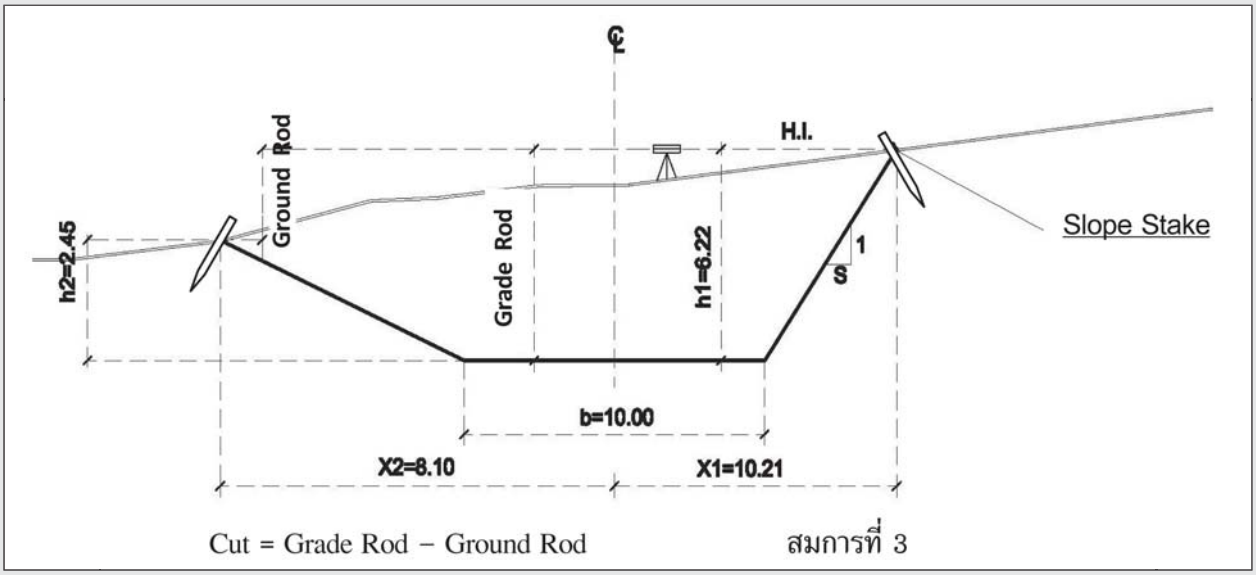
นำไม้สตาฟไปวางตามจุดต่าง ๆ บนพื้นดิน ค่าไม้สตาฟที่อ่านได้เรียกว่า Ground Rod ผลต่างระหว่าง Grade Rod และ Ground Rod คือ ความสูงที่ต้องถมดิน

Fill = Ground Rod − Grade Rod สมการที่ 2

ข้อสังเกต ถ้า H.I. อยู่ต่ำกว่าระดับของ Grade Line ค่า Grade Rod ในสมการ (1) จะเป็นลบ เมื่อนำมาแทนค่าในสมการที่ (2) จะทำให้ค่าที่สองทางขวามือของสมการกลายเป็นบวก นั่นคือในกรณีที่ H.I. อยู่ต่ำกว่าระดับของ Grade Line ความสูงที่ต้องถมดินจะเท่าผลบวกของ Ground Rod และ Grade Rod



รูปที่ 4-4 แสดงรูปตัดขวางในกรณีตัดดิน

วิธีการทำ Slope Stake

การหาตำแหน่งที่จะตอก Slope Stake มีลำดับขั้นตอนดังนี้

- ตั้งกล้องส่องไปยังจุดที่รู้ค่าระดับแล้ว อ่านค่า B.S. คำนวณค่า H.I. (H.I. = Elevation + B.S.)
- คำนวณค่า Grade Rod (Grade Rod = H.I.− Grade Elevation)
- นำไม้สตาฟไปวางที่จุดที่คาดว่าจะเป็น Toe Slope ของคันทาง วัดระยะจากแนวศูนย์กลาง (Center Line) และอ่านค่าไม้สตาฟ (ค่านี้เรียกว่า Ground Rod)
- นำค่า Ground Rod ลบด้วยค่า Grade Rod จะได้ค่าความสูงที่ต้องถมดิน (ความสูงที่ถมดิน = Ground Rod − Grade Rod) แต่ถ้าเป็นงานตัดจะได้ (ความลึกที่ต้องการตัด = Grade Rod − Grad Rod)
- นำค่า Side Slope (S) คูณความสูงที่ต้องถมดินจะได้ ระยะห่างในแนวราบของจุด Toe Slope จากขอบไหล่คันทาง
- ครึ่งหนึ่งของความกว้างคันทาง (เท่ากับ b/2) บวกกับระยะห่างในแนวราบของ Toe Slope จากขอบไหล่ทาง จะได้ระยะทางของ Toe Slope จากแนวศูนย์กลาง
- เปรียบเทียบระยะที่คำนวณได้กับระยะทางที่วัดได้ ถ้าเท่ากันแสดงว่าจุดนั้น คือ Toe Slope ที่ต้องการ

ถ้าระยะที่คำนวณได้ น้อยกว่า ระยะที่วัดได้ ต้องเลื่อนไม้ระดับเข้าหา Center Line

ถ้าระยะที่คำนวณได้ มากกว่า ระยะที่วัดได้ ต้องเลื่อนไม้ระดับออกจาก Center Line

ตัวอย่างการคำนวณกรณีงานดินถม (Fill)

สมมติให้ H.I. = 13.72 เมตร นำไม้สตาฟไปวางทางซ้ายที่จุดห่างจากแนวศูนย์กลาง 6.30 เมตร อ่านค่าไม้สตาฟได้ 0.54 จงหาว่าจุดนี้ใช่จุดที่เป็น Toe Slope หรือไม่ กำหนดความกว้างคันทาง (b) = 6 เมตร Side Slope (s) = 2 Grade Elevation = 15.00 เมตร

วิธีคำนวณ

Grade Rod	=	H.I. – Grade Elevation	
	=	13.72 – 15.00	= –1.28 เมตร
ความสูงดินถม (h)	=	Ground Rod – Grade Rod	
	=	0.54 – (–1.28)	= 1.82 เมตร
ระยะทางของขอบไหล่ถึง Toe Slope	=	hs = 1.82 x 2	= 3.64 เมตร
ระยะทางจาก Center Line ถึง Toe Slope	=	b/2 + hs = 3 + 3.64	= 6.64 เมตร

แต่จากการวัดในสนาม จุดห่างจาก Center Line เพียง 6.30 เมตร แสดงว่าจะต้องขยับไม้สตาฟห่างจาก Center Line ออกไปอีก แล้วอ่านค่าไม้สตาฟและวัดระยะทางใหม่ นำมาคำนวณตามวิธีข้างบนทำจนกระทั่งระยะทางที่คำนวณได้กับระยะทางที่อ่านไม้สตาฟตรงกัน

ตัวอย่างการคำนวณกรณีงานดินตัด (Cut)

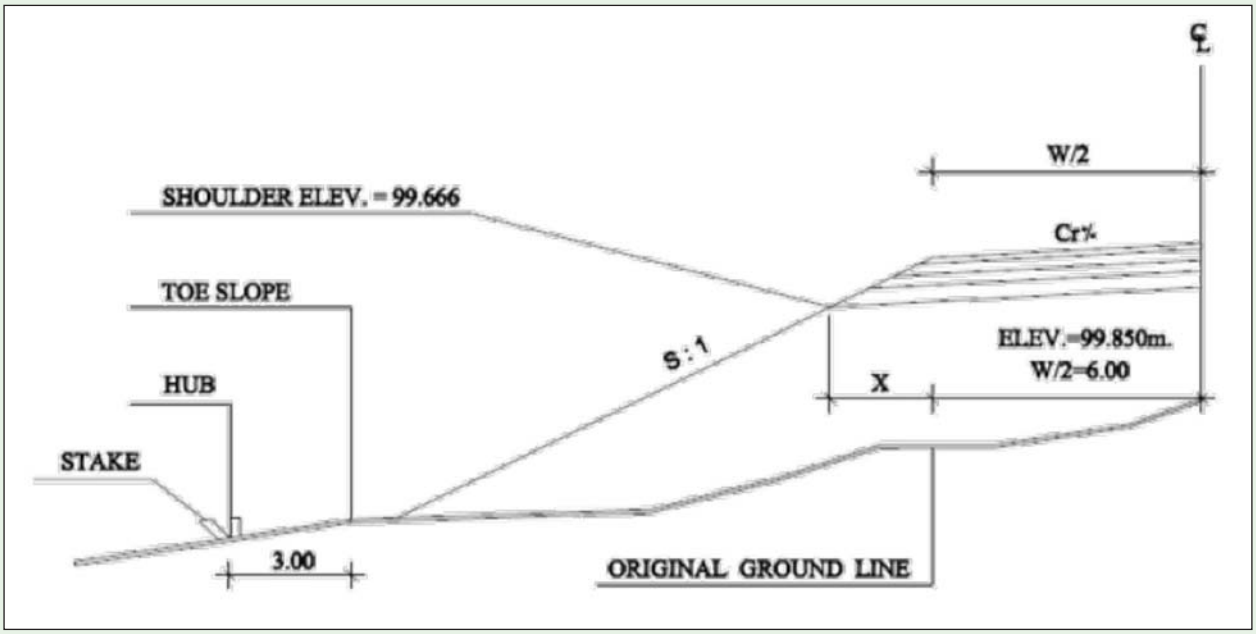
สมมติให้ H.I. = 16.30 เมตร นำไม้สตาฟไปวางทางขวาที่จุดห่างจากแนวศูนย์กลาง 5.10 เมตร อ่านค่าไม้สตาฟได้ 0.35 จงหาว่าจุดนี้ใช่จุดที่เป็น Toe Slope หรือไม่ กำหนดความกว้างคันทาง (b) = 6 เมตร Side Slope (s) = 1.5 Grade Elevation = 15.00 เมตร

วิธีคำนวณ

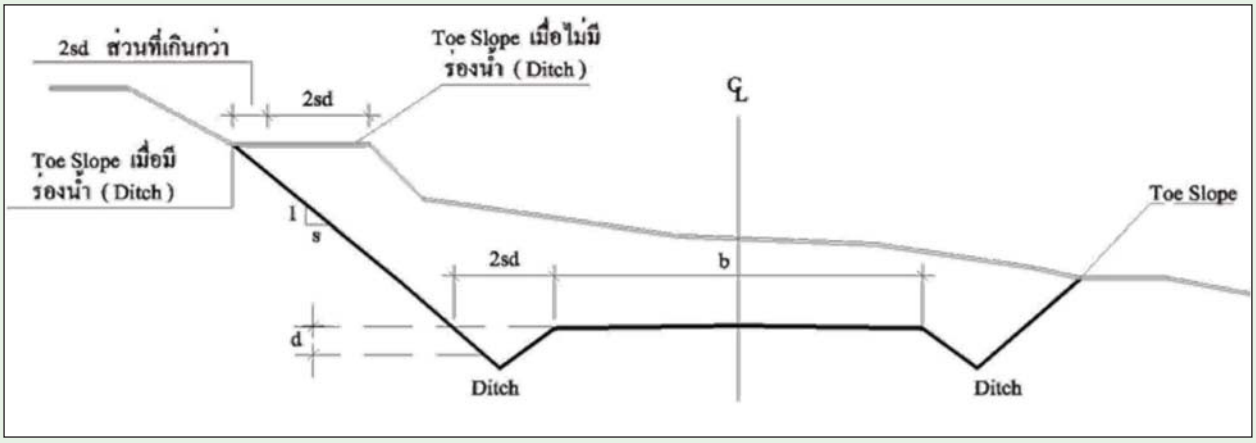
Grade Rod	=	H.I. – Grade Elevation	
	=	16.30 – 15.00	= 1.30 เมตร
ความลึกที่ต้องตัด (h)	=	Ground Rod – Grade Rod	
	=	1.30 – 0.35	= 0.95 เมตร
ระยะทางจากขอบไหล่ถึง Toe Slope	=	hs = 0.95 x 1.5	= 1.42 เมตร
ระยะทางจาก Center Line ถึงToe Slope	=	b/2 + hs = 3 + 1.42	= 4.42 เมตร

ปรากฏว่าระยะทางที่วัดได้ในสนามเป็น 5.10 เมตร ดังนั้น จึงต้องขยับไม้ระดับเข้าหา Center Line แล้วดำเนินการอ่านค่าไม้สตาฟและวัดระยะทางใหม่ นำมาคำนวณตามวิธีข้างต้นทำจนกระทั่งระยะทางที่คำนวณได้กับระยะทางที่อ่านไม้สตาฟตรงกัน

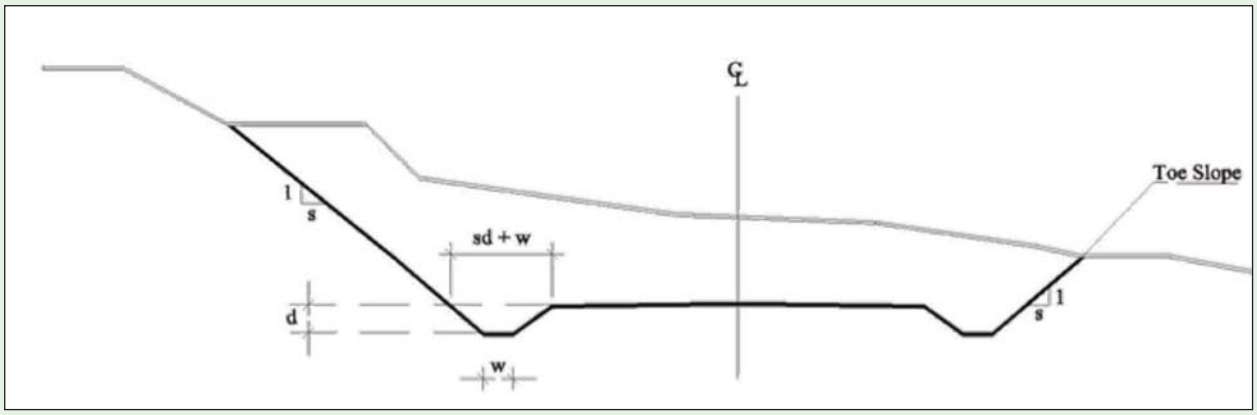
หมายเหตุ ในกรณีของดินตัด การออกแบบคันทางมักจะทำให้มีร่องน้ำเล็ก ๆ (Ditch) ไว้ด้านข้างเป็นทางระบายน้ำไม่ให้ไหลข้ามถนน (ดูรูปที่ 4-6)



รูปที่ 4-5 แสดงรูปตัดขวางในกรณีงานดินถม (Fill)

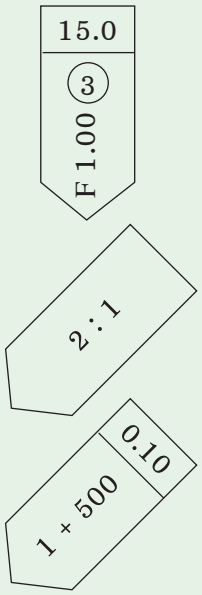


รูปที่ 4-6 (ก) แสดงรูปตัดขวางในกรณีงานดินถม (Cut)
โดยออกแบบคันทางให้มีร่องน้ำแบบไม่มีความกว้าง



รูปที่ 4-6 (ข) แสดงรูปตัดขวางในกรณีงานดินถม (Cut)
โดยออกแบบคันทางให้มีร่องน้ำแบบมีความกว้าง

การเขียนไม้ Slope Stake



ด้านหน้าของไม้ให้เขียน

(1) (15.0) คือระยะจาก Center Line ถึง Offset Hub

(2) (3) คือระยะ Offset Distance จาก Toe Slope ถึง Offset Hub

(3) (F 1.00) คือค่า Fill หรือกรณี Cut ก็จะเป็น C 1.00

ด้านข้าง (Edge Side) ให้เขียน Side Slope ในกรณีที่เป็นงานดินตัดให้ระบุชนิดของ Side Ditchไว้ด้วย เช่น V-Ditch (V.D.) หรือ Flat Bottom Ditch (F.D.)

ด้านหลังของไม้ให้เขียน

(1) (0.10) หมายถึง ค่าแตกต่างของงาน Cut หรือ Fill

(2) (1+500) หมายถึง บอก Station ที่จุดนั้น

นอกจากนี้ผู้ควบคุมงานยังต้องมีการตรวจสอบค่าการยกโค้ง (Super Elevation) เพื่อกำหนดค่าระดับก่อสร้างในโค้งทางราบ (Horizontal Curve) รวมถึงงานสำรวจภาคสนามอื่น ๆ ที่จำเป็นอีกด้วย

ก่อนที่จะเริ่มกิจกรรมก่อสร้าง จะต้องถ่ายภาพถนนเดิมในทุกระยะที่เหมาะสมอย่างน้อย 200 เมตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่คาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าน่าจะมีปัญหาในการก่อสร้าง เพื่อรวบรวมไว้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำรายงานหรือประวัติสายทาง หรือการวางแผนในการแก้ไขปัญหา ตามรูปที่ 4-7

กม. 0+000

กม. 0+200

กม. 0+400

กม. 0+600

กม. 0+800

กม. 1+000

รูปที่ 4-7 แสดงสภาพถนนเดิม

นอกจากนี้จะต้องติดตั้งป้ายประชาสัมพันธ์โครงการหรือป้ายแนะนำโครงการในบริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดโครงการที่ไม่เป็นการกีดขวางการจราจร เพื่อให้ผู้สัญจรไปมาและประชาชนโดยทั่วไปทราบ ตัวอย่างตามรูปที่ 4-8

ป้ายประชาสัมพันธ์โครงการ

ป้ายแนะนำโครงการ

รูปที่ 4-8 แสดงป้ายประชาสัมพันธ์และป้ายแนะนำโครงการ

4.2 งานดินและชั้นคันทาง (Subgrade)

4.2.1 งานกรุยทางถางป่า (Clearing & Grubbing) จะต้องดำเนินการในขอบเขตและแนวทาง(Alignment) ตามแบบก่อสร้าง โดยมีการวางหลักขอบเขตของงานดินตัดหรือดินถม (Slope Stakes) ตามแนวเส้นทางของโครงการ ซึ่งจะทำการกำจัดวัชพืช ถางป่า ขุดตอ เศษขยะ วัชพืช และวัสดุอื่นที่ไม่ต้องการออกจากขอบเขตของงานก่อสร้างให้หมด สำหรับบริเวณที่ทำการก่อสร้างคันทางที่สูงจากระดับดินเดิมไม่เกิน 60 ซม.ให้ขุดตอไม้ รากไม้ออกอย่างน้อย 30 ซม. วัสดุที่ขุดรื้อออกจะต้องนำไปทิ้งในที่ที่เหมาะสมให้เรียบร้อย

กรุยทาง ถางป่า ภายในแนวเขตทาง

การรื้อบดอัดพื้นทางเดิม

รูปที่ 4-9 (ก) แสดงกิจกรรมการกรุยทาง ถางป่า และการรื้อบดอัดคันทางเดิม

พื้นทางเดิมที่บดอัดแล้ว

การบดอัดพื้นทางเดิมบริเวณงานตัด

รูปที่ 4-9 (ข) แสดงกิจกรรมการกรุยทาง ถางป่า และการรื้อบดอัดคันทางเดิม

4.2.2 งานปรับเกลี่ยแต่งคันทางเดิม (Reshaping & Levelling) ทำการปรับเกลี่ยแต่งผิวหน้าของคันทาง เต็มความกว้างคันทางที่จะก่อสร้าง แล้วทำการขุดคุ้ย (Scarify) พื้นทางเดิม และดินเดิมรวมทั้งการเก็บวัชพืช และสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ออกจากบริเวณคันทางที่จะก่อสร้าง สำหรับบริเวณที่มีดินอินทรีย์ หรือเลน ให้ขุดลอกออกให้หมด แล้วทำการบดอัดแน่น ซึ่งจะต้องทดสอบให้ได้ความแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Standard Proctor Density จึงจะทำการก่อสร้างดินถมคันทางในชั้น (Layer) ต่อไปได้

ขุดลอกขยะ

ขุดลอกเลน

รูปที่ 4-10 แสดงการขุดลอกสิ่งไม่พึงประสงค์

ตารางที่ 4-2 เกณฑ์การทดสอบวัสดุดินเดิม

การทดสอบ	General Test	Control Test	หมายเหตุ
Compaction	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 500 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	- การทดสอบวัสดุจากแหล่ง (General Test) ดำเนินการโดยหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบท - ค่าที่นำไปใช้ในการควบคุมงานก่อสร้างในสนาม จะต้องเป็นค่า Control Test ที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างวัสดุในช่วง กม. นั้น ๆ
C.B.R. Swelling	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
Field Density	-	ทดสอบทุกระยะ 50 ม.	สลับซ้าย-ขวา

รูปที่ 4-11 การเก็บตัวอย่างวัสดุจากแหล่งเพื่อทดสอบคุณสมบัติ (General Test)

4.2.3 งานดินถมคันทาง (Embankment Construction) มีคุณสมบัติวัสดุคันทางดังนี้

4.2.3.1 ประเภทดินทั่วไป (Soil)

- เป็นดินที่ปราศจากสารอินทรีย์ เลน เศษซากวัชพืช
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 4 % หรือตามแบบกำหนด
- ค่าการพองตัว (Swelling) ไม่มากกว่า 4 %

4.2.3.2 ประเภทมวลรวม (Soil Aggregate)

- เป็นดินที่ปราศจากสารอินทรีย์ เลน เศษซากวัชพืช ดินเหนียว (Clay Lump) และหน้าดิน (Top Soil)
- มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มม. มีส่วนละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) ไม่เกิน 35 % โดยน้ำหนัก
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 8 % หรือตามแบบกำหนด
- ค่าการพองตัว (Swelling) ไม่มากกว่า 3 %

4.2.3.3 ประเภททราย (Sand)

- ค่าดัชนีความเป็นพลาสติกเป็นศูนย์ (Non Plasticity Index) ปราศจากสารอินทรีย์ เลน เศษซากวัชพืช ดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil)
- เม็ดโตสุดไม่เกิน 9.5 มม. ส่วนละเอียดให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกิน 20 % โดยน้ำหนัก
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 10 % หรือตามแบบกำหนด

การก่อสร้างคันทาง หรือถมขยายคันทาง โดยใช้วัสดุประเภทดินทั่วไปที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานวัสดุถมคันทางสำหรับทางหลวงชนบท ที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานแล้ว นำมาถมและทำการเกลี่ยแต่งวัสดุที่นำมาก่อสร้างคันทางแล้ว จึงทำการบดอัดแน่นบนพื้นทางเดิมให้ได้ รูปร่าง ขนาด และระดับตามที่แบบก่อสร้างกำหนด

รูปที่ 4-12 การบดอัดงานดินถมคันททาง

การถมในบริเวณที่เป็นหนองน้ำ คูน้ำ ที่มีเลนตะกอนอยู่ให้สูบน้ำออกให้แห้ง ลอกเลน ตะกอนออก แล้วใช้วัสดุที่เป็นประเภทมวลรวม (Soil Aggregate) หรือประเภททราย (Sand) เป็นวัสดุถมคันทาง

รูปที่ 4-13 บริเวณที่มีน้ำขัง ก่อนถมคันทาง
ต้องสูบน้ำทิ้งและตากให้แห้ง

การถมคันทางในบริเวณที่เป็นดินอ่อนผ่านที่ลุ่ม เช่น บึงน้ำ หรือหนองน้ำที่ไม่สามารถสูบน้ำ หรือขุดลอกเลนออกได้ และดินเดิมมีค่า C.B.R. น้อยกว่า 2 % ซึ่งมีเลน และซากวัสดุตกตะกอนและแบบก่อสร้าง ระบุให้ใช้ทราย (Sand) เป็นวัสดุถมคันทาง ให้ใช้วิธีการถมไล่เลนโดยทำการถมจากแนวกึ่งกลางทางหรือจากเชิงลาดเดิมออกไปทางด้านข้างจนพื้นที่ที่ต้องการไม่มีเลนตกค้าง โดยให้ถมสูงเหนือน้ำไม่เกิน 20 ซม. แล้วทำการบดอัดให้ได้ความแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Standard Proctor Density ในกรณีที่ดินเดิมเป็นดินอ่อนที่มีอัตราการทรุดตัวสูงให้ถมทิ้งไว้ (Waiting Period) อย่างน้อย 45 วัน แล้วจึงทำการบดอัดให้ได้ความแน่นตามที่กำหนด

รูปที่ 4-14 การรื้อวัสดุที่ไม่ได้มาตรฐานออก

คันทางเดิมหรือลาดคันทางของถนนเดิม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าคันทางที่จะก่อสร้างใหม่น้อยกว่า 1 เมตร ตามแบบก่อสร้าง หลังจากกำจัดวัสดุไม่พึงประสงค์ออกหมดแล้ว จะต้องขุดคุ้ย (Scarify) พื้นทางเดิมลึกอย่างน้อย 15 ซม. คลุกเคล้าผสมกับน้ำให้มีความชื้นที่เหมาะสม ทำการบดอัดแน่นทดสอบความแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Standard Proctor Density แล้วจึงถมคันทางเพิ่มทีละชั้น แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 20 ซม. และทดสอบความแน่นทุกชั้นคันทางส่วนที่ขยายให้ตัดเชิงลาดคันทางแบบขั้นบันได (Benching) และถมบดอัดแน่นเป็นชั้น ๆ

รูปที่ 4-15 ขุดคุ้ย (Scarify) พื้นทางเดิม

รูปที่ 4-16 หลังจากการบดอัดแต่ละชั้น ทำการทดสอบความแน่น

ภายหลังการก่อสร้างหากพบบริเวณใดมีลักษณะ Soft Spot แสดงว่ามีดินอ่อนชั้นล่าง ต้องขุดออกแล้วนำวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุคัดเลือกมาถมบดอัดเป็นชั้น ๆ ให้มีความแน่นตามข้อกำหนด

รูปที่ 4-17 การขุดวัสดุที่ไม่เหมาะสมออกในบริเวณ Soft Spot

เมื่อทำการเกรด – บดอัดเป็นชั้น ๆ จนได้แนว ขนาดและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้างแล้ว ให้ตรวจสอบระดับความแน่น ความกว้าง ถ่ายรูปงานที่ได้ทำการเกรดปรับระดับโดยละเอียด (Fine Grade) เรียบร้อยแล้วไว้เป็นหลักฐาน ตามตารางที่ 4-12 ท้ายบทแล้วจึงดำเนินการก่อสร้างงานชั้นถัดไป

รูปที่ 4-18 ทำการตรวจสอบระดับหลังจากทำการเกรดบดอัดโดยละเอียด (Fine Grade)

รูปที่ 4-19 ทดสอบความแน่นของงานดินถมแต่ละชั้น

รูปที่ 4-20 การถมดินบริเวณข้างท่อ
หรือโครงสร้างระบายน้ำ

รูปที่ 4-21 การบดอัดความแน่นบริเวณ
ด้านข้างท่อเหลี่ยม

รูปที่ 4-22 การทดสอบความแน่น
โดยวิธี Sand Cone Test

รูปที่ 4-23 การบดอัดบริเวณที่อยู่ใกล้กับโครงสร้าง คสล.
ไม่ควรสั่นสะเทือนเนื่องจากจะทำให้โครงสร้างเสียหายได้

ข้อควรระวัง

ในการถมบริเวณที่ใกล้กับงานโครงสร้างคอนกรีตหรือบริเวณอื่น ๆ ที่ไม่สามารถบดอัดด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากอาจจะทำให้โครงสร้างเสียหายได้ จึงต้องใช้เครื่องมือบดอัดขนาดเล็กแทน โดยวัสดุที่ใช้ถมต้องเป็นทราย (Sand) และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน

รูปที่ 4-24 งานชั้นดินถมคันทางที่ดำเนินการแล้ว
เสร็จพร้อมที่จะก่อสร้างชั้นต่อไป

รูปที่ 4-25 ลักษณะดินถมคันทางเป็นชั้น ๆ

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Tolerance)

หลังการก่อสร้างคันทางเสร็จจะต้องมีรูปแบบตามแบบก่อสร้าง ค่าระดับช่วง 3 เมตร ตามแนวขนานและตั้งฉากกับศูนย์กลางทาง ต่างกันไม่เกิน 1 ซม. ตรวจสอบค่าระดับทุก ๆ ระยะ 25 เมตร ค่าระดับก่อสร้างของงานถมคันทางมีค่าคลาดเคลื่อนจากแบบก่อสร้างได้ไม่เกิน 1.5 ซม. และไม่สูงกว่าที่แบบก่อสร้างกำหนด

ตารางที่ 4-2 เกณฑ์การทดสอบวัสดุดินเดิม

การทดสอบ	General Test	Control Test	หมายเหตุ
Compaction	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 500 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	- การทดสอบวัสดุจากแหล่ง (General Test) ดำเนินการโดยหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบท - ค่าที่นำไปใช้ในการควบคุมงานก่อสร้างในสนาม จะต้องเป็นค่า Control Test ที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างวัสดุในช่วง กม. นั้น ๆ
C.B.R. Swelling	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
Field Density	-	ทดสอบทุกระยะ 50 ม.	สลับซ้าย-ขวา

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบระดับ (ใช้กับงานโครงสร้างทางทุกชั้น)

	สำนักก่อสร้างทาง กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม	แผ่นที่/จำนวนแผ่น วันที่ตรวจสอบ งานชั้น ผิวทาง	
โครงการ	ก่อสร้างถนนสายแยก ทล.3159 - บ.ตรอกมะนาว อำเภอ เขาสมิง จังหวัดตราด	ส่องกล้อง/จดบันทึก	ช่างสำรวจบริษัทฯ
ควบคุมงานโดย	กลุ่มงานทางหลวงชนบท สำนักก่อสร้างทาง กรมทางหลวงชนบท	ควบคุม/ตรวจสอบ	นายสมาน กุลพรม
ผู้รับจ้าง	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป.ศิริภัณฑ์จันทบุรี	รับรองผล	นายสมาน กุลพรม

ผลการตรวจสอบระดับของงานก่อสร้าง

REMARK	+ = HIGHER THAN REQUEST GRADE - = LOWER THAN REQUEST GRADE	จาก กม.ที่ 0+000 ถึง กม.ที่ 0+062.5	ระยะทาง 0.062.5 กิโลเมตร

STA.	B.S.	H.I.	F.S.	ELE.	RODE AND ELEVATION							REMARK
					Lt_3	Lt_2	Lt_1	C_L	Rt_3	Rt_2	Rt_1	
BM0/1	1.35			100.000	6.00	5.00		0.00		5.000	6.00	
					1.674	1.608		1.526		1.605	1.671	1 ACTUAL READING
		101.35			99.676	99.743		99.824		99.746	99.679	2 ACTUAL ELEV=HI(1)
					99.682	99.745		99.832		99.745	99.682	2 REQUEST GRADE
					-0.006	-0.002		-0.008		0.001	-0.003	4 DIFFERENT=(2)-(3)
0+012.50					6.00	5.00		0.00		5.00	6.00	
					1.671	1.602		1.517		1.603	1.670	
					99.679	99.749		99.833		99.748	99.680	
					99.682	99.745		99.832		99.745	99.682	
		101.350			-0.003	0.004		0.001		0.003	-0.002	
0+025.00					6.000	5.00		0.00		5.00	6.00	
					1.670	1.607		1.517		1.603	1.673	
					99.680	99.744		99.833		99.745	99.677	
					99.682	99.745		99.832		99.745	99.682	
					-0.002	-0.001		0.001		0.003	-0.005	
0+037.50					6.00	5.00		0.00		5.00	6.00	
					1.627	1.564		1.471		1.562	1.628	
					99.724	99.786		99.880		99.788	99.723	
					99.727	99.789		99.877		99.789	99.727	
					-0.003	-0.003		0.003		-0.001	-0.004	
0+050.00					6.00	5.00		0.00		5.00	6.00	
					1.583	1.518		1.432		1.521	1.578	
					99.767	99.833		99.918		99.829	99.772	
					99.771	99.834		99.921		99.834	99.771	
					-0.004	-0.001		-0.003		-0.005	0.001	
					6.00	5.00		0.00		5.00	6.00	
0+062.50		101.350			1.535	1.473		1.381		1.470	1.538	
			1.796	99.554	99.815	99.877		99.969		99.881	99.812	
Tbm1/1-1		Tbm1/1-1		99.553	99.816	99.879		99.966		99.879	99.816	
			Diff=	0.001	-0.001	-0.002		0.003		0.002	-0.004	

เสนอ (.....) วิศวกรโครงการฯ
(นายวุฒิชัย ภู่นคร)
ทะเบียนเลขที่ ภย.23396

รับรอง (.....) หัวหน้าโครงการ
นายอิสระชนม์ คงช่วย
นายช่างโยธาชำนาญงาน

ตาราง 4-5 ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบความแน่นในสนาม (ใช้กับงานโครงสร้างทางทุกชั้น)

กลุ่มงานทางหลวงชนบท สำนักก่อสร้างทาง กรมทางหลวงชนบท	**การทดสอบความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม** (FIELD DENSITY TEST) (SAND CONE)	แผ่นที่ ทะเบียนทดสอบ..... ทดสอบวันที่

ชื่องาน	โครงการก่อสร้างถนนสายแยกทางหลวงหมายเลข 3159 – บ.ตรอกมะนาว (ตอนที่ 1)
สถานที่ก่อสร้าง	แยกทางหลวงหมายเลข 3159 – บ.ตรอกมะนาว อ.เมือง จ.ตราด
ลักษณะงาน	ก่อสร้างถนนผิวจราจร AC.กว้าง 7.00 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 2.50 เมตร (จาก กม.0+000 – กม.10+095)ระยะทาง10.104 กม.
ผู้รับจ้าง	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป.ศิริภัณฑ์จันทบุรี

ชนิดวัสดุ	**หินคลุก**
ชั้นโครงสร้างทาง	**Base**
ความแน่นของการบดอัดที่ต้องการไม่น้อยกว่า 95 % **Modified Proctor**	

	STATION	km.	2+350	2+400	2+450	2+500	2+550	2+600
	OFFSET	Lt.Rt.	RT	LT	RT	LT	RT	LT
	DISTANCE FROM ℄	m	4.6	4.9	5.2	4.8	5.0	4.9
	THICKNESS	cm.	12	12	11.5	11.5	12	11.5
1	Wt.CONTAINER + FUNNEL + SAND	gm.	8414	8399	8388	8136	8338	9250
2	Wt.CONTAINER + FUNNEL + SAND REMAINING	gm.	3976	3990	4064	3746	3887	3910
3	Wt.SAND IN HOLE + FUNNEL	gm.	4438	4409	4324	4390	4451	4340
4	Wt.SAND IN FUNNEL	gm.	1508	1507	1508	1507	1508	1507
5	Wt.SAND IN HOLE	gm.	2930	2902	2816	2883	2943	2833
6	UNIT Wt.OF TEST SAND	gm./oo	1.344	1.344	1.344	1.344	1.344	1.344
7	VOLUME OF HOLE	oo	2180	2159	2095	2145	2190	2108
8	Wt.OF TRAY + WET SAMPLE	gm.	5381	5486	5208	5284	5473	5256
9	Wt.OF TRAY	gm.	275	298	275	298	275	298
10	Wt.OF WET SAMPLE	gm.	5106	5188	4933	4986	5198	4958
11	WET UNIT Wt. OF SAMPLE	gm./oo	2.342	2.403	2.355	2.325	2.373	2.352
	CAN No		C18	C23	C1	C6	C10	C15
12	Wt. OF CAN + WET SAMPLE	gm.	299.2	390.8	232.7	456.7	408.9	284.0
13	Wt. OF CAN + WET SAMPLE	gm.	285.9	368.0	218.1	434.8	388.9	267.3
14	Wt.WATER	gm.	13.3	22.8	14.6	21.9	20.0	16.7
15	Wt. OF CAN	gm.	24.6	24.6	24.5	24.7	23.9	24.2
16	Wt. OF DRY SOIL	gm.	261.3	343.4	193.6	410.1	365.0	243.1
17	% MOISTURE CONTENT	%	5.09	6.64	7.54	5.34	5.48	6.87
18	DRY DENSITY CONTENT	gm./oo	2.229	2.253	2.190	2.207	2.250	2.201
19	MAXIMUM DRY DENSITY	gm./oo	2.256	2.256	2.256	2.256	2.256	2.256
20	OPTIMUM MOISTURE CONTENT	%	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57
21	COMPACTION	%	**98.81**	**99.86**	**97.08**	**97.84**	**99.73**	**97.56**
	ผลการทดสอบ		PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

REMARK.....

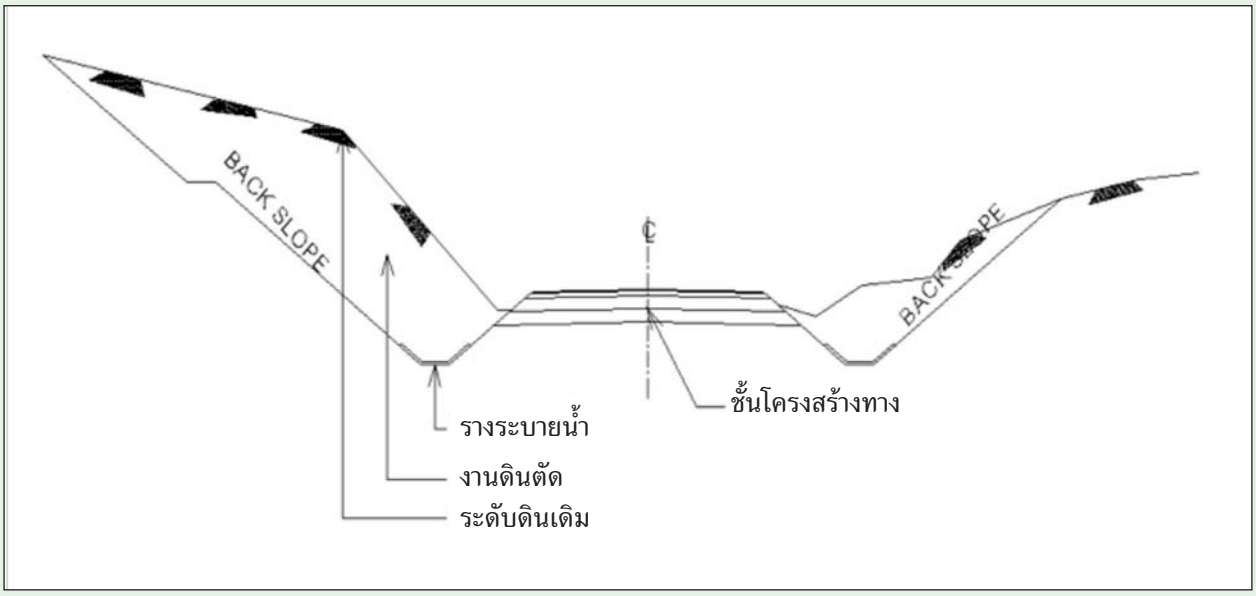
รับรอง

(นายอิสระชนม์ คงช่วย)
นายช่างโยธาชำนาญงาน

ผู้ควบคุมงาน

4.2.4 งานขุดตัด (Roadway Excavation)

แบบก่อสร้างทางโดยทั่วไป จะระบุกิจกรรมงานดินตัดในการตัดแต่งเชิงลาด Back Slope เพื่อทำร่องระบายน้ำหรือวางอาคารระบายน้ำ ตามรูปที่ 4-26 ซึ่งกรณีพื้นที่ด้านข้างเป็นพื้นที่ลาดชันหรือเป็นภูเขา งานขุดตัดจะต้องดำเนินการในชั้นดินหรือหินแข็งและจะต้องก่อสร้างระบบป้องกันการกัดเซาะตามแบบแปลนแล้วแต่กรณี



รูปที่ 4-26 แสดงรูปตัดถนนที่มีงานขุดตัด

การขุดตัดเป็นกิจกรรมงานก่อสร้างที่ทำให้ดินหรือหินหลวม (Loosening) เพื่อทำการสร้างคันทางให้ได้ตามรูปแบบนำวัสดุที่ขุดตัดไปใช้ในบริเวณที่ต้องการถม หรือนำไปทิ้งในที่ที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการขุดตัดขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุ

รูปที่ 4-27 การขุดตัด Back Slope ที่สูงมาก ๆ ให้ตัดแบบมีชานพัก

รูปที่ 4-28 การปรับแต่ง Back Slope

การขุดตัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

4.2.4.1 งานตัดชนิดไม่ระบุประเภท คือ การขุดตัดวัสดุ เพื่อการก่อสร้างและตัดแต่งคันทาง และการขุดเพื่อก่อสร้างระบบระบายน้ำ

รูปที่ 4-29 การขุดตัดวัสดุที่ไม่ต้องการและนำไปทิ้งในที่ที่เหมาะสม

4.2.4.2 งานตัดชนิดระบุประเภท คือ การขุดตัดคันทางที่ระบุประเภทชนิดของวัสดุและประเภทเครื่องจักรที่ใช้ ซึ่งได้แก่ ดินและวัสดุคันทางอื่น เช่น หินผุ หินแข็ง เป็นต้น การขุดตัดวัสดุที่ระบุประเภทขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ซึ่งการขุดตัดทั้ง 2 ประเภทนี้ แบบก่อสร้างจะระบุไว้ และคิดปริมาณงานรวมถึงค่าใช้จ่ายไว้ในรายการก่อสร้างแล้ว ทั้งนี้การก่อสร้าง ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการขุดตัดตามชนิดวัสดุ บริเวณที่ทำการขุดตัด และระยะทางที่จะขนส่ง การนำวัสดุที่ตัดไปใช้ในบริเวณที่ต้องการถมหรือนำไปทิ้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุ หากนำวัสดุไปใช้ในงานถม คุณสมบัติวัสดุต้องเป็นไปตามมาตรฐานวัสดุถมคันทาง

งานขุดตัดที่ใกล้เคียงระดับคันทางที่ต้องการแล้วให้ขุดคุ้ย (Scarify) พื้นทางเดิมลึกอย่างน้อย 20 ซม. บดอัดแน่น ปรับเกลี่ยแต่งให้ได้ตามรูปแบบ และความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Standard Proctor Density บันทึกข้อมูลความแน่นไว้เป็นหลักฐาน ตามตารางที่ 4-4 และให้ทำการตรวจสอบค่าระดับและวัดขนาดให้ได้ตามแบบแปลน แล้วบันทึกลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบระดับตามตารางที่ 4-5 การตรวจสอบต่าง ๆ ให้เป็นไปตามตารางที่ 4-12 สำหรับการเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินตัดเพื่อส่งทดสอบให้เก็บลักษณะเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างวัสดุดินเดิม

รูปที่ 4-30 การขุดตัดเพื่อก่อสร้างคันทางให้ได้ระดับ

4.3 งานวัสดุคัดเลือก (Selected Material)

วัสดุคัดเลือก หมายถึง วัสดุที่มีคุณภาพดีกว่าชั้นดินคันทาง เพื่อนำมาใช้เสริมระหว่างชั้นคันทาง กับชั้นรองพื้นทาง หรือตามตำแหน่งชั้นอื่นๆ ที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง การที่กำหนดให้มีงานชั้นวัสดุคัดเลือกให้ใช้ในกรณีที่ค่า California Bearing Ratio (C.B.R.) ของดินคันทาง น้อยกว่า 6% แต่ถ้าค่า (C.B.R.) ของชั้นดินคันทางไม่น้อยกว่า 6% ให้ใช้วัสดุดินคันทางก่อสร้างแทนชั้นวัสดุคัดเลือกได้

4.3.1 คุณสมบัติวัสดุคัดเลือก

4.3.1.1 ประเภท ก. เป็นวัสดุ Soil Aggregate ที่ไม่ใช่ทรายซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นดินที่ปราศจากสารอินทรีย์ เลน เศษซากวัชพืช ดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil)
- มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 5 ซม. มีส่วนละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) ไม่เกิน 25 % โดยน้ำหนัก
- ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 40
- ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก ไม่มากกว่า 20
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 8 % หรือตามแบบกำหนด
- ค่าการพองตัว (Swelling) ไม่มากกว่า 3 %

4.3.1.2 ประเภท ข. เป็นวัสดุ Soil Aggregate ประเภททราย หรือวัสดุอื่นที่ยอมให้ใช้ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นดินที่ปราศจากสารอินทรีย์ เลน เศษซากวัชพืช ดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil)
- มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 5 ซม. ถ้าเป็นทรายส่วนละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) ไม่เกิน 20 % โดยน้ำหนักความแน่นแห้ง (Maximum Dry Density) ไม่น้อยกว่า 2000 Kg/m^3

4.3.2 วิธีการก่อสร้าง

เมื่อบดอัดและตบแต่งชั้นดินคันทางตามรูปแบบและข้อกำหนดแล้ว นำวัสดุคัดเลือกมากองบนคันทางแล้วทำการคลุกเคล้าผสมน้ำ (Mix Process) เกลี่ยแผ่บดอัดแน่นปรับแต่งให้ได้ตามรูปแบบ หนาชั้นละไม่เกิน 15 ซม. ความแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Modified Proctor Density โดยเทคนิคการบดอัดให้ได้ความแน่นผ่านเกณฑ์ที่กำหนดนั้น ให้คลุกเคล้าวัสดุผสมน้ำให้มีความชื้นใกล้เคียงปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด(Optimum Moisture Content : O.M.C.) แล้วเกลี่ยแผ่บางๆ ความหนาครั้งละประมาณ 2-3 ซม. พร้อมให้เครื่องจักรเข้าบดอัดทันที ทำลักษณะนี้ซ้ำจนได้ความหนาตามกำหนด จากนั้นให้ทำการบดอัดผิวหน้าต่อไปในขณะที่วัสดุชั้นล่างยังมีความชื้นอยู่ หากผิวหน้าวัสดุด้านบนสูญเสียความชื้นไปให้สเปรย์น้ำบางๆ และบดอัดจนผิวหน้าเรียบ

เมื่อดำเนินการก่อสร้างได้ลักษณะตามรูปแบบแล้ว ให้ตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ ตามตารางที่ 4-12

รูปที่ 4-31 การทดสอบความแน่นโดยวิธีทรายถมแทนที่

รูปที่ 4-32 งานก่อสร้างแล้วเสร็จจะต้องมีระดับความกว้าง ความยาวและความแน่นตามแบบแปลน

ตารางที่ 4-6 เกณฑ์การทดสอบวัสดุคัดเลือก

การทดสอบ	General Test	Control Test	หมายเหตุ
Compaction	เก็บทุกๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุกๆ ระยะทาง 500 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	- การทดสอบวัสดุจากแหล่ง (General Test) ดำเนินการโดยหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบท - ค่าที่นำไปใช้ในการควบคุมงานก่อสร้างในสนาม จะต้องเป็นค่า Control Test ที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างวัสดุในช่วง กม. นั้นๆ
Gradation	เก็บทุกๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุกๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
C.B.R. Swelling	เก็บทุกๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง เก็บทุกๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุกๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง เก็บทุกๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
Field Density	-	ทดสอบทุกระยะ 50 ม.	สลับซ้าย-ขวา

4.3.3 ข้อแนะนำกรณีผลการทดสอบความแน่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ให้พิจารณาดำเนินการดังนี้

4.3.3.1 หากปริมาณน้ำอยู่ในช่วง ± 3% ของค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่การทดสอบความแน่นไม่ผ่านตามข้อกำหนดให้ทำการบดทับซ้ำโดยเพิ่มพลังงานการบดอัด (Recompaction) และเพิ่มจำนวนเที่ยว เพื่อให้ได้ความแน่นที่ต้องการ

รูปที่ 4-33 การบดอัดใหม่ (Recompaction)
เพื่อให้ได้ความแน่นตามเกณฑ์มาตรฐาน

4.3.3.2 หากปริมาณน้ำไม่อยู่ในช่วง ± 3% ของค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการจะต้องขุดคุ้ยวัสดุ (Scarify) เพื่อตากให้แห้ง กรณีที่ปริมาณน้ำมากเกินไป หรือผสมน้ำเพิ่ม กรณีที่ปริมาณน้ำน้อย แล้วจึงบดอัดใหม่ให้ได้ความแน่นตามกำหนด

รูปที่ 4-34 การขุดคุ้ยวัสดุ (Scarify) เพื่อทำการบดอัดใหม่
ในกรณีความแน่นไม่ผ่านเกณฑ์

รูปที่ 4-35 การใช้เหล็กเจาะ เพื่อตรวจสุ่มความหนาชั้นวัสดุ

4.3.4 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Tolerance)

ระดับก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือกที่บดอัดแน่นแล้วทุกจุด (Finish Grade) ยอมให้สูงหรือต่ำกว่าแบบก่อสร้างได้ไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร แต่ถ้าค่าระดับแตกต่างจากแบบก่อสร้างเกิน ± 1.5 ซม. ให้แก้ไขดังนี้

4.3.4.1 ค่าระดับต่ำกว่าแบบก่อสร้างเกิน 1.5 ซม. ให้เสริมเพิ่มด้วยชั้นวัสดุเดิมหรือชั้นวัสดุชั้นถัดขึ้นไป โดยจะต้องขุดคุ้ย (Scarify) ออกลึกอย่างน้อย 10 ซม. แล้วทำการบดอัดใหม่ให้แน่นและได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

4.3.4.2 หากค่าระดับสูงกว่าแบบเกิน 1.5 ซม. ให้ดำเนินการตัดแต่งชั้นวัสดุคัดเลือกออกให้ได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

รูปที่ 4-36 การขุดตัดวัสดุออกกรณีระดับก่อสร้างสูงมากกว่าแบบแปลน

4.4 งานชั้นรองพื้นทาง (Subbase)

งานชั้นรองพื้นทาง หมายถึง การก่อสร้างวัสดุบนชั้นคันทาง หรือบนชั้นวัสดุคัดเลือกที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยใช้วัสดุลูกรัง หรือมวลรวมดิน (Soil Aggregate) นำมาคลุกเคล้าผสมน้ำ (Mix Process) แล้วทำการปรับเกลี่ยแต่งและบดอัดแน่นให้ได้รูปแบบ ความหนาชั้นละไม่เกิน 15 ซม. ความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified Proctor Density เมื่อดำเนินการก่อสร้างได้ลักษณะตามรูปแบบแล้ว ให้ตรวจสอบและควบคุมตามตารางที่ 4-12 ท้ายบท

4.4.1 คุณสมบัติวัสดุรองพื้นทาง

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างชั้นรองพื้นทางประกอบด้วยดิน ลูกรัง กรวด กรวดคลุก หรือหินคลุกที่มีคุณสมบัติมาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง ดังนี้

- เป็นวัสดุ Soil Aggregate ประกอบด้วยเม็ดแข็ง ทนทานและมีเชื้อประสานที่ดีผสมอยู่
- ปราศจากสารอินทรีย์ เลน เศษซากวัชพืช ดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil) รากไม้หรือวัชพืช (Shale)
- มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 5 ซม.
- ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 35
- ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) ไม่มากกว่า 11
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 25 % หรือตามแบบกำหนด
- ค่าความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่า 60
- มีมวลขนาดคละผ่านตะแกรงมาตรฐานตามตารางที่ 4-7

รูปที่ 4-37 กองวัสดุรองพื้นทางบนคันทางหรือชั้นวัสดุคัดเลือก

ตารางที่ 4- 7 แสดงมวลขนาดคละผ่านตะแกรงมาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ				
	ชนิด ก	ชนิด ข	ชนิด ค	ชนิด ง	ชนิด จ
2”	100	100	-	-	-
1”	-	75-95	100	100	100
3/8”	30-60	40-75	50-85	60-100	-
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30	24-45	20-50
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15	10-25	6-20

4.4.2 วิธีการก่อสร้าง

กรณีการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนถนนเดิมที่มีผิวจราจรเป็นลูกรัง ให้ตบแต่งพื้นทางเดิมให้ได้แนวและระดับตามรูปแบบที่กำหนด หากมีวัสดุส่วนใดที่หลุดร่อนไม่คงทนหรือด้อยคุณภาพ หรือเป็นหลุมบ่อต้องกวาดวัสดุเดิมออกให้หมด และดำเนินการกลบหลุมบ่อด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุคัดเลือก หรือหากพบบริเวณใดที่มีดินอ่อนอยู่ใต้ชั้นโครงสร้างเดิม (Soft Spot) ให้ขุดออกแล้วนำวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุคัดเลือกมาถมแทนที่ และบดอัดเป็นชั้น ๆ ความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Standard Proctor Density

รูปที่ 4-38 การคลุกเคล้าผสมและบดอัดชั้นรองพื้นทาง

รูปที่ 4-39 การเกรดบดอัดโดยละเอียด (Fine Grade)

รูปที่ 4-40 ชั้นรองพื้นทางที่แล้วเสร็จต้องมีความเรียบและได้ระดับตามแบบแปลน

กรณีการก่อสร้างชั้นวัสดุรองพื้นทางใหม่บนชั้นวัสดุรองพื้นทางเดิม ซึ่งมีความหนาของชั้นน้อยกว่า 10 เซนติเมตร ต้องขุดคุ้ย (Scarify) วัสดุชั้นรองพื้นทางเดิมช่วงนั้นลึกไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร แล้วผสมคลุกเคล้ากับวัสดุชั้นรองพื้นทางใหม่ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงทำการบดให้แน่นและได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

กรณีที่ก่อสร้างบนคันทาง ที่ได้บดอัดและปรับแต่งเรียบร้อยแล้ว ให้นำวัสดุรองพื้นทางที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด มาเกลี่ยแผ่บดอัดเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นไม่เกิน 15 เซนติเมตร ความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified Proctor Density บริเวณใดหรือช่วงใดหากวัสดุรองพื้นทางที่เกลี่ยแผ่และทำการบดอัดแล้ววัสดุมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดมีการแยกตัวออกจากกัน (Segregation) ให้แก้ไขโดยขุดออกแล้วทำการผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน หรือรื้อออกแล้วนำวัสดุรองพื้นทางที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอใส่ลงไปแทน ในกรณีที่ใช้วัสดุมากกว่าหนึ่งชนิด นำมาผสมกันเพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางนั้น วัสดุแต่ละชนิดจะต้องได้รับการคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอ และต้องได้รับการตรวจสอบความถูกต้องตรงตามมาตรฐานวัสดุรองพื้นทางจากผู้ควบคุมงานก่อน และเมื่อทำการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีผิวหน้าเรียบแน่นสม่ำเสมอ ได้ระดับถูกต้องตามแบบก่อสร้าง ทั้งนี้การควบคุมคุณภาพวัสดุชั้นรองพื้นทางให้เป็นไปตามตารางที่ 4-8

รูปที่ 4-41 ลักษณะของชั้นรองพื้นทางที่แล้วเสร็จต้องเรียบได้ระดับ และความแน่นตามข้อกำหนด

ตารางที่ 4- 8 เกณฑ์การทดสอบชั้นรองพื้นทาง

ทดสอบ	General Test	Control Test	หมายเหตุ
Compaction	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 500 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	- การทดสอบวัสดุจากแหล่ง (General Test) ดำเนินการโดยหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบท - ค่าที่นำไปใช้ในการควบคุมงานก่อสร้างในสนาม จะต้องเป็นค่า Control Test ที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างวัสดุในช่วง กม. นั้น ๆ
Gradation	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ ตัวอย่าง	
C.B.R. Swelling	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ ตัวอย่าง	
Percentage of Wear	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆระยะทาง 1,000 ม.ต่อ 1 ตัวอย่าง	
Field Density	-	ทดสอบทุกระยะ 50 ม.	สลับซ้าย-ขวา

รูปที่ 4-42 การเก็บตัวอย่างวัสดุจากแหล่งส่งทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4.4.3 ผลการทดสอบความแน่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ หากผลทดสอบความแน่นในสนามน้อยกว่า 95% Modified Proctor Density ให้พิจารณาดำเนินการดังนี้

4.4.3.1 หากปริมาณน้ำอยู่ในช่วงของ ± 3 % ของค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่การทดสอบความแน่นไม่ผ่านตามข้อกำหนดให้ทำการบดอัดซ้ำ โดยเพิ่มปริมาณพลังงาน (Recompaction) และเพิ่มจำนวนเที่ยว เพื่อให้ได้ความแน่นตามที่กำหนด

รูปที่ 4-43 ชั้นรองพื้นทางที่ความแน่นไม่ผ่านเกณฑ์ให้ทำการบดอัดใหม่

4.4.3.2 หากปริมาณน้ำไม่อยู่ในช่วง ± 3% ของค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะต้องขุดคุ้ยวัสดุ (Scarify) เพื่อตากให้แห้ง กรณีที่ปริมาณน้ำมากเกินไป หรือผสมน้ำเพิ่ม กรณีที่ปริมาณน้ำน้อย แล้วจึงทำการบดอัดใหม่ให้ได้ความแน่นตามที่กำหนด

รูปที่ 4-44 ความแน่นไม่ผ่านเกณฑ์ และค่า O.M.C. ไม่อยู่ในช่วง ± 3% ให้รื้อแล้วบดอัดใหม่

4.4.4 ข้อแนะนำเพิ่มเติม

4.4.4.1 ก่อนก่อสร้างชั้นรองพื้นทางหากพื้นผิววัสดุชั้นล่างแห้ง ให้สเปรย์น้ำเพื่อเพิ่มความชื้นก่อน และเป็นการป้องกันการดูดซึมน้ำจากวัสดุรองพื้นทางที่กำลังก่อสร้าง ซึ่งอาจทำให้ค่าปริมาณความชื้นของชั้นรองพื้นทางเปลี่ยนแปลงไปทำให้ความแน่นไม่ได้ตามข้อกำหนด นอกจากนี้การให้ความชื้นยังทำให้การประสานระหว่างวัสดุ 2 ชั้น ดีขึ้นด้วย

4.4.4.2 ให้สังเกตวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างจะต้องมีลักษณะเป็นวัสดุชนิดและแหล่งเดียวกันโดยจะต้องมีการควบคุมคุณสมบัติ ทั้งจากแหล่ง General Test และในระหว่างการก่อสร้าง Control Test ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

4.4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Tolerance)

ระดับชั้นรองพื้นทางที่บดอัดแน่นแล้วทุกจุด ยอมให้สูงหรือต่ำกว่าแบบก่อสร้างได้ไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร แต่ถ้าค่าระดับแตกต่างจากแบบก่อสร้างเกิน ± 1.5 ซม. ให้แก้ไขดังนี้

4.4.5.1 ค่าระดับต่ำกว่าแบบเกิน 1.5 ซม. ให้เพิ่มความหนาด้วยชั้นวัสดุเดิมหรือวัสดุชั้นถัดไปโดยจะต้องขุดคุ้ย (Scarify) ออกลึกอย่างน้อย 10 ซม. แล้วทำการบดอัดใหม่ให้มีความแน่นและได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

4.4.5.2 หากค่าระดับสูงกว่าแบบเกิน 1.5 ซม. ให้ดำเนินการขุดตัดชั้นรองพื้นทางออกให้ได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

4.5 งานพื้นทาง (Base)

งานชั้นพื้นทาง หมายถึง การก่อสร้างงานชั้นบนสุดของโครงสร้างทาง ทำหน้าที่รองรับผิวจราจรและแบกทานน้ำหนักที่ถ่ายมาจากผิวจราจร กระจายน้ำหนักลงสู่ฐานด้านล่าง วัสดุที่ใช้ก่อสร้างได้แก่หินคลุก(หินโม่ กรวดโม่ ตะกรันเหล็ก (Slag) ที่มีขนาดคละสม่ำเสมอจากใหญ่ไปหาเล็ก) ซึ่งวัสดุที่จะนำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานวัสดุพื้นทาง นำมาคลุกเคล้าผสมน้ำ (Mix Process) ทำการปรับเกลี่ยแต่งและบดอัดแน่นให้ได้ตามรูปแบบ หนาชั้นละไม่เกิน 15 ซม. ความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified Proctor Density เมื่อดำเนินการก่อสร้างได้ลักษณะ ตามรูปแบบแล้ว ให้ตรวจสอบและควบคุมตามตารางที่ 4-12 ท้ายบท

4.5.1 คุณสมบัติวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก

หินคลุกที่ใช้ก่อสร้างพื้นทางประกอบด้วยวัสดุเม็ดหยาบ เม็ดละเอียด ที่มีความแข็งแกร่ง ทนทานมีคุณสมบัติ ดังนี้

- ปราศจากสารอินทรีย์ เศษซากวัชพืช ดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil) รากไม้หรือวัชพืช (Shale)
- มีอัตราส่วนคละสม่ำเสมอประกอบด้วยส่วนหยาบและส่วนละเอียด ส่วนหยาบต้องเป็นหินโม่ ส่วนละเอียดต้องเป็นวัสดุชนิดเดียวกับส่วนหยาบ หากจำเป็นต้องใช้วัสดุส่วนละเอียดชนิดอื่นเจือปนเพื่อปรับปรุงคุณภาพจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน
- ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 25
- ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) ไม่มากกว่า 6
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 80% หรือตามแบบกำหนด
- ค่าความสึกหรอ (Percentage of Wear)ไม่มากกว่า 40
- มวลขนาดคละผ่านตะแกรงมาตรฐานตามตารางที่ 4-9

รูปที่ 4-45 กองสต๊อกหินคลุก

รูปที่ 4-46 การผสมและบดอัดหินคลุก

ตารางที่ 4-9 แสดงมวลขนาดคละผ่านตะแกรงมาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทาง

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ		
	ชนิด ก	ชนิด ข	ชนิด ค
2”	100	100	-
1”	-	75-95	100
3/8”	30-60	40-75	50-85
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15

4.5.2 วิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้างต้องตรวจสอบระดับและความแน่นของชั้นรองพื้นทางให้ถูกต้องก่อนนำวัสดุพื้นทางมาถมบนชั้นรองพื้นทางทำการคลุกเคล้าวัสดุกับน้ำให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอและมีความชื้นพอเหมาะใกล้เคียงกับค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) จากห้องปฏิบัติการ จากนั้นจึงเกลี่ยแผ่แล้วบดอัดเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตร บดอัดแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Modified Proctor Density บริเวณใดหรือช่วงใดวัสดุพื้นทางที่เกลี่ยแผ่และทำการบดอัดแล้วมีมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดแยกตัวจากกัน (Segregation) ให้แก้ไขโดยการขุดรื้อออกแล้วทำการผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน หรือรื้อออกใส่วัสดุพื้นทางที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอลงไปแทน แล้วสเปรย์น้ำให้ได้ความชื้นที่เหมาะสม เกลี่ยให้ได้รูปตามแบบก่อสร้างแล้วทำการบดอัดแน่น ในระหว่างการบดอัดให้มีการสเปรย์ น้ำบาง ๆ เพื่อให้วัสดุจับตัวกันจะช่วยให้ผิวหน้าเรียบปราศจากหลุมบ่อ และเพื่อให้ผิวหน้าเรียบแน่นสม่ำเสมอ ให้ทำการบดอัดชั้นสุดท้ายด้วยรถบดล้อเหล็กน้ำหนักไม่น้อยกว่า 12 ตัน ซึ่งในระหว่างก่อสร้างหากมีฝนตกน้ำขัง ทำให้ความชื้นในระหว่างการบดอัดมากเกินไปจนเป็นเหตุให้ชั้นพื้นทางเสียหายหรืออาจเสียหายลึกลงไปถึงชั้นรองพื้นทางด้วย ดังนั้นเมื่อพบว่าพื้นทางส่วนที่ได้ก่อสร้างแล้วมีการบวมตัว (Soft Spot) จะต้องรื้อออกและอาจต้องตรวจสอบชั้นรองพื้นทางด้วย

ว่ามีความเสียหายหรือไม่ หากเสียหายจะต้องรีบดำเนินการแก้ไขปรับปรุงชั้นรองพื้นทางให้เรียบร้อยก่อนแล้วจึงทำการแก้ไขพื้นทางต่อไปถ้าแบบก่อสร้างกำหนดความหนาพื้นทางมากกว่า 15 เซนติเมตร ให้แบ่งการทำงานเป็น 2 ชั้น หนาชั้นละเท่า ๆ กัน (โดยประมาณ) บดอัดให้แน่นและได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

การบดอัดพื้นทางด้วยรถบดล้อเหล็ก

ตรวจสอบระดับ

การทดสอบความแน่น

รูปที่ 4-47 การก่อสร้างชั้นพื้นทางและการตรวจสอบ

รูปที่ 4-48 การแก้ไขบริเวณชั้นพื้นทางที่เกิดการบวมตัว (Soft Spot)

รูปที่ 4-49 พื้นทางที่แล้วเสร็จจะต้องเรียบได้ระดับและความแน่นตามข้อกำหนด

งานชั้นพื้นทางที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ และยังไม่ได้ก่อสร้างลาดยางรองพื้นแอสฟัลต์ (Prime Coat) ตามขั้นตอนปกติ ให้ฉีดพ่นน้ำหล่อเลี้ยงผิวหน้าป้องกันการสูญเสียความชื้น ทั้งนี้การควบคุมคุณภาพงานชั้นพื้นทางให้เป็นไปตามเกณฑ์ในตารางที่ 4-10

รูปที่ 4-50 ชั้นพื้นทางที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ
และยังไม่ไพรม์โคทต้องฉีดพ่นน้ำหล่อเลี้ยงผิวหน้าเพื่อรักษาความชื้น

ตารางที่ 4-10 เกณฑ์การทดสอบชั้นพื้นทาง

การทดสอบ	General Test	Control Test	หมายเหตุ
Compaction	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 500 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	- การทดสอบวัสดุจากแหล่ง (General Test) ดำเนินการโดยหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบท - ค่าที่นำไปใช้ในการควบคุมงานก่อสร้างในสนาม จะต้องเป็นค่า Control Test ที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างวัสดุในช่วง กม. นั้น ๆ
Gradation	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
C.B.R. Swelling	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
Percentage of Wear	เก็บทุก ๆ 5,000 ลบ.ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	เก็บทุก ๆ ระยะทาง 1,000 ม. ต่อ 1 ตัวอย่าง	
Field Density	-	ทดสอบทุกระยะ 50 ม.	สลับซ้าย-ขวา

รูปที่ 4-51 การเก็บตัวอย่างวัสดุ

4.5.3 ผลการทดสอบความแน่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ หากผลทดสอบความแน่นในสนามน้อยกว่า 95% Modified Proctor Density ให้พิจารณาดำเนินการดังนี้

4.5.3.1 หากปริมาณน้ำอยู่ในช่วง ใกล้เคียงค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่การทดสอบความแน่นไม่ผ่านเกณฑ์ให้ทำการบดทับซ้ำ โดยเพิ่มพลังงานการบดอัดและ เพิ่มจำนวนเที่ยว เพื่อให้ได้ความแน่นตามที่ต้องการ

4.5.3.2 หากปริมาณน้ำไม่อยู่ในช่วงใกล้เคียงค่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (O.M.C.) ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะต้องขุดคุ้ยวัสดุ (Scarify) เพื่อตากให้แห้งกรณีที่ปริมาณน้ำมากเกินไป หรือผสมน้ำเพิ่ม กรณีที่ปริมาณน้ำน้อย แล้วจึงบดอัดใหม่ให้ได้ความแน่นตามกำหนด

4.5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Tolerance)

ระดับชั้นพื้นทางที่บดอัดแน่นแล้วทุกจุด เมื่อวัดสอบด้วยไม้บรรทัดข้างตรง (Straight Edge) ยาว 3.00 เมตร กับผิวหน้าของพื้นทางในทิศทางขนานกับแนวศูนย์กลางทาง ต้องมีความแตกต่างกันไม่เกิน 1.25 เซนติเมตร หากเกินกว่าที่กำหนดนี้ต้องปรับระดับใหม่ โดยการเสริมวัสดุพื้นทางในบริเวณที่ต่ำและตัดวัสดุพื้นทางในบริเวณที่สูงเกินออกบดอัดให้แน่นแล้วเกลี่ยจนได้ระดับที่กำหนด แต่ถ้าค่าระดับแตกต่างจากแบบก่อสร้างเกิน ± 1.25 ซม. ให้แก้ไขดังนี้

4.5.4.1 ค่าระดับต่ำกว่าแบบก่อสร้างเกิน 1.25 ซม. ให้เสริมด้วยชั้นวัสดุเดิมหรือชั้นวัสดุชั้นถัดไป โดยจะต้องขุดคุ้ย (Scarify) ออกลึกอย่างน้อย 10 ซม. แล้วทำการบดอัดใหม่ให้แน่นและได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

4.5.4.2 หากค่าระดับสูงกว่าแบบเกิน 1.25 ซม. ให้ดำเนินการตัดชั้นพื้นทางส่วนที่เกินออกให้ได้ระดับตามแบบก่อสร้าง

4.5.4.3 หากผิวจราจรที่จะก่อสร้างบนชั้นพื้นทางเป็นผิวชนิดแอสฟัลต์คอนกรีต อาจไม่จำเป็นต้องแก้ไขตามข้อ 4.5.4.1 หรือ 4.5.4.2 ก็ได้ แต่ทั้งนี้ผู้รับจ้างต้องยินยอมเพิ่มความหนาของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตให้ได้ระดับตามแบบ (กรณีที่ชั้นพื้นทางต่ำกว่าแบบ ตามข้อที่ 1) และจะต้องก่อสร้างผิวจราจรแอสฟัลต์คอนกรีตให้ได้ความหนาตามที่กำหนด (กรณีที่ชั้นพื้นทางสูงกว่าแบบ ตามข้อที่ 2) ด้วย

4.6 วัสดุพื้นทางชนิดตะกรันเหล็กโม่ (Crushed Steel Slag Aggregete For Base)

วัสดุพื้นทางชนิดตะกรันเหล็กโม่ เป็นวัสดุมวลรวมของตะกรันเหล็กที่ได้จากโรงถลุงเหล็กโม่ให้มีขนาดคละกันอย่างสม่ำเสมอ สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางได้ โดยจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 25
- ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plastic Index) ไม่มากกว่า 4 %
- ค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่า 80 % หรือตามแบบกำหนด
- ค่าความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่า 40
- ค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม ส่วนที่ สึกกร่อน ไม่เกิน 9 %
- ค่าสมมูลของทราย (Sand Equivalent) ไม่น้อยกว่า 35 %
- ค่าการขยายตัว (Expansion) ของวัสดุมวลรวม ไม่เกิน 0.5 %
- มีมวลคละผ่านตะแกรงมาตรฐานตามตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4- 11 วัสดุมวลคละของวัสดุพื้นทางชนิดตระกรัน (เหล็กโม่ผ่านตะแกรงมาตรฐาน)

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ		
	ชนิด ก	ชนิด ข	ชนิด ค
2”	100	100	-
1”	-	75-95	100
3/8”	30-60	40-75	50-85
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15

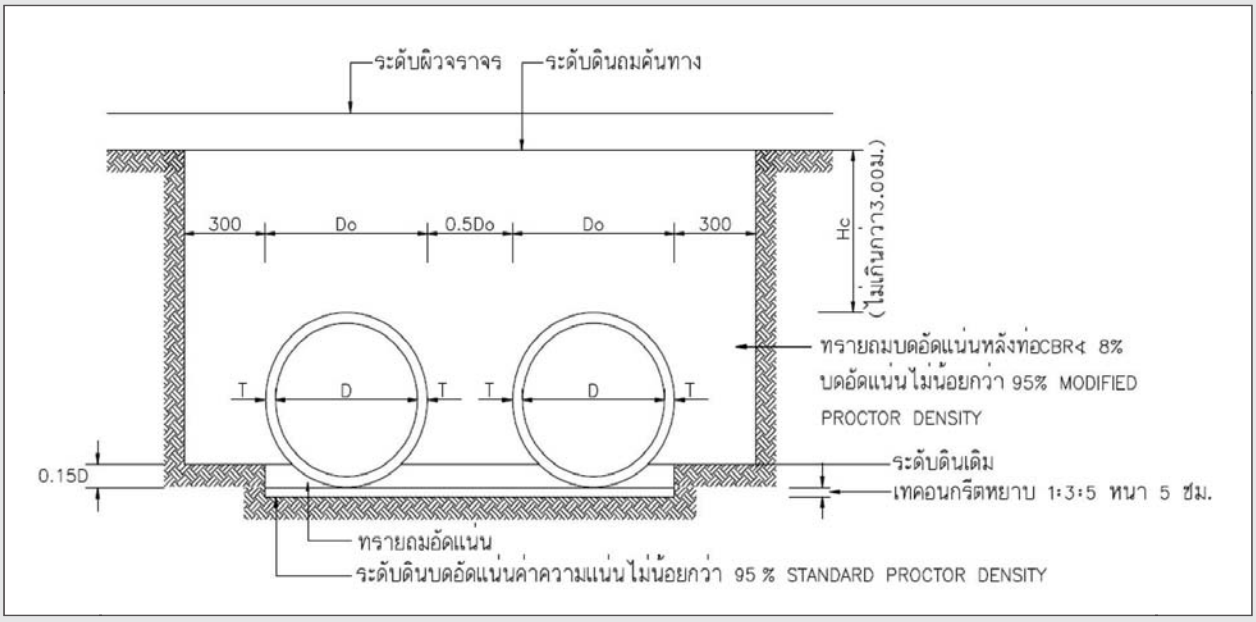
ตารางที่ 4- 12 เกณฑ์การควบคุม และตรวจสอบงานโครงสร้างทาง

ชั้นงานโครงสร้างทาง	รายการควบคุม และตรวจสอบ				
	ทดสอบความแน่น	ตรวจสอบค่าระดับ	วัดความกว้าง	เจาะความหนา	บันทึกภาพถ่าย
งานปรับเกลี่ยแต่งและบดอัดคันทางเดิม	ทุกระยะ 50 ม.	ทุกระยะ 25 ม.	ทุกระยะ 25 ม.	-	ทุกระยะ 200 ม.
งานตัด งานดินถมคันทาง	ทุกระยะ 50 ม. สลับซ้าย-ขวา	ทุกระยะ 25 ม.	ทุกระยะ 25 ม.	-	ทุกระยะ 200 ม.
งานชั้นวัสดุคัดเลือก	ทุกระยะ 50 ม. สลับซ้าย-ขวา	ทุกระยะ 25 ม.	ทุกระยะ 25 ม.	ทุกระยะ 100 ม.	ทุกระยะ 200 ม.
งานชั้นรองพื้นทาง	ทุกระยะ 50 ม. สลับซ้าย-ขวา	ทุกระยะ 12.50 ม.	ทุกระยะ 25 ม.	ทุกระยะ 100 ม.	ทุกระยะ 200 ม.
งานชั้นพื้นทาง	ทุกระยะ 50 ม. สลับซ้าย-ขวา	ทุกระยะ 12.50 ม.	ทุกระยะ 25 ม.	ทุกระยะ 100 ม.	ทุกระยะ 200 ม.

บทที่ 5
การก่อสร้างและควบคุมงานโครงสร้างระบายน้ำ

5.1 งานท่อกลม

ท่อกลม คสล. มีขนาดตั้งแต่ 0.40-1.50 ม. เหมาะสำหรับทางระบายน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 1.50 เมตร และกว้างไม่เกิน 5.00 เมตร ซึ่งในแบบจะระบุรายละเอียดงานวางท่อและการก่อสร้างกำแพงปากท่อเพื่อป้องกันการกัดเซาะ (Head wall & End wall) แล้วแต่กรณีตามรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 แบบมาตรฐานท่อระบายน้ำ คสล.ตั้งแต่ 2 แถวขึ้นไป (กรณีดินเดิม CBR $\geq$ 4%)

5.1.1 การเตรียมการก่อสร้าง

1) ทำการสำรวจ จำนวน ขนาด ตำแหน่ง ระดับของท่อระบายน้ำตามแบบก่อสร้าง เปรียบเทียบกับที่จะวางจริงว่าตรงกันหรือไม่ โดยนำมาเขียน Profile กำหนดระดับน้ำเข้า-น้ำออก ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ซึ่งจะทำให้ทราบความยาวที่แท้จริงของท่อแต่ละจุด บันทึกสรุปลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบปริมาณท่อกลมตามตารางที่ 5-1 และ 5-2

ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างใบสรุปปริมาณท่อ (กรณีต่อความยาวท่อเดิม)

	สำนักก่อสร้างทาง กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม	แผนที่/จำนวนแผ่น วันที่ สัญญาเลขที่ 89/2550 ลว.28พ.ค.2549
โครงการ	ถนนสายแยก ทล.3138-บ.เจ็ดลูกเนิน อ.บ้านค่าย ระยอง	สรุปปริมาณ/เสนอ วิทยา วิศวกร/ตัวแทน บริษัท
ควบคุมงานโดย	กลุ่มงานทางหลวงชนบท สำนักก่อสร้างทาง	ตรวจสอบ สมาน นายช่างผู้ช่วยฯ
ผู้รับจ้าง	บริษัท บ้านค่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีต จำกัด	เห็นชอบ อิสระชนม์ ผู้ควบคุมงาน

สรุปปริมาณงานท่อกลม ค.ส.ล.

ลำดับที่	ตำแหน่ง(กม.ที่)	ท่อเดิมคงไว้ (ม.)									ท่อตามรูปแบบในสัญญาจ้าง									ตำแหน่ง(กม.ที่)	ท่อตามรูปแบบที่ก่อสร้างจริง (ม.)									ท่อเดิมรวมที่ต่อเพิ่ม	ความยาวการรื้อถอน (ม.)	หมายเหตุ
		∅0.60			∅0.80			∅1.00			∅0.60			∅0.80			∅1.00				∅0.60			∅0.80			∅1.00					
		จำนวนจุด	ความยาวต่อจุด(ม.)	ความยาวรวม(ม.)	จำนวนจุด	ความยาวต่อจุด(ม.)	ความยาวรวม(ม.)	จำนวนจุด	ความยาวต่อจุด(ม.)	ความยาวรวม(ม.)	จำนวนจุด	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ LTT	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ RRT	จำนวนจุด	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ LTT	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ RRT	จำนวนจุด	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ LTT	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ RRT		จำนวนจุด	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ LTT	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ RRT	จำนวนจุด	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ LTT	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ RRT	จำนวนจุด	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ LTT	จำนวนที่ต่อด้วยข้อต่อ RRT			
1	0+505				1	11	11													0+505				1	1					12		วางใหม่ทางเชื่อม
2	0+798	1	8	8																0+798										8		
3	1+136	1	8	8																1+136										8		ท่อทางเชื่อม
4	1+243	1	8	8																1+243										8		ท่อทางเชื่อม
5	1+254	1	8	8																1+254										8		ท่อทางเชื่อม
6	1+409							1	16	16							1	2	2	1+409							1	2	2	20		มี(Hw+Ew)
7	1+477							1	16	16										1+477							1	2	3	21		มี(Hw+Ew)
8	1+893							2	16	32							2	4	4	1+893							2	4	4	40		มี(Hw+Ew)
9	1+900	1	7	7																1+900	1	1								8		ท่อทางเชื่อม
10	2+537	1	8	8																2+537	1	1								9		ท่อทางเชื่อม
11	2+557	1	15	15							1	2	2							2+557	1	2	2							19		มี(Hw+Ew)
12	2+775				2	14	28													2+775				2	6	4				38		มี(Hw+Ew)
13	3+284	1	15	16																3+284	1	2	2							20		มี(Hw+Ew)
14	3+529	1	13	13																3+529	1	4	2							19		มี(Hw+Ew)
15	4+143							2	18	36				2	4	4				4+143							2	4	4	44		มี(Hw+Ew)
16	4+571																			4+571	1	5	5							10		วางใหม่ทางเชื่อม
17	4+581							1	18	18										4+581							1	2		20		มี(Hw+Ew)
18	4+865							1	20	20										4+865							1		1	21		มี(Hw+Ew)
19	5+624							1	16	16										5+624							1	2	2	20		มี(Hw+Ew)
	รวม			91			39			154		2	2		4	4		6	6	รวม		15	11		7	4		16	16	353		

ตารางที่ 5-2 ตัวอย่างใบสรุปปริมาณท่อ (กรณีวางท่อใหม่)

	สำนักก่อสร้างทาง **กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม**	แผนที่/จำนวนแผ่น วันที่ สัญญาเลขที่ 89/2550 ลว.28พ.ค.2549	
โครงการ	ถนนสายแยก ทล.3138-บ.เจ็ดลูกเนิน อ.บ้านค่าย ระ	สรุปปริมาณ/เสนอ วิทยา	วิศวกร/ตัวแทน บริษัท
ควบคุมงานโดย	กลุ่มงานทางหลวงชนบท สำนักก่อสร้างทาง	ตรวจสอบ สมาน	นายช่างผู้ช่วยฯ
ผู้รับจ้าง	บริษัท บ้านค่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีต จำกัด	เห็นชอบ อิสระชนม์	ผู้ควบคุมงาน

สรุปปริมาณงานท่อกลม ค.ส.ล.

ลำดับที่	ตำแหน่ง(กม.ที่)	ท่อตามรูปแบบในสัญญาจ้าง									ตำแหน่ง(กม.ที่)	ท่อตามรูปแบบที่ก่อสร้างจริง (ม.)									ความยาวเพิ่มลด (ม.)	หมายเหตุ
		∅ 0.60			∅ 0.80			∅ 1.00				∅ 0.60			∅ 0.80			∅ 1.00				
		ความลึก	ความยาวท่อนละ	รวม	ความลึก	ความยาวท่อนละ	รวม	ความลึก	ความยาวท่อนละ	รวม		ความลึก	ความยาวท่อนละ	รวม	ความลึก	ความยาวท่อนละ	รวม	ความลึก	ความยาวท่อนละ	รวม		
1	0+505										0+505				1	18	18					วางใหม่ทางเชื่อม
2	1+409							1	23	23	1+409							1	19	19		มี(Hw+Ew)
3	1+477										1+477							1	21	21		มี(Hw+Ew)
4	1+893							2	18	36	1+893							2	18	36		มี(Hw+Ew)
5	2+557	1	18	18							2+557	1	18	18								มี(Hw+Ew)
6	2+775										2+775				2	16	32					มี(Hw+Ew)
7	4+143				2	17	34				4+143											มี(Hw+Ew)
8	5+967				1	19	19				5+967				1	2	2					มี(Hw+Ew)
	รวม			**18**			**53**			**59**	**รวม**			**18**			**52**			**76**		

2) ท่อทุกขนาดที่นำมาใช้งาน จะต้องผลิตจากโรงงานที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.128 คุณภาพ ชั้น 3) หรือตามที่แบบกำหนด ผู้ควบคุมงานควรต้องตรวจสอบคุณภาพการผลิตท่อให้ถูกต้องตามมาตรฐาน ในวันที่โรงงานดำเนินการผลิตท่อสำหรับโครงการด้วย

รูปที่ 5-2 การตรวจสอบคุณสมบัติของท่อทั้งในระหว่างการผลิตและการนำส่ง

3) ท่อที่ส่งถึงหน้างานต้องตรวจสอบเอกสารการรับรองผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของโรงงานผู้ผลิตให้เป็นปัจจุบัน ประกอบด้วย ใบรับรอง มอก.รายการแสดงการเสริมเหล็ก กำลังอัดของคอนกรีต และชั้นคุณภาพตามที่ระบุในแบบแปลน พร้อมสุ่มวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ความหนา ความยาว ทั้งนี้ลักษณะท่อที่ดีนั้น ท่อต้องกลมไม่บิดเบี้ยวเสียรูป ไม่แตกบิ่นหรือมีรอยร้าว ผิวเรียบ ไม่มีรูพรุน เนื้อคอนกรีตแข็งแกร่ง

รูปที่ 5-3 ลักษณะท่อที่ดี ผิวเรียบ ไม่พรุน ปากไม่บิ่น ไม่มีรอยแตกร้าว

กรณีท่อที่ตรวจสอบพบว่ามีรอยร้าวตามวงเหล็กเสริม หรือปากบิ่นค่อนข้างมาก ผิวหยาบมีรูพรุน หรือที่เรียกว่า ตามด กระจายอยู่ทั่วไปไม่ควรนำมาใช้งาน ให้ทำเครื่องหมายแสดงไว้เพื่อให้ผู้รับจ้างเปลี่ยนท่อใหม่

รูปที่ 5-4 ท่อที่ไม่ได้คุณภาพให้ทำเครื่องหมายไว้แล้วแจ้งผู้รับจ้างเปลี่ยนใหม่

รูปที่ 5-5 ทำเครื่องหมายบนท่อที่สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบ

4) กรณีที่ในแบบระบุให้ต้องส่งท่อเพื่อทำการทดสอบ ก็ให้เก็บตัวอย่างท่อที่กองในสายทางทุก ๆ 200 ท่อน /1 ตัวอย่าง/ขนาด เศษของ 200 ท่อนให้เก็บเพิ่มอีก 1 ตัวอย่าง ส่งทดสอบคุณภาพตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในแบบมาตรฐานงานท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก และท่อที่ทำการทดสอบโดยการบีบอัดจนแตกเพื่อตรวจสอบแรงกด ซึ่งจะต้องเป็นไปตามตารางที่ 5-3 พร้อมทั้งตรวจสอบเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบแปลน

รูปที่ 5-6 การทดสอบท่อโดยการบีบอัดด้วยเครื่อง และตรวจสอบการเสริมเหล็ก

ตารางที่ 5-3 แรงกดต่ำสุดที่ทำให้ท่อเกิดรอยแตก 0.03 ซม.

ขนาดท่อ (ม.) (ชั้นคุณภาพ 3 มอก. 128)	แรงกด กก./ม.
∅ 0.40	26,500
∅ 0.60	39,800
∅ 0.80	53,000
∅ 1.00	66,300
∅ 1.200	79,600

5) จุดที่จะวางท่อแต่ละแห่งให้ติดตั้งป้าย แสดงตำแหน่งพร้อมระบุขนาดท่อดังรูป เพื่อประโยชน์ในการก่อสร้างให้ถูกต้อง

รูปที่ 5-7 ปักป้าย บอกตำแหน่ง ขนาด และจำนวน

5.1.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง

1) ตรวจสอบตำแหน่งจุดวางท่อ จำนวนแถว และระดับความลึกที่จะวางท่อตามที่กำหนดไว้ในแบบว่ามีความเหมะสมหรือไม่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ในแบบจะกำหนดให้เป็นดุลยพินิจของผู้ควบคุมงานที่จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพที่เป็นจริง แต่ทั้งนี้ผลรวมท่อทั้งหมดจะต้องไม่ต่ำกว่าที่ระบุไว้ในแบบ

2) ก่อนวางท่อควรตรวจสอบการรับน้ำหนักของดินใต้ท่อ โดยพิจารณาจากข้อบ่งชี้ต่อไปนี้

- ดินเดิม (ในร่องท่อ) ที่มีค่า C.B.R. ตั้งแต่ 4 % ขึ้นไป และลักษณะไม่เป็นโคลนเลนให้บดอัดแน่นไม่น้อยกว่า 95% Standard Proctor Density แล้วเทคอนกรีตหยาบ 1:3:5 ความหนาตามระบุในแบบ โดยทั่วไปความหนา 5 ซม.
- ดินเดิมมีค่า C.B.R. น้อยกว่า 4 % และลักษณะไม่เป็นโคลน เลน ให้ปรับปรุงคุณภาพดิน บดอัดแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Standard Proctor Density แล้วเทคอนกรีตหยาบ 1:3:5 ความหนา 0.25 D (เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ)
- กรณีดินเดิมมีค่า C.B.R. น้อยกว่า 4 % และมีลักษณะดินเป็นโคลนเลน จะต้องให้วิศวกรของผู้รับจ้างทำการออกแบบฐานรองรับท่อ โดยจะต้องเสนอให้ผู้ว่าจ้างให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินการ

รูปที่ 5-8 ขุดร่องท่อให้ได้แนวตรง ลึกได้ระดับ

รูปที่ 5-9 ลักษณะดินที่ต้องปรับปรุงก่อนวางท่อ

3) ขุดและปรับแต่งดินร่องท่อให้ได้แนว ขนาด ความลึก และความกว้างตามที่กำหนด โดยให้กว้างเพียงพอที่จะใช้เครื่องมือบดอัดบริเวณพื้นที่ข้างท่อแต่ละด้านได้โดยสะดวก

รูปที่ 5-10 การบดอัดดินให้แน่นก่อนเทคอนกรีตหยาบรองรับท่อ

4) บดอัดดินในร่องท่อให้แน่น 95 % Standard Proctor Density และเทคอนกรีตหยาบตามแบบ (ทิ้งไว้อย่างน้อย 2 วัน) จึงนำท่อมาวางพร้อมยาแนวรอบท่อก่อนถมกลบ

รูปที่ 5-11 เทคอนกรีตหยาบรองท่อ

วิธีการยาแนวท่อ เพื่อให้การยาแนวท่อได้ผลดี ขอแนะนำให้ใช้ปูนสอในขณะวางท่อ โดยพอกปูนสอบริเวณครึ่งล่างด้านในที่ปากรางของท่อท่อนแรกให้ได้ความหนาสม่ำเสมอกับผิวท่อด้านใน และจะต้องพอกปูนสอบริเวณครึ่งบนด้านนอกที่ลิ้นของท่อท่อนที่สองในลักษณะคล้ายกัน แล้วดันท่อท่อนที่สองให้เข้ารางลิ้นของท่อท่อนแรกให้สนิทมากที่สุดยาแนวรอยต่อที่เหลือด้วยปูนสอ ให้พอกปูนเพิ่มจนเป็นสันโดยรอบ ส่วนด้านในจะต้องแต่งปูนให้ราบเรียบ และเทคอนกรีตยึดข้างท่อหนาไม่น้อยกว่า 0.15 D ทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 2 วัน ก่อนถมกลบ

รูปที่ 5-12 การสอปูนภายในปากท่อในขณะวาง

รูปที่ 5-13 ลักษณะการวางท่อ และยาแนวท่อ

5) การถมกลบท่อ ให้เริ่มถมกลบข้างท่อด้วยทรายหยาบ C.B.R. ไม่น้อยกว่า 8 % บดอัดแน่นไม่น้อยกว่า 95 % Modified Proctor Density เป็นชั้นๆ หนาชั้นละไม่เกิน 15 ซม. จนเต็มถึงหลังท่อ จากนั้นทำการถมหลังท่อ เป็นชั้นๆ ละไม่เกิน 20 ซม. จนถึงระดับชั้นดินถมคันทาง

รูปที่ 5-14 ให้ทดสอบความแน่นข้างท่อทุกๆ ชั้น

6) ตรวจนับจำนวนท่อ จำนวนแถวแต่ละแห่ง วัดความยาว พร้อมถ่ายรูปเมื่อยาแนวแล้วเสร็จขณะที่ยังไม่ถมกลบ จดบันทึกรายละเอียดลงในแบบฟอร์มรายงานตามตารางที่ 5-1 และตารางที่ 5-2

5.1.3 ข้อควรระวัง

1) การถมกลบข้างท่อบริเวณที่พื้นที่จำกัด การบดอัดแน่นทำได้ยากวัสดุที่ใช้ถมต้องเป็นทรายหยาบ และควรใช้เครื่องมือบดอัดที่มีความเหมาะสม เช่น เครื่องตบดิน (Vibrating Plate) หรือ รถบดขนาดเล็ก ซึ่งการถมแต่ละชั้นไม่ควรหนาเกิน 15 ซม.

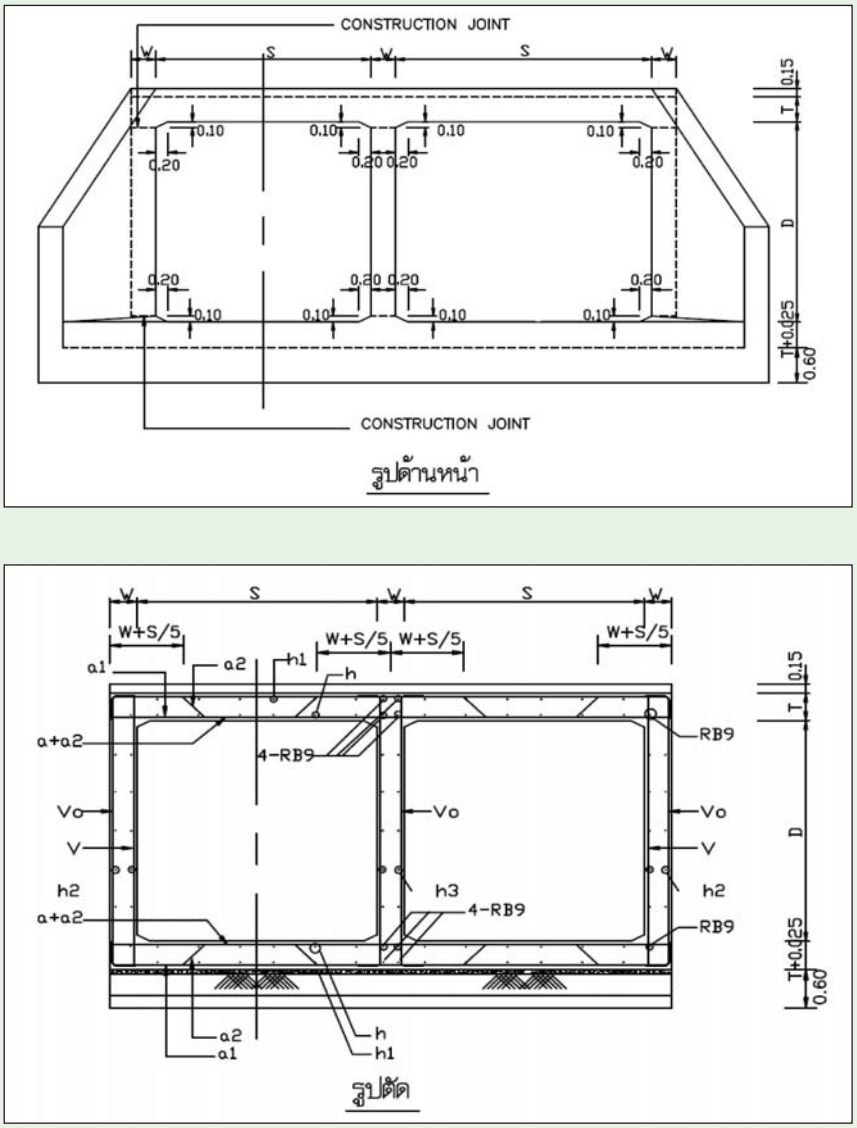
2) ไม่ควรวางท่อให้ระดับปากท่อด้านล่างที่เป็นน้ำออกต่ำกว่าระดับดินเดิมของร่องน้ำ เพราะจะเกิดการสะสมของตะกอนภายในท่อทำให้เกิดการอุดตันในภายหลัง ในขณะเดียวกันไม่ควรวางท่อให้ระดับขอบปากท่อด้านล่างที่เป็นทางน้ำออกสูงกว่าระดับดินเดิมเพราะจะเกิดการกัดเซาะของน้ำบริเวณใต้ท่อ

กรณีที่วางท่อในบริเวณที่มีน้ำใต้ดินสูง หรือบริเวณที่มีน้ำซับซึมออกมาตลอดเวลา ควรขุดบ่อรวมน้ำเพื่อสูบน้ำทิ้งไว้นอกแนวท่อที่จะวาง จะทำให้สามารถปฏิบัติงานได้โดยสะดวกยิ่งขึ้น

รูปที่ 5-15 การขุดบ่อรวมน้ำ เพื่อระบายน้ำออกจากแนวการวางท่อ

5.2 งานท่อเหลี่ยม

มีขนาดความกว้างของช่องภายใน ตั้งแต่ 1.50-3.60 เมตร เหมาะสำหรับทางระบายน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 3.00 เมตร และกว้างไม่เกิน 10.00 เมตร ซึ่งในแบบก่อสร้างจะระบุขนาด และจำนวนแถวรวมถึงรายละเอียดประกอบดังรูปที่ 5-16



รูปที่ 5-16 มาตรฐานท่อเหลี่ยม กรณี 2 ช่อง

รูปที่ 5-17 ลักษณะท่อเหลี่ยมที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ

5.2.1 การเตรียมการก่อสร้าง

1) ตรวจสอบแบบก่อสร้าง ขนาด ตำแหน่ง ระดับดินเดิม รายละเอียดที่เกี่ยวข้อง สรุปรายการเป็นข้อ ๆ เพื่อง่ายต่อการจดจำ

2) ตรวจสอบแนวถนนกับแนวท่อเหลี่ยม ที่จะก่อสร้างจริง ว่าสอดคล้องกันหรือไม่ พร้อมทั้งตรวจสอบค่าระดับก่อสร้างถ้าหากหมุดหลักฐาน (B.M.) อยู่ห่างจากจุดก่อสร้างให้สร้าง T.B.M. ขึ้นในบริเวณใกล้เคียง เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน

3) เก็บตัวอย่างวัสดุที่จะต้องใช้ในการก่อสร้าง เช่น หิน ทรายผสมคอนกรีต ส่งทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติตามข้อกำหนด และนำค่าไปใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต และเก็บตัวอย่างเหล็กเสริมทุกขนาด ทุก ๆ 100 เส้น เก็บ 5 ท่อน (ท่อนละ 1 เมตร) เพื่อทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานกำหนด

รูปที่ 5-18 การเก็บตัวอย่างวัสดุเพื่อทำการทดสอบ

5.2.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง

1) ติดตั้งป้ายและสัญญาณไฟจราจรชั่วคราวเตือนล่วงหน้าก่อนถึงจุดก่อสร้างให้ผู้ขับขี่เห็นได้ชัดเจนเป็นระยะ ๆ

รูปที่ 5-19 แสดงการติดป้ายเตือนและไฟฟ้าแสงสว่างที่บริเวณก่อสร้าง

2) ทำการก่อสร้างทางเบี่ยงหรือสะพานเบี่ยงชั่วคราวโดยติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง สัญญาณไฟ และป้ายลูกศรทางเบี่ยง

รูปที่ 5-20 การติดตั้งป้ายลูกศรบอกทิศทางการเบี่ยง

3) กั้นขอบเขต พร้อมรื้อถอนโครงสร้างระบายน้ำเดิมและปรับเปลี่ยนทางน้ำชั่วคราวเพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง

รูปที่ 5-21 การกั้นขอบเขต เพื่อทำการรื้อถอนโครงสร้างเดิม

4) กำหนดตำแหน่งจุดเริ่มต้น จุดสิ้นสุด และระดับก่อสร้างให้เป็นไปตามรูปแบบ หากตำแหน่งไม่สอดคล้องกับลำน้ำสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งให้ตรงกับทางน้ำปัจจุบันได้ ทำการขุดปรับพื้นที่ก่อสร้าง พร้อมจัดทำแผงกั้นกันตก เพื่อป้องกันอันตราย

5) หลังการขุดปรับพื้นที่ได้ระดับ ความลึกที่จะก่อสร้างแล้ว ควรตรวจดูว่าสภาพพื้นดินมีลักษณะอย่างไร จะสามารถรับน้ำหนักแบกทาน สอดคล้องกับที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยปกติออกแบบให้ดินแบกทานน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 20 ตัน/ตารางเมตร หากไม่มั่นใจ หรือเห็นว่าดินใต้ฐานท่อเหลี่ยมมีลักษณะเป็นโคลนเลน ควรทำการทดสอบหาค่าการแบกทานน้ำหนักของดินก่อน

6) การวางผังหรือการกั้นแบบพื้นล่างของตัวท่อเหลี่ยมถือว่ามีความสำคัญ ซึ่งจะต้องตรวจสอบให้ตำแหน่งกึ่งกลางความยาวของท่อเหลี่ยมตรงกับแนวศูนย์กลางทาง ไม่เยื้องออกไปข้างใดข้างหนึ่ง และวางให้อยู่ในแนวของลำน้ำ และตรวจสอบมุม Skew (ถ้ามี) ให้ถูกต้อง

5.2.3 งานไม้แบบ

1) เนื่องจากงานโครงสร้างท่อเหลี่ยมทุกชิ้นส่วนเป็นคอนกรีตเปลือย งานไม้แบบจึงต้องมีความประณีต โดยต้องตรวจตั้งแต่ขั้นตอนการทำแบบ ก่อนประกอบติดตั้ง และติดตั้งแล้วเสร็จ

2) ก่อนเทคอนกรีตทุกครั้ง ให้ตรวจสอบขนาด กว้าง ยาว ลึก ระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนที่หล่อให้ถูกต้องตามรูปแบบ ตรวจสอบการหนุนเหล็กไม่ให้ติดไม้แบบ การทาน้ำมันที่ไม้แบบ ตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยัน แนวดิ่งของผนังแบบ และการยึดรั้งแบบครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต

รูปที่ 5-22 การเข้าแบบหล่อและการเสริมเหล็กพื้นล่างท่อเหลี่ยม

รูปที่ 5-23 การประกอบติดตั้งแบบหล่อ

5.2.4 งานเหล็กเสริม

1) เหล็กเสริมคอนกรีต ต้องมีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.20 สำหรับเหล็กเส้นกลม และมอก.24 สำหรับเหล็กข้ออ้อย และให้เป็นไปตามมาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

2) เหล็กเสริมที่ใช้งานต้องเป็นชนิดเดียวกับที่ส่งทดสอบ คือแหล่งผลิตเดียวกัน ขนาดและชนิดเดียวกัน และในขณะก่อสร้างต้องส่งทดสอบ Control Test ทุกๆ 100 เส้น ต่อ 1 ชุด ต่อขนาด (1 ชุด มี 5 ท่อน ยาวท่อนละ 1 เมตร)

รูปที่ 5-24 ตัวอย่างเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

3) ลวดผูกเหล็กจะต้องเป็นลวดเหล็กกล้า อ่อน เหนียวอย่างดี มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.25 มิลลิเมตร เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.138 การผูกมัดเหล็กต้องแน่นแข็งแรงไม่บิดเบี้ยวเสียรูปในขณะเทคอนกรีต การดัดและการต่อเหล็กเสริมให้เป็นไปตามข้อกำหนด โดยทั่วไปเหล็กเส้นกลมจะมีระยะทาบ 40 D (เมื่อ D= เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม) และเหล็กข้ออ้อยจะมีระยะทาบ 30 D แนวทาบควรคละกันไม่ให้อยู่ในแนวเดียวกัน และควรทาบเหล็กในตำแหน่งที่โครงสร้างรับแรงดึงน้อยที่สุด

4) เมื่อผูกเหล็กเสริมแล้วเสร็จก่อนประกอบแบบข้างและก่อนเทคอนกรีตให้ตรวจสอบอีกครั้ง พร้อมถ่ายรูป บันทึกผลการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐาน

รูปที่ 5-25 รูปแสดงการเสริมเหล็ก

5) ควรตรวจสอบขนาด ตำแหน่ง ระยะ และจำนวนเหล็กเสริม ตั้งแต่ขั้นตอนการปฏิบัติงาน หากมีข้อผิดพลาดจะแก้ไขได้ง่าย ตรวจสอบการหนุนเหล็กเสริมไม่ให้แนบติดกับแบบหล่อ ควรหนุนให้เนื้อคอนกรีตหุ้มเหล็กตามข้อกำหนดในแบบหรือรายการก่อสร้าง หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ใช้ตามตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ระยะหุ้มของคอนกรีตตามชิ้นส่วนโครงสร้าง

ชิ้นส่วนโครงสร้าง	ระยะหุ้มของคอนกรีต (ซม.)
พื้น	1.5
เสา คาน ผนัง	2.5
ฐานราก	5.0

5.2.5 งานคอนกรีต

1) คุณสมบัติวัสดุส่วนประกอบของคอนกรีตเสริมเหล็กต้องเป็นไปตามมาตรฐานงานคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือ มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรงแล้วแต่กรณีดังนี้

- ปูนซีเมนต์ (Cement) ให้ตรวจสอบว่าใช้ปูนถูกประเภทหรือไม่ โดยปกติใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.15 ตามมาตรฐานข้อกำหนดของ AASHTO M85 หรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง
- หินหรือกรวด ต้องแข็งแกร่ง ไม่ผุ สะอาดไม่มีสิ่งเจือปน มีขนาดคละผ่านการทดลองตามมาตรฐานข้อกำหนดของ AASHTO M80

- ทราย ใช้ทรายบกต้องเป็นทรายล้างน้ำจืด เม็ดหยาบ มีเหลี่ยมคม สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปนต้องผ่านการทดสอบตามมาตรฐานข้อกำหนดของ AASHTO M6
- น้ำต้องสะอาด ปราศจากเกลือ น้ำมัน กรด พืช ตะกอน หรือสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต ควรใช้น้ำประปา หากใช้น้ำที่มาจากแหล่งอื่น ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานตามข้อกำหนดของ AASHTO Test Method T26

2) ก่อนเทคอนกรีตพื้นล่างและผนังข้างให้ตรวจสอบว่ามีการวางแผนเหล็กเดือย (Dowel Bar) ในตำแหน่ง Fix หรือ Free ที่ถูกต้องและก่อนเทคอนกรีตทุกครั้งต้องแน่ใจว่าได้มีการตรวจวัด เหล็กเสริมแบบหล่อ ถูกต้องครบถ้วนแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องระมัดระวัง กรณีท่อลอดเหลี่ยมที่มีมุม Skew จะต้องตรวจสอบความยาวของท่อลอด และกำแพงกันดินก่อนเทคอนกรีต

รูปที่ 5-26 เสริมเหล็ก Dowel ให้ตรงตามตำแหน่ง

3) ตรวจสอบเครื่องมือ อุปกรณ์ แรงงาน ปริมาณวัสดุ ที่ต้องใช้งานให้มีเพียงพอกับปริมาณงานโครงสร้างหรือชิ้นส่วนที่จะเทคอนกรีตแต่ละครั้ง กรณีที่ผสมคอนกรีตที่หน้างานให้ควบคุมอัตราส่วนผสมให้ถูกต้องทุกครั้ง โดยเฉพาะอัตราส่วนน้ำต่อซิเมนต์ w/c และไม่ว่าจะใช้คอนกรีตผสมเสร็จ(Ready Mixed Concrete) หรือคอนกรีตผสมที่หน้างาน ให้ตรวจสอบความข้นเหลวของคอนกรีตสดก่อนเทลงแบบทุกครั้ง โดยใช้ Slump Test หากแบบไม่ได้กำหนดค่ายุบตัว ให้ใช้ค่าการยุบตัวของคอนกรีตตามเกณฑ์ในตารางที่ 5-5

รูปที่ 5-27 การตรวจสอบความข้นเหลวของคอนกรีต

ตารางที่ 5-5 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตสำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ

ชิ้นส่วนโครงสร้าง	ค่าการยุบตัวสูงสุด (ซม.)	ค่าการยุบตัวต่ำสุด (ซม.)
ฐานราก	7.5	5
แผ่นพื้น	10	5
ผนัง	12.5	5
ครีบ คสล. ผนังบาง ๆ	15	5

4) ตรวจแบบให้แน่ใจว่าใช้คอนกรีตประเภทไหน กำลังคอนกรีตที่กำหนดเท่าไหร่และก่อนที่จะเทคอนกรีตทุกครั้งต้องแน่ใจว่าได้มีการตรวจสอบเหล็กเสริม ขนาดแบบหล่อได้ถูกต้องครบถ้วนแล้ว และอัตราส่วนการผสมคอนกรีตต้องเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้

5) การจี้คอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตไหลเข้าทุกจุดในแบบมีข้อควรระวังดังนี้

- ห้ามจี้คอนกรีตแช่ทิ้งไว้จุดเดียวนานเกิน 15 วินาทีจะทำให้ไหลเยิ้มบนผิวหน้ามากเกินไป
- ห้ามเอาหัวจี้คอนกรีตจี้ไว้กับเหล็กเสริมจะทำให้เนื้อคอนกรีตไม่ยึดกับเหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยว (Bond Stress) ระหว่างเหล็กกับเนื้อคอนกรีตน้อย

รูปที่ 5-28 (ก) การจี้คอนกรีตขณะเทคอนกรีต

รูปที่ 5-28 (ข) การจี้คอนกรีตขณะเทคอนกรีต

6) เก็บตัวอย่างคอนกรีตอย่างน้อย 3 ก้อน เพื่อนำไปทดสอบกำลังอัด ดังนี้

- เก็บเมื่อหล่อคอนกรีตแต่ละส่วนของโครงสร้าง
- เช่น ฐานราก ผนัง และพื้น
- เก็บตัวอย่างทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุก ๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษของ 50 ลูกบาศก์เมตร
- เก็บตัวอย่างทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุ เช่นทราย หรือ หิน-กรวดสำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ให้เก็บตัวอย่างในบริเวณที่ปาก กลาง และก้นโม่ตามจำนวนที่ได้กล่าวมาแล้ว

รูปที่ 5-29 การเก็บตัวอย่าง
แท่งคอนกรีตลูกบาศก์

รูปที่ 5-30 เก็บตัวอย่างคอนกรีต
เพื่อทดสอบกำลังอัด

7) การเทคอนกรีตใหม่กับคอนกรีตเดิมให้ราดรอยต่อด้วยซีเมนต์เพสต์ (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 1 : 1) การปาดผิวหน้าคอนกรีต การปัดลายบนผิวหน้า ให้เป็นไปตามแบบกำหนด และเมื่อคอนกรีตเซ็ตตัว หรือผ่านพ้น 24 ชั่วโมงไปแล้วต้องทำการบ่มคอนกรีตอย่างน้อยเป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน และต้องไม่ให้โครงสร้างที่เทคอนกรีตถูกกระทบกระเทือน ซึ่งการบ่มอาจทำโดยการป้องกันการสูญเสียน้ำจากคอนกรีตที่เร็วเกินไปด้วยการหุ้มด้วยพลาสติก หรือให้ความชื้นกับคอนกรีต โดยใช้กระสอบป่านคลุมแล้วฉีดน้ำให้ชุ่ม หรือวิธีการอื่น ๆ ตามลักษณะของโครงสร้างและสภาพพื้นที่การก่อสร้าง

รูปที่ 5-31 บ่มคอนกรีตด้วยกระสอบป่านชุ่มน้ำ

8) การถอดแบบหล่อคอนกรีตต้องเป็นไปตามเกณฑ์ดังนี้

- แบบกำแพง ปากท่อ ผนัง ฐานราก 2 วัน
- แบบล่างรองรับพื้น 14 วันและเมื่อถอดแบบแล้วให้ค้ำตามจุดต่าง ๆ ที่เหมาะสมอีก 14 วัน

9) การถมข้างท่อเหลี่ยมต้องระมัดระวังในการบดอัด ควรใช้เครื่องบดอัดขนาดเล็ก หากใช้รถบดไม่ควรใช้ระบบสั่นสะเทือน และควรถมข้างท่อด้วยทรายหยาบ และปล่อยให้ทรุดตัวตามธรรมชาติสักระยะหนึ่งก่อนจึงบดอัดด้วยเครื่องมือขนาดเล็ก ให้ได้ความแน่นตามข้อกำหนด

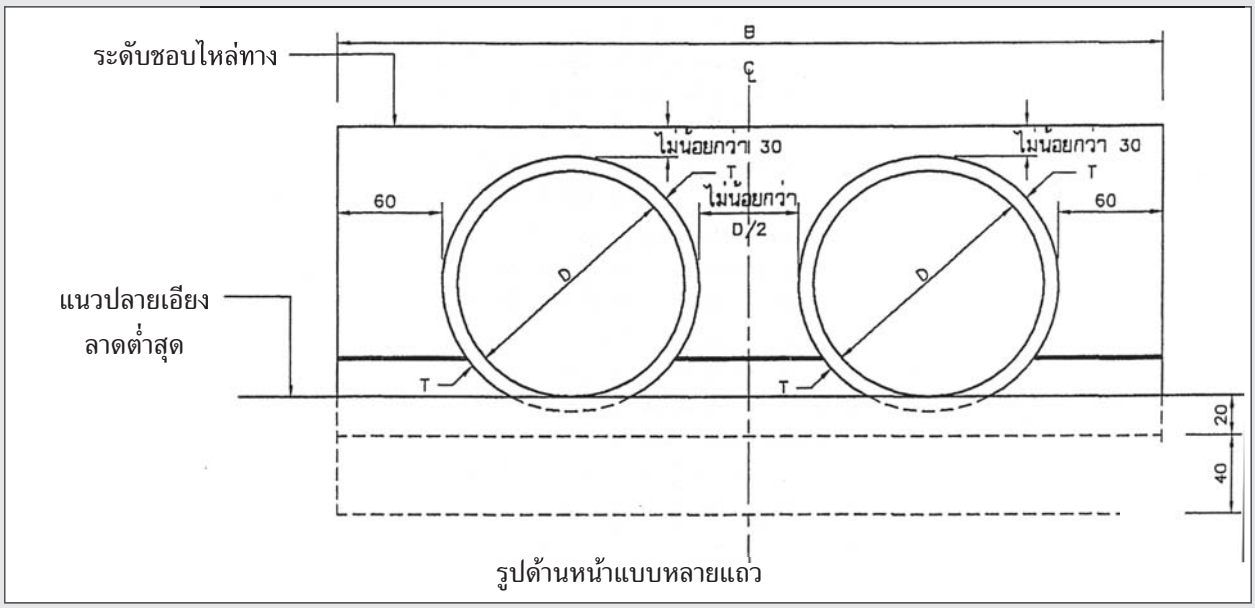
รูปที่ 5-32 การบดอัดข้างท่อเหลี่ยม

10) ถ่ายรูปขั้นตอนต่าง ๆ ของการปฏิบัติงานทุกครั้ง

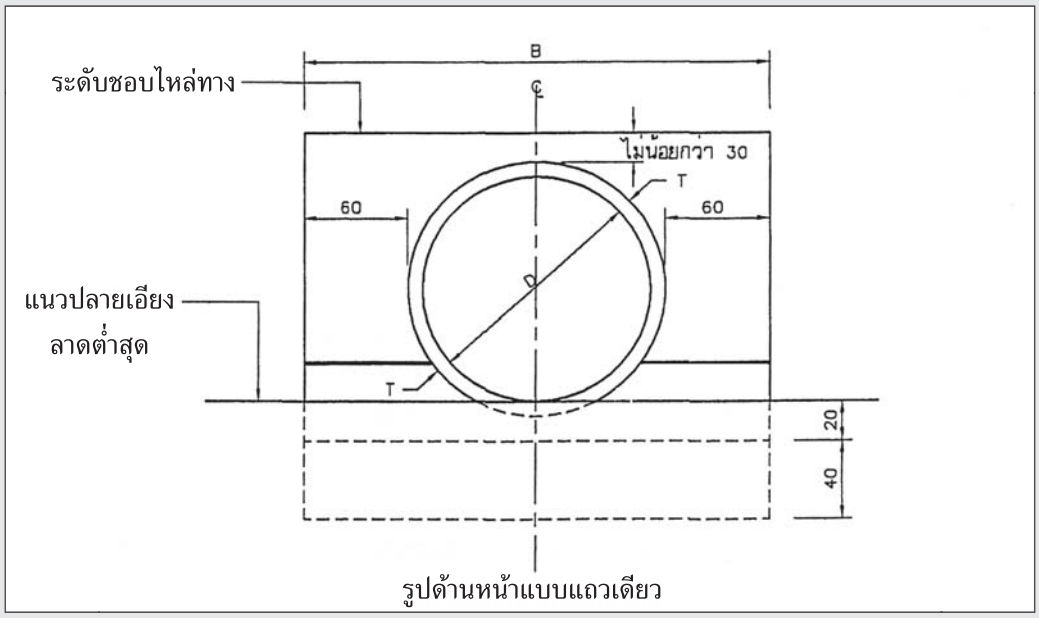
รูปที่ 5-33 รูปแสดงการทดสอบความแน่นข้างท่อเหลี่ยม

5.3 งานป้องกันการกัดเซาะปากท่อกลม (Head Wall & End Wall)

งานป้องกันการกัดเซาะปากท่อกลม (Head Wall & End Wall) หรือเรียกกันทั่วไปว่ากำแพงปากท่อ เป็นการป้องกันการกัดเซาะของน้ำบริเวณปากท่อทั้ง 2 ข้างทาง ทั้งด้านน้ำเข้าและด้านน้ำออกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูน้ำหลากน้ำที่ไหลผ่านท่อจะมีความรุนแรงจนเกิดการกัดเซาะที่บริเวณปากท่อลุกลามทำความเสียหายต่อโครงสร้างทางได้ ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นต้องออกแบบกำแพงปากท่อเพื่อป้องกันการกัดเซาะ



รูปที่ 5-34 (ก) ตัวอย่างรูปแบบกำแพงปากท่อ



รูปที่ 5-34 (ข) ตัวอย่างรูปแบบกำแพงปากท่อ

วิธีการก่อสร้าง

1) หลังจากได้วางท่อและก่อสร้างชั้นพื้นทางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการปรับดินบริเวณปากท่อทั้ง 2 ด้าน ให้ได้รูปร่างขนาดตามแบบพร้อมบดอัดดินที่หลวมให้แน่นทั้งบริเวณส่วนที่ลาดเอียงและด้านหน้าท่อ

2) ให้ขุดร่องคานหน้าท่อ แล้วตั้งแบบผูกเหล็กและเทคอนกรีตคานหน้าท่อ

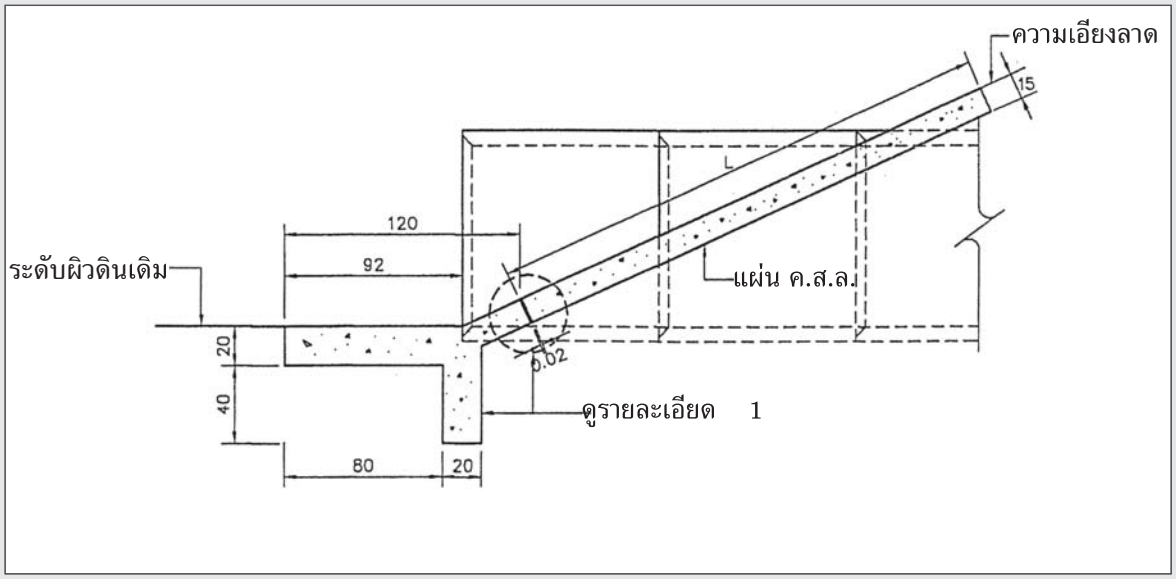
3) ถมกลบร่องคานหน้าท่อปรับดินให้เรียบ บดอัดแน่น ตั้งแบบข้างโดยรอบ แบบที่ใช้ควรตรงและมีความสูงเท่ากับความหนาของคอนกรีตที่จะเท ตามมาตรฐานทั่วไป หนา 15 ซม. ตรวจสอบความกว้าง ความยาว ระดับและความลาดเอียงให้ถูกต้อง

4) ผูกเหล็กและหนุนเหล็กให้อยู่ในตำแหน่ง

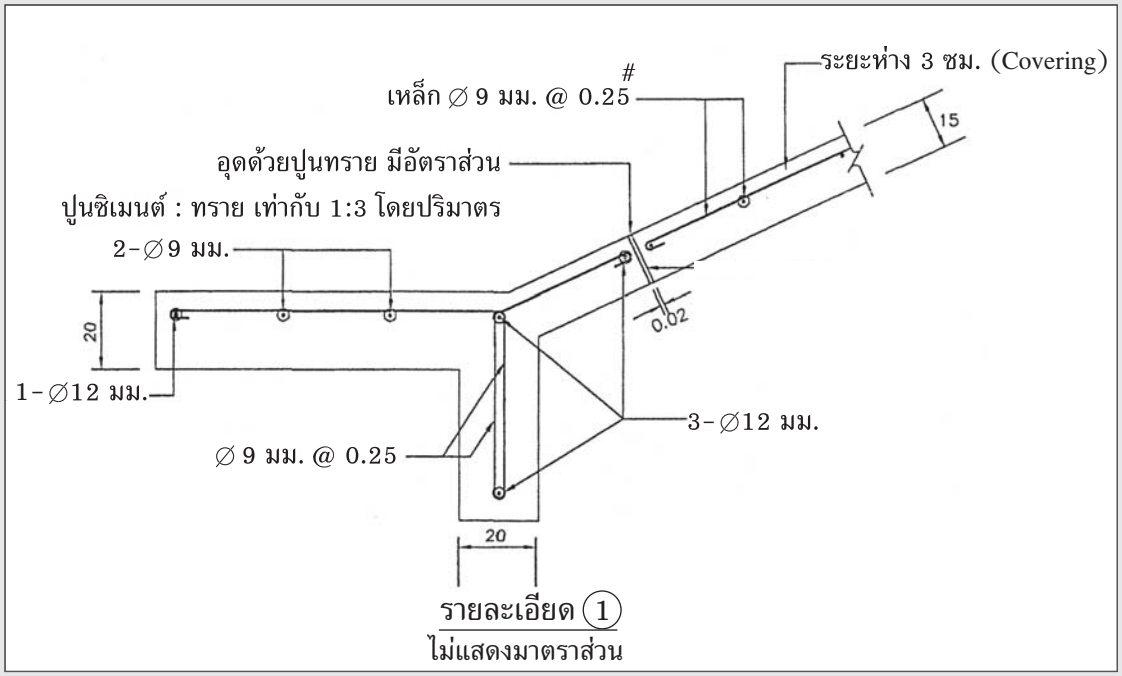
5) เทคอนกรีต ให้ใช้คอนกรีตที่มีความข้นเหลวพอเหมาะ เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการไหลเมื่อเทตามแนวลาดเอียง การเทคอนกรีตตามแนวลาดเอียงให้เทจากด้านต่ำสุดก่อนแล้วค่อย ๆเทคอนกรีตสูงขึ้นไปตามแนวลาดเอียงจนเต็ม แต่งผิวหน้าให้เรียบ

6) เมื่อคอนกรีตแห้งพอหมาด ๆ ให้ปั่นแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ

7) การทำรอยต่อของแผ่นคอนกรีต ควรดำเนินการในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวเต็มที่หรือในขณะเทคอนกรีต



รูปที่ 5-35 รูปตั้งด้านข้างทั่ว ๆ ไป



รูปที่ 5-36 ตัวอย่างแสดงการเสริมเหล็กกำแพงปากท่อ