้องวัดไปตามผิวของเชิงลาดหรือตามที่แบบกำหนด

6.1.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.2 งานโครงสร้างเบ็ดเตล็ด (MISCELLANEOUS STRUCTURES)

หมายถึง การเตรียมการ การก่อสร้าง หรือ ติดตั้งโครงสร้างเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ ตามมาตรฐานสำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตและตามที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง เช่น บ่อพัก บ่อรับน้ำ กำแพงปากท่อ ระบบระบายน้ำใต้ดิน และรายการเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ ที่ไม่ได้กำหนดไว้ที่อื่น

6.2.1 วัสดุ

คอนกรีต เหล็กเสริม หรือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ต้องเป็นชั้นคุณภาพตามมาตรฐานที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง

6.2.2 วิธีการก่อสร้าง

โครงสร้างสำหรับระบายน้ำใต้ดิน รวมถึงงานดินและงานถมดินกลับ ต้องแล้วเสร็จก่อนที่จะมีการทำผิวทาง ยกเว้นส่วนของกำแพงปากท่อซึ่งจะต้องก่อสร้างหลังจากเสร็จสิ้นการเกลี่ยแต่งแล้ว เนื่องจากอาจมีการปรับเปลี่ยนในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการออกแบบและตำแหน่งของกำแพงปากท่อดังกล่าวได้ ในทำนองเดียวกันจะต้องไม่ก่อสร้าง บ่อพัก บ่อรับน้ำ และบ่อพักน้ำถึงระดับบนสุด จนกว่าจะเกลี่ยแต่งเสร็จสิ้นและมั่นใจว่าการเชื่อมต่อเป็นไปอย่างถูกต้องตามระดับที่ต้องการและสอดคล้องกับส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง เช่น ผิวทาง รางน้ำ และคันขอบทาง

ตะแกรง โครงสำหรับตะแกรง และฝาปิดบ่อพักน้ำหรือบ่อพักต้องวางยึดบนมอร์ตาร์ หรือยึดติดด้วยวิธีการอย่างอื่นตามที่แสดงไว้ในแบบ เพื่อให้ยึดแน่นในที่รวมทั้งได้ระดับและแนวที่ถูกต้อง

ท่อน้ำเข้าและออกที่บ่อพักน้ำหรือบ่อพักต้องยึดและตัดให้เสมอกับผนังด้านในของโครงสร้างดังกล่าว โดยต้องยื่นออกไปจากผนังด้านนอกเป็นระยะพอสมควร เพื่อให้มีระยะพอเพียงที่จะทำการต่อเชื่อม นอกจากนั้นยังต้องปิดรอยต่อรอบ ๆ ท่อกับผนังโครงสร้างด้วยมอร์ตาร์ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่กำหนด เพื่อที่จะป้องกันน้ำรั่วซึม

6.2.3 การวัดปริมาณงาน

วัดปริมาณงานโครงสร้างเบ็ดเตล็ดตามชนิดที่ระบุ โดยทั่วไปวัดเป็นแห่งหรือตามที่แบบกำหนด

6.2.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.3 งานขอบคันหินและรางตื้น (CONCRETE CURB AND GUTTER)

หมายถึง การก่อสร้างขอบคันหิน ขอบคันหินและรางตื้น และแผงกั้นคอนกรีต ตามตำแหน่งที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง กรณีไม่ได้ระบุตำแหน่งก่อสร้างต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานหรือผู้จัดการโครงการก่อนดำเนินงาน

6.3.1 วัสดุ

คอนกรีต เหล็กเสริม หรือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ต้องเป็นชั้นคุณภาพตามมาตรฐานที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง

6.3.2 วิธีการก่อสร้าง

การขุดต้องให้ได้ตามความลึกที่ต้องการ โดยบริเวณฐานต้องมีการบดอัดให้แน่นและเรียบ นอกจากนั้นหากพบวัสดุอ่อนหรือวัสดุที่ไม่เหมาะสม จะต้องรื้อออกและแทนที่ด้วยวัสดุที่เหมาะสมกับงาน หากมีวัสดุรองพื้นแสดงไว้ในแบบต้องใส่และบดอัดวัสดุรองพื้นให้ได้ตามความหนาที่กำหนด

ในกรณีที่ขอบคันหินอยู่ติดกับผิวทางคอนกรีต ต้องวางตำแหน่งรอยต่อเผื่อขยายในขอบคันหินให้ตรงกับรอยต่อเผื่อขยายในผิวทางคอนกรีต และเป็นระยะตามที่ระบุไว้ในแบบ

งานที่เสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องได้ค่าระดับที่กำหนดตามแบบก่อสร้าง เรียบไม่มีรอยหยักหรือบิด

6.3.3 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณให้วัดเป็นความยาวมีหน่วยเป็นเมตร

6.3.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.4 งานทางเท้า (SIDEWALK)

หมายถึง การก่อสร้างทางเท้าโดยใช้คอนกรีตหล่อในที่ แผ่นปูพื้นคอนกรีต คอนกรีตพิมพ์ลาย หรือวัสดุอื่น ๆ บนชั้นรองพื้นที่เตรียมไว้แล้ว ตามมาตรฐานและตามแนวระดับ ขนาด และชนิดตามที่แสดงไว้ในแบบ นอกจากนั้นยังรวมถึงการก่อสร้างบนเกาะกลาง หรือตามตำแหน่งและรายละเอียดที่แสดงไว้ในแบบ

6.4.1 วัสดุ

คอนกรีต เหล็กเสริม แผ่นปูพื้นคอนกรีต วัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ต้องเป็นชั้นคุณภาพและคุณสมบัติตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

6.4.2 วิธีการก่อสร้าง

ปรับพื้นที่ให้ได้ตามที่กำหนดและทำชั้นรองพื้นให้ได้รูปร่างตามหน้าตัดที่ระบุในแบบ หลังจากนั้นบดอัดให้ผิวเรียบเสมอกัน

ไม้แบบที่ใช้ต้องทำด้วยโลหะหรือไม้ที่มีความคงตัว แข็งแรง ไม่มีรอยโค้งและมีกำลังพอที่จะไม่โค้งผิดรูปภายใต้แรงดันขณะเทคอนกรีต เวลาใช้งานต้องยึดไม้แบบตามตำแหน่งและระดับให้ถูกต้อง

6.4.3 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานทางเท้าให้วัดเป็นพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร

6.4.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.5 งานปลูกหญ้า (GRASSING)

หมายถึง การเตรียมเมล็ด กล้า (Sprout) หรือแผ่นหญ้า (Sod) ตามที่กำหนด แล้วนำไปปลูกเพื่อให้ได้พื้นที่หญ้าที่สมบูรณ์และมีเสถียรภาพ ซึ่งจะสามารถเจริญเติบโตในทุกสภาวะอากาศ และช่วยป้องกันการกัดเซาะที่จะเกิดกับวัสดุที่อยู่ใต้หญ้า

งานปลูกหญ้านี้รวมถึงการเตรียม กล้าหญ้า แผ่นหญ้า หรือแถบแผ่นหญ้า เพื่อไปปลูกลงบนหน้าดินบนเชิงลาด คันทาง ขั้นรองพื้นทาง ไหล่ทาง หรือพื้นที่อื่น ๆ ที่ถูกกัดเซาะได้ง่าย ตามที่แสดงไว้ในแบบหรือได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

6.5.1 วัสดุ

หญ้า ต้องเป็นพันธุ์ที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย ต้องไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ และต้องไม่เป็นชนิดที่พบว่าเป็นศัตรูของการเกษตรด้วย นอกจากนี้จะต้องปลอดจากโรคและวัชพืช มีรากลึกและเจริญเติบโตเร็วพอควร โดยสามารถขึ้นคลุมพื้นที่ที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศได้ตามระยะที่กำหนด

คำว่า "หญ้า" ในที่นี้หมายรวมถึง แผ่นหญ้า กล้าหญ้า หน่อหญ้า เมล็ดหญ้า และอาจรวมถึงพืชชนิดอื่นที่สามารถทำหน้าที่ปกคลุมพื้นที่ได้เช่นเดียวกันหากหรือตามแบบที่กำหนดทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

ปุ๋ยที่ใช้จะต้องมีสารและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

6.5.2 วิธีการก่อสร้าง

การปลูกหญ้าโดยใช้เมล็ดต้องใช้วิธีที่มั่นใจได้ว่าหลังจากปลูกแล้ว หญ้าจะเติบโตอย่างสม่ำเสมอและเมล็ดหญ้าสามารถงอกได้โดยไม่ถูกน้ำชะล้างไปเสียก่อน

การปลูกหญ้าโดยใช้กล้าต้องทำการอภิบาลกล้าหญ้าก่อนนำไปปลูก เป็นแนวหรือแถวอย่างเป็นระเบียบ โดยหลังจากปลูกแล้วต้องช่วยชะลอน้ำไม่ให้ไหลผ่านเป็นทางตรงได้ แต่จะถูกบังคับให้ไหลคดเคี้ยวไปตามแนวหรือแถวกล้าหญ้า หรือตามที่กำหนดในเอกสารสัญญา

การปลูกหญ้าโดยใช้แผ่นหญ้าต้องปูแผ่นหญ้าเรียงต่อกันอย่างต่อเนื่องและชิดติดกันให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด

การปลูกหญ้าโดยใช้แถบแผ่นหญ้าต้องปูเว้นระยะห่างตามที่กำหนดในแบบ การปูแถบแผ่นหญ้าจะต้องปูให้แนบสนิทพาดไปตามแนวระดับความสูงเดียวกัน

การปลูกกล้าหญ้าและแผ่นหญ้าจะต้องปลูกให้รากหยั่งลึกลงไปในชั้นดินที่มีความมั่นคง การปลูกหญ้าต้องเลือกดำเนินการในระยะเวลา ช่วงเวลา และใช้วิธีการที่เหมาะสม เมื่อมีการตรวจรับงานรอบสุดท้าย

บริเวณที่มีการปลูกหญ้านั้นต้องมีหญ้าขึ้นปกคลุมในปริมาณที่มากพอ และหญ้ามีการเจริญเติบโตดี มีการกระจายตัวดี และไม่มีร่องน้ำปรากฏให้เห็น ในกรณีที่ปลูกหญ้าโดยใช้แถบแผ่นหญ้า อนุญาตให้บริเวณระหว่างแถบแผ่นหญ้าสามารถว่างอยู่ได้ขณะตรวจรับงานรอบสุดท้าย และในกรณีที่ปลูกหญ้าโดยใช้กล้าหญ้า อนุญาตให้บริเวณระหว่างแนวหรือแถวกล้าหญ้าเป็นพื้นที่ว่างอยู่ได้แต่จะต้องไม่มีร่องน้ำปรากฏให้เห็น

พื้นผิวที่จะปลูกหญ้าต้องมีการปรับแต่งชั้นสุดท้าย เพื่อที่หลังจากงานปลูกหญ้าแล้วเสร็จ ระดับของพื้นผิวจะเป็นตามที่ระบุไว้ในแบบ

ปุ๋ยจะใช้ในกรณีที่กำหนดไว้ในแบบหรือจำเป็นต้องใช้เพื่อให้หญ้าขึ้นคลุมพื้นที่ได้ ตามความต้องการภายในเวลาที่กำหนด

ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหญ้าจนกว่าจะสิ้นสุดระยะเวลาบำรุงรักษา (Maintenance Period) การบำรุงรักษาครอบคลุมถึง การดูแลรักษา การป้องกัน และการเปลี่ยนหญ้าหรืองานอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อจะรักษาสภาพไม่ให้เกิดการกัดเซาะ และเพื่อให้หญ้าเจริญเติบโตหนาแน่น และสม่ำเสมอกัน โดยผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบดูแลรักษา อภิบาลกล้า รดน้ำ กำจัดวัชพืช ใส่ปุ๋ย และตัดใบหญ้าตามระยะเวลาที่สมควร เพื่อให้ได้หญ้าที่สมบูรณ์และกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ตามต้องการตลอดระยะเวลาบำรุงรักษา

6.5.3 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานปลูกหญ้าให้วัดหลังจากปลูกและได้ทำการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว โดยวัดเป็นพื้นที่ที่ปลูกจริงไม่ว่าจะวัดตามแนวราบหรือตามเชิงลาด มีหน่วยเป็นตารางเมตร

6.5.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.6 งานดินคลุมผิว (TOPSOIL)

หมายถึง การจัดเตรียม การขนย้าย และเกลี่ยดินคลุมผิว ซึ่งนำมาจากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบตามข้อกำหนดนี้

6.6.1 วัสดุ

ดินคลุมผิวที่นำมาใช้จะต้องเป็นหน้าดินตามธรรมชาติ ซึ่งต้องเป็นดินปราศจากสิ่งแปลกปลอมอื่นเจือปน ซึ่งอาจจะเป็นอุปสรรคในการเจริญเติบโตของพืชคลุมดินในภายหลัง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน

6.6.2 วิธีการก่อสร้าง

ผู้รับจ้างจะต้องปาดเกลี่ยแต่งดินคลุมผิวให้สม่ำเสมอกันทั่วทั้งบริเวณให้ได้ตามความหนาตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง นอกจากนั้นจะต้องรักษาพื้นผิวจราจรให้สะอาดในระหว่างการขนย้าย หรือการเกลี่ยดิน

6.6.3 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานดินคลุมผิวให้วัดเป็นปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

6.6.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้หมายรวมถึงค่าจัดเตรียมและถมวัสดุ ค่าแรง ค่าอุปกรณ์ และอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานให้เสร็จเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.7 งานราวกันอันตราย (GUARDRAIL)

หมายถึง การจัดเตรียมและติดตั้งราวกันอันตราย ซึ่งเป็นอุปกรณ์กั้นข้างทางใช้สำหรับป้องกันสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัย เช่น ทางโค้งรัศมีแคบ คันทางสูง หรือบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางอันตรายข้างทาง เป็นต้น รูปแบบ และตำแหน่งที่ติดตั้งให้เป็นไปตามแบบก่อสร้าง และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานหรือผู้จัดการโครงการ

6.7.1 วัสดุ

วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง และได้รับการอนุมัติจากกรมทางหลวง

6.7.2 วิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้าง หลังจากที่ได้รับการอนุมัติการใช้วัสดุอุปกรณ์ รูปแบบ และตำแหน่งติดตั้ง ให้ดำเนินการก่อสร้างตามรูปแบบ และข้อกำหนดตามแบบก่อสร้าง

6.7.3 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณราวกันอันตรายให้วัดเป็นความยาวตามราวจากศูนย์กลางของเสาหนึ่งไปยังอีกเสาหนึ่ง สำหรับราวต่อเนื่อง มีหน่วยเป็นเมตร และจะไม่วัดส่วนปลายของราวแยกต่างหาก แต่คิดเป็นส่วนหนึ่งของงานราวกันอันตราย

6.7.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.8 งานเครื่องหมายและหลักนำทาง (MARKER AND GUIDE POST)

หลักนำทาง (Guide Post) เป็นเสาขนาดสั้นติดวัสดุสะท้อนแสงหรือทาสีสะท้อนแสง ติดตั้งไว้เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นแนวของถนนได้ดีขึ้น ทั้งในยามค่ำคืนหรือช่วงที่ทัศนวิสัยในการขับขี่ไม่ดี ทำให้การเดินทางมีความปลอดภัยมากขึ้น โดยวัตถุประสงค์ของการติดตั้งหลักนำทาง มีดังนี้

• เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงแนวทางหลวงที่เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น เช่น ทางโค้งราบ ทางโค้งดิ่ง ทางขึ้นเนิน

• เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงอุปสรรคข้างทาง เช่น ท่อระบายน้ำหรือคูน้ำข้างทาง

• เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงบริเวณที่กายภาพทางหลวงเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น บริเวณทางร่วม ทางแยก บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องจราจร

หลักกิโลเมตร (Kilometer Marker) การติดตั้งหลักกิโลเมตรจะติดตั้งริมถนนหรือเกาะกลางทุกระยะ 1 กิโลเมตร มี 2 รูปแบบ คือ หลักกิโลเมตร (Kilometer Stone) และป้ายกิโลเมตร (Kilometer Sign) ป้ายกิโลเมตรโดยทั่วไปใช้ในกรณีที่มีพื้นที่จำกัดที่ไม่สามารถติดตั้งหลักกิโลเมตรได้ หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ

ส่วนประกอบบนหลักกิโลเมตร (Kilometer Stone)

1. หมายเลขทางหลวง

2. ระยะทางเป็นกิโลเมตร นับจากจุดเริ่มต้นของถนนสายนั้น

3. สถานที่สำคัญที่อยู่ข้างหน้า พร้อมระบุระยะทางจากจุดที่ตั้งอยู่

หลักเขตทาง (Right of Way Monument)

• หลักเขตทางรูปแบบ A : เป็นรูปแบบแท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 7.5 x 15 เซนติเมตร ยาว 2.20 เมตร โดยทั่วไปใช้ในกรณีที่พื้นที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่นอกเมือง

• หลักเขตทางรูปแบบ B : เป็นรูปแบบหมุดทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ฝังยึดในโครงสร้างคอนกรีตที่มั่นคงแข็งแรงตามแนวเขตทาง เช่น กำแพงกันดิน ค.ส.ล. โดยทั่วไปใช้ในกรณีพื้นที่ในเมือง

• หลักเขตทางรูปแบบ C : เป็นรูปแบบหมุดทองเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ฝังยึดในแท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ขุดฝังตามแนวเขตทาง ใช้ในกรณีพื้นที่ในเมืองที่ไม่มีโครงสร้างถาวรตามแนวเขตทาง

6.8.1 วิธีการก่อสร้าง

ให้ดำเนินการก่อสร้างตามรูปแบบและข้อกำหนดตามสัญญา

6.8.2 การวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงาน ให้วัดโดยมีหน่วยเป็นหลัก ตามชนิดของหลักนั้น ๆ

6.8.3 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

6.9 งานศาลาผู้โดยสารรถประจำทาง (BUS STOP SHELTER)

หมายถึง การก่อสร้าง การจัดทำและติดตั้งศาลาผู้โดยสารรถประจำทาง ตามรายละเอียดที่แสดงในแบบก่อสร้าง การกำหนดตำแหน่งจะต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ ลักษณะของทางหลวง ความปลอดภัย และความสอดคล้องต่อการใช้งานของชุมชน

6.9.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามรูปแบบ ข้อกำหนด และตรงกับชนิดของศาลาผู้โดยสารรถประจำทาง

6.9.2 วิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้างจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานงานก่อสร้างอาคาร รายละเอียดของการก่อสร้างที่แสดงในแบบก่อสร้าง

6.9.3 การวัดปริมาณงาน

ปริมาณงาน จะวัดจ่ายเป็นแห่งที่ก่อสร้าง

6.9.4 การเบิกจ่ายค่างาน

การเบิกจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่าวัสดุต่าง ๆ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา