

มยพ. 1918-62

มาตรฐานการถมดินและการบดอัด
(Standard of Fill and Compaction)

มยพ. 1918-62

มาตรฐานการถมดินและการบดอัด
(Standard of Fill and Compaction)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานการถมดินและการบดอัดนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดรายละเอียดและวิธีการถมดินบริเวณพื้นราบ พื้นที่ลาดชัน การถมบ่อน้ำ รวมถึงการถมดินเพื่อโครงการบ้านจัดสรร เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เจ้าของที่ดินข้างเคียงหรือบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งไม่รวมงานถมและบดอัดหิน งานทางหลวง และงานเขื่อนดินกั้นน้ำ

2. นิยาม

“ถมดิน” หมายถึง การกระทำใด ๆ ต่อดินหรือพื้นดินเพื่อให้ระดับดินสูงกว่าเดิม

“บดอัด” หมายถึง กระบวนการปรับปรุงคุณภาพดิน หรือการทำให้ดินแน่นขึ้น โดยการลดช่องว่างหรือโพรงอากาศระหว่างเม็ดดินลง

“วัสดุถม” หมายถึง วัสดุที่ได้จากการขุดดิน จากบ่อถมดิน หรือที่อื่น ๆ แล้วนำมาใช้ในการถมดิน

“วัสดุเหลือใช้” หมายถึง ดิน หิน กรวด คอนกรีต หรือแอสฟัลท์ ที่เหลือใช้จากการก่อสร้าง

“ขยะ” หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร แก้ว วัสดุฉนวน วัสดุ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน

“ความหนาแน่นของดิน” หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของดิน

“ปริมาณความชื้นในดิน” หมายถึง ปริมาณน้ำที่ถูกลักษณะของดินดูดซับไว้

“ความชัน” หมายถึง ค่าตัวเลขซึ่งกำหนดเป็นสัดส่วนระหว่างระยะแนวตั้งต่อระยะแนวราบหรือร้อยละของระยะแนวตั้งต่อระยะแนวราบ หรือองศาของความลาดเอียงซึ่งวัดจากแนวราบ

“พื้นที่ลาดชัน” หมายถึง พื้นดินที่มีความชันมากกว่า 1:5 (ตั้ง : ราบ) หรือร้อยละ 20

“บ้านจัดสรร” หมายถึง สถานที่หรือบริเวณที่มีหน่วยงานยื่นขออนุญาตจัดสรรแบ่งแปลงที่ดิน สำหรับปลูกสร้างอาคารให้กับผู้ที่เข้ามาอยู่อาศัยได้ใช้ประโยชน์ร่วมกัน การจัดสรรแบ่งแปลงที่ดินเป็นไปตามพระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ.2543

3. มาตรฐานอ้างอิง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1912-52 : มาตรฐานการป้องกันการพังทลายสำหรับงานขุดดินและถมดิน

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1916-62 : มาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ความมั่นคงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1914-52 : มาตรฐานการระบายน้ำสำหรับงานถมดิน

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 2204-57 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม (field density test)

4. ลักษณะและวัตถุประสงค์การถมดินและบดอัดดิน

4.1 การถมปรับระดับพื้นดิน

การถมดินเพื่อยกหรือปรับระดับพื้นดินให้ได้ระดับตามที่กำหนด เช่น การถมดินเพื่อใช้เป็นพื้นที่อยู่อาศัยหรือที่เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า “การถมที่” ส่วนใหญ่จะถมเพื่อยกระดับพื้นดินให้อยู่เหนือระดับน้ำที่อาจจะท่วมถึง เป็นต้น การถมดินในลักษณะนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดินที่ถมสามารถใช้ในการรับน้ำหนักหรือใช้เป็นโครงสร้างทางวิศวกรรมได้โดยตรง

4.2 การถมเพื่อเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม

การถมเพื่อเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม เป็นการถมและบดอัดดินเพื่อให้มีคุณสมบัติที่เพียงพอในการที่จะใช้รับน้ำหนักตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ เช่น การถมและบดอัดโครงสร้างถนน การใช้ดินถมเพื่อรองรับฐานรากอาคารหรือเป็นการถมเพื่อใช้ดินที่บดอัดแล้วเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม ซึ่งจะต้องได้คุณสมบัติทางวิศวกรรมตามที่วิศวกรกำหนด เช่น เชื้อน หรือคั่นกันน้ำ เป็นต้น

4.3 การถมในโครงการบ้านจัดสรร

การถมเพื่อปรับระดับพื้นดินของพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่มีบ้านพักอาศัยหลายหลังและมีพื้นที่ส่วนกลาง ได้แก่ การถมภายในบริเวณโครงการบ้านจัดสรรซึ่งมีทั้งพื้นที่ส่วนที่เป็นการถมเพื่อเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม เช่น ถนน หรืออาคารที่จะถ่ายน้ำหนักโดยตรงลงสู่ดินที่ถมบดอัดและพื้นที่ส่วนที่เป็นการถมโดยไม่ได้รับน้ำหนักหรือโครงสร้างทางวิศวกรรม เช่น พื้นที่โดยรอบอาคาร สวนบริเวณส่วนกลางของอาคาร เป็นต้น

5. วัสดุสำหรับการถมดินทั่วไป

วัสดุที่จะนำมาใช้ในการถมที่ดินนั้นจะต้องพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการทำงานของดินถมนั้น ได้แก่ การปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุที่นำมาถม ความแข็งแรงที่ต้องการจากวัสดุที่ใช้ถม ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพและการทรุดตัวที่อาจจะเกิดขึ้นภายหลังการถม เป็นต้น

5.1 วัสดุถมสำหรับงานทั่วไป สามารถใช้วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการถมตามที่ได้กล่าวข้างต้น ในกรณีการถมโดยใช้ขยะ จะต้องเป็นไปตามกฎหมาย และต้องได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กฎหมายส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เป็นต้น

5.2 วัสดุถมสำหรับใช้เป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม เช่น ดินถมเพื่อการรับน้ำหนักโครงสร้าง ดินถมงานถนน เป็นต้น ทั้งนี้ต้องใช้ดินที่สามารถบดอัดให้มีความหนาแน่นสูงขึ้นได้ มีความคงทนไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติตามสภาพแวดล้อม และได้คุณสมบัติทางวิศวกรรมตามกำหนด โดยควรยกเว้นดินที่มีลักษณะดังนี้

- (1) ดินที่มีสารอินทรีย์ปน เช่น หน้าดิน หรือดินที่มีรากไม้ปน เป็นต้น
- (2) วัสดุที่มีสารปนเปื้อนเกินกว่ามาตรฐาน ซึ่งจะเปื้อนอันตรายต่อดินและแหล่งน้ำทั้งบนดินและใต้ดิน
- (3) ดินที่อาจจะมียุคสมบัติเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอาจจะก่อให้เกิดปัญหาทางวิศวกรรม ได้แก่ ดินบวมตัว หรือดินกระจายตัว เป็นต้น ซึ่งสามารถทดสอบได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- (4) วัสดุที่เปียกหรือชุ่มน้ำมาก ไม่สามารถรับน้ำหนักเครื่องจักรในการบดอัด หรือไม่สามารถบดอัดได้ เช่น ดินโคลน ดินเลน หรือดินปนสารละลายเบนโทไนต์ (bentonite) เป็นต้น
- (5) ดินที่ทำการบดอัดตามวิธีการบดอัดตามวิธีมาตรฐาน (Proctor test) ในห้องปฏิบัติการ แล้วความหนาแน่นแห้งไม่เพิ่มขึ้นแต่กลับลดลงเมื่อเพิ่มความชื้น
- (6) ดินถมที่มีไม้ โลหะ พลาสติก ก้อนหิน หรือวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 เซนติเมตร อันจะเป็นผลเสียต่อการนำไปใช้ในส่วนงานถมที่ต้องรองรับน้ำหนัก หรือทำให้การขุด หรือการติดตั้งเสาเข็มเป็นไปอย่างลำบาก (พิจารณาเป็นกรณีตามลักษณะการใช้งาน และควรได้รับการเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบ)
- (7) ดินที่มีสารที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนต่อโครงสร้าง เช่น คลอไรด์ หรือซัลเฟต ซึ่งมักพบในดินที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล เป็นต้น (พิจารณาเป็นกรณีตามตามลักษณะการใช้งาน และควรได้รับการเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งอาจจะต้องมีการพิจารณาป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นที่โครงสร้างฐานราก)

5.3 วัสดุถมในโครงการบ้านจัดสรร เป็นวัสดุถมที่ใช้เช่นเดียวกับ ข้อ 5.1 และ 5.2 แต่ต้องไม่เป็นขยะ และไม่แนะนำให้ใช้เศษวัสดุก่อสร้างเพื่อใช้เป็นวัสดุถม เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้รับผิดชอบในการออกแบบอาคารหรือโครงสร้างที่จะก่อสร้าง กรณีที่จะมีการปลูกต้นไม้ ดินถมควรมีค่าความเค็มไม่เกิน 8 deci siemens/metre (dS/m) และค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-7.5

6. ขั้นตอนการถมดินและบดอัดดิน

6.1 งานถมบนพื้นราบเพื่อปรับระดับพื้นดินหรือถมดินเพื่อเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม

6.1.1 ขั้นตอนการถมดิน

(1) การสำรวจระดับพื้นดินเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณดินถม การสำรวจจะต้องเป็นไปตามการรับรองจากวิศวกรผู้ออกแบบกำหนด โดยจุดสำรวจจะกระทำทุกๆ 20-25 เมตร เป็นอย่างมาก หากเป็นพื้นที่บ่อน้ำควรพิจารณาถึงชั้นเลนที่จะต้องลอกหรือถมไล่ โดยควรทำการหยั่งความหนาของเลนเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตรดินถมให้ถูกต้องต่อไป ค่าระดับที่ได้จากการสำรวจจะนำมาเฉลี่ยทั้งพื้นที่หรือเป็นโซน ทั้งนี้ควรพิจารณาถึงจุดสำรวจที่ต่างระดับกันมาก เช่น พื้นที่ร่องสวนกับพื้นที่ทำคันทนา เป็นต้น การสำรวจทำได้ทั้งก่อนและหลังการขุดลอกหน้าดิน ถ้าดำเนินการก่อนให้นำค่ามาหักลบกับความหนาเฉลี่ยที่จะทำการขุดลอกหน้าดินออก

(2) การเตรียมพื้นที่

ต้องเตรียมพื้นที่โดยการกำจัดหญ้าหรือวัชพืชบริเวณหน้าดินโดยการขุดลอกหน้าดินออกไปอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ก่อนดำเนินการบดอัดดิน ต้นไม้ใหญ่ควรถอนรากและโคนออก นอกจากนั้นหากถมบนบริเวณพื้นที่ดินอ่อนอาจต้องมีการเสริมกำลังดินเพื่อป้องกันยุบตัวหรือเคลื่อนตัวของดินขณะดำเนินการ ในกรณีที่พื้นที่น้ำขังควรระบายน้ำออกจากพื้นที่ก่อนทำการถม เว้นแต่เป็นบ่อที่มีความลึกและขอบบ่ออาจจะพินดีเมื่อสูบน้ำออก การสูบน้ำอาจจะทำได้ในกรณีที่มิใช่ขะที่ผุสลายได้หรือเป็นพื้นที่ดินเลนจะต้องขุดและลอกเอาขยะหรือเลนดังกล่าวออก เว้นแต่สามารถถมไล่เลนได้แต่ในสุดท้ายก็ต้องขุดเอาเลนที่ไล่ออกจากพื้นที่การถม

(3) ความหนาและการเกลี่ยดินถม

คุณภาพของวัสดุดินถมต้องเป็นไปตามข้อ 5 หรือตามข้อกำหนดเฉพาะของงานนั้นๆ การเกลี่ยดินถมจะต้องแบ่งชั้นถมอย่างสม่ำเสมอ ความหนาของดินแต่ละชั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการถม เช่น กรณีถมที่เพื่อปรับระดับพื้นดิน ควรทำการแบ่งชั้นการถมโดยแบ่งครึ่งความหนารวมของการถม แต่ต้องไม่เกินชั้นละ 1.00-1.25 เมตร หากเป็นกรณีการถมเพื่อรับน้ำหนักหรือเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม จะต้องใช้ความหนาของดินก่อนบดอัดไม่เกิน 30 เซนติเมตร เว้นแต่จะมีมาตรฐานของหน่วยราชการอื่นกำหนดเฉพาะ โดยทั้งสองกรณีดังที่กล่าวต้องใช้วัสดุและเครื่องมือในการบดอัดที่ต่างกัน และควรพิจารณาความหนารวมของการถมทั้งหมดว่าจะต้องไม่ทำให้ดินฐานรากหรือตัวดินถมเองพินดี ซึ่งจะต้องมีการประเมินโดยวิศวกร

(4) การควบคุมปริมาณความชื้นของดินถม

ในกรณีการถมเพื่อรับน้ำหนักหรือเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม ต้องมีการตรวจสอบความชื้นของดินก่อนถม เพื่อใช้ควบคุมความชื้นระหว่างการบดอัดดิน และมีการให้น้ำเพื่อเพิ่มความชื้นตามที่วิศวกรกำหนด โดยความชื้นของดินถมต้องสม่ำเสมอตลอดในทุกชั้นการบดอัดดิน

(5) การถมดินใกล้กับโครงสร้าง เช่น ท่อระบายน้ำ โครงสร้างอาคาร ตอม่อสะพาน กำแพงกันดิน โครงสร้างอื่นๆ รวมถึงดินถมด้านข้างหรือภายในบ่อขุดควรต้องให้ความระมัดระวังแรงดันจากการถมหรือกองดิน ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของโครงสร้างข้างเคียง ทั้งนี้ต้องพิจารณาประเด็นดังต่อไปนี้

(ก) กำลังหรืออายุของโครงสร้างข้างเคียง ลักษณะฐานรากเช่นฐานรากบนพื้นดิน (on-ground) หรือเสาเข็มสั้นในชั้นดินอ่อน ซึ่งอาจจะเคลื่อนตัวและเสียหายได้ง่าย

(ข) ความเสียหายต่อโครงสร้างใต้ดิน เช่น ระบบท่อและบ่อบัก

(ค) รูปแบบและวิธีการถมดินจะต้องไม่สร้างความเดือดร้อนรำคาญให้กับผู้อยู่อาศัยข้างเคียง

(ง) การพังทลายของพื้นที่ที่ต่ำกว่าหรือบ่อขุดข้างเคียง

6.1.2 ขั้นตอนการบดอัดดิน

(1) การบดอัดดินสำหรับงานปรับระดับพื้นที่ วัสดุถมต้องได้รับการบดอัดเป็นชั้น ๆ โดยมีชั้นการบดอัด ไม่มากไปกว่า 1.00-1.25 เมตร และเดินย่ำด้วยรถแทรกเตอร์ D4 เป็นอย่างต่ำ เป็นจำนวน 3 รอบ เป็นอย่างน้อยหรือตามที่ผู้ออกแบบกำหนด

(2) การบดอัดดินสำหรับใช้เป็นโครงสร้างเพื่อการรับแรง ต้องปฏิบัติดังนี้

(ก) สำรวจระดับและเตรียมพื้นที่ตามหัวข้อ 6.1.1

(ข) ทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เช่น standard compaction หรือ modified compaction ทั้งนี้ดินที่จะใช้ในการทดสอบจะต้องเป็นดินที่จะใช้ในการบดอัดจริง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งดิน จำนวนของการทดสอบอย่างน้อย 3 การทดสอบ ต่อ 1 แหล่งดิน ส่วนคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ค่า CBR ค่ากำลังรับแรงเฉือน หรือค่าความชื้นน้ำ ให้ดำเนินการทดสอบตามที่วิศวกรหรือมาตรฐานของงานนั้นกำหนด โดยจะต้องเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ ให้ได้ตามค่าความหนาแน่นและความชื้นที่สอดคล้องกับค่าขั้นต่ำที่ยอมให้ในการควบคุมงาน (ยกเว้นการทดสอบ CBR) เช่น เตรียมความหนาแน่นดินที่ 97% ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด และความชื้น +2% จากค่าความชื้นที่เหมาะสม เพื่อนำมาทดสอบค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินบดอัด เป็นต้น

(ค) ค่าความหนาแน่นภายหลังการบดอัดดินในสนาม จะกำหนดจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยจะกำหนดเป็นร้อยละขั้นต่ำของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ร้อยละ 97 หรือ ร้อยละ 95 เป็นต้น ทั้งนี้หากไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่น ต้องทำการถมบดอัดให้ได้ความแน่นอย่างน้อยร้อยละ 90 ของความแน่นแห้งสูงสุดแบบมาตรฐาน (standard Proctor test) และต้องมีความหนาแน่นแห้งของดินถมบดอัดไม่ต่ำกว่า 15 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร ยกเว้นดินที่มีการปรับปรุงด้านวิศวกรรมเพื่อให้มีคุณสมบัติตามที่ผู้ออกแบบต้องการ

(ง) การบดอัดในแต่ละชั้นต้องมีความหนาของชั้นดินก่อนบดอัดไม่เกิน 30 เซนติเมตร หรือปรับเพิ่มลดได้เมื่อมีการทำแปลงทดสอบการบดอัดแล้วได้ความหนาแน่นตามที่กำหนด

(จ) หากไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่นความคลาดเคลื่อนของความชื้นวัสดุดินถมระหว่างการบดอัดต้องไม่เกิน $\pm 3\%$ จากข้อกำหนด

(ฉ) หากมีฝนตกขณะบดอัดดินต้องหยุดการบดอัดและตรวจสอบความชื้นของวัสดุดินถมก่อนดำเนินการบดอัดในชั้นถัดไป และหากชั้นที่บดอัดไปแล้วเปียกแฉะหรือเปลี่ยนสภาพจะต้องลอกไปถึงชั้นที่มีความหนาแน่นและความชื้นตามมาตรฐานกำหนดก่อนที่จะทำการบดอัดต่อไป

(ช) ปริมาณการทดสอบความแน่นของดินในสนามต้องมีการทดสอบตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการทดสอบความแน่นของดินในสนาม

(ข้อ 6.1.2(ฉ))

ขนาดพื้นที่การบดอัด	ปริมาณการทดสอบ
บริเวณที่ถูกจำกัด (confined area) เช่น บริเวณใกล้โครงสร้าง เป็นต้น	ทดสอบทุก ๆ 50 ตารางเมตร/ 2 ชั้นการบดอัด
น้อยกว่า 1,000 ตารางเมตร	1 ตำแหน่ง/ ชั้นการบดอัด
ตั้งแต่ 1,000 ถึง 2,500 ตารางเมตร	2 ตำแหน่ง/ ชั้นการบดอัด
มากกว่า 2,500 ตารางเมตร	3 ตำแหน่ง/ ชั้นการบดอัด และเพิ่มการทดสอบทุก ๆ 2,500 ตารางเมตร

(3) การบดอัดดินถมต้องควบคุมอย่างเป็นระบบ การเลือกเครื่องมือบดอัดจะต้องพิจารณาอย่างเหมาะสมกับงานที่ทำ ถ้าการตรวจสอบพบความผิดปกติหลายจุดต้องมีการบดอัดดินถมใหม่อีกครั้ง

(4) การบดอัดใกล้กับโครงสร้างทั้งบนดินและใต้ดินต้องไม่ทำให้โครงสร้างเสียหายและไม่ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อพื้นที่ข้างเคียง

(5) การบดอัดดินเพื่อใช้เป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม เช่น คั่นดินกั้นน้ำหรือเขื่อน ในส่วนที่จะต้องบดอัดส่วนของลาดดินให้มีความชื้นตามกำหนดต้องบดอัดดินเกินส่วนที่ต้องการอย่างน้อย 1.0 เมตร แล้วจึงตัดดินให้ได้รูปร่างของลาดชันตามที่ต้องการ

(6) การพองตัวของดินบดอัด อาจเกิดขึ้นได้ขณะทำการบดอัดดินเมื่อดินอยู่ในสภาพที่เกือบอิ่มตัวด้วยน้ำ ดังนั้นเพื่อลดการพองตัวของดินอาจสามารถหลีกเลี่ยงได้โดย

- ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าวัสดุดินถมไม่อยู่ในสภาพเกือบอิ่มตัวด้วยน้ำ
- จัดเตรียมระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำส่วนเกินระหว่างการบดอัด
- ต้องจัดเส้นทางขนส่งวัสดุไม่ให้กระทบกับการบดอัด

6.1.3 ภายหลังการบดอัดดิน

(1) ต้องไม่ใช่พื้นที่บริเวณขอบด้านบนของคันดินถม เป็นทางสัญจรหรือกองดินหรือกองวัสดุอื่นใด ในลักษณะที่อาจทำให้เกิดการพังทลายของดินหรืออาจเป็นอันตรายกับสิ่งปลูกสร้างในบริเวณนั้น เว้นแต่มีระบบป้องกันตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1912-52 : มาตรฐานการป้องกันการพังทลาย สำหรับงานขุดดินและถมดิน หรือผู้ออกแบบได้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงน้ำหนักกระทำดังกล่าวแล้ว

(2) ต้องมีการป้องกันความเสียหายพื้นผิวดินภายหลังการบดอัดแล้วต่อการกัดเซาะของน้ำ หรือปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ เช่น การจัดทำร่องระบายน้ำผิวดินทั้งชั่วคราวหรือถาวรไม่ให้น้ำไหลลงลาดดินถม โดยที่ไม่ได้ควบคุม เป็นต้น

6.1.4 การจดบันทึกระหว่างการถมและบดอัดดิน

ควรมีการจดบันทึกระหว่างการก่อสร้างถึงสภาพหน้างาน งานที่ได้ทำ การทดสอบ และการแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงแบบ อย่างน้อยดังนี้

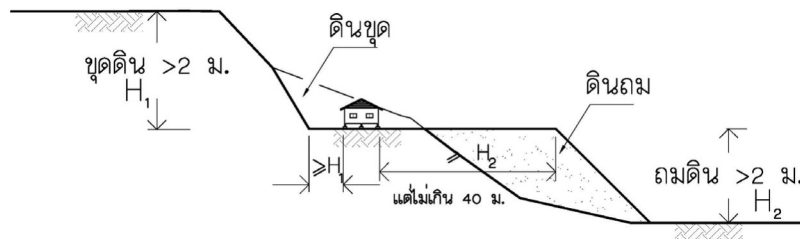
- (1) ลักษณะขอบเขตพื้นที่ที่ทำการถมและบดอัดดิน
- (2) ค่าระดับก่อนหรือหลังการถมหรือลอกหน้าดิน
- (3) ตำแหน่งของต้นไม้หรือพุ่มไม้ใหญ่ที่ตัดออกไป
- (4) ค่าระดับหลังการถมและบดอัดดินแล้วเสร็จ
- (5) ชนิดหรือประเภทของวัสดุถมที่ใช้บริเวณต่าง ๆ
- (6) แหล่งของวัสดุถมที่ใช้บริเวณต่าง ๆ
- (7) ตำแหน่ง ชนิด และผลของการทดสอบ หากเป็นการทดสอบซ้ำในบริเวณที่ทดสอบแล้ว ไม่ผ่านเกณฑ์ ควรระบุให้ชัดเจน
- (8) เมื่อพบว่าดินในบริเวณที่ทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ควรระบุให้ชัดเจนถึงการแก้ปัญหา

6.2 งานถมปรับระดับที่บนพื้นที่ลาดเชิงเขา

(1) การถมดินบนพื้นที่ลาดเชิงเขา หากเป็นการตัดไหล่เขาและถมดินลงไปในพื้นที่ที่ไม่สามารถจะบดอัดดินถมได้ เช่น การตัดไหล่เขาแล้วถมดินลงไปในลาดเชิงเขาที่สูงชันเพื่อก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างด้านบน กรณีนี้ห้ามก่อสร้างอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างบนส่วนของดินถม จะต้องก่อสร้างในพื้นที่ของส่วนของดินตัดที่เป็นพื้นดินเดิมที่มั่นคงและควรมีระยะเว้นต่าง ๆ ดังแสดงตามรูปที่ 1

(2) ในกรณีที่ทำการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างบนดินถม หรือกรณีที่มีสิ่งปลูกสร้างด้านล่างลาดชัน ที่อาจได้รับผลกระทบจากดินถมหากเกิดการพิบัติต้องมีการคำนวณความมั่นคงของลาดชันตามมาตรฐานประกอบการศึกษาวิเคราะห์ความมั่นคงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มยผ. 1916-62 เพื่อกำหนดรูปร่าง

ของลาดดินถมให้เหมาะสม ทั้งนี้การถมดินบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา เมื่อความสูงในการถมมากกว่า 1.5 เมตร จะต้องมีร่องดินถม (key) บริเวณปลายพื้นที่ลาดเอียงสูงอย่างน้อย 50 เซนติเมตร กว้างอย่างน้อย 3 เมตร และให้ตัดดินเดิมจนถึงชั้นดินที่มีความแข็งแรงเป็นชั้นๆ ก่อนการถมดิน ดังรูปที่ 2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการลอกหน้าดิน ที่หลวมออก การทำเป็นชั้นจะทำให้การบดอัดดินแนบเข้ากับลาดดินมากขึ้น



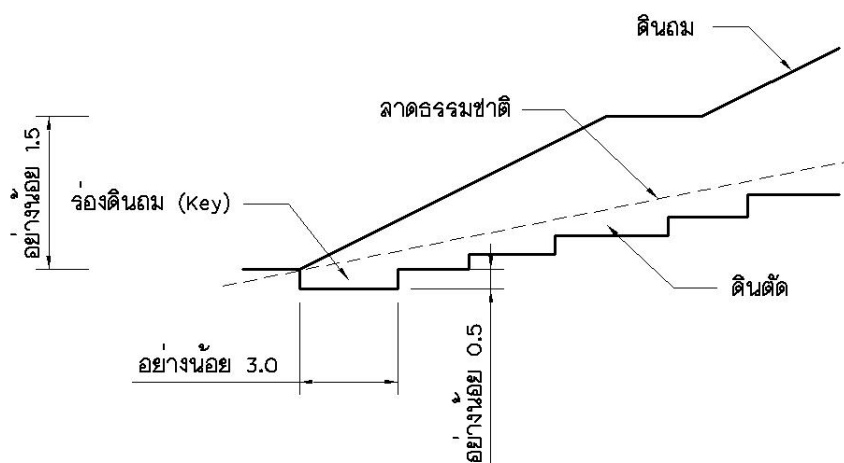
รูปที่ 1 ระยะเว้นเมื่อมีการถมดินและขุดดินบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา

(ข้อ 6.2 (1))

(3) ต้องจัดให้มีระบบระบายน้ำผิวดินเพื่อไม่ให้เกิดการกัดเซาะดินถมลงสู่พื้นที่ข้างเคียงหรืออุดตันระบบระบายน้ำสาธารณะและไม่ก่อให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ข้างเคียงรวมทั้งไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะถนนท่อระบายน้ำ บ่อน้ำ หรือโครงสร้างในบริเวณข้างเคียง

(4) ต้องจัดให้มีระบบระบายน้ำผิวดินและป้องกันการกัดเซาะของลาดดินถมไม่ให้น้ำจากลาดเขาไหลลงมาสู่ลาดดินถมโดยตรง จะต้องมีการทำรางดักน้ำและระบายออกในพื้นที่ที่จะไม่ถูกกัดเซาะ ลาดดินถมจะต้องมีการป้องกันการกัดเซาะ อย่างน้อยเป็นพืชคลุมดินและรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อลาดชันมีความชันมากขึ้น

(5) การบดอัดดินปฏิบัติตามขั้นตอนข้อ 6.1.1-6.1.2



รูปที่ 2 ร่องดินถมบริเวณปลายพื้นที่ลาดเชิงเขา

(ข้อ 6.2 (2))

6.3 การถมบ่อน้ำ

หากบ่อน้ำมีความตื้นกว่า 2.5 เมตร ซึ่งพอจะอยู่ในวิสัยที่จะระบายน้ำออกโดยไม่เกิดการเคลื่อนพัง และกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง ให้ดำเนินการระบายน้ำออก ลอกเลน แล้วถมดิน หรืออาจจะถมไถ่เลนพร้อมกับระบายน้ำออก แล้วจึงขุดเลนที่ถูกดันออกไปจากพื้นที่ ทั้งนี้หากบ่อน้ำมีความลึกเฉลี่ยลึกกว่า 2.5 เมตร จะต้องมีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

6.3.1 ข้อพิจารณาเพื่อความปลอดภัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการถมดินบ่อน้ำ

(1) การสูบน้ำออกเพื่อถมดินอาจจะทำให้ดินรอบบ่อเกิดการเคลื่อนตัวและส่งผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง หากต้องการสูบน้ำออกต้องมีการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันรอบบ่อน้ำ เพื่อนำมากำหนดอัตราการลดระดับน้ำที่ไม่เกิดอันตราย

(2) น้ำที่สูบออกอาจจะมีความเค็มหรือมีความเป็นพิษที่มีระดับความอันตรายต่อพืชหรือสุขภาพ การทิ้งหรือจัดการน้ำ ควรพิจารณาผลกระทบกับพื้นที่ข้างเคียงด้วย

(3) ห้ามกองดินริมบ่อน้ำเพื่อรอการถมสูงเกิน 2 เมตรและต้องเว้นระยะห่างจากขอบบ่อน้ำอย่างน้อย เท่ากับ 1 เท่าของความลึกสูงสุดของบ่อน้ำ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการเคลื่อนตัวของดิน

(4) ในกรณีที่ไม่สามารถระบายน้ำออกได้ การถมดินลงไปในบ่อน้ำเพื่อไถ่เลนและดันน้ำออก ต้องจัดทางระบายน้ำที่จะไหลออกให้ลงไปสู่ระบบระบายที่เพียงพอโดยจะต้องไม่ให้น้ำท่วมขังไปยังพื้นที่ข้างเคียง

6.3.2 ข้อพิจารณาทั่วไปเพื่อการถมดินบ่อน้ำ

ต้องกำจัดหญ้าหรือวัชพืช หรือต้นไม้ บริเวณริมตลิ่งที่จะถูกดินถม และวัชพืชที่ลอยน้ำ รวมถึงขยะเอาออก ให้หมดก่อนการถมดิน

6.3.3 วัสดุในการถมดินบ่อน้ำ

วัสดุในการถมดินบ่อน้ำเป็นไปตามข้อ 5 ยกเว้นกรณีที่ต้องการใช้ฐานรากเสาเข็มตอก ไม่ควรถมด้วยดินทราย กรวด หรือซากวัสดุก่อสร้าง เพราะจะไม่สามารถตอกเสาเข็มได้

6.3.4 วิธีการถมดินบ่อน้ำ

(1) ในกรณีที่สามารจะระบายน้ำออกได้อย่างปลอดภัย ให้ทำการขุดลอกเลนออก หรือถ้าถมไถ่เลน ต้องขุดตักเลนออก

(2) ในกรณีที่สามารจะระบายน้ำออกจากบ่อได้ ให้เริ่มถมจากขอบบ่อบริเวณที่มีความชันน้อย และมีความลึกไม่มากเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ๆ ในพื้นที่โครงการ

(3) ต่อเนื่องจากข้อ (2) ให้ถมไถ่เลนไปทางบริเวณที่เป็นจุดที่ลึกที่สุดของบ่อ เพื่อให้มวลดินถม มีความมั่นคงโดยเร็ว โดยใช้รถยำนวดดินให้ไหลไปตามทิศที่ต้องการ

(4) เมื่อดินถมสูงกว่าระดับน้ำในบ่อ ให้ทำการบดอัดตามขั้นตอนข้อ 6.1

6.3.5 ข้อควรคำนึงถึง

ภายหลังการถมดินบ่อน้ำอาจจะมีการทรุดตัวอย่างมาก ทั้งสาเหตุจากวัสดุถมที่เปียกชุ่มน้ำหากถมโดยไม่ได้ระบายน้ำออก อีกทั้งยังยากต่อการบดอัดดินถมให้แน่นได้ นอกจากนั้นโอกาสที่จะเหลือนดินเลนตกค้างที่ก้นบ่อ ที่อาจจะไม่สามารถนำออกมาได้ ทำให้อาจเกิดการทรุดตัวระยะยาวของดินถมทั้งหมดได้ ทั้งนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้งานพื้นที่ทั้งตัวอาคารเองและพื้นที่รอบอาคารรวมทั้งระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บนดินถม ดังนั้นจึงต้องพิจารณาการใช้พื้นที่อย่างเหมาะสม หรือต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินโดยวิธีการที่เหมาะสม เช่น การใช้น้ำหนักกดทับก่อน (preloading) การระบายน้ำในแนวตั้งด้วยแถบระบายน้ำ (prefabricated vertical drain, PVD) หรือการใช้ vacuum consolidation method (VCM) เพื่อเร่งการทรุดตัวให้เกิดในช่วงระหว่างการปรับปรุงคุณภาพดิน ซึ่งจะทำให้การทรุดตัวในขณะที่ใช้งานเหลือน้อยมาก

6.4 การถมในโครงการบ้านจัดสรร

การถมดินในพื้นที่บ้านจัดสรร มีทั้งการถมเพื่อปรับระดับพื้นที่และการถมเพื่อใช้เป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม ได้แก่ ถนนในโครงการ เป็นต้น การดำเนินการให้เป็นไปตามข้อ 5 และ ข้อ 6.1 ถึง 6.3 ตามที่ได้กล่าวมา โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

6.4.1 การประเมินการทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักดินถม

การถมดินในพื้นที่แปลงบ้านจัดสรรหรือถนนที่มีดินฐานรากซึ่งสามารถทรุดตัวได้สูง เช่น ดินเหนียวอ่อน ดินที่ถมลงในบ่อน้ำ ดินที่ถมในบริเวณพื้นที่ต่ำ และดินฐานรากที่ถมใหม่ ผู้ประกอบการโครงการบ้านจัดสรรควรทำการเจาะสำรวจและประเมินการทรุดตัวของดินฐานรากอย่างน้อยโครงการละ 3 หลุม พร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติการทรุดตัวของดิน ในห้องปฏิบัติการและคำนวณค่าการทรุดตัวของชั้นดินตามเวลา เพื่อใช้อ้างอิงในการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการทรุดตัวดังกล่าว

6.4.2 เครื่องจักรสำหรับงานบดอัดดินในโครงการบ้านจัดสรร

การถมดินเพื่อถมปรับระดับพื้นที่ดำเนินการโดยการใช้เครื่องจักรเดินย่ำ เครื่องจักรที่ใช้ได้แก่ รถแบคโฮ รถแทรกเตอร์ หรือรถบด เป็นต้น โดยต้องมีความดันที่กดลงบนพื้น (ground pressure) มากกว่า 27.6 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (4 psi) เช่น รถแทรกเตอร์ D4 เป็นต้น สำหรับส่วนของถนนหรือส่วนที่จะใช้รับน้ำหนัก หรือเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม ให้ใช้เครื่องจักรและวิธีตามมาตรฐานการถมบดอัดถนน

6.4.3 วิธีการถมดินในโครงการบ้านจัดสรร

(1) ความสูงดินถมรวมต้องไม่เกิน 3 เมตร และความหนาดินถมแต่ละชั้นต้องสูงไม่เกิน 1.00-1.25 เมตร โดยภายหลังการบดอัดแล้ว รถแทรกเตอร์ต้องไม่จมและไม่เห็นร่องล้อรถแทรกเตอร์ จึงจะถมชั้นต่อไปได้

(2) กรณีความสูงดินถมรวมมากกว่า 3 เมตร ดินที่ถมหรือดินฐานรากอาจจะพิบัติได้ ดังนั้นจึงควรปรึกษาวิศวกรผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง

6.4.4 ข้อควรคำนึงถึง

เนื่องจากการถมปรับระดับพื้นที่ไม่ได้มีการบดอัดดินเหมือนการถมบดอัดดินเพื่อเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม ดังนั้นตัวดินถมเองจะยังมีช่องว่างที่อาจจะมีการทรุดตัวหลังจากถมไปแล้วได้ ทั้งนี้การทรุดตัวจะเกิดเมื่อผ่านฤดูฝนไป 1 หรือ 2 ครั้ง และจะลดลงหรือแทบจะหยุด (ไม่เกี่ยวกับการทรุดตัวของดินฐานรากจากน้ำหนักดินถม ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้มากในพื้นที่ที่ดินฐานรากเป็นดินเหนียวอ่อน) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำฝนจะไหลซึมเข้าไปและทำให้เกิดการทรุดตัวเพิ่มเติม ดังนั้นเพื่อให้ระดับการถมดินสุดท้ายได้ตามกำหนด จึงควรถมดินเพื่อการทรุดตัวของดินถมประมาณร้อยละ 6 ของความสูงดินถม แต่ไม่ควรน้อยกว่า 5 เซนติเมตร เพื่อลดปัญหาการยุบตัวของดินถม (กรณีใช้วัสดุคัดเลือกทางวิศวกรรมหรือวัสดุถมแบบแห้งให้วิศวกรผู้ที่เกี่ยวข้องเป็นผู้กำหนดค่าการทรุดตัว)

7. ค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ในการถมตามวัตถุประสงค์ต่างๆ

7.1 ค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ของดินถมเพื่อเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรมไม่ควรเกิน 1% ของความสูงดินถม

7.2 ค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ของดินถมเพื่อปรับระดับพื้นที่ในงานโครงการบ้านจัดสรรควรมีค่าไม่เกิน 6% ของความสูงดินถม

7.3 ค่าการทรุดตัวของดินฐานรากจากการถมดินลงในพื้นที่ดินอ่อน พื้นที่ดินถมบ่อ หรือพื้นที่ที่ได้ประเมิณการทรุดตัวตามข้อ 6.4.1 ต้องไม่มากกว่า 30 เซนติเมตร ในเวลา 5 ปี ตามผลการวิเคราะห์การอัดตัวคายน้ำ (consolidation) เฉลี่ย ทั้งในทิศทางเดียว (1-D) และสองทิศทาง (2-D) ของการระบายน้ำของชั้นดิน

8. การปรับปรุงคุณภาพดินฐานรากเพื่อป้องกันการพิบัติและการทรุดตัวเกินเกณฑ์

ชั้นดินถมนั้นสามารถทำการบดอัดด้วยวิธีต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น หากดินฐานรากเป็นดินเหนียวอ่อน อาจจะทำให้เกิดการทรุดตัวในระยะยาวได้ ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาการทรุดตัวของชั้นดินฐานรากจากน้ำหนักของดินถม จำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณภาพดินฐานรากเพื่อลดปัญหาการทรุดตัว โดยหลักทั่วไปมีด้วยกัน 2 ประการได้แก่

(1) การสร้างโครงสร้างเพื่อถ่ายน้ำหนักดินถมผ่านชั้นดินอ่อนลงสู่ชั้นดินที่แข็งแรงกว่า เทคนิคนี้ได้แก่ การก่อสร้างเสาเข็ม-ดินซีเมนต์ การใช้เสาเข็มคอนกรีตเป็น bearing unit หรือแม้กระทั่งการใช้เสาเข็มไม้

(2) การปรับปรุงดินเหนียวอ่อนให้มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมดีขึ้น เทคนิคเริ่มตั้งแต่การขุดลอกดินที่มีปัญหาออกแล้วบดอัดกลับด้วยดินที่ดีกว่า (soil replacement) การ preload การเร่งการทรุดตัวพร้อมการ preload เช่น การติดตั้ง prefabricated vertical drains (PVD) เพื่อระบายน้ำออกจากมวลดิน หรือการเร่งการระบายน้ำออกด้วยการใช้เทคนิค vacuum consolidation method (VCM) เป็นต้น

การนำเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพดินไปใช้ต้องพิจารณาองค์ประกอบหลาย ๆ ด้าน มาเปรียบเทียบการปรับปรุงการทรุดตัวด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินในด้านต่างๆ (สุทธิศักดิ์, 2561)
(ข้อ 8)

เงื่อนไข/วิธี	soil replacement	concrete pile	soil-cement column	prefabricated vertical drains	vacuum consolidation method
ความหนาดินอ่อน 3-5 เมตร	เหมาะสมที่สุด	ทำได้	ทำได้	ทำได้	ทำได้
ความหนาดินอ่อน 5-18 เมตร	ไม่เหมาะสม	เหมาะสม	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสมที่สุด
ความหนาดินอ่อน 18-25 เมตร	ไม่เหมาะสม	ทำได้แต่อาจแพง	ทำได้ยาก	ทำได้ยาก	เหมาะสมที่สุด
เทคนิคในการก่อสร้างและคุมงาน	ไม่ซับซ้อน	ไม่ซับซ้อน	ปานกลาง	ซับซ้อน	ซับซ้อน
เป็นเทคนิคที่แพร่หลายในประเทศ	ใช่	ใช่	ใช่	ปานกลาง	เพิ่งเริ่มเข้ามาใช้
เป็นเทคนิคที่แพร่หลายในต่างประเทศ	ใช่	ไม่นิยม/ราคาสูง	ใช่	ใช่	ใช่
การลดการทรุดตัวของดินในระยะยาว	-	เหมาะสม	เหมาะสม	เหมาะสม	เหมาะสม
งานป้องกันงานชุด/ลาดชัน	-	แล้วแต่กรณี	แล้วแต่กรณี	เหมาะสม	เหมาะสม
สถิติการพบปัญหาในระยะยาว	ไม่มี	มีกรณีที่พบปัญหา	มีกรณีที่พบปัญหา	มีกรณีที่พบปัญหา	ไม่มี
ผลกระทบต่อดินข้างเคียง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ดินเคลื่อนตัวออก	ดินเคลื่อนตัวเข้า
ความเร็วในการก่อสร้าง	ช้า	เร็ว	เร็ว	ช้า	เร็ว
ราคาก่อสร้างรวมทั้งระบบ	-	3.5x	3x	2x	x
ข้อจำกัด	ดินอ่อนหนามากไม่ได้	ราคาสูง อาจเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันระหว่างเข็ม	คุณภาพขึ้นอยู่กับควบคุมงาน, มีปัญหาการทรุดตัวแตกต่างกันระหว่างส่วนหุ้มและไม่มีเสาเข็ม, ไม่เหมาะสมกับดินที่มีความเป็นอินทรีย์สารสูง, ระยะยาวมีปัญหาเรื่อง creep	ไม่เหมาะสมกับดินอ่อนมากหรือมีการ consolidate ได้ยาก, ไม่เหมาะสมกับชั้นดินอ่อนที่หนามาก เพราะ stress จะส่งผลไปได้ไม่ถึง, การ preloading ไม่ถูกต้อง ทำให้ไม่ได้แก้ปัญหา	พื้นที่ข้างเคียงอาจจะได้รับผลกระทบจากแรง vacuum, ต้องมีการเว้นระยะกับที่ต้นหรือสิ่งปลูกสร้างข้างเคียง
ข้อเด่น	ถ้าทำได้จะประหยัด	ก่อสร้างได้เร็ว แก้ปัญหา การทรุดตัวโดยรวมได้	ก่อสร้างได้เร็ว แก้ปัญหาการทรุดตัวรวมได้	แก้ปัญหาการทรุดตัวรวมและ การทรุดตัวแตกต่างกันได้ดี	ก่อสร้างได้เร็ว สามารถแก้ปัญหาการทรุดตัวทั้งการทรุดตัวรวมและการทรุดตัวต่างกันในระยะยาวได้ดี

หมายเหตุ

Soil replacement คือ การขุดดินออกแล้วอัดดินใหม่แทนที่
Concrete pile การใช้เสาเข็มตอกปูพรม
Soil-cement column (SCC) การใช้เสาเข็มดิน-ซีเมนต์ปูพรม
PVD with preloading (PVD) Preload ด้วย ดินถมและแรงการทรุดตัวด้วย PVD
Vacuum consolidation (VCM) Preload ด้วย Vacuum และแรงการทรุดตัวด้วย PVD

9. การตรวจสอบการบดอัด

การตรวจสอบความหนาแน่นของดินในสนาม (field density test) ภายหลังการบดอัด มีเทคนิคดังนี้

9.1 การทดสอบแบบใช้กรวยทราย (sand cone method, ASTM D1556)

เป็นการทดสอบที่ใช้ทรายเพื่อช่วยในการหาปริมาตรของหลุม ซึ่งขนาดของเม็ดทรายจะต้องมีลักษณะกลม และมีขนาดสม่ำเสมอ โดยอาจจะใช้ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30 แทนได้ เพื่อให้ได้ผลความหนาแน่นที่เท่ากันโดยตลอด และไม่เกิดการแยกตัวของเม็ดทรายขณะทำการทดสอบ รายละเอียดการทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 2204-57: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของวัสดุงานทางในสนาม (field density test)

ข้อควรระวังเพื่อป้องกันการผิดพลาด คือ ต้องป้องกันไม่ให้เกิดช่องว่างภายใต้แผ่นรอง ทรายที่ใช้ในการทดสอบต้องสะอาดและแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน และไม่ควรทดสอบด้วยวิธีนี้หากในหลุมมีน้ำขัง หรือแฉะ เพราะทรายจะไหลไม่สะดวก

9.2 การทดสอบแบบใช้ลูกโป่งยาง (rubber balloon method, ASTM D2167)

เป็นการทดสอบที่ใช้น้ำเพื่อช่วยในการหาปริมาตรของหลุมซึ่งสะดวกและรวดเร็วกว่าการทดสอบแบบใช้กรวยทราย โดยการทดสอบต้องอาศัยลมจากลูกบอลบีบอัดลงไปตรงส่วนบนของผิวน้ำในหลอดแก้วของเครื่องมือ เพื่อให้ผิวน้ำในหลอดแก้วถูกดันออกไปในลูกโป่งยางและไหลลงไปในหลุมทดสอบที่ขุดเอาไว้ใต้แผ่นรอง ลมที่อัดลงไปมีส่วนช่วยให้น้ำในลูกโป่งยางอัดแน่นสนิทกับก้นหลุม ทำให้ได้ค่าปริมาตรของหลุมที่ทดสอบ

ข้อควรระวังเพื่อป้องกันการผิดพลาด คือ ควรป้องกันไม่ให้เกิดช่องว่างภายใต้แผ่นรอง และพื้นผิวในการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ได้ระดับ และระวังลูกโป่งยางแตก

9.3 การทดสอบแบบนิวเคลียร์ (nuclear method)

การทดสอบโดยวิธีนี้เป็น การหาค่าความหนาแน่นของดินและปริมาณความชื้นของดินบดอัดแน่น โดยใช้รังสีแกมมา (Gamma ray) ส่งผ่านชั้นดินที่ต้องการ ก่อนที่จะไปเข้าเครื่องรับรังสี ถ้ารังสีสะท้อนกลับไปยังเครื่องรับมาก แสดงว่าดินมีความหนาแน่นสูง ส่วนการหาปริมาณความชื้นโดยใช้นิวตรอน (Neutron) ส่งผ่านเข้าไปในดินและสะท้อนไปยังเครื่องรับอนุภาคของนิวตรอนจะไปชนกับอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำ ถ้านิวตรอนสะท้อนกลับเข้าเครื่องรับช้า แสดงว่าปริมาณน้ำในมวลดินมาก

ข้อควรระวังเพื่อป้องกันการผิดพลาด คือ ต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือ (calibration) ก่อนการใช้งาน และต้องเตรียมพื้นผิวดินทดสอบเพื่อให้แนบกับเครื่องมือ และต้องตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมืออยู่เสมอ เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วไหลของรังสี

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 Australian Standard (2007) : AS 3798-2007. Guidelines on Earthworks for Commercial and Residential Developments.

10.2 สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์. 2561. การแก้ปัญหการทรุดตัวของงานถนน งานถมที่ และถมบ่อดิน

ในพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ด้วยการปรับปรุงคุณภาพดิน และเทคนิค VCM. หน่วยวิจัยการออกแบบและวิจัยด้านวิศวกรรมปฐพี ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.