

ส่วนที่ ๒ ผลงานที่จะส่งประเมิน (เรียงลำดับตามความดีเด่นหรือความสำคัญ)

๑) ชื่อผลงาน

๑.๑) ผลงานลำดับที่ ๑ : การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางสำหรับการออกแบบงานก่อสร้างเพื่อปรับปรุง CROWN SLOPE และลดผลกระทบกับชุมชนระหว่างการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างโครงข่ายทางหลวงแผ่นดิน รหัสงาน ๑๒๑๐๐ กิจกรรมก่อสร้างเพิ่มประสิทธิภาพทางหลวง ทางหลวงหมายเลข ๑๑๖ ตอน ป่าสัก - สะปุ่น - บ้านเรื่อน

๑.๒) ชื่อผลงานลำดับที่ ๒ : งานตรวจสอบคุณภาพวัสดุและแก้ปัญหาการออกแบบส่วนผสม สำหรับงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ที่ชำรุดเสียหายด้วยวิธีหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING) ทางหลวงหมายเลข ๑๐๙๙ ตอน บ่อหลวง - แม่ตื่น ระหว่าง กม.๖๐+๖๒๕ - กม.๖๘+๐๐๐ ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

๒) ระยะเวลาที่ดำเนินการ

๒.๑) ผลงานลำดับที่ ๑ : กรกฎาคม ๒๕๖๔ - กันยายน ๒๕๖๕

๒.๒) ผลงานลำดับที่ ๒ : มกราคม ๒๕๖๕ - มิถุนายน ๒๕๖๕

๓) สัดส่วนในการดำเนินการเกี่ยวกับผลงาน

- ผลงานลำดับที่ ๑ : ตนเองปฏิบัติ ๘๐ %

รายละเอียดผลงาน

- ลงพื้นที่ตรวจสอบสภาพผิวทางและโครงสร้างชั้นทางเดิม
- ตรวจสอบปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) ประจำปี ๒๕๖๓
- วิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางเพื่อออกแบบโครงสร้างชั้นทางที่เหมาะสมกับปริมาณการจราจร

กรณีที่เป็นผลงานร่วมกันของบุคคลหลายคน

รายชื่อผู้ที่มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ	สัดส่วนผลงานของผู้ที่มีส่วนร่วม	ระบุรายละเอียดของผู้ที่มีส่วนร่วมในผลงาน
นางจิริกุล วงษ์รอด		๒๐ %	กำกับดูแลให้คำปรึกษา แนะนำการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างชั้นทางตามหลักวิศวกรรมและถูกต้องตามมาตรฐานกรมทางหลวง

- ผลงานลำดับที่ ๒ : ตนเองปฏิบัติ ๘๐ %

รายละเอียดผลงาน

- ศึกษารูปแบบการก่อสร้างจากแบบก่อสร้างคู่สัญญา
- ลงพื้นที่ตรวจสอบวัสดุในสนาม รวมถึงเก็บตัวอย่างเพื่อออกแบบส่วนผสมงาน Pavement In-Place Recycling ตามมาตรฐานและข้อกำหนดกรมทางหลวง
- ควบคุมและตรวจสอบคุณภาพวัสดุงาน Pavement In-Place Recycling

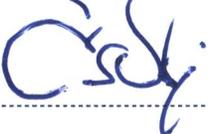
กรณีที่เป็นผลงานร่วมกันของบุคคลหลายคน

รายชื่อผู้ที่มีส่วนร่วม ในผลงาน	ลายมือชื่อ	สัดส่วนผลงาน ของผู้ที่มีส่วนร่วม	ระบุรายละเอียดของผู้ที่มีส่วนร่วมใน ผลงาน
นายนิทัศน์ จิตติวิสุทธิกุล	เกษียณอายุราชการ	๕ %	ให้คำแนะนำการตรวจสอบคุณภาพวัสดุ
นางจิรกุล วงษ์รอด		๑๕ %	กำกับดูแล ให้คำปรึกษา แนะนำการ ใช้วัสดุตามหลักวิศวกรรมและถูกต้อง ตามมาตรฐานกรมทางหลวง

๔) ข้อเสนอแนวความคิดการพัฒนาหรือปรับปรุงงาน (จำนวน ๑ เรื่อง)

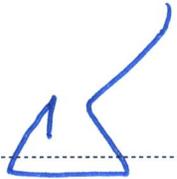
เรื่อง การประเมินค่ากำลังแบกทานของดินใต้ฐานราก โดยใช้ข้อมูลการจำแนกดินแบบ USCS (UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นถูกต้องและเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ)  (ผู้ขอรับการประเมิน)
 (นายศิริวิชญ์ ชุ่มไชยพฤษ) 
 วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
 (วันที่ ๑๕ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๘)

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

(ลงชื่อ)  (ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล)
 (นางจิริกุล วงษ์รอด) 
 วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
 (วันที่ ๑๕ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๘)

(ลงชื่อ)  (ผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไป)
 (นายวรศักดิ์ วงษ์รอด) 
 ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงที่ ๑ 
 (วันที่ ๑๗ เดือน ก.ค. พ.ศ. ๒๕๖๘)

หมายเหตุ คำรับรองจากผู้บังคับบัญชาอย่างน้อย ๒ ระดับ คือ ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล และผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไปอีก ๑ ระดับ เว้นแต่ในกรณีที่ผู้บังคับบัญชาดังกล่าวเป็นบุคคลคนเดียวกัน ก็ให้มีคำรับรอง ๑ ระดับได้

แบบเสนอเค้าโครงเรื่องโดยสรุปของผลงานและข้อเสนอแนวคิด

(กรณีเลื่อนประเภทวิชาการ ระดับชำนาญการ ระดับชำนาญการพิเศษ และระดับเชี่ยวชาญ)

ผลงานลำดับที่ ๑ : การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางสำหรับการออกแบบงานก่อสร้างเพื่อปรับปรุง CROWN SLOPE และลดผลกระทบกับชุมชนระหว่างการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างโครงข่ายทางหลวงแผ่นดิน รหัสงาน ๑๒๑๐๐ กิจกรรมก่อสร้างเพิ่มประสิทธิภาพทางหลวง ทางหลวงหมายเลข ๑๑๖ ตอน ป่าสัก - สะปุ่น - บ้านเรือน

๑. สรุปสาระสำคัญ

ทางหลวงหมายเลข ๑๑๖ เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งที่เชื่อมโยงระหว่างอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ไปยังอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ อีกทั้งสามารถใช้เส้นทางนี้เดินทางเข้าสู่อำเภอจอมทองผ่านอำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ไปยังจังหวัดแม่ฮ่องสอนได้โดยผ่านทางอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่งผลให้ผู้ใช้เส้นทางที่เดินทางมาจากจังหวัดกรุงเทพฯ ผ่านจังหวัดลำปาง เพื่อไปยังสถานที่ดังกล่าว โดยไม่ต้องผ่านอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาในการเดินทางเพิ่มมากขึ้น การเลือกเดินทางโดยใช้ทางหลวงหมายเลข ๑๑๖ เพื่อไปยังจุดหมายข้างต้นจึงเป็นการลดเวลาการเดินทางได้อย่างมาก ส่งผลให้ผู้ใช้เส้นทางเลือกใช้เส้นทางนี้เพิ่มมากขึ้น ตลอดจนการขนส่งสินค้าอุปโภค บริโภค ขนส่งสินค้าทางการเกษตร รวมทั้งผู้ใช้เส้นทางเพื่อการสัญจรในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ปริมาณการจราจรบนเส้นทางนี้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

รูปแบบเดิมของทางหลวงหมายเลข ๑๑๖ ตอน ป่าสัก - สะปุ่น - บ้านเรือน ระหว่าง กม.๑๕+๐๐๐ - กม.๑๗+๕๐๐ เป็นทางหลวง ๒ ช่องจราจร แบบไป - กลับ แบ่งทิศทางการจราจรด้วยสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีต ความกว้างช่องจราจรด้านละ ๓.๕๐ เมตร ไหล่ทางกว้างด้านละ ๒.๕๐ เมตร ในปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ กรมทางหลวง โดยแขวงทางหลวงลำพูน ได้ขอจัดสรรงบประมาณ ก่อสร้างเพิ่มประสิทธิภาพทางหลวง เพื่อรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น โดยส่วนสำรวจและออกแบบ สำนักงานทางหลวงที่ ๑ กรมทางหลวง มีบันทึกที่ สทล.๑.๓/(อ)/๖๖ ลงวันที่ ๑๕ กรกฎาคม ๒๕๖๔ ถึงส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ออกแบบโครงสร้างชั้นทาง เพื่อให้ส่วนสำรวจและออกแบบนำไปออกแบบรายละเอียดต่อไป ในการนี้ผู้ขอรับการประเมินได้รับมอบหมายจากผู้อำนวยการส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมให้ดำเนินการตรวจสอบสภาพทางปัจจุบัน ตรวจสอบปริมาณการจราจรนำมาวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางเพื่อออกแบบโครงสร้างชั้นทางให้เหมาะสม สามารถรองรับปริมาณการจราจรปัจจุบัน และดำเนินการในส่วนของการควบคุมคุณภาพวัสดุในโครงการก่อสร้างทางดังกล่าว

รูปแบบการก่อสร้างจะเพิ่มช่องจราจรจาก ๒ ช่องจราจร เพิ่มเป็น ๔ ช่องจราจร แบบไป ๒ กลับ ๒ แบ่งทิศทางการจราจรด้วยเกาะกลางแบบกดเป็นร่อง (Depressed Median) โดยก่อสร้างคันทางใหม่ด้านขวาทางจำนวน ๒ ช่องจราจรพร้อมไหล่ทาง ส่วนคันทางเดิมด้านซ้ายทางต้องการปรับลาดหลังทาง (Crown Slope) เพื่อระบายน้ำบนผิวทางจากลาดลงทั้งสองด้าน (Two Crown Slope) ปรับลดด้านซ้ายเพียงด้านเดียว (One Crown Slope) จึงพิจารณาออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทางในส่วนของคันทางใหม่ และพิจารณาออกแบบแนะนำรูปแบบการบูรณะหรือบำรุงพร้อมทั้งออกแบบแนะนำปรับลาดหลังทางบนคันทางเดิม เพื่อให้ส่วนสำรวจและออกแบบ สำนักงานทางหลวงที่ ๑ นำไปออกแบบรายละเอียดได้อย่างเหมาะสมต่อไป

๒. สรุปขั้นตอนการดำเนินการ

- ๒.๑) ศึกษารายละเอียดสำรวจเก็บวัสดุชั้นโครงสร้างคันทางเดิม วัสดุเดิมที่จะก่อสร้างคันทางใหม่ ลักษณะความเสียหายคันทางเดิม เพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมประกอบการออกแบบต่อไป
- ๒.๒) ศึกษาค้นคว้าวิธีการออกแบบโครงสร้างชั้นทางถนนลาดยางด้วยวิธีเชิงวิเคราะห์ (Analytical Design Method)

- ๒.๓) รวบรวมข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ออกแบบ อาทิ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) และเปอร์เซ็นต์รถบรรทุกหนัก (% Heavy Truck)
- ๒.๔) ดำเนินการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางเพื่อจัดทำรูปแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทางให้ส่วนสำรวจและออกแบบนำไปออกแบบรายละเอียดต่อไป

๓. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

๓.๑) ความยุ่งยากของฤดูกาลและพื้นที่ดำเนินการ

พื้นที่ดำเนินการบางส่วนผ่านย่านชุมชนสองข้างทาง ขั้นตอนระหว่างการก่อสร้างอาจสร้างผลกระทบต่อชุมชน อีกทั้งช่วงเวลาดำเนินการก่อสร้างอยู่ระหว่างฤดูฝน อาจส่งผลให้โครงสร้างชั้นทางเสียหายขณะกำลังดำเนินการก่อสร้างได้ การออกแบบวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางจะต้องคำนึงถึง รูปแบบการก่อสร้าง วัสดุสร้างทาง วิธีการดำเนินการ กระบวนการดำเนินการ และระยะเวลาดำเนินการ เพื่อให้การก่อสร้างแล้วเสร็จตามสัญญาและเป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดงานทางของกรมทางหลวง

๓.๒) ความยุ่งยากเกี่ยวกับการสำรวจเก็บตัวอย่างดินคันทางและโครงสร้างคันทางเดิม เพื่อประกอบการออกแบบวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง

การออกแบบความหนาของโครงสร้างทางของคันทางขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินคันทาง จึงจำเป็นต้องทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างตลอดแนวเส้นทางก่อสร้างเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมให้ละเอียดเพียงพอที่จะประกอบการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างชั้นทางในส่วนของคันทางก่อสร้างใหม่ด้านขวาทางได้เจาะเก็บตัวอย่างดินคันทางทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมตามกระบวนการต่างๆ เช่น หาความชื้นของดินในสนาม Atterberg Limit, Soil Classification, Compaction, CBR ฯลฯ ส่วนคันทางเดิมด้านซ้ายจะดำเนินการตรวจสอบสภาพปัจจุบันว่ามีการเสียหายหรือไม่ ถ้าเสียหายมีลักษณะแบบใด เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบแนะนำการบำรุงรักษาหรือการบูรณะต่อไป พร้อมกันนี้ได้เจาะสำรวจเก็บตัวอย่างชั้นทางเดิม เช่น ชั้นผิวทาง ชั้นพื้นทาง และชั้นรองพื้นทาง ทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ด้านวิศวกรรม เพื่อประกอบการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างทางได้อย่างเหมาะสม

๔. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ)

๔.๑) เชิงปริมาณ

จากการวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง โดยได้เปรียบเทียบความแข็งแรงและการรองรับปริมาณการจราจรของการก่อสร้างทั้งสองวิธี ผลสรุปได้รูปแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทางจำนวน ๑ รูปแบบเพื่อให้ส่วนสำรวจและออกแบบ สำนักงานทางหลวงที่ ๑ นำไปใช้ประกอบการออกแบบกำหนดละเอียดในส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป

๔.๒) เชิงคุณภาพ

ผลการออกแบบโครงสร้างชั้นทางเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ได้รูปแบบการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง มีรายละเอียดดังนี้

๔.๒.๑) คันทางเดิมด้านซ้ายทาง จากการวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางมีความความแข็งแรงสามารถรองรับปริมาณการจราจรได้ไม่ต่ำกว่า ๑๕ ปี แต่ต้องการปรับลาดหลังทาง (Crown Slope) จาก Two Crown เป็น One Crown จึงออกแบบแนะนำใช้แอสฟัลต์คอนกรีตปรับระดับ (Asphalt Concrete Levelling Course) แล้วเสริมผิวทาง (Asphalt Concrete Wearing Course) หนา ๕ เซนติเมตร

๔.๒.๒ คั่นทางใหม่ด้านขวาทาง จากการวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง กำหนดให้สามารถรองรับปริมาณการจราจรได้ไม่ต่ำกว่า ๑๕ ปี มีรายละเอียดชั้นทางดังนี้

- ผิวทาง (Asphalt Concrete Wearing Course) หนา ๕ เซนติเมตร
- รองผิวทาง (Asphalt Concrete Binder Course) หนา ๕ เซนติเมตร
- พื้นทางหินคลุก (Crushed Rock Soil Aggregate Type Base) หนา ๒๐ เซนติเมตร
- รองพื้นทางวัสดุมวลรวม (Soil Aggregate Subbase) หนา ๒๐ เซนติเมตร
- วัสดุคัดเลือก ก (Selected Material A) หนา ๑๕ เซนติเมตร
- ดินถมคั่นทาง (Earth Embankment) CBR \geq ๔ %

๕. ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ

๕.๑) ประโยชน์ด้านความคุ้มค่าและประสิทธิภาพการใช้งบประมาณ

ลดต้นทุนในการก่อสร้างและบำรุงรักษา : การออกแบบที่เหมาะสมจะช่วยให้เลือกใช้วัสดุและกำหนดความหนาของชั้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุที่เกินความจำเป็นหรือชั้นทางที่หนาเกินไปสำหรับปริมาณการจราจรที่ต่ำ ซึ่งช่วยลดต้นทุนการก่อสร้างเริ่มต้นได้มาก และในระยะยาว ชั้นทางที่ออกแบบมาอย่างถูกต้องจะมีความทนทานและเสื่อมสภาพช้าลง ทำให้ความถี่ในการบำรุงรักษาลดลง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมใหญ่ก็จะลดลงด้วย

ยืดอายุการใช้งานของถนน : เมื่อโครงสร้างชั้นทางมีความเหมาะสมกับน้ำหนักบรรทุกและการสัญจร รวมถึงสภาพแวดล้อมต่างๆ จะทำให้ถนนสามารถรองรับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยาวนานขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานของถนนออกไปได้หลายปี ลดความจำเป็นในการก่อสร้างใหม่หรือซ่อมแซมครั้งใหญ่บ่อยครั้ง

๕.๒) ประโยชน์ด้านความปลอดภัยและคุณภาพการเดินทาง

เพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ : ถนนที่มีโครงสร้างแข็งแรงและมีความราบเรียบสม่ำเสมอ จะช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากสภาพถนนที่ไม่ดี เช่น หลุมบ่อ รอยแตกกร้าว หรือการทรุดตัวของผิวจราจร ผู้ขับขี่จะสามารถควบคุมรถได้ง่ายขึ้น และลดความเสี่ยงจากการเสียการทรงตัว

ส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น : การเดินทางที่ราบรื่นและปลอดภัยช่วยลดความเครียดและความเหนื่อยล้าจากการขับขี่ ยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ทาง รวมถึงส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยรวมจากการขนส่งสินค้าและบริการที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

๕.๓) ประโยชน์ด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน

การบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ : การวิเคราะห์ที่แม่นยำจะช่วยให้กรมทางหลวงสามารถวางแผนการใช้ทรัพยากรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุก่อสร้าง เครื่องจักร หรือบุคลากรได้อย่างเหมาะสม ลดการสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม : การออกแบบที่เหมาะสมสามารถลดปริมาณการใช้วัสดุบางชนิด หรือเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น รวมถึงลดความจำเป็นในการรื้อถอนและก่อสร้างใหม่บ่อยครั้ง ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบอื่นๆ ต่อสิ่งแวดล้อม

ชื่อผลงานลำดับที่ ๒ : งานตรวจสอบคุณภาพวัสดุและแก้ปัญหาการออกแบบส่วนผสม สำหรับงานบурณะทางผิวแอสฟัลต์ที่ชำรุดเสียหายด้วยวิธีหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING) ทางหลวงหมายเลข ๑๐๙๙ ตอน บ่อหลวง - แม่ตั้น ระหว่าง กม.๖๐+๖๒๕ - กม.๖๘+๐๐๐ ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

๑. สรุปสาระสำคัญ

ทางหลวงหมายเลข ๑๐๙๙ เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งที่แยกจากทางหลวงหมายเลข ๑๐๘ บริเวณกิโลเมตรที่ ๑๒๗+๐๐๐ เริ่มต้นหลักกิโลเมตร ๐+๐๐๐ ที่ บ้านบ่อหลวง ตำบลบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ สิ้นสุดที่หลักกิโลเมตร ๑๒๔+๙๕๐ ที่ บ้านแม่ตั้น ตำบลแม่ตั้น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ รวมระยะทางทั้งสิ้น ๑๒๔.๙๕๐ กิโลเมตร และสามารถเดินทางต่อไปอำเภอท่าสองยาง จังหวัดตากได้โดยใช้เส้นทางของกรมทางหลวงชนบท

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ แขวงทางหลวงเชียงใหม่ที่ ๑ ได้รับจัดสรรงบประมาณจากจังหวัดเชียงใหม่ ตามสัญญาที่ ชม.๑/จว./๑๒/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๑๘ มกราคม ๒๕๖๕ โครงการตามแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ จังหวัดเชียงใหม่ โครงการส่งเสริมการท่องเที่ยวเพิ่มมูลค่าเชื่อมโยงธรรมชาติและเศรษฐกิจท้องถิ่น กิจกรรมหลักกิจกรรมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการท่องเที่ยว กิจกรรมย่อยที่ ๒ บुरณะทางผิวแอสฟัลต์เดิมที่ชำรุดเสียหายด้วยวิธีหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement In-Place Recycling) ทางหลวงหมายเลข ๑๐๙๙ ตอน บ่อหลวง - แม่ตั้น ระหว่าง กม. ๖๐+๖๒๕ - กม.๖๘+๐๐๐ ตำบลอมก๋อย ตำบลยางเปียง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

รูปแบบเดิมทางหลวงหมายเลข ๑๐๙๙ ตอน บ่อหลวง - แม่ตั้น เป็นทางหลวง ๒ ช่องจราจรแบบไป - กลับ แบ่งทิศทางการจราจรด้วยสีตีเส้น ความกว้างช่องจราจรด้านละ ๓.๕๐ เมตร ไหล่ทางกว้างด้านละ ๐.๓๐ เมตร ผิวทางเดิมช่วง กม. ที่ดำเนินการตามสัญญา เป็นแบบเคพซีล (Cape Seal) หนาประมาณ ๒ - ๓ เซนติเมตร วัสดุพื้นทางเดิม (Base Course) เป็นวัสดุหินคลุกหนาประมาณ ๕ เซนติเมตร ถัดจากชั้นพื้นทางลงไปเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นดินเม็ดละเอียดปนทราย ซึ่งจะดำเนินการบुरณะด้วยวิธีหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement In-Place Recycling) ความลึกในการขุดรื้อ ๒๐ เซนติเมตร ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.- ม ๒๑๓/๒๕๔๓ การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling)

ผู้ขอรับการประเมินได้รับมอบหมายจากผู้อำนวยการส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมสำนักงานทางหลวงที่ ๑ ให้ดำเนินการควบคุมคุณภาพด้านวัสดุในงานสัญญาดังกล่าว จึงได้สำรวจสภาพถนนเดิมและเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุผิวทางเดิม, วัสดุพื้นทางเดิมและวัสดุรองพื้นทางเดิม นำมาวิเคราะห์คุณภาพของวัสดุเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบส่วนผสมสำหรับงานบурณะด้วยวิธีหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement In-Place Recycling) ในห้องปฏิบัติการต่อไป

๒. สรุปขั้นตอนการดำเนินการ

๒.๑) การสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้น

- เก็บข้อมูลสภาพถนนเดิม
- ความเสียหาย: รอยแตก, ร่องล้อ, การทรุดตัว
- ความหนาและโครงสร้างชั้นทาง

๒.๒) เจาะเก็บตัวอย่างวัสดุถนนเดิม

- ใช้เครื่องเจาะ (Core Drill) หรือ รถขุดตัก (Backhoe) เพื่อเก็บตัวอย่าง
- แบ่งตามชั้นโครงสร้างทางเดิม (ผิวทาง, พื้นทาง, รองพื้นทาง)

๒.๓) การทดสอบวัสดุเดิมในห้องปฏิบัติการ

- วิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน (Sieve Analysis) เพื่อดูว่ามีสัดส่วนของทรายและดินละเอียดเท่าใด
- ทดสอบ Plasticity Index (PI) สำหรับยืนยันว่าไม่มีหรือมีความเชื่อมแน่นน้อย
- ทดสอบ CBR (California Bearing Ratio) เพื่อประเมินความสามารถในการรับแรงของวัสดุเดิม
- ทดสอบ Moisture – Density Relationship (Proctor Test) หาความชื้นที่เหมาะสมและความหนาแน่นแห้งสูงสุด

๒.๔) การออกแบบส่วนผสมโดยใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ (Stabilizing Agents)

- เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงโดยการยึดเกาะหว่างเม็ดดิน
- ผสมวัสดุปรับปรุงในอัตราส่วน ๒%, ๓%, ๔%, ๕ % โดยน้ำหนัก
- ควบคุมความชื้นในแต่ละชุดทดลอง ตาม OMC ที่ได้จาก Proctor Test
- บ่ม (Curing) ตัวอย่าง ๗ วัน โดยทำตัวอย่างแต่ละอัตราส่วนปูนซีเมนต์จำนวนละ ๓ ตัวอย่าง
- บ่มครบ ๗ วัน นำตัวอย่างมาทดสอบกำลังรับแรงอัด ตามวิธีการทดลองที่ ทล.- ท ๑๐๕/๒๕๑๕ “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน”

๒.๕) การวิเคราะห์ผลและเลือกส่วนผสมที่เหมาะสม

- พิจารณาค่า Unconfined Compressive Strength (UCS) ตามที่รูปแบบกำหนด ในที่นี้กำหนด ค่า UCS ต้องไม่น้อยกว่า ๒๔.๕ ksc
- เลือกสัดส่วนการผสมวัสดุกับปูนซีเมนต์ที่ให้ค่า UCS ตามรูปแบบกำหนดในระดับที่ปลอดภัย

๒.๖) การยืนยันผลในสนาม (Field Verification / Trial Section)

- กำหนดทำแปลงทดสอบ (Trial Section / Test Section)
- ควบคุมอัตราส่วนผสม (ปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์, ปริมาณความชื้น)
- ควบคุมการบดอัด, ความแน่นในสนาม

๓. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

การออกแบบส่วนผสม Recycling กรณีที่ใช้วัสดุ ไม่มีความเชื่อมแน่น (Granular Material) เช่น ดินปนทราย กรวด ซึ่งมักนำไปสู่การใช้ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนสูง จนทำให้เกิด ปัญหาการแตกร้าวของถนน จำเป็นต้องใช้แนวทางที่มีทั้งมิติด้านเทคนิควิศวกรรมและการควบคุมการก่อสร้างร่วมกัน เพื่อให้วัสดุมีทั้ง

ความแข็งแรงเพียงพอ และ ความยืดหยุ่นต่อพฤติกรรมจริงของชั้นทาง ซึ่งได้แยกประเด็นความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ รวมถึงแนวทางการแก้ปัญหาได้ดังนี้

๓.๑) วัสดุไม่มีความสามารถในการยึดเกาะตัวเอง (Cohesion ≈ 0)

- ดินปนทราย หรือ กรวด ไม่สามารถสร้างโครงสร้างเสถียรได้ด้วยตัวเอง
- การออกแบบส่วนผสมจึงต้อง "เพิ่ม" ส่วนผสมด้วยปูนซีเมนต์ในสัดส่วนสูง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดในรูปแบบ (UCS ไม่น้อยกว่า ๒๔.๕ ksc)

๓.๒) การออกแบบสัดส่วนปูนซีเมนต์ที่สูง ทำให้วัสดุมีพฤติกรรม "เปราะ" (Brittle)

- ปูนซีเมนต์มีคุณสมบัติรับแรงอัดได้ดี แต่รับแรงดึงและแรงดัดได้ต่ำ
- หากใช้อัตราส่วนซีเมนต์สูงเกินไปวัสดุที่ได้จะขาดความเหนียวและความยืดหยุ่น
- เมื่อถนนเจอการทรุดตัวเล็กน้อย การจราจรหนัก หรือการเปลี่ยนอุณหภูมิอาจส่งผลให้เกิดรอยร้าว (Cracks) ได้ง่าย

๓.๓) เกิดการหดตัว (Shrinkage Cracking)

- ปูนซีเมนต์มีคุณสมบัติหดตัวเมื่อแห้งและแข็งตัว
- ในวัสดุฐานที่ไม่มีดินเหนียวช่วยกักเก็บน้ำ การระเหยของน้ำจะเร็วทำให้เกิดการ Shrinkage Cracks เกิดเร็วและรุนแรง

๓.๔) การออกแบบส่วนผสมโดยยึดตามค่ากำลังรับแรงอัด (UCS) อย่างเดียว ไม่พิจารณาความยืดหยุ่น

- การเน้นให้ได้ค่ากำลังอัด (UCS) ตามรูปแบบในห้องปฏิบัติการอาจทำให้ส่วนผสมที่ได้ใช้ปูนซีเมนต์มากเกินไป
- แต่ในความเป็นจริง ถนนไม่ต้องการแค่ความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว แต่ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงและการสั่นสะเทือน ด้วย
- การขาดคุณภาพนี้อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างถนนเร็วขึ้น

๓.๕) แนวทางการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

- ลดปริมาณปูนซีเมนต์ลงให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ใช้ หลักการ “Minimum Cement Content” โดยอ้างอิงค่าความแข็งแรงที่เหมาะสมกับชนิดการใช้งาน ปรับลดค่า UCS ให้เหมาะสม โดยที่ถนนยังสามารถรองรับปริมาณการจราจรได้โดยไม่เสียหาย
- ทดสอบอย่างรอบคอบในห้องปฏิบัติการ (Lab Optimization) เพื่อลดความเสี่ยงการออกแบบที่ “แข็งเกินไป” เพื่อลดพฤติกรรมเปราะ ลดความเสี่ยงแตกร้าวแบบ Shrinkage

๔. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ)

๔.๑) เชิงปริมาณ

จากการวิเคราะห์คุณภาพวัสดุและออกแบบส่วนผสมในห้องปฏิบัติการทำให้ได้อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเดิมกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม ส่งผลให้ลดการใช้ปูนซีเมนต์ลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ ๒๐ แต่ถนนยังคงความแข็งแรง อีกทั้งลดโอกาสเกิดการแตกร้าวและการเสียหายของโครงสร้างทางในอนาคต ช่วยลดรอบการซ่อมบำรุงทำให้ลดต้นทุนงานก่อสร้างเนื่องจากออกแบบปรับลดการรับกำลังอัดให้เหมาะสมกับวัสดุเดิมและ

เป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดของกรมทางหลวง สามารถรองรับปริมาณการจราจรที่อาจเพิ่มในอนาคตได้ไม่น้อยกว่า ๗ ปี

๔.๒ เชิงคุณภาพ

ผลสำเร็จของงานเชิงคุณภาพ แยกเป็นประเด็นดังนี้

๔.๒.๑ คุณภาพของวัสดุที่ดีขึ้นและมีพฤติกรรมเหมาะสมกับการใช้งาน

- ส่วนผสมที่ปรับปรุงแล้วมีความสมดุลระหว่าง ความแข็งแรง และ ความยืดหยุ่น
- ลดความเปราะ (Brittle Failure) โครงสร้างถนนรองรับน้ำหนักได้ดีขึ้นโดยไม่แตกร้าว
- มีการกระจายแรงได้สม่ำเสมอ มากขึ้นทั่วพื้นที่ถนน
- โครงสร้างถนนมีพฤติกรรมใกล้เคียงกับวัสดุชั้นฐานชนิดดี (Well-Graded Granular Material)

๔.๒.๒ ลดปัญหาการแตกร้าวและการซ่อมแซมบ่อยครั้ง

จากการปรับลดอัตราปูนซีเมนต์ ส่งผลให้โครงสร้างทนต่อ แรงดัด, แรงเฉือน, และ การหดตัวได้ดีขึ้น ไม่พบรอยแตกร้าวบนผิวทาง ภาพลักษณ์ถนนดีขึ้น ประชาชนรู้สึกถึงความเรียบและปลอดภัยมากขึ้น

๔.๒.๓ เพิ่มความยืดหยุ่นในการก่อสร้างและการใช้งานวัสดุ

วัสดุเดิมที่มีคุณภาพต่ำ เช่น ดินผสมทราย สามารถนำกลับมาใช้ได้มากขึ้น ไม่ต้องขนวัสดุใหม่ เช่น หินคลุก จากแหล่งไกลจึงลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เปิดโอกาสให้เกิดการปรับปรุงตามเงื่อนไขเฉพาะของแต่ละพื้นที่

๔.๒.๔ ส่งเสริมความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อม

- ลดการใช้ปูนซีเมนต์ ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากกระบวนการผลิต
- ลดการขนส่งวัสดุ ลดการปล่อยมลพิษจากเครื่องจักร
- ส่งเสริมการใช้วัสดุหมุนเวียนจากถนนเดิม

๕. ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ

๕.๑) ได้ทางหลวงที่มีมาตรฐานและเป็นไปตามหลักวิศวกรรม

๕.๒) ได้วัสดุก่อสร้างทางที่เหมาะสม มีคุณภาพสามารถรองรับปริมาณการจราจรทั้งปัจจุบันและอนาคตได้ไม่ต่ำกว่า ๗ ปี

๕.๓) ใช้ทรัพยากรเดิมที่มีได้อย่างคุ้มค่า ไม่มีวัสดุเหลือทิ้ง ลดการสิ้นเปลืองงบประมาณจากการใช้วัสดุใหม่

หมายเหตุ : ๑. ระดับชำนาญการ เขียนผลงาน ๒ เรื่อง และข้อเสนอแนวคิด ๑ เรื่อง

๒. ระดับชำนาญการพิเศษ และระดับเชี่ยวชาญ เขียนผลงาน ๓ เรื่อง และข้อเสนอแนวคิด ๑ เรื่อง

๓. ให้ผู้ขอรับการประเมินบุคคล อธิบายรายละเอียดเค้าโครงเรื่องโดยสรุปของผลงาน ไม่น้อยกว่า ๑ หน้ากระดาษ A๔ และไม่เกิน ๓ หน้ากระดาษ A๔ ต่อ ๑ ผลงาน

ชื่อข้อเสนอแนวคิด

เรื่อง การประเมินค่ากำลังแบกทานของดินใต้ฐานราก โดยใช้ข้อมูลการจำแนกดินแบบ USCS (UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM)

๑. สรุปหลักการและเหตุผล

การประเมินค่ากำลังแบกทานของดิน (Bearing Capacity) เป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบฐานรากของโครงสร้างวิศวกรรมโยธา เพื่อให้มั่นใจว่าฐานรากสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกทุกจากโครงสร้างได้อย่างปลอดภัย โดยไม่เกิดการวิบัติจากการทรุดตัวมากเกินไปหรือการเฉือนขาดของดิน อีกทั้งลดความเสี่ยงจากการทรุดตัวของโครงสร้างในอนาคต และยังเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างรวมถึงลดค่าใช้จ่าย

การประเมินค่ากำลังแบกทานของดิน (Bearing Capacity) สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

๑.๑ วิธีการทดสอบในสนาม (In-situ Tests)

เป็นวิธีการประเมินกำลังรับน้ำหนักแบกทานโดยตรงหรือโดยอ้อม โดยการทดสอบในสถานที่จริง ซึ่งดินยังคงอยู่ในสภาพธรรมชาติที่ถูกรบกวนน้อยที่สุด

๑.๑.๑ การทดสอบ Plate Bearing Test (PBT) เป็นการทดสอบโดยใช้แผ่นเหล็กกลมหรือสี่เหลี่ยมวางบนดินแล้วทำการกดด้วยแรงที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง พร้อมทั้งวัดค่าการทรุดตัวของแผ่นเหล็ก เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับค่าการทรุดตัว และนำไปประเมินกำลังรับน้ำหนักแบกทานที่ยอมให้ของดิน

๑.๑.๒ การทดสอบ Standard Penetration Test (SPT) เป็นการทดสอบโดยการตอกกระบอกผ้าซีกมาตรฐานลงไปบนดินด้วยน้ำหนักที่กำหนด แล้วนับจำนวนครั้งที่กระบอกตอก (N-value) ที่ทำให้กระบอกเจาะจมลงไป ๓๐ เซนติเมตร โดยค่า N-value นี้จะนำไปใช้ในการประเมินคุณสมบัติของดิน เช่น ความแน่นของดินทราย, ความแข็งแรงของดินเหนียว และนำไปสัมพันธ์กับค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทานของดิน

๑.๑.๓ การทดสอบ Vane Shear Test (VST) เป็นการทดสอบสำหรับดินเหนียวอ่อน โดยการสอดใบพัด (vane) ลงไปในดินแล้วทำการหมุนเพื่อหาแรงเฉือนประลัยของดินเหนียว (undrained shear strength, s_u) โดยตรง

๑.๒ วิธีการคำนวณตามหลักทฤษฎี (Analytical Methods / Theoretical Methods)

วิธีนี้จะใช้สูตรทางทฤษฎีทางกลศาสตร์ดิน เพื่อคำนวณหาลำดับรับน้ำหนักแบกทานของดิน โดยอิงจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของดินที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการหรือในสนาม

๑.๒.๑ ทฤษฎีของ Terzaghi เป็นทฤษฎีพื้นฐานที่นิยมใช้ในการประมาณค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทานประลัยของดินใต้ฐานรากตื้น โดยพิจารณาการวิบัติแบบ General Shear Failure มีสูตรที่แตกต่างกันตามรูปร่างของฐานราก (ฐานรากต่อเนื่อง, ฐานรากสี่เหลี่ยมจัตุรัส, ฐานรากกลม)

๑.๒.๒ ทฤษฎีของ Meyerhof เป็นการพัฒนาต่อยอดจากทฤษฎีของ Terzaghi เพื่อให้ครอบคลุมเงื่อนไขต่างๆ มากขึ้น เช่น ผลกระทบของความลึกของฐานราก, รูปร่างของฐานราก, ความเอียงของน้ำหนักบรรทุก, และความเอียงของฐานราก

๑.๓ วิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Tests)

เป็นการนำตัวอย่างดินที่เก็บได้จากสนามมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของดิน ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณกำลังรับน้ำหนักแบกทานตามทฤษฎี

๑.๓.๑ การทดสอบ Unconfined Compression Test (UCT) เป็นการทดสอบดินเหนียวแบบไม่ระบายน้ำ โดยการอัดตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกจนกระทั่งวิบัติ เพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (c_u) โดยตรง

๑.๓.๒ การทดสอบ Direct Shear Test (DST) ทดสอบโดยการใส่ตัวอย่างดินลงในกล่องทดสอบแล้วใช้แรงกดในแนวดิ่ง และแรงเฉือนในแนวราบ เพื่อหาค่ามุมเสียดทานภายใน (ϕ) และแรงเชื่อมแน่น (c) ของดิน

จากวิธีการประเมินค่ากำลังแบกทานของดินที่กล่าวมา แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยต่างกัน แต่ที่พบเห็นบ่อยครั้งคือการทดสอบ Plate Bearing Test (PBT) ซึ่งเป็นการทดสอบในสนาม มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานานจึงทราบผล ผู้เข้ารับการประเมินซึ่งปฏิบัติงานประจำหน่วยงานส่วนภูมิภาค (สำนักงานทางหลวงที่ ๑) มีแนวคิดว่าจะถ้าใช้วิธีที่ ๑.๓ (วิธีทดสอบในห้องปฏิบัติการ) จะสามารถทราบค่ากำลังแบกทานของดินได้รวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีที่ ๑.๑ (วิธีการทดสอบในสนาม) แต่หน่วยงานส่วนภูมิภาคอาจมีข้อจำกัดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบดังกล่าว เช่น เครื่องทดสอบ Direct Shear Test (DST) ซึ่งสามารถทราบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ประกอบการคำนวณตามทฤษฎีของ Terzaghi วิธีที่ ๑.๒ (วิธีการคำนวณตามหลักทฤษฎี) ซึ่งผู้เข้ารับการประเมินมีแนวคิดการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดสอบคุณสมบัติของดินเบื้องต้นที่ทุกหน่วยงานต้องมีอยู่แล้ว เช่น ชุดทดสอบการจำแนกประเภทของดิน ชุดทดสอบการหาค่าขีดจำกัดเหลวของดิน ชุดทดสอบความแน่นแห้งของดิน เป็นต้น แนวคิดในการประเมินค่ากำลังแบกทานของดินโดยการนำข้อมูลการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะข้อมูลที่ได้จากการจำแนกดินแบบ USCS (Unified Soil Classification System) ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยง่ายไม่ยุ่งยากใช้เวลาไม่มากเพื่อให้ทราบค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการประเมินค่ากำลังแบกทานของดินตามทฤษฎีของ Terzaghi ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติของวิศวกรรมปฐพี โดยมีหลักการและเหตุผล ดังนี้

หลักการ

๑. หลักการพื้นฐานของทฤษฎี Terzaghi : ทฤษฎีของ Terzaghi (๑๙๔๓) เป็นรากฐานสำคัญในการคำนวณกำลังรับน้ำหนักแบกทานประลัย (Ultimate Bearing Capacity, q_u) ของฐานรากที่ขึ้นโดยพิจารณาถึงกลไกการวิบัติของดินใต้ฐานรากที่เรียกว่า "General Shear Failure" ซึ่งดินจะเกิดการเฉือนและเคลื่อนที่ออกไปด้านข้าง มีสูตรพื้นฐานดังนี้:

- สำหรับฐานรากต่อเนื่อง (Strip Footing) : $q_u = cN_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma$
- สำหรับฐานรากสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Footing) : $q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$
- สำหรับฐานรากกลม (Circular Footing) : $q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$

โดยที่ :

- q_u = กำลังรับน้ำหนักแบกทานประลัย (Ultimate Bearing Capacity)
- c = ค่าแรงเชื่อมแน่นของดิน (Cohesion)
- q = ค่าแรงดันของดินเหนือฐานราก หรือ γD_f (Surcharge)

- γ = หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight of Soil)
- B = ความกว้างของฐานราก (หรือเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฐานรากกลม)
- D_f = ความลึกของฐานราก
- N_c, N_q, N_γ = ค่าตัวประกอบกำลังรับน้ำหนักแบกทานของ Terzaghi ซึ่งขึ้นอยู่กับค่ามุมเสียดทานภายใน (φ) ของดิน

จะเห็นได้ว่าการจะใช้สูตรของ Terzaghi ได้นั้น จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติทางกลของดินที่สำคัญ ๓ ประการ คือ : ๑. ค่าแรงเชื่อมแน่น (c), ๒. ค่ามุมเสียดทานภายใน (φ) และ ๓. ค่าหน่วยน้ำหนัก (γ)

๒. บทบาทของการจำแนกดินแบบ USCS ในห้องปฏิบัติการ : ระบบการจำแนกดินแบบ Unified Soil Classification System (USCS) เป็นมาตรฐานสากลที่ใช้ในการจัดกลุ่มดินตามคุณสมบัติทางกายภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาดเม็ดดินและการแสดงพฤติกรรมความเหนียว/อ่อนตัว (Plasticity) ซึ่งได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เช่น การวิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน (Sieve Analysis และ Hydrometer Test) และการทดสอบ Atterberg Limits (Liquid Limit, Plastic Limit, Plasticity Index)

๒.๑ การจำแนกดินตาม USCS จะระบุประเภทของดินด้วยสัญลักษณ์ ๒ ตัวอักษร เช่น:

- ดินเม็ดหยาบ (Coarse-Grained Soils):
 - กรวด (Gravel): GW (Well-graded gravel), GP (Poorly-graded gravel), GM (Silty gravel), GC (Clayey gravel)
 - ทราย (Sand): SW (Well-graded sand), SP (Poorly-graded sand), SM (Silty sand), SC (Clayey sand)
- ดินเม็ดละเอียด (Fine-Grained Soils):
 - ดินทรายแป้ง (Silt): ML (Low plasticity silt), MH (High plasticity silt)
 - ดินเหนียว (Clay): CL (Low plasticity clay), CH (High plasticity clay)
 - ดินอินทรีย์ (Organic Soil): OL (Low plasticity organic soil), OH (High plasticity organic soil), PT (Peat)

เหตุผลและแนวคิดในการประยุกต์ใช้ร่วมกัน

การนำข้อมูลการจำแนกดินแบบ USCS มาร่วมกับการประเมินกำลังแบกทานตามทฤษฎี Terzaghi มีเหตุผลและแนวคิดหลัก ดังนี้

๑. การระบุชนิดดินเพื่อคาดคะเนคุณสมบัติทางกลเริ่มต้น (Preliminary Estimation of Soil Parameters)
 - การจำแนกดินด้วย USCS ช่วยให้สามารถระบุประเภทของดินได้อย่างชัดเจน ซึ่งแต่ละประเภทจะมีพฤติกรรมทางกลและคุณสมบัติโดยประมาณที่แตกต่างกัน เช่น
 - ดินทราย (Sand, S): โดยทั่วไปจะมีค่า $c \approx 0$ และมีค่า φ สูง
 - ดินเหนียว (Clay, C): โดยทั่วไปจะมีค่า c สูงและค่า $\varphi \approx 0$ (ในสถานะไม่ระบายน้ำ)

- ดินประเภทอื่น ๆ (GM, GC, SM, SC, ML, MH): เป็นดินผสม ซึ่งอาจมีทั้งค่า c และ ϕ ที่ มีนัยสำคัญ
 - การจำแนกดินจะช่วยเป็นแนวทางเบื้องต้นในการเลือกวิธีการทดสอบเพิ่มเติม และการประมาณค่าพารามิเตอร์ c และ ϕ ที่เหมาะสมในกรณีที่มีข้อมูลการทดสอบเชิงกล (เช่น Triaxial test, Direct Shear test) ยังไม่สมบูรณ์ หรือเพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของค่าที่ได้จากการทดสอบเชิงกล
๒. การเลือกใช้สมการและเงื่อนไขที่เหมาะสมในทฤษฎี Terzaghi : มีข้อสมมติฐานและเงื่อนไขที่แตกต่างกันสำหรับดินประเภทต่างๆ
๓. การตีความผลการทดสอบเชิงกล (Interpretation of Geotechnical Test Results) : การจำแนกดินช่วยยืนยันประเภทของตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ เช่น หากจำแนกได้ว่าเป็นดินทราย (SW) แต่ผลการทดสอบ Triaxial Test กลับให้ค่า c ที่สูงมากและค่า ϕ ที่ต่ำมาก อาจบ่งชี้ว่ามีการปนเปื้อนในตัวอย่าง หรือมีความคลาดเคลื่อนในการทดสอบ ทำให้ต้องพิจารณาตรวจสอบข้อมูลอีกครั้ง นอกจากนี้บางครั้งการทดสอบเชิงกลอาจให้ค่าพารามิเตอร์ที่คลาดเคลื่อน USCS จะช่วยเป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาความสมเหตุสมผล

๒. บทวิเคราะห์/แนวความคิด/ข้อเสนอ และข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

๒.๑ บทวิเคราะห์

การประเมินค่ากำลังแบกทานของดินมักจะอาศัยข้อมูลจากการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม อย่างไรก็ตาม ในบางกรณี โดยเฉพาะในระยะเริ่มต้นของการออกแบบ หรือเมื่อข้อมูลการทดสอบมีจำกัด การใช้ข้อมูลการจำแนกดินแบบ USCS สามารถเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการประเมินค่ากำลังแบกทานเบื้องต้นได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ USCS กับกำลังแบกทาน

๒.๒ แนวความคิด

แนวคิดในการเขียนผลงานนี้คือการพัฒนาแนวทางหรือเครื่องมือเบื้องต้นสำหรับการประเมินค่ากำลังแบกทานของดินได้ฐานราก โดยใช้ข้อมูลการจำแนกดินแบบ USCS เป็นหลัก และผสมผสานกับการใช้สมการกำลังแบกทานมาตรฐาน โดยแยกประเด็นแนวคิด ดังนี้

- ๒.๒.๑ รวบรวมข้อมูลจำแนกดิน USCS : เริ่มต้นจากการจำแนกดินในพื้นที่ศึกษาตามระบบ USC อย่างละเอียด ซึ่งอาจรวมถึงการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินในห้องปฏิบัติการ เช่น การวิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน (Sieve Analysis), การทดสอบ Atterberg Limits (Liquid Limit, Plastic Limit) เพื่อให้ได้สัญลักษณ์ USCS ของดินแต่ละชั้น
- ๒.๒.๒ กำหนดช่วงพารามิเตอร์ของดินแต่ละประเภท USCS : สำหรับแต่ละสัญลักษณ์ USCS ที่ได้ให้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยและตารางคุณสมบัติของดินจากเอกสารอ้างอิงทางวิศวกรรมธรณีเพื่อกำหนด "ช่วงค่า" ของพารามิเตอร์ทางวิศวกรรมที่สำคัญ ได้แก่ ค่าหน่วยน้ำหนักดิน (γ) ค่าความแข็งแรงเฉือนของดิน (c และ ϕ)
- ๒.๒.๓ เลือกสมการกำลังแบกทานที่เหมาะสม: เลือกใช้สมการกำลังแบกทานของดินที่เหมาะสมกับประเภทของดิน (เช่น Terzaghi สำหรับดินเหนียว, Meyerhof หรือ Hansen สำหรับดินทรายที่มีความซับซ้อนมากขึ้น)

- ๒.๒.๔ กำหนดเกณฑ์การออกแบบที่ปลอดภัย: ใช้ Factor of Safety (F.S.) เพื่อให้ได้กำลังแบกทานที่ยอมรับได้ (Allowable Bearing Capacity, q_{all}): $q_{all} = F.S. \cdot q_{ult}$ ค่า F.S. โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง ๒.๕ ถึง ๓.๐ สำหรับกำลังแบกทานเฉือนและอาจสูงกว่านั้นสำหรับปัญหาการทรุดตัว
- ๒.๒.๕ พัฒนาเครื่องมือ/แนวทางการประเมิน: อาจจัดทำในรูปแบบของตาราง, แผนภูมิ, หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูล USCS และได้ค่ากำลังแบกทานเบื้องต้นออกมา
- ๒.๒.๖ ทำการศึกษาเปรียบเทียบ (Case Study): เลือกพื้นที่จริงที่มีข้อมูลการทดสอบดินอย่างละเอียดและมีการจำแนกดินตาม USCS มาทำการคำนวณกำลังแบกทานด้วยแนวทางที่พัฒนาขึ้น และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับค่ากำลังแบกทานที่ได้จากการทดสอบจริงหรือจากการออกแบบที่ผ่านมา เพื่อประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแนวคิดนี้

๒.๓ ข้อเสนอ

- ๒.๓.๑ พัฒนารฐานข้อมูลคุณสมบัติของดินตาม USCS: รวบรวมข้อมูลทางวิศวกรรมของดินแต่ละประเภทตาม USCS จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ (เช่น ตำราวิศวกรรมปฐพี, งานวิจัย, มาตรฐานสากล) เพื่อสร้างฐานข้อมูลที่ครอบคลุมสำหรับพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการประเมินกำลังแบกทาน ($c, \phi, \gamma, E_s, E_c$) โดยอาจแบ่งตามสภาพความหนาแน่น/ความแข็งของดิน
- ๒.๓.๒ ศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง: ทำการศึกษาเปรียบเทียบ (Case Study) โดยนำข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงที่มีการทดสอบดินอย่างละเอียดมาประยุกต์ใช้แนวทางที่พัฒนาขึ้น และวิเคราะห์ความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์

๒.๔ ข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

- ๒.๔.๑ ความแปรปรวนของคุณสมบัติดินภายในประเภท USCS เดียวกัน
 ข้อจำกัด : ดินที่มีสัญลักษณ์ USCS เดียวกัน เช่น "SW" อาจมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่แตกต่างกันอย่างมาก ขึ้นอยู่กับสภาพความหนาแน่น, ประวัติการรับแรง, และปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อน เป็นต้น ทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์จาก USCS เพียงอย่างเดียวอาจไม่แม่นยำพอ
 แนวทางแก้ไข : ในการรวบรวมข้อมูล ควรระบุช่วงค่าพารามิเตอร์ที่กว้างขึ้นสำหรับแต่ละสัญลักษณ์ USCS และควรมีการแบ่งย่อยตามสภาพความหนาแน่น/ความแข็ง (เช่น ทรายหลวม, ทรายแน่น; ดินเหนียวอ่อน, ดินเหนียวแข็ง)
- ๒.๔.๒ ความซับซ้อนของชั้นดินและระดับน้ำใต้ดิน
 ข้อจำกัด : พื้นที่ก่อสร้างมักมีชั้นดินหลายชั้นที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป และระดับน้ำใต้ดินที่ผันผวน ซึ่งส่งผลกระทบต่อกำลังแบกทาน แต่ข้อมูล USCS เพียงอย่างเดียวอาจไม่สะท้อนความซับซ้อนเหล่านี้
 แนวทางแก้ไข: ในแนวทางการประเมิน ควรมีการพิจารณาผลกระทบของระดับน้ำใต้ดิน (เช่น ใช้หน่วยน้ำหนักจมน้ำสำหรับดินที่อยู่ใต้น้ำ) สำหรับชั้นดินที่ซับซ้อน ควรแนะนำให้ใช้สมการกำลังแบกทานที่สามารถพิจารณาผลกระทบของชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป (เช่น สมการของ Meyerhof หรือ Hansen)

๓. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ๓.๑) เป็นเครื่องมือเบื้องต้นในการประเมินกำลังแบกทาน พัฒนาแนวทางหรือเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถประเมินค่ากำลังแบกทานของดินได้ฐานรากได้อย่างรวดเร็วและมีเหตุผล โดยใช้ข้อมูลการจำแนกดินแบบ USCS ซึ่งหาได้ง่ายกว่าการทดสอบดินละเอียด
- ๓.๒) เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเครื่องมือประเมินกำลังแบกทานที่ซับซ้อนและแม่นยำยิ่งขึ้นในอนาคต โดยอาจผนวกกับข้อมูลภูมิประเทศหรือการทดสอบภาคสนามแบบไม่ทำลาย

๔. ตัวชี้วัดความสำเร็จ

- ๔.๑) นำแนวคิดมาประยุกต์ใช้ประเมินกำลังแบกทานของดินได้ฐานราก เช่น ประเมินค่ากำลังแบกทานดินได้ฐานรากแบบฐานแผ่ งาน Overhead Traffic Sign งาน Overhang Traffic Sign งานฐานรากแผ่ศาลาทางหลวง หรืองานพื้นฟูฯ กรณีแบบกำหนดค่ากำลังแบกทานของดินเดิม
- ๔.๒) ผลการประเมินกำลังแบกทานที่ได้จากแนวทางที่พัฒนาขึ้น (จาก Case Study) ต้องมีค่าอยู่ในช่วง $\pm 20\%$ ของค่ากำลังแบกทานที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีอื่น อาทิ เช่น ผลจากการทดสอบด้วยวิธี Plate Bearing Test จึงเป็นค่าที่ยอมรับได้

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นถูกต้องและเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ)  (ผู้ขอรับการประเมิน)

(นายศิริวิชญ์ ชุ่มไชยพฤษ)

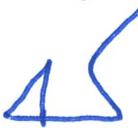
(วันที่.....๑๕..... เดือน.....กรกฎาคม..... พ.ศ.๒๕๖๘.....)

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

(ลงชื่อ)  (ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล)

(นางจิริกุล วงษ์รอด)

(วันที่.....๑๕..... เดือน.....กรกฎาคม..... พ.ศ.๒๕๖๘.....)

(ลงชื่อ)  (ผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไป)

(นายวารศักดิ์ วงษ์รอด)

(วันที่.....๑๗..... เดือน.....ก.ค..... พ.ศ.๒๕๖๘.....)