



การจัดการความรู้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘

ขั้นตอนและมาตรฐาน

การก่อสร้าง การซ่อมแซมและปรับปรุงอาคารชลประทาน



สำนักงานชลประทานที่ ๓
กันยายน ๒๕๕๘

ขั้นตอน และมาตรฐานการก่อสร้างอาคารชลประทาน

งานก่อสร้างอาคารชลประทานประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่หรือจะเป็นงานจ้างเหมาก่อสร้างหรืองานดำเนินการเอง จะมีขั้นตอนในการดำเนินงานก่อสร้างคล้ายๆกัน สามารถสรุปขั้นตอนการปฏิบัติงานก่อสร้างได้ดังนี้

๑) ตรวจสอบโครงการฯ แผนงาน และเรื่องร้องขอจากองค์การบริหารส่วนตำบล และประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น นายอำเภอผู้ว่าราชการฯ เข้าประสานตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น

๒) พิจารณาและตรวจสอบความเหมาะสมโครงการเบื้องต้น โดยส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ ๓ ทั้งทางด้านอุทกวิทยา ปริมาณน้ำฝนรายปี ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ข้อมูลย้อนหลัง รวมถึงการกำหนดขอบเขตการสำรวจ และออกแบบก่อสร้าง

๓) ฝ่ายสำรวจภูมิประเทศ พิจารณาข้อมูลการพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้น และทำการกำหนดขอบเขต ตำแหน่ง แนวกันเขตบริเวณหัวงาน เพื่อขอบประมาณมาดำเนินการ

๔) กลุ่มปฐพีและธรณีวิทยา สำนักงานชลประทานที่ ๓ สำรวจฐานรากทางด้านธรณีวิทยาและทางด้านปฐพีกลศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบ

๕) ออกแบบ โดยกลุ่มออกแบบ สำนักงานชลประทานที่ ๓ ใช้ข้อมูลจากการพิจารณาความเหมาะสมโครงการเบื้องต้น ผลสำรวจภูมิประเทศ และผลสำรวจฐานรากทางด้านธรณีวิทยาและทางด้านปฐพีกลศาสตร์ ประกอบกับการออกคูสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ก่อสร้างจริง

๖) เมื่อออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำแบบก่อสร้างมาศึกษาดังนี้

๖.๑ กรณีเป็นแบบก่อสร้างที่ออกแบบโดยเฉพาะโครงการนี้ ตรวจสอบจำนวนแบบว่ามีกี่แผ่น อ้างอิงถึงแบบประกอบอะไรบ้าง จะต้องหาแบบมาให้ครบ นำแบบมาศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง ดูผลสำรวจประกอบกับแบบว่าจุดก่อสร้างตรงกันหรือไม่ จากนั้นจึงทำการถอดแบบ คิดปริมาณงานจากแบบก่อสร้างที่กำหนดไว้ เช่น ปริมาณดินขุด ดินถม วัสดุหลักต่างๆ (หินย่อย หินใหญ่ ทราย ปูนซีเมนต์ เหล็กเส้นไม้แบบ วัสดุรองต่อ ฯลฯ)

๖.๒ กรณีที่ใช้แบบมาตรฐานเป็นแบบก่อสร้าง แล้วกำหนดค่าระดับ ระยะต่างๆไว้ในตารางแบบ ควรจะต้องนำระยะต่างๆในตารางแบบไปเขียนใส่ไว้ในแบบมาตรฐาน เพื่อจะได้รู้ระยะและระดับต่างๆว่าถูกต้องตามความเป็นจริงหรือไม่ หากมีข้อสงสัยว่าค่าในตารางอาจจะมีผิด ควรนำแบบก่อสร้างไปหารือกับผู้ออกแบบโดยเร็ว เมื่อแบบก่อสร้างถูกต้องสมบูรณ์แล้ว จึงดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆตามที่กล่าวไว้ในข้อ ๖.๑

๗) ออกไปตรวจสอบพื้นที่ก่อสร้างจริงโดยนำแบบก่อสร้างและเอกสารรายงานศึกษาความเหมาะสมของโครงการไปด้วย ซึ่งในรายงานศึกษาความเหมาะสม จะมีรายละเอียดของโครงการ พื้นที่รับประโยชน์ ผู้ร้องขอโครงการ ฯลฯ เมื่อไปถึงบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้าง จะต้องไปพบผู้ร้องขอโครงการ หรือกำนัน ผู้ใหญ่บ้าน เจ้าหน้าท้องถิ่นการบริหารส่วนท้องถิ่น เพื่อให้พาไปดูสถานที่ก่อสร้าง หาหมุดก่อสร้างที่ฝ่ายสำรวจภูมิประเทศได้ฝังเอาไว้ หากหาหมุดก่อสร้างไม่เจอหรือหมุดสูญหาย จะต้องให้ช่างสำรวจมาตรวจสอบและทำหมุดก่อสร้างให้ใหม่ โดยจะต้องคงระดับ และมุมเหมือนเดิม เพื่อไม่ให้ระยะและระดับในแบบก่อสร้างคลาดเคลื่อน

๘) ตรวจดูเส้นทางลำเลียงที่จะใช้ในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์เข้ามาบริเวณก่อสร้างว่ามีสภาพเป็นอย่างไร เช่น เป็นถนนลาดยางหรือถนนดินลูกรังหรือถนนดินธรรมดา จะต้องทำการปรับปรุงซ่อมแซมหรือไม่ เพื่อให้ใช้งานได้ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการก่อสร้าง

๙) สอบถามและหาข้อมูลแหล่งวัสดุที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้าง เพื่อเตรียมคิดราคาวัสดุ ค่าขนส่ง วัสดุประกอบการจัดทำประมาณการและราคากลางในขั้นตอนต่อไป

๑๐) ตรวจสอบโดยรอบบริเวณสถานที่ก่อสร้าง เพื่อวางแผนงานเบื้องต้น จะทำทางผันน้ำทางไหน จุดที่จะก่อสร้างบ้านพักและโรงเก็บวัสดุชั่วคราว ระบบไฟฟ้า ประปา สถานที่กองวัสดุ พื้นที่รับประโยชน์ ฯลฯ (รูปที่ ๑ ถึงรูปที่ ๔)



รูปที่ ๑ ตัวอย่างบ้านพักชั่วคราวระหว่างก่อสร้าง



รูปที่ ๒ ตัวอย่างการกองวัสดุ



รูปที่ ๓ ตัวอย่างโรงเก็บไม้



รูปที่ ๔ ตัวอย่างโรงเก็บเหล็ก

๑๑) สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการอุทิศที่ดิน ว่าดำเนินการเรียบร้อยแล้วหรือไม่ ถ้าเรียบร้อยแล้วให้ขอสำเนาเอกสารมาเก็บไว้ หากยังไม่เรียบร้อยให้ผู้ร้องขอโครงการ กำหนด ผู้ใหญ่บ้าน เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นเร่งดำเนินการให้เรียบร้อยก่อนที่จะเข้าดำเนินการก่อสร้าง

๑๒) จัดทำประมาณการ เพื่อของบประมาณจากสำนักงานงบประมาณ โดยใช้ข้อมูลจากการถอดแบบและการไปดูงานในสนาม

๑๓) คัดคำนวณวัสดุหลักและวัสดุงานก่อสร้างทั้งหมดที่จะต้องใช้ รวมถึงงานที่จะต้องใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ เพื่อนำมาทำแผนจัดซื้อ จัดจ้าง ราคากลาง เอกสารประกวดราคา และเอกสารด้านพัสดุต่างๆ

๑๔) เมื่อดำเนินการขั้นตอนต่างๆเสร็จแล้ว จึงจัดทำหนังสือถึง กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น นัดหมายจัดทำกิจกรรมการมีส่วนร่วม โดยเชิญผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นเกษตรกร ผู้ที่ได้รับผลประโยชน์ ผู้เสียผลประโยชน์ ฯลฯ มาเข้าร่วมทำกิจกรรมทั้งหมด จากนั้นจึงอธิบายเกี่ยวกับ การก่อสร้างผลประโยชน์ที่จะได้รับ ข้อเสียของโครงการ (ถ้ามี) ให้ผู้เข้าร่วมทุกคนทราบ และขอทราบความคิดเห็น ข้อขัดข้องต่างๆ เพื่อจะได้ขจัดปัญหาและแก้ไขให้ลุล่วงก่อนเริ่มการก่อสร้าง หลังจากนั้นหากที่ประชุมเห็นชอบหมดแล้ว ก็ดำเนินการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำให้แล้วเสร็จในครั้งนี้ เพื่อให้กลุ่มผู้ใช้น้ำเตรียมวางแผนบริหารการใช้น้ำต่อไปเมื่องานก่อสร้างแล้วเสร็จ ดังรูปที่ ๕ และรูปที่ ๖



รูปที่ ๕ การจัดการมีส่วนร่วม



รูปที่ ๖ การจัดการมีส่วนร่วม

๑๕) เมื่อได้รับงบประมาณค่าก่อสร้างและดำเนินการจัดซื้อ จัดจ้างเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มขั้นตอนการก่อสร้างต่อไป

การดำเนินการก่อสร้าง

๑. การวางแผนงานก่อสร้าง

๑.๑ แผนปฏิบัติการก่อสร้าง

เนื่องจากโครงการก่อสร้างชลประทานขนาดเล็ก เป็นโครงการชลประทานที่ไม่มีการจัดซื้อที่ดิน พื้นที่ก่อสร้างอยู่ในเขตพื้นที่ที่ดินสาธารณะและอยู่ในความครอบครองของราษฎรซึ่งยินยอมอุทิศที่ดินให้บางส่วน ดังนั้นหลังจากตรวจสอบงานด้านวิศวกรรมแล้ว จึงดำเนินการแบ่งแยกงานให้เป็นหมวดหมู่ จัดเรียงรายการที่ต้องดำเนินการก่อสร้างให้เป็นขั้นตอน กำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำงานในแต่ละขั้นตอน จัดลำดับความสำคัญให้สอดคล้องกันทั้งโครงการ

๑.๒ แผนงบประมาณก่อสร้าง

จัดทำงบประมาณก่อสร้าง โดยจัดทำบัญชีแสดงปริมาณงานและราคาของงานแต่ละรายการ ตามที่แผนการปฏิบัติการก่อสร้างกำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนบริหารการใช้งบประมาณของโครงการในแต่ละช่วงเวลาการทำงาน ของส่วนดำเนินการเองและงานจ้างเหมา ทั้งนี้การทำแผนงบประมาณให้สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการจะทำให้การบริหารงบประมาณของโครงการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และไม่มีปัญหาต่อการเบิกจ่ายงบประมาณ

๑.๓ แผนอัตรากำลัง

อัตรากำลังเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่ จะเป็น เจ้าหน้าที่ทำงานด้านตรวจสอบ และ ควบคุม การก่อสร้างโครงการ ประกอบด้วย ผู้อำนวยการโครงการก่อสร้าง หัวหน้ากลุ่มงานวิศวกรรมบริหาร หัวหน้า กลุ่มงานก่อสร้าง วิศวกรควบคุมงาน (Site Engineer)ในสนาม และคนงานอัตรากำลัง การวางแผนอัตรากำลัง ต้องวางแผนให้สอดคล้องกับขนาดของงานที่จะดำเนินการก่อสร้าง ต้องให้รู้ว่าในระยะเวลาใด จะใช้ใครบ้าง จำนวนเท่าใด ตัวอย่างอัตรากำลังหลักที่รับผิดชอบโครงการ ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ ๑ และตารางที่ ๒

ตารางที่ ๑ ตัวอย่างแผนการใช้อัตรากำลังในส่วนของการดำเนินการเอง

ที่	รายการ	ตำแหน่ง	หมายเหตุ
	ข้าราชการ		
๑	นายธนู โพธิ์เอี้ยง	ผู้อำนวยการโครงการก่อสร้าง๑ สขบ.๓	
๒	นายสนธิ คันธี	หัวหน้ากลุ่มงานก่อสร้าง ๑	
๓	นายภูมิรักษ์ รัตนผล	วิศวกรชลประทานชำนาญการ	
	ลูกจ้างประจำ		
๑	ช่างฝีมือโรงงาน		๑ คน
	ลูกจ้างชั่วคราว		
๑	ช่างสำรวจ		๑ คน
๒	พนักงานขับรถ		๑ คน
๓	คนงาน		๓๗ คน

ตารางที่ ๒ ตัวอย่างแผนการใช้อัตรากำลังในส่วนของการจ้างก่อสร้าง

แผนการใช้อัตรากำลังของผู้รับจ้างงานดิน

ที่	รายการ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน / งวด ๓๐ วัน					
		งวดที่ ๑	งวดที่ ๒	งวดที่ ๓	งวดที่ ๔	งวดที่ ๕	งวดที่ ๖
		๑๒ธ.ค.๕๖-๑๐ม.ค.๕๗	๑๑ม.ค.๕๗-๙ก.พ.๕๗	๑๐ก.พ.๕๗-๑๑มี.ค.๕๗	๑๒มี.ค.๕๗-๑๐เม.ย.๕๗	๑๑เม.ย.๕๗-๑๐พ.ค.๕๗	๑๑พ.ค.๕๗-๙มิ.ย.๕๗
๑	วิศวกรโครงการ/วางแผน	๑	๑	-	-	๑	-
๒	วิศวกร/คุมงาน	๑	-	-	-	-	-
๓	ช่างก่อสร้าง	๑	๑	-	-	๑	-
๔	ช่างเชื่อม	๑	-	-	-	-	-
๕	ช่างเครื่องยนต์/ช่างเครื่องจักรกล	๑	๑	-	-	๑	-
๖	พนักงานขับเครื่องจักรกล/รถยนต์	๔	๔	-	-	๖	-
๗	คนงาน	๔	๔	-	-	๕	-
๘	ช่างสำรวจ	-	-	-	-	๑	-
	รวม	๑๓	๑๑	-	-	๑๕	-

๑.๔ แผนการใช้เครื่องจักร-เครื่องมือ

ต้องพิจารณาตรวจสอบ กำหนดจำนวน ขนาด ประเภทและประสิทธิภาพของเครื่องจักรเครื่องมือ ให้มีความเหมาะสม เพียงพอต่อปริมาณงาน ตลอดจนความสอดคล้องกับระยะเวลาการทำงานในการก่อสร้าง ดังที่แสดงเป็นตัวอย่างไว้ในตารางที่ ๓ และตารางที่ ๔

ตารางที่ ๓ ตัวอย่างแผนการใช้เครื่องจักรเครื่องมือในการปฏิบัติงาน

งานดำเนินการเอง				
ลำดับที่	รายการ	ยี่ห้อ รุ่น	จำนวน	หมายเหตุ
๑	รถกระบะ	ISUZU	๒	
๒	รถบรรทุกน้ำ	ISUZU	๑	
๓	เครื่องผสมคอนกรีต		๑	
๔	เครื่องสั่นคอนกรีต		๑	
๕	เครื่องสูบน้ำ		๒	ศก.๖ นิ้ว
๖	กล้องสำรวจพร้อมอุปกรณ์		๑	
	รวม		๘	

งานจ้างเหมา				
ลำดับที่	รายการ	ยี่ห้อ รุ่น	จำนวน	หมายเหตุ
๑	รถชุดแบคโฮ	CATTERPILLAR	๒	๑๕๐ ตัน
๒	รถบดล้อสั่นสะเทือน	BOMAX	๑	๑๖๖ ตัน
๓	รถบรรทุกน้ำ	HINO	๑	๑๙๐ ตัน
๔	รถบรรทุก ๑๐ ล้อ	HINO	๒	๑๕๐
๕	เครื่องสูบน้ำ		๒	ศก.๖ นิ้ว
	รวม		๘	

ตารางที่ ๔ ตัวอย่างแผนการใช้เครื่องจักร เครื่องมือในแต่ละงวดการปฏิบัติงาน

ที่	รายการ	ยี่ห้อ รุ่น	ระยะเวลาปฏิบัติงาน / งวด ๓๐ วัน					
			งวดที่ ๑	งวดที่ ๒	งวดที่ ๓	งวดที่ ๔	งวดที่ ๕	งวดที่ ๖
			๑๒ธ.ค.๕๖-๑๐ม.ค.๕๗	๑๑ม.ค.๕๗-๙ก.พ.๕๗	๑๐ก.พ.๕๗-๑๑มี.ค.๕๗	๑๒มี.ค.๕๗-๑๐เม.ย.๕๗	๑๑เม.ย.๕๗-๑๐พ.ค.๕๗	๑๑พ.ค.๕๗-๙มิ.ย.๕๗
๑	รถขุดแบคโฮ	CATTERPILLAR	๒	๑	๒	๒	๑	
๒	รถบดล้อสันสะเทือน	BOMAX	๑	-	๑	๑	๑	
๓	รถบรรทุกน้ำ	HINO	๑	-	๑	๑	๑	
๔	รถบรรทุก ๑๐ ล้อ	HINO	๒	๒	๒	๒	๒	
๕	เครื่องสูบน้ำ	-	๒	๒	๑	๑	๑	
	รวม		๘	๕	๗	๗	๖	

๑.๕ แผนการจัดหาวัสดุ

จากการคำนวณปริมาณวัสดุจากแบบก่อสร้าง จะต้องมีการจัดหาวัสดุตามปริมาณงาน และให้สัมพันธ์กับแผนงานก่อสร้าง ตลอดจนความจำเป็นในการใช้งาน โดยต้องนำความต้องการใช้วัสดุเพื่อ การก่อสร้าง มาวางแผนการจัดหาวัสดุให้ทันต่อความต้องการใช้วัสดุของการก่อสร้างในแต่ละขั้นตอน ซึ่งต้อง พิจารณาวางแผนการจัดหาวัสดุอย่างรอบคอบ เพื่อให้งานก่อสร้างดำเนินการต่อไปได้อย่างต่อเนื่องทั้งนี้ต้อง คำนึงถึง

- ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดซื้อ
- ระยะเวลาที่สามารถเก็บวัสดุไว้ใช้งานโดยไม่เสียหาย
- ความต้องการใช้วัสดุ (ความเร่งด่วน) ช่วงระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้วัสดุ
- พื้นที่กองเก็บวัสดุ
- ฤดูกาล

ในการวางแผนจัดหาวัสดุต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของวัสดุ หลักเหล่านี้นี้รวมด้วย เนื่องจากก่อนที่จะนำวัสดุเหล่านี้มาใช้งานได้ จะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุโดยผู้ ว่าจ้าง ว่าเป็นตามที่กำหนดไว้หรือไม่

๑.๖ แผนการควบคุมคุณภาพวัสดุและคุณภาพงาน

การวางแผนควบคุมคุณภาพงานในการก่อสร้าง ก็เพื่อให้งานก่อสร้างมีความแข็งแรงอยู่ใน เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จะดำเนินการประกอบด้วย

- แผนการควบคุมคุณภาพงานดิน

๑) จัดหาแหล่งดินก่อสร้าง (Borrow Area) ที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้าง ส่วนใหญ่จะมีพื้นที่ สำคัญ ๓ แหล่ง ได้แก่

๑.๑) แหล่งดินในบริเวณก่อสร้างเช่นบริเวณก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ ตั้งแต่ระดับน้ำสูงสุดลงมา และมีระยะห่างจากฐานเขื่อนไม่น้อยกว่า ๑๕๐ เมตร

๑.๒) แหล่งดินในบริเวณ ดินชุดบ่อก่อสร้าง เช่นบริเวณฐานเขื่อน ร่องแกน และตามแนว อาคารประกอบเขื่อน ซึ่งได้แก่อาคารทางระบายน้ำล้นและอาคารท่อน้ำ เป็นต้น

๑.๓) แหล่งยืมดินภายนอก ในรัศมีห่างจากที่ตั้งตัวอาคารไม่มากกว่า ๓ กิโลเมตร ซึ่งเป็นแหล่งที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหา และตกแต่งให้มีสภาพภูมิทัศน์ที่งดงาม หลังจากที่ได้มีการพิจารณาขุดดินไปใช้งานแล้ว

ชนิดของดินถมแบ่งออกเป็นกลุ่มได้หลายชนิด และมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันออกไป การแบ่งชนิดของดินมีหลายแบบ แต่ที่ใช้สำหรับงานด้านออกแบบจะใช้ระบบ Unified Soil Classification โดยมีรายละเอียดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ ๕ และ ตารางที่ ๖

ตารางที่ ๕ แสดงชนิดของกลุ่มดินที่แบ่งตามระบบ Unified Soil Classification

ลำดับ	สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน	ลักษณะรายละเอียดของกลุ่มดิน
๑	GW	กรวดมีขนาดคละกันดี, กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้าง หรือไม่มีเลย
๒	GP	กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี, กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย
๓	GM	กรวดมีตะกอนทรายปน, กรวด-ทราย-ตะกอน ผสมกัน
๔	GC	กรวดมีดินเหนียวปน, กรวด-ทราย-ดินเหนียว ผสมกัน
๕	SW	ทรายมีขนาดคละกันดี, ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้าง หรือไม่มีเลย
๖	SP	ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี, ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย
๗	SM	ทรายมีตะกอนปน และทราย-ตะกอนทราย ปนกัน
๘	SC	ทรายมีดินเหนียว และทราย-ดินเหนียว ผสมกัน
๙	ML	ตะกอนทรายอนินทรีย์, ทรายละเอียดมาก, หินฝุ่น, ทรายละเอียดปนตะกอนทราย หรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย
๑๐	CL	ดินเหนียวอนินทรีย์ มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง, ดินเหนียวปนกรวด, ดินเหนียวปนทราย, ดินเหนียวปนตะกอนทราย และดินเหนียวล้วน
๑๑	OL	ตะกอนอินทรีย์ มีความเหนียวปนตะกอนทรายอนินทรีย์ มีความเหนียวต่ำ
๑๒	MH	ตะกอนทรายอนินทรีย์, ทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้า หรือดินเผา และตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น
๑๓	CH	ดินเหนียวอนินทรีย์, ทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้า หรือดินเผา และตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น
๑๔	OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวปานกลาง และตะกอนทรายอินทรีย์

ตารางที่ ๖ แสดงกลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับก่อสร้างทำนบดินอ่างเก็บน้ำ

ลำดับ	ชนิดของทำนบดิน	ส่วนของตัวทำนบดิน	ชนิดกลุ่มดินตามลำดับความเหมาะสม
๑	เนื้อเดียวกัน (Homogeneous)	-	GC, GM, SC, CL, ML, CH, MH และ OH
๒	ชนิดแบ่งส่วน (Zoned Type)	ส่วนแกนกลาง (Core)	GC, SC, CL, GM, SM, ML, CH, OL, MH และ OH
		ส่วนหุ้มแกนเขื่อนหรือ ส่วนเปลือก (Shell หรือ Random)	GW, GP, SW และ SP

การนำดินไปใช้งาน ดินในกลุ่มต่าง ๆ สามารถนำมาใช้ก่อสร้างได้ทั้งสิ้น แต่มีความเหมาะสมมากน้อยแตกต่างกันออกไป บางกลุ่มเหมาะสมที่จะนำไปในการก่อสร้างแกนกลางที่บ้น้ำของอ่างเก็บน้ำ บางกลุ่มเหมาะสมในการไปก่อสร้างส่วนประกอบของตัวเขื่อน

๒) ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ดินที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ก่อสร้าง ควรมีคุณสมบัติทางกายภาพ โดยสังเขปดังต่อไปนี้

(๑) มีค่าความซึมน้ำ (Coefficient of Permeability , K) ไม่มากกว่า 10^{-5} ซม./วินาที (กรณีนำมาทำเป็นส่วนแกนกลางทำนบดินอ่างเก็บน้ำ)

(๒) มีน้ำหนักมากเมื่อบดอัดแน่น

(๓) ไม่พองตัว เมื่อชุ่มน้ำ

(๔) ไม่หดตัวมาก เมื่อแห้ง

(๕) มีแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน (Cohesion) กันเป็นอย่างดี

(๖) ต้านทานแรงเฉือน ได้ดี (Shear Strength) เมื่อบดอัดแน่นแล้ว

(๗) บดอัดได้ง่าย โดยใช้พลังงานในการบดอัดต่ำ

(๘) ยุบตัวน้อย เมื่อบดอัดแน่นแล้ว

(๙) สำหรับดินที่จะนำไปก่อสร้างหุ้มแกนเขื่อนหรือส่วนเปลือก จะต้องมีความสมบัติตามที่กล่าวข้างต้น ตั้งแต่ ข้อ (๒) ถึงข้อ (๘) และต้องเป็นดินกึ่งที่บ้น้ำที่ต้านทานการกัดเซาะได้ดี โดยมีค่าความซึมน้ำ (K) ไม่น้อยกว่า 10^{-3} - 10^{-4} ซม./วินาที

๓) สำหรับงานดินถมบดอัดแน่นทำนบดิน จะต้องดำเนินการจัดส่งดินจากบ่อยืมดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ตรงตามข้อกำหนดทางด้านวิศวกรรม (GC, SC, CL) สำรอง เพื่อนำดินจากบ่อยืมนี้มาเป็นดินถมบดอัดแน่น ไปให้งานตรวจสอบและวิเคราะห์ สำนักชลประทาน ทำการตรวจสอบคุณสมบัติว่าสามารถใช้งานได้ก่อนอนุญาตให้ใช้ทำงานได้ซึ่งการดำเนินงานดังกล่าวจะต้องวางแผนการดำเนินงานไว้ล่วงหน้า

๔) การควบคุมและตรวจสอบการบดอัดให้ได้ความแน่นและความชื้นของดิน จะต้องดำเนินการตามที่ระบุไว้ในแบบหรือใน Specification ทุกขั้นตอน หลังจากที่เลือกดินที่จะนำมาก่อสร้างได้ตรงตามที่ระบุไว้ในแบบแล้ว อันดับต่อไปก็คือ ต้องนำดินนั้นมาทำการบดอัดในห้องทดลองก่อน เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นของดินที่จะนำไปใช้ในงานก่อสร้างโดยวิธี Standard Proctor

Compaction Test (ASTM D ๖๙๘-๗๘) และ Modified Proctor Compaction Test (ASTM D ๑๕๕๗-๗๘)

เมื่อได้ข้อมูลจำนวนน้ำที่ใช้ในการบดอัดดินให้ได้ความแน่นมากที่สุดของดินที่ใช้ในงานก่อสร้างจากการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว ก็ใช้ข้อมูลที่ได้นี้ควบคุมการบดอัดให้ได้ความแน่นและความชื้นตามที่ต้องการหรือที่กำหนดไว้

เพื่อให้แน่ใจว่าผลการบดอัดดินเป็นไปตาม Specification จะต้องทำการทดลองตรวจสอบความแน่นของดินเป็นระยะ ๆ ของทุก ๆ ชั้นที่ทำการบดอัด

การตรวจสอบความแน่นและความชื้นของดินที่บดอัดแล้วในสนาม สามารถทำได้หลายวิธีทั้งทางตรงและทางอ้อม แต่วิธีที่ใช้กันมาก คือการหาความแน่นของดินในสนามโดยวิธีใช้ทรายแทนที่ เรียกว่า Sand Cone Method (ASTM D ๑๕๕๖-๖๔)

๕) หลังจากนำตัวอย่างดินจากบ่อยืมดินมาทดลองตามวิธี Standard Proctor Compaction Test เพื่อหาค่าของ Optimum Moisture Content และค่า Maximum Dry Density แล้ว ก็สามารถทราบได้ว่าดินจากบ่อยืมดินนั้นมีความชื้นกี่เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ Optimum Moisture Content ถ้าความชื้นของดินที่บ่อยืมดินยังไม่พอ หรือแห้งไป ควรเพิ่มความชื้นที่บ่อยืมดินดังกล่าว โดยใช้ น้ำ ฉีดฝอยให้ทั่วที่บ่อดินนั้นก่อน (Pre-Wet) และเพื่อให้ น้ำ ซึมลงไป ในชั้นล่าง ควรใช้ Ripper ลงให้ดินที่บ่อยืมเป็นร่อง เมื่อดินมีความชื้นใกล้เคียง ๒% ของ Optimum Moisture Content ก็นำไปใช้งานถมดินได้

๖) ทดสอบการบดอัด (Earth fill Test) เพื่อให้การบดอัดดินเป็นไปตามแบบและ Specification จะต้องจัดทำแปลงทดสอบการบดอัดดินก่อน เพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ ก่อนการถมดินในงานถมตัวทำนบกั้นดิน ดังนี้

๖.๑) เพื่อทราบจำนวนเที่ยวในการบดอัดที่น้อยที่สุด เมื่อตรวจสอบแล้วมีค่า Density และ Moisture Content ตามที่กำหนดในแบบ และ Specification สำหรับดินแต่ละชนิดที่นำมาใช้งาน โดยใช้ เครื่องจักรกลงานดิน และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีอยู่ทำการบดอัดแน่น

๖.๒) เพื่อหาความหนาของดินที่เทหรือเกลี่ยแต่ละชั้น เมื่อบดอัดแล้วให้ค่า Density และ Moisture Content ตามที่กำหนดในแบบเช่นเดียวกับข้อ (๖.๑)

ขนาดของแปลงทดสอบ ควรมีขนาด ๒๐ x ๖๐ เมตร การหาค่าความแน่นและความชื้นของดินในแปลงทดสอบเมื่อทำการบดอัดแล้ว ควรใช้วิธีใช้ทรายแทนที่ แล้วเทียบค่าของ Standard Proctor Compaction (R c) ไม่น้อยกว่า ๕% ของ Standard Proctor Compaction Test

๖.๓) ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่า ความหนาแน่น หรือความชื้นไม่ได้ตามกำหนด ต้องทำการแก้ไข แล้วทดสอบหาค่าความหนาแน่น และความชื้นใหม่

๖.๔) ถ้าผลการทดสอบต่ำกว่า ข้อกำหนดมาก และไม่สามารถแก้ไขได้ ให้รื้อดินถมชั้นนั้นออกทั้งชั้น แล้วดำเนินการบดอัดใหม่

๖.๕) การตรวจสอบเพื่อควบคุมความหนาแน่น ของการบดอัดดิน ควรจะถือเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- ทำการตรวจสอบทุกวันที่มีการบดอัด
- ทำการตรวจสอบความแน่นทุกชั้น
- ทำการตรวจสอบความแน่นทันที ในบริเวณที่สงสัยว่าความแน่นหรือความชื้น

จะต่ำกว่ากำหนด

๖.๖) บริเวณที่จะทำการตรวจสอบความแน่น

- บริเวณที่สงสัยว่าจะปูดินหนากว่าที่กำหนด

- บริเวณที่สงสัยว่าความชื้นของดินไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด
- บริเวณที่สงสัยเกี่ยวกับจำนวนเที่ยวที่บดอัด
- บริเวณที่เป็นจุดเลี้ยวกลับของลูกกลิ้ง
- บริเวณที่เป็นจุดเชื่อมที่บดอัดดินด้วยลูกกลิ้งตีนแกะและเครื่องกระทุ้งดินบริเวณที่มีการควบคุมการบดอัดพิเศษ เช่น บริเวณที่ลาดชัน เป็นต้น

๓) งานดินถมบดอัดแน่นทำนบดิน เมื่อทำการถมบดอัดแน่นดินแต่ละชั้นแล้ว ก่อนที่จะถมบดอัดแน่นชั้นต่อไป ต้องมีการตรวจสอบความหนาแน่นของดินโดยให้เจ้าหน้าที่ของงานตรวจสอบและวิเคราะห์สำนักชลประทาน มาทำการทดสอบความแน่นของดินในสนาม แบบ Field Density Test แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่หาได้จากห้องทดลอง (Standard Proctor Compaction) เพื่อหาค่า Compaction Degree ซึ่งกำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า ๙๕ % S.P.C.T. ถ้าหากตัวอย่างทดสอบมีค่าความแน่นน้อยกว่า ๙๕ % S.P.C.T. อนุมัติให้น้อยกว่าได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า ๙๓ % S.P.C.T. เช่นเดียวกันกับดินถม ๘๕ % S.P.C.T. สำหรับใช้ถมทำนบดินชั่วคราว และส่วนที่อนุมัติดังกล่าวจะต้องมีได้ไม่เกิน ๑๐ % ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ถ้าหากเกินกว่าที่กำหนดดังกล่าวให้รื้อดินชั้นบนออก แล้วทำการบดอัดแน่นใหม่ (รูปที่ ๘)



รูปที่ ๘ ตัวอย่างการทดสอบหาความแน่นของดินในสนาม

- การวางแผนควบคุมคุณภาพงานคอนกรีต

การควบคุม ตรวจสอบ คุณภาพ คุณสมบัติของวัสดุ ตลอดจนส่วนผสม (MIX Design) ของวัสดุที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีต ทั้งนี้เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามข้อกำหนดมีความมั่นคง แข็งแรง ประกอบด้วย

๑) ทำการตรวจสอบคุณภาพวัสดุที่จะนำมาใช้งานผสมเป็นคอนกรีต ให้มีคุณภาพตามข้อกำหนด ดังนี้

- ปูนซีเมนต์จะต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ ๑ (Normal Portland Cement) และมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การเก็บตัวอย่างไปทดสอบจะใช้ดุลพินิจในการพิจารณา ถ้าแน่ใจว่าเป็นปูนซีเมนต์ที่ส่งตรงมาจากโรงงาน ไม่ได้เป็นของเก่าที่เก็บค้างในคลังจะไม่ส่งไปทดสอบคุณภาพ เนื่องจากในปัจจุบันการผลิตปูนซีเมนต์ของโรงงานแต่ละโรงมีคุณภาพสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด แต่ถ้าไม่แน่ใจจะเก็บตัวอย่างทุกๆ ๕๐ เมตริกตัน หรือน้อยกว่าต่อ ๑ ตัวอย่างส่งไปทดสอบที่สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

- ทราย กรวด และหินใหญ่ จะต้องเป็นไปตามคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) ของกรมชลประทาน เก็บตัวอย่างทุกๆ ๒,๐๐๐ ลบ.ม.หรือน้อยกว่าต่อ ๑ ตัวอย่าง ส่งไปทดสอบ

๒) ฝ่ายตรวจสอบและวิเคราะห์ สำนักชลประทาน เป็นผู้กำหนดส่วนผสม (Mix Design) ของคอนกรีตให้ได้กำลัง (strength) ตามที่ออกแบบกำหนด พร้อมทั้งกำหนดค่าความยุบตัว (slump) โดยโครงการนี้ได้กำหนดกำลัง (Strength) รับแรงกดสูงสุดของคอนกรีตไว้ที่ ๑๗๕.๐๐ ksc. (Cylinder Strength) เมื่ออายุคอนกรีต ๒๘ วัน

๓) ผู้ก่อสร้างต้องนำอัตราส่วนผสม (Mix Design) ที่ได้จากการออกแบบในห้องทดลองไปเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการทำงานในสนามและปรับแก้ตามความเหมาะสมเพื่อให้ได้กำลังคอนกรีต (Cylinder Strength) ตามที่ต้องการ

๔) กำหนดให้มีการเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต (Cylinder) ตามจุดที่กำหนด ได้แก่ พื้นอาคาร ถนนกำแพง ไครยยก กำแพงปึก หรืออย่างน้อยวันละ ๑ ชุดๆ ละ ๖ แท่งเก็บในเวลาเดียวกันมีความเหลวเท่ากันพร้อมกับทำ Slump Test

๕) นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตส่งไปทดสอบแรงอัดที่งานตรวจสอบและวิเคราะห์ ที่อายุ ๗ วัน ๓ แท่ง เพื่อตรวจสอบกำลังคอนกรีต (Strengths) ได้ ตามที่ออกแบบกำหนดหรือไม่ เป็นการควบคุมคุณภาพงานคอนกรีต (รูปที่ ๔)



รูปที่ ๙ ตัวอย่างการทดสอบ Slump test และการหล่อแท่งคอนกรีต

-การวางแผนทดสอบคุณภาพวัสดุก่อสร้าง

การควบคุม ตรวจสอบคุณภาพ คุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง ประกอบด้วย

๑) เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องเป็นเหล็กเส้นกลม (Round Bars) คุณภาพ SR ๒๔ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.๒๐-๒๕๒๗ เก็บตัวอย่างตามปริมาณ ดังนี้

- น้อยกว่า ๓๐ ตัน เก็บจำนวน ๓ ท่อน ต่อ ๑ ขนาด
- ระหว่าง ๓๐-๖๐ ตัน เก็บจำนวน ๕ ท่อน ต่อ ๑ ขนาด
- มากกว่า ๖๐ ตัน เก็บจำนวน ๗ ท่อน ต่อ ๑ ขนาด

นำตัวอย่างดังกล่าวส่งไปทดสอบที่สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน ปากเกร็ด

๒) แผ่นยางกันซึมน้ำซึม (Rubber Water Stop) จะต้องเป็นไปตามคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) ของกรมชลประทาน เก็บตัวอย่างทุกๆ ๒๐๐ ม. หรือน้อยกว่า ต่อ ๑ ตัวอย่าง ส่งไปทดสอบที่สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

๒.การก่อสร้าง

ขั้นตอนการปฏิบัติงานก่อสร้างโดยทั่วไปมีดังนี้

- งานถางป่า ขุดต่อ ปรับปรุงพื้นที่ ดำเนินการถางป่า ตัดโค่นต้นไม้ พุ่มไม้ วัชพืช ขุดต่อไม้ รากไม้ รากวัชพืช เศษหญ้าที่ฝังจมดิน และสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่องานก่อสร้างออกให้หมดจากพื้นที่เท่าที่จำเป็น เพื่อให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงานก่อสร้าง (รูปที่ ๑๐ และรูปที่ ๑๑)



รูปที่ ๑๐ การถางป่า ขุดต่อ ปรับพื้นที่



รูปที่ ๑๑ งานถางป่า ขุดต่อ ปรับพื้นที่

ดำเนินการจัดวางแผนผัง กำหนดขอบเขตหรืออาคารบริการต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งได้แก่ เขตก่อสร้าง เขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง บริเวณประกอบเตรียมงาน เขตประกอบสำหรับงานขนส่ง และเขตสำหรับที่พักอาศัย อาคารสำนักงานและอาคารคลังพัสดุ บริเวณเก็บวัสดุก่อสร้าง

- งานสำรวจ ออกแนว และโยนราคาถ่ายระดับ จากหมุดหลักฐาน (Bench Mark) ที่ฝ่ายสำรวจภูมิประเทศสร้างไว้ ให้ถูกต้องตามแบบและปรับแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในสถานที่ก่อสร้าง ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ ๑๒



รูปที่ ๑๒ ตัวอย่างการสำรวจ วางแนว ให้ระดับ

- งานปรับปรุงทางลำเลียงวัสดุก่อสร้าง เครื่องจักรเครื่องมือต่างๆ เข้าสู่หัวงานจุดที่ก่อสร้าง ทำการปรับพื้นที่ตามแนวเส้นทางที่จะเข้ามายังสถานที่ก่อสร้างให้ราบเรียบเพียงพอที่จะให้เครื่องจักรเครื่องมือและวัสดุก่อสร้างบ้านพัก โรงพัสดุ เข้าไปดำเนินการเตรียมงานก่อน หลังจากนั้นจึงทำถนนให้มีความมั่นคงแข็งแรง เพื่อใช้ขนส่งวัสดุอุปกรณ์เข้ามายังสถานที่ก่อสร้างได้ตลอดเวลาจนกว่างานก่อสร้างจะแล้วเสร็จ โดยถ้าถนนเดิมเป็นถนนดินธรรมดา ก็อาจจะปรับปรุงเป็นถนนดินลูกรังบดอัดแน่นให้มีความสูง ความกว้างและความแข็งแรงเพียงพอที่รถบรรทุกวัสดุก่อสร้างสามารถลำเลียงวัสดุมาส่งหน้างานได้ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่



รูปที่ ๑๓ ตัวอย่างการปรับปรุงทางลำเลียง

- งานขุดทางผันน้ำ

เพื่อเปลี่ยนแนวการไหลของน้ำในคลองหรือแม่น้ำบริเวณที่จะเข้าไปทำการก่อสร้าง ไม่ให้น้ำไหลเข้ามารบกวนการทำงานในบ่อก่อสร้าง และไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานของราษฎรด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ ขนาดของทางผันน้ำต้องมีการคำนวณขนาด เพื่อให้ได้ขนาดทางผันน้ำที่เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง โดยพิจารณาจากสถิติปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ผ่านมา สำหรับการออกแบบ (Q design) เพื่อหาขนาดทางผันน้ำ ต้องพิจารณาถึงชนิดของดินซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างทางผันน้ำ เพื่อนำมากำหนดความเร็วสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นในทางผันน้ำ โดยไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะพังทลายของดิน ทำให้ได้ขนาดทางผันน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งาน เกิดความปลอดภัยและประหยัดงบประมาณ

ปริมาณน้ำสูงสุด สำหรับการออกแบบทางผันน้ำ (Q design) คิดจากปริมาณน้ำที่คำนวณโดยวิธีทางอุทกวิทยา (Q flood) แล้วนำมาคำนวณหาขนาดทางผันน้ำโดยใช้สมการการไหลของ Manning (Manning's formula)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

และ $Q = A \times V$

เมื่อ n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวทางน้ำ (Coefficient of Roughness)

R = รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius) = A/P

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (Section Area)

P = เส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter)

S = ความลาดของระดับท้องทางน้ำ

ตารางที่ ๗ แสดงความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ในทางน้ำตามชนิดดิน (Maximum Permissible Velocities)

ชนิดของดิน	น้ำใส V (ม./วินาที)	น้ำขุ่น V (ม./วินาที)
ดินทรายละเอียดมาก (Fine sand)	๐.๔๕๗	๐.๓๖๒
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	๐.๕๓๓	๐.๓๖๒
ดินร่วนปนตะกอนทราย (Silt loam)	๐.๖๑๐	๐.๔๑๔
ตะกอนทรายจากลุ่มน้ำ (Alluvial silts)	๐.๖๑๐	๑.๐๗
ดินร่วน (Ordinary firm loam)	๐.๗๖๒	๑.๐๗
ดินเหนียวที่แข็ง (Stiff clay)	๑.๑๔	๑.๕๒
ดินเหนียวที่แข็งมาก (Shales and hardpans)	๑.๘๓	๑.๘๓
กรวดละเอียด (Fine gravel)	๐.๗๖๒	๑.๕๒
กรวดหยาบ (Coarse gravel)	๑.๒๒	๑.๘๓
หิน (Cobble and shingles)	๑.๕๒	๑.๖๘

หมายเหตุ

๑. ค่าในตารางนี้ความลึกของน้ำไม่เกิน ๑.๐๐ เมตร
 ๒. ถ้าความลึกของน้ำเกิน ๑.๐๐ เมตร ค่าความเร็วในตารางอาจจะเพิ่มขึ้นอีก ๐.๑๕ เมตร/วินาที
 ๓. และถ้ามีตะกอนหยาบแขวนลอยมากับน้ำ ความเร็วในตารางควรลดลง ๐.๑๕ เมตร/วินาที
 ๔. ถ้าอัตราการไหลมาก แต่เกิดในระยะเวลาน้ำสั้น และเกิดไม่บ่อยนัก ความเร็วในตารางอาจเพิ่มได้อีก ๓๐ %
- ที่มา : Fortier and Scobey (๑๙๒๖) สำหรับทางน้ำที่มีแนวตรง ความลาดต้งน้ำน้อย ๆ

ตารางที่ ๘ แสดงความลาดด้านข้างของทางน้ำที่ขุดในดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของดิน	ความลาดด้านข้างคลอง	
	ความลึกของน้ำ ไม่เกิน ๑.๒๐ ม.	ความลึกของน้ำ มากกว่า ๑.๒๐ ม.
หญ้า (Turf)	๑:๐	
ดินเหนียวที่แข็งตัว (Hard clay)	๑:๐.๕	๑:๑
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay loam)	๑:๑	๑:๑.๕
ดินร่วนปนตะกอนทราย (Silty loam)	๑:๑	๑:๑.๕
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	๑:๑.๕	๑:๒
ดินทราย (Sand)	๑:๒	๑:๓

ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{design}} &= ๑๖๒.๗๐ \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \\
 H_{\text{ของน้ำในคลอง}} &= ๖.๐๐ \text{ เมตร}
 \end{aligned}$$

$$n = 0.025 \text{ (โคลงดิน)}$$

$$\text{ความลาดของระดับท้องทางน้ำ} = 1:5,000$$

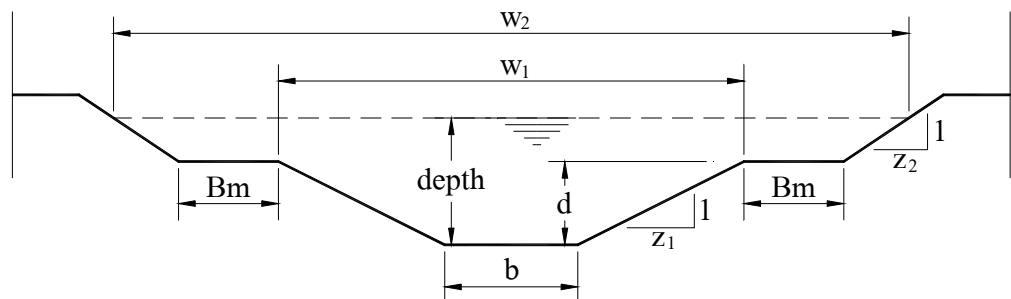
กำหนดให้ลักษณะดินในพื้นที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam) ซึ่งตามข้อเสนอแนะของ USBR ในการเลือกใช้ความลาดด้านข้างของคลองระบายน้ำ กรณีเป็นดินชนิดนี้และความลึกของน้ำมากกว่า ๑.๒๐ เมตร แนะนำให้ใช้ความลาดด้านข้างของทางน้ำเท่ากับ ๑:๑.๕ (ด้านตั้ง:ด้านราบ) แต่สามารถใช้ความลาดด้านข้างของทางน้ำเท่ากับ ๑:๒.๐ (ด้านตั้ง:ด้านราบ) โดยกำหนดทางผ้นน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ทำการออกแบบ โดยใช้วิธี Trial & Error ได้ขนาดของทางผ้นน้ำ

$$B = ๑๕.๐๐ \text{ เมตร} \quad D = ๖.๐๐ \text{ เมตร}$$

$$V = ๑.๑๒๓ \text{ เมตร/วินาที} \quad Q = ๑๖๘.๐๐ \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที}$$

ดังที่แสดงในรูปที่ ๑๔



ตารางที่ ๙ ตัวอย่างแสดงค่าการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะระบายผ่านทางผ้นน้ำ

dept h	A๑	A๒	B	Z ๑	W๑	W๒	D	v๑	V๒	Q
(m.)	(m. ^๒)	(m. ^๒)	(m.)	:	(m.)	(m.)	(m.)	(m./s)	(m./s)	(cms.)
๖.๐๐	๙๒.๐๐	๗๘.๐๐	๑๕.๐๐	๒	๒๗.๐๐	๓๗.๐๐	๔.๐๐	๑.๑๒	๐.๘๒	๑๖๘.๐๐

-งานก่อสร้างทำนบดินชั่วคราว (Coffer Dam)

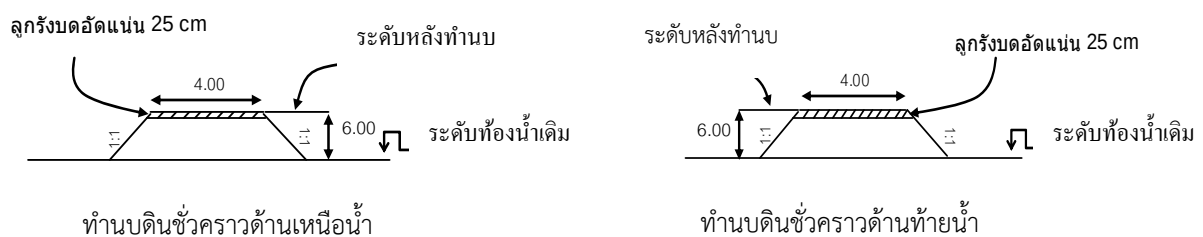
หลังจากขุดทางผ้นน้ำแล้วเสร็จจึงเริ่มทำการก่อสร้างทำนบดินชั่วคราว (Coffer Dam) ซึ่งมีรูปร่างดังที่แสดงไว้ในรูปที่ ๑๕ ปิดกั้นลำน้ำเดิมด้านเหนือน้ำเพื่อผลักดันน้ำเข้าคลองผ้นน้ำ และด้านท้ายของตัวอาคาร เพื่อป้องกันน้ำไหลจากคลองหรือแม่น้ำย้อนเข้ามาในบ่อก่อสร้าง สำหรับจุดที่ก่อสร้างทำนบดินชั่วคราว (Coffer Dam) ปริมาณน้ำและขนาดของทางผ้นน้ำที่ได้จากการคำนวณ จะเชื่อมโยงถึงขนาดและระดับของทำนบดินชั่วคราว (Coffer Dam) โดยระดับหลังทำนบชั่วคราวต้องสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในคลองหรือทางผ้นน้ำไหลล้น ผ่านตัวทำนบเข้าบ่อก่อสร้างเป็นอุปสรรคการทำงานในบ่อก่อสร้างได้

การก่อสร้างทำนบกั้นดินชั่วคราว (COFFER DAM) ก่อสร้างโดยใช้ดินกั้นที่บดอัดจากบ่อก่อสร้างในพื้นที่ มาถมบดอัดแน่นให้มีความแน่นไม่น้อยกว่า ๘๕% Standard Proctor Compaction Test หลังทำนบกั้นลงลูกรังบดอัดแน่นให้มีความแน่นไม่น้อยกว่า ๙๕% Modify Proctor Compaction Test ซึ่งประโยชน์ของทำนบ นอกจากช่วยป้องกันไม่ให้น้ำในลำคลองซึมน้ำเข้ามาในบ่อก่อสร้างแล้ว ยังใช้เป็นทางลำเลียงขนส่งวัสดุก่อสร้าง และเครื่องจักร-เครื่องมือ เข้าไปทำงานยังฝั่งตรงข้าม ดังนั้นจึงต้องมีการบดอัดแน่นให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้ ขนาดของตัวทำนบชั่วคราวออกแบบ โดยคำนวณจากแรงดันที่กระทำด้านข้างของน้ำ ทั้งนี้การกำหนดระดับและขนาดของทำนบกั้นดินชั่วคราว ได้พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่

- ต้องใช้ปริมาณงานดินน้อย ซึ่งทำให้ประหยัดงบประมาณในการถมดิน คำนวณขึ้นเพื่อใช้ในการบดอัดดินย้ายดิน ที่จะนำมาทำทำนบชั่วคราว

- ต้องมีการรั่วซึมของน้ำผ่านทำนบกั้นดินชั่วคราวน้อยทำให้ประหยัดงบประมาณ คำนวณขึ้นเพื่อใช้ในการสูบน้ำ

- ต้องวางแผนงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ มั่นคง แข็งแรง ปลอดภัย ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม โดยพิจารณาวางแผนเพื่อกำหนดระยะเวลาของการปิดทำนบกั้นดินชั่วคราว ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของงานก่อสร้าง และการใช้น้ำของชุมชนที่อยู่อาศัยในบริเวณด้านท้ายน้ำ เพื่อมิให้เกิดความเสียหายต่อราษฎรและไม่ให้เกิดผลกระทบหรือทำความเสียหาย ต่อการดำเนินงานก่อสร้างได้



รูปที่ ๑๕ ตัวอย่างรูปตัดทำนบกั้นดินชั่วคราวด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ

-งานขุดบ่อก่อสร้างตัวอาคาร

ขนาดของบ่อก่อสร้างที่ต้องดำเนินการ ควรจะขุดบ่อก่อสร้างให้กว้างกว่าที่แบบกำหนดประมาณ ๐.๕๐-๑.๐๐ เมตร เพื่อความสะดวกในการทำงานของเครื่องจักรกล และการตั้งแบบก่อสร้าง(รูปที่ ๑๖ ถึงรูปที่ ๑๘)



รูปที่ ๑๖ การขุดดินบ่อก่อสร้าง



รูปที่ ๑๗ ตัวอย่างการเว้นระยะการขุดดินในบ่อก่อสร้าง เพื่อใช้พื้นที่ในการตั้งไม้แบบ



รูปที่ ๑๘ ตัวอย่างการเว้นระยะการขุดดินในบ่อก่อสร้าง เพื่อใช้พื้นที่ในการตั้งไม้แบบ

ในการก่อสร้างต้องวางแผนการทำงานในบ่อก่อสร้างสำหรับป้องกันปัญหาเรื่องการท่วมขังของน้ำที่มาจากน้ำฝนที่เกิดขึ้น และน้ำที่ซึมผ่านทำนบกั้นชั่วคราวเข้ามา นอกจากนี้บริเวณบ่อก่อสร้างที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง อาจจะมีปัญหาน้ำใต้ดินไหลเข้าบ่อก่อสร้าง จึงต้องมีการเตรียมการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้างด้วย โดยใช้หลักการของบ่อลดแรงดันน้ำ (Pressure Released Well) โดยการขุดบ่อดักน้ำเพื่อให้น้ำที่ไหลซึมเข้ามาที่บ่อก่อสร้าง ไหลไปรวมตัวกันแล้วใช้เครื่องสูบน้ำสูบออก (รูปที่ ๑๙)



รูปที่ ๑๙ ตัวอย่างการรวมน้ำที่ไหลซึมเข้ามาในบ่อก่อสร้างไว้ในบ่อดักน้ำแล้วสูบออก

จุดที่ตั้งของบ่อดักน้ำพิจารณาตามความเหมาะสมของแต่ละงาน โดยจุดที่ตั้งจะต้องไม่ขัดขวางต่อการทำงานก่อสร้างจนกว่างานก่อสร้างจะแล้วเสร็จ เมื่องานก่อสร้างแล้วเสร็จจึงทำการปิด(Plug)บ่อดักน้ำ

สำหรับขนาดของบ่อดักน้ำ ให้พิจารณาตามเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ไหลซึมเข้ามาในบ่อก่อสร้างและความสะดวกกับการสูบน้ำออก วิธีที่เหมาะสมและใช้การได้ดีคือการวัดปริมาณน้ำที่ไหลซึมเข้ามาในสนาม หลังจากนั้นก็สามารถกำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำที่จะสูบน้ำออกได้

ตัวอย่างการวัดปริมาณน้ำที่ไหลซึมเข้ามาในสนาม ทำโดยการรมน้ำไปไว้ในท่อคอนกรีตที่รู้ขนาดแล้วจับเวลาน้ำที่ไหลเข้ามากี่จะทราบปริมาณน้ำได้ ดังตัวอย่างในตารางที่ ๑๐

ตารางที่ ๑๐ ตัวอย่างการวัดปริมาตรน้ำที่ไหลซึมเข้ามาในบ่อก่อสร้าง

คำนวณระดับน้ำขึ้นผ่านชั้นกรวดรองน้ำเดิม

ลำดับที่	วันที่	เวลา	ระดับน้ำ	ระดับน้ำ	ความต่างระดับน้ำ	ปริมาตรอุปกรณ์วัดน้ำ		ปริมาตร (ลบ.ม.)	เวลา (วินาที)	ปริมาณน้ำผ่าน (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำผ่าน (ลิตร/วินาที)	หมายเหตุ
			ด้านหน้าอ่าง (ราทก.)	ร่องแถม (ราทก.)		พื้นที่ ๑ 1.50 ม.	ความสูง (ม.)					
1	2-ธ.ค.-53	11.20 น.	141.122	133.186	7.936	1.77	1.20	2.121428571	483.51	0.0043876	4.3876004	
2	3-ธ.ค.-53	9.00 น.	139.397	133.186	6.211	1.77	1.20	2.121428571	496.77	0.0042704	4.2704286	
3	4-ธ.ค.-53	9.00 น.	138.732	133.186	5.546	1.77	1.20	2.121428571	499.61	0.0042462	4.2461692	
4	5-ธ.ค.-53	10.35 น.	138.387	133.186	5.201	1.77	1.20	2.121428571	502.55	0.0042213	4.2213284	
5	6-ธ.ค.-53	14.00 น.	137.671	133.186	4.485	1.77	1.20	2.121428571	504.54	0.0042047	4.2046787	
6	7-ธ.ค.-53	9.30 น.	137.443	133.186	4.257	1.77	1.20	2.121428571	515.38	0.0041162	4.1162416	
7	8-ธ.ค.-53	11.40 น.	137.211	133.186	4.025	1.77	1.20	2.121428571	521.45	0.0040683	4.0683260	
8	9-ธ.ค.-53	15.30 น.	136.953	133.186	3.767	1.77	1.20	2.121428571	525.67	0.0040357	4.0356660	
9	10-ธ.ค.-53	9.20 น.	136.892	133.186	3.706	1.77	1.20	2.121428571	527.65	0.004020522	4.0205223	
10	11-ธ.ค.-53	9.00 น.	136.781	133.186	3.595	1.77	1.60	2.828571429	688.20	0.004110101	4.1101009	
11	11-ธ.ค.-53	14.00 น.	136.745	133.186	3.559	1.77	2.00	3.535714286	932.40	0.003792057	3.7920574	
12	12-ธ.ค.-53	9.40 น.	136.712	133.186	3.526	1.77	2.80	4.950000000	2163.60	0.002287854	2.2878536	
13	13-ธ.ค.-53	9.30 น.	136.694	133.186	3.508	1.77	2.80	4.950000000	2127.00	0.002327221	2.3272214	ฝนตก

การขุดบ่อก่อสร้างจะต้องขุดให้ได้แนว ระดับ และขนาดที่กำหนด การขุดต้องขุดด้วยความระมัดระวัง โดยพิจารณาใช้การขุดดินแบบทำมุมเอียง (Slope Excavation) เพื่อให้ดินด้านข้างของบริเวณที่ขุดอยู่ได้ด้วยตัวของมันเอง ซึ่งการขุดดินแบบทำมุมเอียงนี้จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีอื่นๆ ทั้งนี้ก่อนทำการขุดจะต้องทราบคุณสมบัติของดินบริเวณที่ทำการขุด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ดังนี้

-ดินเหนียว สามารถขุดให้ได้ตามแนว ระดับ และขนาดที่กำหนดในแบบได้เลย โดยไม่ต้องวิตกเรื่องการรับน้ำหนัก การทรุดตัว หรือการพังทลายของดิน เนื่องจากดินเหนียวมีการยึดตัวค่อนข้างสูง

-ดินเลนและดินทราย จะต้องขุดลอกเอาดินเลนและดินทรายออกให้หมด จนถึงชั้นดินดีหรือดินแข็ง เนื่องจากดินเลนและดินทรายไม่มีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักและการยึดเกาะตัว ดังนั้นหลังจากขุดดินเลนและดินทรายออกหมดแล้ว บางครั้งจะต้องถมดินบดอัดแน่นขึ้นมาใหม่ให้ได้ระดับตามแบบ ในกรณีที่ขุดดินเลนและดินทรายลึกกว่าที่แบบกำหนด

-ทราย สามารถรับน้ำหนักได้ดี หากขุดทรายได้ระดับตามที่แบบกำหนดแล้ว สามารถดำเนินการก่อสร้างขั้นตอนต่อไปได้เลย หากพบปัญหากรณีที่ทรายไหลไม่สามารถควบคุมรูปร่างของบ่อก่อสร้างได้ จะต้องขุดบ่อก่อสร้างให้กว้างกว่าแบบมากๆ เพื่อความสะดวกในการทำงาน หลังจากก่อสร้างตัวอาคารเสร็จแล้ว จึงถมดินบดอัดแน่นด้านข้างอาคารทดแทนส่วนที่ขุดทรายออกไป

การขุดดินร่อนแกนอ่างเก็บน้ำ จะต้องขุดให้ถึงระดับชั้นดินแข็งเสมอ เพื่อกันน้ำไหลรั่วซึมลอดใต้ท่อบนดินอ่างเก็บน้ำ ถึงจะมีการปรับปรุงฐานรากอ่างเก็บน้ำก็ตาม จะต้องยึดเป็นหลักไว้ว่าต้องขุดให้ถึงชั้นดินแข็ง

- งานสูบน้ำระหว่างก่อสร้าง

เมื่อก่อสร้างท่อบนดินชั่วคราว (Coffer Dam) ปิดกั้นลำคลองหรือห้วย ทั้งด้านหน้าและด้านท้ายอาคารแล้ว จะต้องดำเนินการสูบน้ำออกจากพื้นที่ก่อสร้างอาคาร เพื่อให้การขุดบ่อก่อสร้างสามารถดำเนินการต่อไปได้ การพิจารณาเลือกใช้ชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำ เพื่อสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้าง จะต้องพิจารณาถึงปริมาณน้ำใต้ดินที่อาจเกิดขึ้นจากการขุดบ่อก่อสร้าง ประกอบกับปริมาณน้ำฝนที่อาจเกิดขึ้น ในขณะที่ทำการก่อสร้าง และปริมาณน้ำส่วนเกินที่ไหลซึมผ่านท่อบนดินชั่วคราวเข้าบ่อก่อสร้าง การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำที่มีอัตราการสูบที่เหมาะสม จะทำให้การสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้ลดปัญหาการดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

การวางแผนการสูบน้ำ โดยจะทำการคำนวณปริมาณน้ำที่เกิดขึ้น คำนวณอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำที่มีอยู่ ก็จะสามารถวางแผนการสูบน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก การคำนวณปริมาณน้ำ Q ที่เกิดจากน้ำที่ซึมผ่านท่อบนดินชั่วคราว จะต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์ความซึม (K) ได้ของดินตัวท่อบนดินชั่วคราวเสียก่อน โดยนำตัวอย่างดินที่ใช้ก่อสร้างท่อบนดินมาทำการทดสอบโดยใช้วิธีความดันน้ำคงที่ (Constant Head) ซึ่งเหมาะกับดินเม็ดค่อนข้างหยาบแต่มีขนาดเล็ก เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า Constant Head Permeameter ทำได้โดยการปล่อยน้ำที่มีความดันคงที่ ให้ไหลผ่านตัวอย่างดินที่อยู่ในหลอดใส่ตัวอย่าง พื้นที่หน้าตัด ๑,๐๐๐ ตารางมิลลิเมตร ตลอดเวลาแล้ววัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างดินในช่วงเวลา ๑๓๐ วินาที อ่านค่าความสูญเสียความดัน หรือระดับน้ำ สมมติว่าอ่านได้ ๖๐๐ มิลลิเมตร ในช่วงความยาวของการไหลซึม ๓๐๐ มิลลิเมตร (อ่านจาก Manometer)

จากสูตร	K	=	QL/AtH
	Q	=	๑๐๐ มิลลิลิตร(๑๐๐x๑๐ ^๓ ลูกบาศก์มิลลิเมตร)
	L	=	๓๐๐ มิลลิเมตร
	A	=	๑,๐๐๐ ตารางมิลลิเมตร.
	t	=	๒๖๐ วินาที
	H	=	๖๐๐ มิลลิเมตร
แทนค่าในสูตร จะได้	K	=	(๑๐๐x๑๐ ^๓ x๓๐๐)/(๑,๐๐๐x๒๖๐x๖๐๐)
		=	๐.๑๙๒ มิลลิเมตร/วินาที = ๐.๑๙๒ x๑๐ ^{-๓} เมตร/วินาที

เมื่อทราบค่า K ของดินต่อจากนั้นจะคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านทางผืนน้ำ โดยการเขียนตาข่ายการไหลของน้ำในดิน (Flow Nets) ซึ่งก็คือเส้นทางเดินของน้ำผ่านดิน มีจำนวนไม่จำกัดและไม่ตัดกัน เส้นขอบเขตที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ถือเป็น Flow Line ส่วนเส้นขอบเขตที่น้ำไหลเข้าและไหลออกจากดินถือเป็น Equipotent Line ดังตัวอย่างการคำนวณดังนี้

กำหนดให้ดินเป็นชนิดดินร่วนปนดินเหนียว

$$\text{ดินร่วนปนดินเหนียว} \quad K = 0.0002 \times 10^{-3} \text{ เมตร/วินาที}$$

- ปริมาณน้ำซึมผ่านทำนบกั้นดิน

$$Q / T = K H (N_f / N_d)$$

$$Q = 0.0002 \times 10^{-3} \times 4.00 \times (5/7) \times 60 \times 60 \times 24$$

$$= 47.473 \text{ ลูกบาศก์เมตร /วัน/ความยาว ๑ เมตร}$$

ความยาวทำนบกั้นทั้ง ๒ ด้าน กำหนดให้ประมาณ ๓๘.๐๐ เมตร

$$Q_{\text{total}} = 3,607.91 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วัน}$$

$$= 2.505 \text{ ลูกบาศก์เมตร /นาที่}$$

- ปริมาณน้ำฝนในบ่อก่อสร้าง

สมมติ ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปี ๑,๐๒๑.๐๐ มม. (จากสถิติน้ำฝน)

ขนาดของบ่อก่อสร้างสมมติ ขนาดกว้าง ๕๐.๐๐ เมตร ยาว ๓๕๐.๐๐ เมตร =

๑๗,๕๐๐.๐๐ ตารางเมตร

สมมติจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย ๖๖.๙๐ วัน/ปี

$$\text{ปริมาณน้ำฝนใน ๑ นาที} = \frac{1,021.00}{(66.90 \times 24 \times 60 \times 1,000)}$$

$$= 0.000001 \text{ เมตร/นาที่}$$

$$\text{ปริมาณน้ำฝนในบ่อก่อสร้าง} = 0.000001 \times 17,500$$

$$= 0.0175 \text{ ลูกบาศก์เมตร /นาที่}$$

$$\text{รวมปริมาณน้ำในบ่อก่อสร้าง} = 2.505 + 0.0175$$

$$= 2.5225 \text{ ลูกบาศก์เมตร /นาที่}$$

-การหาจำนวนเครื่องสูบน้ำ

ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในบ่อก่อสร้าง จำเป็นต้องมีการระบายน้ำออกให้ระดับน้ำเหลือต่ำที่สุดพอที่จะทำให้สามารถปฏิบัติงานก่อสร้างได้ ดังนั้น จึงต้องทำการวางแผนการระบายน้ำโดยการสูบน้ำออกจากพื้นที่ก่อสร้าง

จากปริมาณน้ำที่ต้องการระบาย สามารถเลือกใช้เครื่องสูบน้ำได้จากตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและอัตราการสูบของปั๊ม (ตารางที่ ๑๑) โดยพิจารณาเลือกขนาดและจำนวนเครื่องสูบน้ำจากตารางการสูบน้ำ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำขนาด ๑๕๐.๐๐ มม. จำนวน ๓ เครื่อง สามารถสูบน้ำได้ปริมาณ $0.0175 \times 3 = 0.0525$ ม.^๓/นาที่ มากกว่า ๐.๐๕๒๖ ม.^๓/นาที่ เพียงพอกับการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้าง ตัวอย่างแสดงไว้ในรูปที่ ๒๐

ตารางที่ ๑๑ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและอัตราการสูบของปั๊ม

ขนาด มม.	อัตราการสูบ ม. ^๓ /นาที่	ขนาด มม.	อัตราการสูบ ม. ^๓ /นาที่
๖๕	๐.๓๕-๐.๔๕	๖๐๐	๓๖-๕๐
๘๐	๐.๔๕-๐.๗๐	๗๐๐	๕๐-๗๐
๑๐๐	๐.๗๐-๑.๒๐	๘๐๐	๗๐-๙๐
๑๒๕	๑.๒๐-๑.๘๐	๙๐๐	๙๐-๑๑๕
๑๕๐	๑.๘๐-๓.๐๐	๑๐๐๐	๑๑๕-๑๕๐
๒๐๐	๓.๐๐-๕.๐๐	๑๒๐๐	๑๕๐-๒๐๐
๒๕๐	๕-๘	๑๓๕๐	๒๐๐-๒๒๕
๓๐๐	๘-๑๒	๑๕๐๐	๒๕๕-๓๒๕
๓๕๐	๑๒-๑๘	๑๖๕	๓๒๕-๔๐๐



รูปที่ ๒๐ แสดงทำนบกั้นน้ำชั่วคราวและจุดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ

- งานก่อสร้างอาคารชลประทาน ไม่ว่าจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หินก่อ ฯลฯ การก่อสร้างจะต้องให้ได้แนว ระดับ ขนาด และรายละเอียดอื่นๆ ได้แก่ การประกอบไม้แบบ การติดตั้งและรื้อถอนไม้แบบ การผสมคอนกรีต การเทคอนกรีต งานรอยต่อคอนกรีตต่างๆ ฯลฯ

การตั้งไม้แบบหล่อคอนกรีตต้องทำให้แน่นหนา แข็งแรง ได้ดิ่ง ได้ฉาก มีการลบมุม แบบหล่อจะต้องอัดแน่นและอุดรูรั่วให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันมิให้น้ำปูนหนีออกไปจากเนื้อคอนกรีตที่จะเทลงแบบได้ และจะต้องมั่นคงแข็งแรงสามารถทนต่อแรงกระแทกกระเทือนจากการเทคอนกรีต และอาการสั่นสะเทือนจากเครื่องสั่นคอนกรีต (Vibrators) โดยปราศจากการโก่งงอเสียรูปหรือเสียแนวไปจากที่กำหนดไว้ ก่อนที่จะเทคอนกรีต จะต้องฉีดน้ำให้แบบชุ่มน้ำก่อน มิฉะนั้นเวลาเทคอนกรีตเสร็จแล้ว ไม้แบบจะดูดน้ำออกจากคอนกรีต ทำให้คอนกรีตผิวไม่สวย หรือจะใช้น้ำมันเครื่องหรือน้ำมันซีล ทาที่ผิวแบบก่อนเทคอนกรีตก็ได้ เพื่อกันไม่ให้

ไม้แบบคูดน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผิวคอนกรีตไม่ติดกับไม้แบบและช่วยยืดอายุไม้แบบ สามารถนำไม้แบบกลับมาใช้งานได้หลายครั้ง

การก่อสร้าง Flap valve Weep Hole การทำวัสดุกรองของรูระบายน้ำ จะต้องควบคุมไม่ให้คอนกรีตที่เทอุดรูระบายน้ำและวัสดุกรอง

การเทพื้นคอนกรีต ก่อนการเทจะต้องเทคอนกรีตหยาบรองพื้นก่อน เพื่อไม่ให้พื้นคอนกรีตสกปรกและสะดวกในการทำงาน รวมถึงมีความสะดวกในการวางเหล็กเส้นให้ได้แนวและระยะตามแบบ ก่อนการวางเหล็กจะต้องทำลูกปูนเพื่อรองรับการวางเหล็กให้ได้ระยะและแนวตามแบบ ลูกปูนโดยปกติจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสทำด้วยปูนทรายขนาด ๐.๐๕x๐.๐๕ เมตร หล่อในกระบะไม้ เมื่อเทปูนทรายลงในกระบะจนได้ระดับแล้วให้ใช้ลวดผูกเหล็กที่ตัดเป็นเส้น ยาวประมาณ ๐.๒๐ เมตรแล้วหักครึ่ง ปักลงไปในลูกปูนประมาณ ๐.๐๓ เมตร โดยไพล่ปลายทั้งสองขึ้นมา ยาวประมาณ ๐.๐๗ เมตรเพื่อใช้ในการผูกเหล็กเมื่อนำลูกปูนไปใช้งาน (มีปัญหาคือถกเถียงกันว่า เมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้ว ควรจะแกะลูกปูนออกหรือไม่ เพราะว่าลูกปูนทำด้วยปูนทรายอาจจะเป็นจุดอ่อนของคอนกรีตในอนาคต ทั้งนี้ อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างควบคุมงานแต่ละคน)



รูปที่ ๒๒ ตัวอย่างการใช้ลูกปูนหนุนเหล็ก

การตอกเข็มพืดเหล็ก ควรจะใช้เครื่องมือที่กำหนดมาสำหรับตอกเข็มพืดเหล็กโดยเฉพาะ เช่นใช้ Hydraulic Vibro Hammer เป็นต้น อย่าไปใช้ Back Hoe ตอก เพราะจะทำให้เข็มพืดตอกไม่ตรงตามแนวและความลึกไม่ได้ตามที่แบบกำหนด นอกจากนี้อาจจะทำให้ขอบเข็มพืดฉีกขาด และเป็นสาเหตุให้น้ำรั่วซึมลอดใต้อาคารที่ก่อสร้างเข้ามาได้

การเทคอนกรีตกำแพงที่สูงมากไม่ควรเทเกินวันละ ๒ เมตรและการเทแต่ละครั้งควรเทไม่เกินความสูง ๑ เมตรและเกลี่ยให้อยู่ในระดับเดียวกันระหว่างการเทจะต้องใช้เครื่องสั่นคอนกรีตตลอดเวลาเพื่อให้คอนกรีตไหลลงไปในแบบได้ทั่วถึงสม่ำเสมอ หลังจากเทคอนกรีตได้ระดับแล้วจึงเทคอนกรีตชั้นต่อไปจนถึงความสูง ๒ เมตร จึงยุติการเท (รูปที่ ๒๓)



รูปที่ ๒๓ ตัวอย่างคอนกรีตที่เทเสร็จแล้วชั้นแรก หลังจากนั้นจึงเตรียมตั้งแบบเพื่อเทชั้นต่อไป

หลังจากนั้นจึงทำการบ่มคอนกรีต เพื่อจะมาเทคอนกรีตต่อเนื่องในวันรุ่งขึ้น สาเหตุที่ไม่ควรเทคอนกรีตเกินความสูง ๒ เมตร เนื่องจากน้ำหนักคอนกรีตจะมาก อาจจะทำให้ไม้แบบปริแตก และน้ำคอนกรีตจะไหลรั่วซึมออกมาได้ นอกจากนี้การตั้งไม้แบบเกินความสูง ๒ เมตร จะต้องใช้ไม้ค้ำยันมากเพื่อให้แบบแข็งแรง เป็นการเปลืองไม้แบบและการทำงานจะยากขึ้น



รูปที่ ๒๔ การตั้งแบบเพื่อจะเทคอนกรีตต่อเนื่อง

การเทคอนกรีตต่อเนื่องจากงานคอนกรีตที่เทค้างไว้ จะต้องฉีบน้ำล้างผิวคอนกรีตให้สะอาด หลังจากนั้นให้ใช้น้ำปูน(ปูนซีเมนต์ผสมน้ำ)เทไปบนผิวคอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตที่เทใหม่ติดแน่นกับผิวคอนกรีต

เดิม เป็นเนื้อเดียวกัน อนึ่งควรทำผิวคอนกรีตเดิมให้ขรุขระก่อนที่จะเทน้ำปูนทับลงไป เพิ่มการยึดเกาะของผิวเดิมกับผิวใหม่ให้ดียิ่งขึ้น

ในระหว่างการเทคอนกรีตแต่ละจุด ควรเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตเพื่อส่งไปทดสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มความมั่นใจว่าคอนกรีตที่เทแต่ละจุดมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

การบ่มคอนกรีตในสนาม ตามทฤษฎีแล้วจะต้องใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต แต่บางครั้งหากไม่มีน้ำยาบ่มคอนกรีต ก็สามารถใช้กระสอบข้าวสารหรือทรายหยาบที่ชุ่มน้ำบ่มแทนก็ได้ การบ่มคอนกรีตยิ่งบ่มนานยิ่งดี แต่ถ้าจะเร่งรัดงานก่อสร้าง อย่างน้อยจะต้องบ่มให้ได้ ๓-๗ วันก่อนที่แกะไม้แบบออก แต่ถ้าเป็นพื้นสะพานควรบ่มให้ได้ ๒๘ วันก่อนแกะแบบ

งานก่อสร้าง Construction joint อย่างเช่นแผ่นยางกันน้ำรั่ว เมื่อตั้งแบบเสร็จแล้วควรใส่แผ่นยางไว้ในแบบตามจุดที่กำหนดแล้วเทคอนกรีตหุ้มทับไปเลย ไม่ควรเว้นว่างหรือใช้วัสดุอย่างอื่นเช่นโฟมสอดทดแทนไว้แล้วนำแผ่นยางมาใส่ทีหลัง ซึ่งเป็นวิธีการทำงานที่ไม่ถูกต้อง เพราะแผ่นยางจะไม่ยึดติดกับคอนกรีต ทำให้น้ำไหลรั่วซึมได้

งานดินถมบดอัดแน่น ควรเลือกใช้เครื่องจักรเครื่องมือให้เหมาะสมกับงาน งานที่ใช้แรงงานคน เช่นงานดินถมร่องค้ำหรือหุ้มข้างของอาคาร ก็ควรจะใช้แรงงานคนเพราะเครื่องจักรใหญ่จะไม่สามารถเข้าไปทำงานได้ งานอาคารชลประทานส่วนใหญ่ที่เกิดความเสียหายมักเกิดจากการบดอัดดินไม่แน่นตามที่แบบกำหนด อีกประการหนึ่งคือการใช้เครื่องมือบดอัดแน่นดินผิดประเภท การบดอัดแน่นดินของงานชลประทานจะต้องใช้รถบดสั่นสะเทือนล้อเหล็กชนิดตีนแกะ(Padfoot)หรือใช้ลูกกลิ้งตีนแกะ(Sheepfoot rollers)บดอัดเพื่อให้ดินเกาะกับดินใหม่คลุกเคล้ากันและได้ความแน่นตามแบบกำหนด (รูปที่ ๒๕-๒๖)



รูปที่ ๒๕ รถบดสั่นสะเทือนแบบตีนแกะ



รูปที่ ๒๖ รถบดสันสะท้อนแบบตีนแกะ

บางคนนำรถบดล้อเรียบซึ่งใช้กับงานบดอัดแน่นดินทำถนนมาใช้ซึ่งเมื่อวัดความแน่นอาจจะได้ตามแบบกำหนด แต่ดินที่บดอัดแน่นแล้วจะแบ่งเป็นชั้นๆ ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนการใช้ลูกกลิ้งตีนแกะ ทำให้การต้านทานแรงน้ำทำได้ไม่ดีและการรื้อซึมจะเกิดง่ายกว่า



รูปที่ ๒๗ ตัวอย่างการถมดินบดอัดแน่นทำนบดินอ่างเก็บน้ำ

งานปูแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextiles) รองพื้นหินเรียง จุดประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้ดินที่ไหลซึมออกมาด้านใต้หินเรียง พัดพาเอาเศษดินหลุดออกมาด้วย ดังนั้นการปูแผ่นใยสังเคราะห์จึงต้องปูให้เต็ม

พื้นที่ไถหินเรียง หากความยาวของแผ่นใยสังเคราะห์ไม่พอ ก็ต้องต่อความยาวออกไปโดยแผ่นที่ต่อจะวางซ้อน และเหลื่อมทับแผ่นเก่าอย่างน้อย ๐.๕๐ เมตร เพื่อไม่ให้แผ่นใยสังเคราะห์เลื่อนหลุดออกเมื่อวางหินเรียงลงไป อีกประการหนึ่ง กรณีที่งานหินเรียงมีเอ็นคอนกรีตวางอยู่เป็นช่วงๆ ก็จะต้องปูแผ่นใยสังเคราะห์ลอดใต้เอ็นคอนกรีตด้วย วิธีการปูจะต้องตัดแผ่นใยสังเคราะห์ออกเป็นแผ่น ขนาดเท่ากับความกว้างของเอ็นคอนกรีต รวมกับความกว้างของไม้แบบข้างบวกกับความกว้างของรอยต่อแผ่นใย ข้างละ ๐.๕๐ เมตร ตัวอย่างเช่น

เอ็นคอนกรีตกว้าง	๐.๒๕	เมตร
ไม้แบบที่ใช้ตั้งแบบเอ็นกว้างข้างละ	๐.๐๒๕	เมตร
เผื่อการซ้อนทับแผ่นใยสังเคราะห์ ข้างละ	๐.๕๐	เมตร
รวมความกว้างแผ่นใยสังเคราะห์ที่จะวางลอดใต้เอ็นคอนกรีตขณะก่อสร้าง		

$$= ๐.๒๕ + ๐.๐๒๕ + ๐.๐๒๕ + ๐.๕๐ + ๐.๕๐ \quad \text{เมตร}$$

$$= ๑.๓๐ \text{ เมตร}$$



รูปที่ ๒๘ ตัวอย่างการปูแผ่นใยสังเคราะห์ลอดใต้เอ็น

วิธีการตั้งแบบเอ็นคอนกรีต จะต้องปูแผ่นใยสังเคราะห์ ขนาดกว้าง ๑.๓๐ เมตรให้เสร็จเรียบร้อย จากนั้นจึงม้วนแผ่นใยสังเคราะห์ ๒ ข้างเข้ามาหากันจนได้ระยะที่จะตั้งแบบเอ็น (ม้วนเข้ามาประมาณ ๐.๕๐ เมตร) จากนั้นจึงตั้งแบบก่อสร้างเอ็นคอนกรีตตามปกติ เมื่อเทคอนกรีตและถอดไม้แบบเอ็นคอนกรีตออกแล้ว จึงปูแผ่นใยสังเคราะห์แผ่นที่อยู่ไถหินเรียงต่อไป โดยซ้อนทับกับแผ่นใยสังเคราะห์ที่ลอดใต้เอ็นคอนกรีต กว้าง ๐.๕๐ เมตร ตามที่กำหนดไว้ข้างต้น

การติดตั้งเครื่องยก-บานระบาย โดยปกติจะเป็นหน้าที่ของฝ่ายช่างกล แต่ในงานก่อสร้างสามารถ ทำให้การติดตั้งง่ายและรวดเร็วขึ้นโดยการฝังสกรูขันไว้ในตำแหน่งต่างๆ ขณะที่ตั้งแบบเพื่อเทคอนกรีตส่วนที่จะติดตั้งเครื่องยก บานระบาย เมื่องานคอนกรีตแล้วเสร็จ ฝ่ายช่างกลจะได้มาติดตั้งได้เลย ไม่ต้องทุบคอนกรีตเพื่อติดตั้งเครื่องยก บานระบายอีกครั้ง

ก่อนการก่อสร้างแท่นวางเครื่องยก ควรจะตรวจสอบระยะ ระดับอีกครั้งว่า มีความสูงเพียงพอที่จะสามารถนำบานระบายไปติดตั้งและถอดออกได้สะดวกเพื่อการซ่อมแซม มีบางโครงการที่กำหนดระยะและระดับผิดทำให้ไม่สามารถติดตั้งและถอดบานระบายออกซ่อมแซมได้

การติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน

เครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน (Dam Instruments) เป็นเครื่องมือที่วิศวกรใช้ติดตั้งในตัวเขื่อนบริเวณฐานราก ฐานยัน หรือบริเวณอื่นๆที่จำเป็นเพื่อติดตามพฤติกรรมที่สำคัญของเขื่อนทั้งในระหว่างการก่อสร้าง การใช้งานหลังจากงานก่อสร้างแล้วเสร็จ ซึ่งเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนจะสามารถเตือนภัยล่วงหน้าเมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นกับเขื่อนได้ เช่น การรั่วซึมของตัวเขื่อน การทรุดตัวหรือการเลื่อนของตัวเขื่อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถยืนยันพฤติกรรมของเขื่อนว่าใกล้เคียงกับสมมุติฐานที่ใช้ในการออกแบบ และยังช่วยควบคุมพฤติกรรมในระหว่างการก่อสร้างได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน มีดังนี้

๑. เพื่อช่วยสนับสนุนสมมุติฐานในการออกแบบ
๒. การตรวจสอบพฤติกรรมของเขื่อนในระหว่างการก่อสร้าง
๓. การยืนยันว่าเขื่อน จะสามารถใช้งานในระยะยาว
๔. เป็นการช่วยเตือนภัยล่วงหน้า
๕. เป็นการตรวจสอบทางด้านกฎหมาย สัญญาการก่อสร้าง สัญญาการควบคุม ฯลฯ
๖. เป็นการสนับสนุนการวิจัยและสร้างความรู้ใหม่
๗. ช่วยในการประชาสัมพันธ์ความมั่นคงแข็งแรงของเขื่อนที่ก่อสร้าง

สำหรับพฤติกรรมที่จะต้องตรวจวัดมีดังนี้

๑. แรงดันน้ำในช่องว่างของเม็ดดิน (Pore Water Pressure)
๒. แรงดันดิน (Earth Pressure)
- ๓ การเคลื่อนตัวของเขื่อนและฐานราก
๔. การสั่นสะเทือนของฐานรากและตัวเขื่อนเนื่องจากแผ่นดินไหว
๕. เบ็ดเตล็ดอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ สารเคมี ความชื้น ฯลฯ

ประเภทของเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน

๑. เครื่องมือวัดแรงดันน้ำและการไหลซึม ประกอบไปด้วย

๑.๑ มาตรวัดความดันน้ำ (Piezometers) มี ๓ ชนิด คือ

- Hydraulic Piezometers ใช้น้ำเป็นสื่อในการวัดค่าโดยการวัดจากระดับน้ำหรือความดันน้ำ

- Pneumatic Piezometers ใช้แรงดันอากาศหรือก๊าซเป็นสื่อในการวัดโดยการเพิ่มแรงดันอากาศให้เท่ากับแรงดันน้ำ

- Electrical Piezometers ใช้แรงดันไฟฟ้าหรือความสั่นสะเทือนของเส้นลวดซึ่งตั้งเป็นสื่อในการวัดค่าความดันน้ำ

๑.๒ บ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน (Observation Wells)

๑.๓ มาตรวัดปริมาณน้ำซึมผ่าน (Seepage Flowmeters) หรือ V-Notch Weir

๒. เครื่องมือวัดแรงดันดินที่เกี่ยวข้องกับเขื่อน

แรงดันดินหรือหน่วยแรงกดที่เกิดขึ้นในตัวเขื่อนจะมีทั้งปริมาณและทิศทางของหน่วยแรงเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินระดับความมั่นคงของมวลดิน การทรุดตัว โอกาสการเกิดรอยแตกร้าว และแรงดันที่กระทำต่อโครงสร้างของตัวเขื่อน

สำหรับแรงดันดินมีผลมาจาก น้ำหนักตัวเขื่อนเอง แรงดันน้ำที่เก็บกักพลังงานในการบดอัดรูปร่างของฐานรากและร่องแกนตลอดจนสมบัติทางวิศวกรรมของดินเอง โดยเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันดินเรียกว่า Total Earth Pressure Cell หรือ Load Cell หรือ Boundary Cell

๓. เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวในเขื่อน

ขณะที่การก่อสร้างเขื่อนและระหว่างการเก็บกักน้ำย่อมจะมีการเคลื่อนตัวของเขื่อน จากอิทธิพลของน้ำหนักตัวเขื่อนเอง แรงดันน้ำที่เก็บกักด้านหน้าเขื่อน และน้ำหนักที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การทรุดตัว การแตกร้าว การเคลื่อนตัว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องมีการตรวจวัดการเคลื่อนตัวในส่วนต่างๆ ของเขื่อน ด้วยเครื่องมือประเภทต่างๆ ดังนี้

๓.๑ Inclinometer

๓.๒ Settlement gage

๓.๓ Extensometer

๓.๔ Joint meter

๓.๕ Surface monument

๓.๖ Pendulum

สำหรับวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนดินในเอกสารฉบับนี้ จะกล่าวเป็นตัวอย่างสำหรับเครื่องมือที่ใช้วัดจำนวน ๕ ชนิด ซึ่งเครื่องมือประกอบไปด้วย

๑. เครื่องมือวัดแรงดันน้ำแบบไฟฟ้า (Electric Piezometers)

๒. เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวภายในตัวเขื่อน (Inclinometer with Magnetic Settlement Gauge)

๓. หมุดควบคุมหรือหมุดหลักฐานอ้างอิง (Reference Benchmarks หรือ Control Points)

๔. หมุดวัดการทรุดตัว (Surface Settlement Points)

๕. เครื่องมือวัดอัตราการซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานรากหรืออาคารวัดน้ำ (Seepage Flowmeter)

โดยคุณสมบัติของเครื่องมือแต่ละชนิดจะต้องมีความเหมาะสมและทนทานต่อการใช้งานในสภาวะภูมิอากาศร้อนชื้นได้เป็นอย่างดี

ในการติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมของเขื่อน ตามทฤษฎีหรือข้อกำหนดในสัญญาจ้างก่อสร้างทั่วไป จะกำหนดไว้ ดังนี้

๑.) ผู้ที่ทำการติดตั้งจะต้องมีความรู้ ความชำนาญ และมีความเข้าใจในระบบการตรวจวัดของอุปกรณ์ที่จะติดตั้งเป็นอย่างดี ทั้งยังต้องมีความรู้ความเข้าใจในงานสำรวจเบื้องต้น เพื่อการตรวจสอบตำแหน่งและระดับของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

๒.) ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น

๓.) ทำการสำรวจตำแหน่งและระดับของเครื่องมือวัดต่างๆ ที่จะติดตั้ง ตามที่กำหนดและรายละเอียดในแบบก่อสร้าง

๔.) ทำการผูกป้ายโลหะระบุหมายเลขหัววัดติดกับสายสัญญาณที่ต่อจากหัววัดไปสู่เครื่องวัด หรือ Terminal Box ทุกระยะ ๑๕ เมตร เป็นอย่างน้อยตลอดความยาว เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบและเพื่อป้องกันการสับสน

๕.) สายสัญญาณที่ต่อจากหัววัดไปยังเครื่องวัดหรือ Terminal Box จะต้องมีความยาวตลอด โดยไม่มีจุดต่อ หากจำเป็นที่จะต้องมีจุดต่ออุปกรณ์และวิธีการต่อสายจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต

๖.) ปลายท่อและปลายสายที่ยังติดตั้งไม่แล้วเสร็จ จะต้องทำการอุดหรือปิดเพื่อไม่ให้วัสดุแปลกปลอมหลุดเข้าไปในระหว่างการติดตั้งและขนย้ายอุปกรณ์นั้น

การระวังรักษาเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ

ห้ามรถทุกชนิดหรือเครื่องจักรวิ่งทับ หรือผ่านเข้าไปใกล้กับส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องมือวัดหรือข้อต่อต่างๆ จนกว่าจะถมบดอัดปิดทับอุปกรณ์เครื่องวัดไว้อย่างน้อย ๐.๕ เมตร หรือถมขึ้นไปได้ความหนาตามที่กำหนด การติดตั้งจะต้องระวังไม่ให้เครื่องมือวัด และข้อต่อต่างๆ เกิดความเสียหายหรือเคลื่อนตำแหน่งในขณะที่ยังดำเนินการก่อสร้าง หากเกิดความเสียหายใดๆ ขึ้น ผู้ติดตั้งจะต้องซ่อมแซมหรือเปลี่ยนเครื่องมือวัดอันใหม่ทันที

วัสดุถมบดอัดรอบเครื่องมือวัดเพื่อป้องกันความเสียหาย (Protective Surrounds)

๑.) ขณะทำการติดตั้งเครื่องวัด สาย Cable และ ท่อ Casing ต่างๆ ในตัวเขื่อน ผู้ติดตั้งจะต้องถมและบดอัดวัสดุ โดยรอบอุปกรณ์เหล่านั้นให้ได้ตามขนาดและระดับที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง และด้วยวิธีการที่ทั่วไประอบรับ

๒.) การถมวัสดุรอบเครื่องมือวัดและวัสดุถมตัวเขื่อนชั้นถัดขึ้นมา จะต้องก่อสร้างโดยไม่ให้กระทบ กระเทือนต่อการติดตั้งเครื่องมือวัดนั้นๆ วัสดุถมรอบท่อและเครื่องมือจะบดอัดด้วยรถบดล้อเหล็กแบบสั้น สะเทือนหรือรถตีนแเกะได้ก็ต่อเมื่อมีวัสดุถมรอบเครื่องมือวัดแล้วหนึ่งชั้น

๓.) วัสดุถมรอบอุปกรณ์ที่ปลูกในหลุมที่ขุดตามแนวและระดับที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง วัสดุที่ยังไม่แน่นนั้นให้ปิดทับด้วยวัสดุขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง หนา ๓๐๐ มิลลิเมตร แล้วจึงบดอัดด้วยเครื่องกระทุ้งหรือเครื่องมืออื่นเพื่อให้ได้ความแน่นตามที่กำหนดในการบดอัดตัวเขื่อน

เครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนดินชนิดต่างๆ

๑. เครื่องมือวัดแรงดันน้ำแบบไฟฟ้า (Electric Piezometers)

เครื่องมือวัดแรงดันน้ำแบบไฟฟ้า (Electric Piezometers) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วัดแรงดันน้ำในดินถมและฐานรากในระหว่างก่อสร้าง และในช่วงที่เขื่อนเก็บกักน้ำแล้ว ระบบนี้จะวัดความดันของน้ำที่จุดต่างๆ โดยใช้กระแสไฟฟ้าเป็นสื่อในการวัด โดยความดันน้ำจะถูกแปลงเป็นความดันหรือกระแสไฟฟ้า หรือเป็นความถี่ของการสั่นของเส้นลวดที่ขึงตึงระหว่างแผ่นรับแรงดัน มีส่วนประกอบและลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

๑.) Pore Pressure Transducer ประกอบด้วยส่วนวัด (Sensing Part) บรรจุอยู่ในกระบอกเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ที่มีค่าความหนาและแข็งแรง สามารถทนต่อแรงกดทับของตัว

เชื่อมได้ดี และภายในประกอบด้วย Filter ซึ่งบรรจุด้วยสารป้องกันสนิม ส่วนวัด (Sensing Unit) เป็นชนิด Vibrating Wire เชื่อมต่อกับ Diaphragm ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าไปยังมาตรวัด ตามแรงดันของน้ำที่เปลี่ยนไป

ข้อกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญของ Pore pressure transducer มีดังนี้

(๑) วัดแรงดันน้ำปกติได้ไม่น้อยกว่า ๔๒.๕ m. H₂O (๔.๒๕ กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)

(๒) ด้านทานแรงดันน้ำสูงสุดไม่น้อยกว่า ๑๕๐% of full scale

(๓) ความละเอียดในการอ่านค่า (Resolution) ๐.๑% of full scale

(๔) ความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) $\pm 0.1\%$ of full scale

(๕) Operation Temperature ประมาณ ๐° ถึง ๖๐°C

(๖) มีอุปกรณ์ Thermister สำหรับวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งของหัววัด

(๗) มีอุปกรณ์ด้านทานแรงดันไฟฟ้าสูงเกินพิกัดเข้าสู่หัววัด (Surge Arrestor)

๒.) สายนำสัญญาณ (Cable) เป็นสายนำสัญญาณชนิด ๔ สาย เหมาะสำหรับใช้งานหนัก (Heavy Duty) ประเภทฝังในดินถมตัวเชื่อมได้โดยไม่เกิดความเสียหาย สามารถใช้ในการส่งสัญญาณแรงดันน้ำ และ Thermistor ตัวสายหุ้มด้วยลวดโลหะถักและฉนวน PVC

๓.) ตู้รวมสาย (Terminal Box) ต้องมีช่องเพียงพอสำหรับรับสายสัญญาณจากหัววัดทั้งหมดสามารถเลือกวัดแต่ละหัววัดได้ด้วยสวิทช์หมุนปรับตำแหน่ง โดยมีแผ่นป้ายแสดงตำแหน่งหัววัด (Label) และวิธีการตรวจวัด (Instruction) เคลือบพลาสติกติดตั้งไว้ให้เห็นอย่างชัดเจน ภายในอาคาร Instrument House ที่เป็นโครงสร้างเหล็ก หรือโครงสร้างโลหะที่มีลักษณะการใช้งานและความแข็งแรงเท่าเทียมกัน

๔.) Readout Unit สำหรับต่อกับ Pore Pressure Transducer เพื่ออ่านค่าแรงดันน้ำ โดยมีสายเชื่อมต่อกับ Terminal Box และใช้ Switch Board เพื่อเลือกอ่านค่าได้แต่ละหน่วยของ Pore Pressure Transducer มีคุณลักษณะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

(๑) เป็นชนิด Portable Readout/Logger แบบ Microprocessor Controlled พร้อมหน่วยความจำ (Memory Storage) ไม่น้อยกว่า ๒,๐๐๐ ค่า

(๒) มีระบบการตรวจสอบวงจรสัญญาณจากหัววัด

(๓) จอแสดงผลแบบ Liquid Crystal Display (LCD) สามารถเลือกแสดงผล แบบต่างๆ ได้ เช่น Engineering Units, Period, Frequency (Hz) หรือค่าแรงดันเป็นเมตรของน้ำ (m. H₂O) หรือ กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เป็นต้น มีความละเอียดไม่น้อยกว่า ๐.๑ หน่วย

(๔) ใช้ถ่านแบบ Rechargeable Battery มีอายุการใช้งานระหว่างการ Charge ครั้งละไม่น้อยกว่า ๘ ชั่วโมง

(๕) ใช้ Charge ได้กับระบบแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ ๒๒๐ $\pm$ ๑๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรท์

(๖) มีระบบ Automatic Shut-Down เพื่อยืดอายุการใช้งานของ Battery

(๗) สามารถถ่ายข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ผ่าน RS-๒๓๒ หรือ USB หรือสื่อไร้สายได้ โดยผู้ติดตั้งจะต้องจัดหาสายสัญญาณและ Software

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลและประมวลผลพร้อมอุปกรณ์จะต้องมีคุณสมบัติอย่างน้อยดังต่อไปนี้

(๑) เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน ๑ เครื่อง มีคุณสมบัติอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- หน่วยประมวลผล (Processor) ชนิด Core๒ Duo
- หน่วยความจำหลัก ไม่น้อยกว่า ๑ GB
- Hard Disk ความจุไม่น้อยกว่า ๑๒๐ GB
- ๑.๔๔ MB ๓.๕" Floppy drive
- USB Port ไม่น้อยกว่า ๓ ช่อง
- DVD-RW Drive หรือดีกว่า
- จอสี LCD ขนาด ไม่น้อยกว่า ๑๗"

(๒) เครื่องพิมพ์ Color inkjet Printer ขนาด A๔ จำนวน ๑ เครื่อง

(๓) เครื่องควบคุมและสำรองไฟฟ้า (UPS) ขนาด ๕๐๐ VA จำนวน ๑ เครื่อง

(๔) โต๊ะและเก้าอี้คอมพิวเตอร์ จำนวน ๑ ชุด

๒. เครื่องวัดการเคลื่อนตัวภายในตัวเชื่อม (Inclinometers with magnetic Settlement Gauge) จะต้องเป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่เชื่อถือได้ มีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

๑) Inclinometer Tubing and Tube Fitting

(๑) Access Tube ทำด้วย ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) Plastic ชนิดหนา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ไม่น้อยกว่า ๕๙ มิลลิเมตร และไม่เกิน ๗๕ มิลลิเมตร ยาวท่อนละ ๓ เมตร ภายในท่อมีร่อง ๔-way key เพื่อใช้เป็นร่องนำสำหรับหัววัด (Inclinometer Probe) พร้อมส่วนประกอบ Coupling, Top Cap, Eng Cap อื่นๆ ที่ประกอบเข้ากัน

(๒) Tube Coupling เป็นแบบ Standard Sliding Fit หรือ Telescope Coupling ที่ต่อกับท่อ Access Tube ด้วย Rivet ทำจากวัสดุชนิดเดียวกับ Access Tube

(๓) End Cap ฝาปิดด้านล่างของ Access Tube ทำจากวัสดุไม่เป็นสนิม สอดยึดติดกับปลายล่างของท่อ Access Tube ด้วย Rivet

(๔) Lockable Top Cap เป็นฝาปิด Access Tube ชนิดใส่กุญแจได้ สวมอยู่ด้านบนและยึดติดกับปากท่อ Access Tube ด้วย Rivet

(๕) Lockable Concrete Box เป็นกล่องคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือเหล็กทาสีป้องกันสนิม เพื่อป้องกัน Inclinometer Access Tube มีฝาปิดทำด้วยเหล็กทาสีป้องกันสนิม และสามารถปิดใส่กุญแจได้

๒) Inclinometer Probes and Accessories

(๑) Inclinometer Probe Unit ประกอบด้วย หัววัดแบบ Biaxial Type ชนิด Water Proof และ Corrosion Proof ทำด้วยเหล็กไร้สนิม Stainless Steel และมีข้อกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้

- Wheel Base Length ๕๐๐ มิลลิเมตร
- Absolute range: $\pm 90^\circ$ from vertical
- Working range: $\pm 30^\circ$ from vertical
- Accuracy: $\pm 60^\circ$ มิลลิเมตร ต่อความยาว ๒๕ เมตร
- Resolution: ๐.๑ มิลลิเมตรต่อความยาว ๕๐๐ มิลลิเมตร

(๒) Dummy Probe Unit ใช้สำหรับทดสอบท่อ Access Tube มีลักษณะภายนอกเหมือนกันกับ Inclinometer Probe แต่ไม่สามารถใช้วัดมุมได้

(๓) Operating Cable เป็นสายเคเบิลเสริมแกนสวด (Steel Core) หรือ (Steel Straining Wire) หุ้มด้วย Neoprene หรือ Polyurethane เพื่อป้องกันน้ำ สารเคมี และการขีดสี และมีสายเส้นตรงกลางเป็น Straining Wire สายเคเบิลจะแบ่งบอกระยะทุกๆ ๐.๕๐ เมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่า ๕๐ เมตร

(๔) Cable Drum หรือ Cable Reel สำหรับม้วนและเก็บสายเคเบิลพร้อม Carrying Frame และอุปกรณ์มือหมุนม้วนสาย มีส่วนต่อสัญญาณไปยัง Digital Readout สามารถเก็บสายได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ เมตร

(๕) กล่องเก็บหัววัด (Inclinometer Probe Case) ใช้เป็นกล่องเก็บหัววัด เป็นกล่องอลูมิเนียมหรือพลาสติกหนาและแข็งแรง ภายในบุด้วยวัสดุกันกระแทก มีฝาปิดล็อกได้ และมีหูหิ้วด้วยมือหรือกรณีหัววัดเป็นชนิดยึดติดกับสายเคเบิลและเป็นของเก็บหัววัดติดตั้งอยู่กับ Drum หรือ Reel ม้วนสายเคเบิลที่ออกแบบให้การสอดเก็บหัววัดได้พอดี หรืออาจเป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บหัววัดประเภทอื่นที่ผู้ผลิตออกแบบให้มีความแข็งแรงและปลอดภัย

๓) Reading and Calibrating Equipment

(๑) Digital Readout/Logger สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Portable) แสดงผลด้วย

จอแสดงผลแบบ Liquid Crystal Display (LCD) สามารถแสดงค่าได้หลากหลายพร้อมกัน เช่น ค่า Displacement ทั้งสองด้าน, ความลึกของหัววัด และ Face Error เป็นต้น มีหน่วยความจำ (Memory Storage) ได้ไม่น้อยกว่า ๒,๐๐๐ ค่า และสามารถถ่ายข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ภายนอกได้ผ่าน RS-๒๓๒ หรือ USB หรือสื่อไร้สายได้ โดยผู้ติดตั้งจะต้องจัดหา Software ใช้แบตเตอรี่ประเภท Rechargeable สามารถใช้งานติดต่อกันได้ไม่น้อยกว่า ๘ ชั่วโมง และมี Battery Charger

(๒) Calibration Frame เพื่อใช้สอบเทียบค่าของ Inclinometer Probe กับ Readout Unit เป็น Frame ทำด้วย Aluminium ทาสี Epoxy หรือ Pivot arm สวมใส่ลงใน Inclinometer Tube ตัว Pivot arm สามารถกางมุมอ่านได้ -10° , 0° และ $+10^{\circ}$

๓. หมุดวัดการทรุดตัว (Surface Settlement Points)

๑) ผู้ติดตั้งจะต้องก่อสร้างและติดตั้งหมุดระดับ เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดการทรุดตัวของตัวเชื่อมตามตำแหน่ง ระดับ และจำนวนที่กำหนดไว้ในแบบ

๒) หมุดระดับ ประกอบด้วย เหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๕ มิลลิเมตร ยาวประมาณ ๒ เมตร ติดตั้งหลักจากการก่อสร้างตัวเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ด้วยการขุดดิน ณ ตำแหน่งติดตั้งให้เป็นบ่อ มีขนาดและความลึกตามที่กำหนด แล้วจึงวางเหล็กแกนซึ่งมีกากบาทที่ปลายบนในแนวตั้ง และตอกไปจนมีความลึกตามที่กำหนด แล้วจึงเทคอนกรีตหุ้มและตกแต่งผิวให้เรียบร้อย

๔. หมุดหลักฐานอ้างอิง (Reference Benchmarks)

๔.๑) หมุดหลักฐานอ้างอิง

ผู้ติดตั้งจะต้องก่อสร้างและติดตั้งหมุดหลักฐานอ้างอิง ตามตำแหน่ง ระดับ ขนาด และจำนวนที่กำหนดไว้ ซึ่งตำแหน่งแสดงอยู่ในแบบก่อสร้าง แผ่นทองเหลืองที่ติดตั้งอยู่บนหัวหมุดจะต้องแสดงค่าตำแหน่งและระดับจริงปรากฏอย่างชัดเจนตามแบบก่อสร้าง

๔.๒) กล้องระดับกำลังขยายไม่น้อยกว่า ๓๐ เท่าพร้อมอุปกรณ์

เป็นกล้องวัดระดับอัตโนมัติเพื่อใช้งานสำรวจ ประกอบด้วยอุปกรณ์ครบชุด และเป็นของใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อน มีคุณลักษณะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

๑. เป็นกล้องระดับชนิดอัตโนมัติพร้อมขาตั้ง
๒. เป็นกล้องใหม่พร้อมใช้ปฏิบัติงานสำรวจ
๓. เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับรองมาตรฐาน
๔. กล้องเล็งเป็นระบบเห็นภาพตั้งตรงตามธรรมชาติ
๕. กำลังขยายไม่น้อยกว่า ๓๐ เท่า
๖. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์ปากกล้องไม่น้อยกว่า ๔๐ มิลลิเมตร
๗. ช่วงการทำงานของระบบอัตโนมัติไม่น้อยกว่า ± ๑๕ ลิปดา
๘. ระยะมองเห็นภาพชัดใกล้สุด ๐.๕ เมตร หรือใกล้กว่า
๙. ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการทำระดับมาตรฐาน (Double run leveling) ไม่เกิน ± ๑.๕ มิลลิเมตร/กิโลเมตร

๑๐. มีจานองศาอ่านมุมราบ ๓๖๐ องศา มีขีดกำกับทุกๆ ๑ องศา

๑๑. มีโครงสร้างหรือระบบกันน้ำ ความชื้น

๑๒. อุปกรณ์ประกอบ

- กล้องบรรจุกล้องกันสะท้อนได้
- ขาตั้งกล้องทำด้วยไม้หรืออลูมิเนียม สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ พร้อมลูกดิ่ง และ

สาย ๑ ชุด

- ฝาครอบเลนส์และกรวยบังแสง
- ชุดเครื่องมือปรับแก้ประจำกล้อง
- ไม้ Staff ชนิดพับหรือเลื่อนความยาว ๔ เมตร จำนวน ๑ อัน
- Pole พร้อมระดับน้ำ จำนวน ๒ อัน
- เทปสแตนเลสกว้างประมาณ ๑๓ มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า ๕๐ เมตร

จำนวน ๑ อัน

๑๓. คู่มือใช้งานและบำรุงรักษาภาษาไทยและอังกฤษ อย่างละ ๑ เล่ม

๕. เครื่องวัดอัตราการซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานรากหรืออาคารวัดน้ำ (Seepage Flow Meter)

อาคารวัดน้ำ (Seepage Flow Meter) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณน้ำที่ซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานรากด้วยการรวบรวมน้ำที่ไหลผ่านตัวเขื่อนและฐานราก ผ่านท่อรับน้ำ (Seepage Lead Pipe) เข้ามาสู่เครื่องมือวัดที่ทำเป็นฝายวัดปริมาณน้ำขนาดเล็ก ซึ่งนิยมใช้ V-Notch Weir ขนาดมุม ๙๐ องศา มีสมการของการคำนวณปริมาณน้ำเป็นสัดส่วนกับความสูงของระดับน้ำเหนือจุดก้นของ V-Notch Weir มีรายละเอียดดังนี้

๕.๑) แผ่น Stilling Plates เป็นแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง ๑,๐๖๐ มิลลิเมตร ยาว ๑,๑๐๐ มิลลิเมตร หนา ๔ มิลลิเมตร หรือขนาดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ฝังยึดติดกับผนังอาคารคอนกรีต ตัวแผ่นเหล็กไร้สนิมดังกล่าวนี้ได้ทำการเจาะรูทะลุ

ลักษณะเป็นตารางทัวแผ่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๐ มิลลิเมตร โดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางรูเจาะ ๓๐ มิลลิเมตร หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

๕.๒) รางเลื่อน เป็นรางทำจากแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) หนา ๓ มิลลิเมตร เชื่อมหรือพับเป็นรูปตัวยู สูง ๔๐ มิลลิเมตร มีขนาดช่องกว้างของราง ๑๐ มิลลิเมตร ปลายทั้งสองข้างของรางรูปตัวยู กางออกเป็นปีกกว้าง ๔๐ มิลลิเมตร ยาวตลอดตัวราง มีมิติได้ฉากต่อกัน

๕.๓) แผ่น V-Notch Weir เป็นแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ขนาดกว้าง ๑,๑๖๐ มิลลิเมตร ยาว ๑,๐๘๐ มิลลิเมตร หนา ๖ มิลลิเมตร หรือขนาดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ลักษณะเป็นแผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านยาวด้านหนึ่งตัดบริเวณกึ่งกลางความยาวเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ด้านเท่าทางยให้ปลายมุมฉากอยู่ที่ตำแหน่งต่ำกว่าขอบแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ด้านบน ๕๐๐ มิลลิเมตร รอยตัดของแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ซึ่งเป็นด้านเท่าของรูปสามเหลี่ยมสเปาเดเป็นรูปสันลาดขนาดสันหนา ๒ มิลลิเมตร และมุมส่วนลาดต่อจากสันเป็นมุมลาด ๔๕ องศา ด้านที่ไม่ได้ถูกตัดทั้งสามด้านเจาะรูทะลุ เพื่อให้สามารถใช้น็อตเหล็กไร้สนิม (Stainless Bolt) ขนาด ๑๒ มิลลิเมตร ยึดแผ่น V-Notch ให้ติดกับกรอบเหล็กฉาก จำนวนไม่น้อยกว่า ๑๘ ตัว

๕.๔) กรอบเหล็กฉากทำจากเส้นโครงสร้างรูปพรรณ ขนาด ๑๐๐x๑๐๐x๗ มิลลิเมตร เชื่อมติดกันเป็นกรอบรูปตัวยู เพื่อประกบและฝังเข้ากับปลายรางคอนกรีตได้พอดี โดยกรอบเหล็กฉากเจาะรูทะลุ เพื่อให้สามารถใช้น็อตเหล็กไร้สนิม (Stainless Bolt) ขนาด ๑๒ มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า ๑๘ ตัว จับยึดกรอบเหล็กฉากกับแผ่น V-NOTCH WEIR ได้พอดีโดยด้านในของกรอบเหล็กฉากเชื่อมแท่งเหล็ก Anchor Bar ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๒ มิลลิเมตร เป็นขาจับยึดกับคอนกรีต ด้านละไม่ต่ำกว่า ๓ จุด

๕.๕) แผ่นสเกลวัดระดับน้ำและชุดแปลงค่าเป็นหน่วยปริมาณน้ำ ตัวแผ่นสเกลวัดระดับน้ำทำจากแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) กว้างประมาณ ๒๕ มิลลิเมตร ยาวประมาณ ๓๐ มิลลิเมตร มีสเกลแบ่งขีดละเอียดถึง ๑ มิลลิเมตร และมีตัวเลขกำกับทุก ๑ เซนติเมตร แผ่นสเกลวัดระดับน้ำนี้ให้ทำการยึดติดกับผนังกำแพงคอนกรีตของอาคารวัดน้ำโดยให้ระดับค่าเริ่มต้น (ศูนย์) ตรงกับระดับขอบล่างของมุมฉากทางย (ตัว V) แผ่นสเกลวัดระดับน้ำนี้อาจยึดติดกับแผ่นพลาสติก ที่ทำเป็นชุดแปลงค่าเป็นหน่วยปริมาณน้ำ โดยทำเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของน้ำผ่านฝาย V-Notch กับปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน โดยมีสเกลแนวตั้งแสดงค่าความสูงของน้ำ ส่วนแนวนอนแสดงค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านหน่วยเป็น ลิตร/นาที่

การอ่านค่า การบันทึกข้อมูล และการดูแลรักษา

นับตั้งแต่ การส่งมอบ อุปกรณ์ มาตรวัดและส่วนประกอบต่างๆ ที่กำหนดไว้ ผู้ติดตั้งจะต้องดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดีไม่ชำรุดเสียหายตลอดระยะเวลาของการดำเนินงาน โดยผู้ติดตั้งจะต้องจัดหาวิศวกรที่มีประสบการณ์เพียงพอเกี่ยวกับอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อทำหน้าที่ดูแลรักษา อ่านค่า บันทึกข้อมูล และจัดทำรายงานต่างๆ โดยมีช่วงเวลาของการตรวจวัดและอ่านค่าอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

๑) การอ่านค่าเพื่อการสอบเทียบค่า (Calibration) ของเครื่องมือที่จำเป็นต้องทำการสอบเทียบค่าก่อนการติดตั้ง

๒) การอ่านค่าแรก (Initial Reading) ทันทีที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์แต่ละครั้ง

๓) การอ่านค่าในระหว่างการติดตั้ง (หากไม่ได้ระบุไว้ชัดเจนในแบบก่อสร้าง) สำหรับ Piezometers และ Seepage Flow Meters ให้ทำการอ่านทุก ๗ วัน สำหรับ Inclimeters ให้

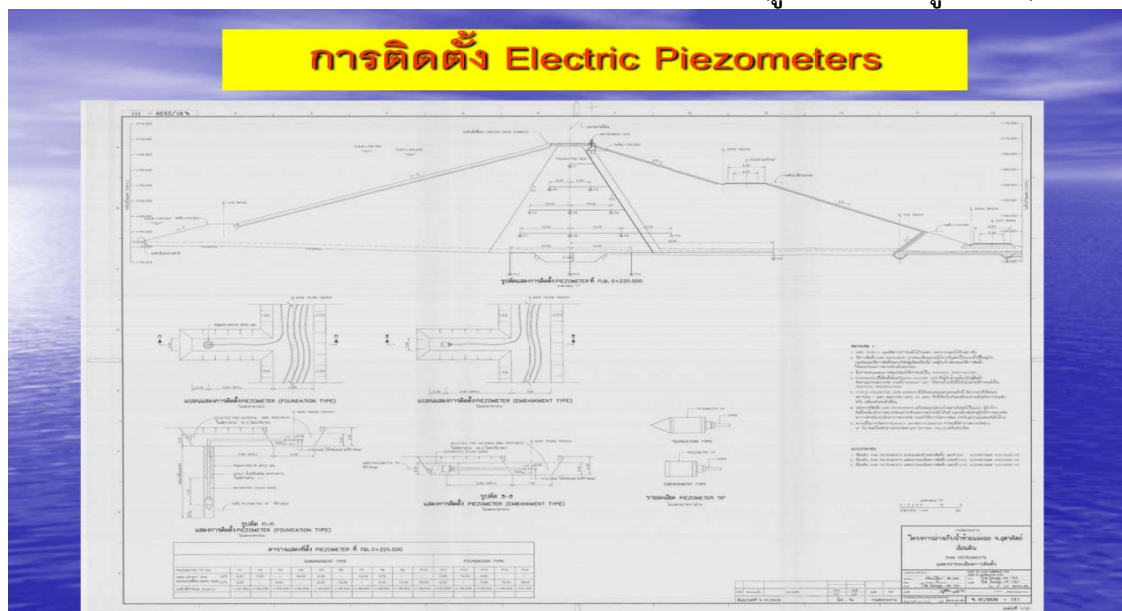
อ่านทุกๆ ๗ วัน และให้ทำการอ่านทุกครั้งที่มีการติดตั้งห่อวัดเพิ่ม พร้อมทั้งจดรายละเอียดสภาพอากาศ อุณหภูมิระดับพื้นดินหรือ ระดับน้ำในอ่างฯ เป็นต้น

ผลการตรวจวัดแต่ละครั้งจะต้องกรอกลงในแบบฟอร์มที่กำหนดและจัดทำเป็นรายงานซึ่งประกอบไปด้วย

- (๑) รายงานการสอบเทียบค่า (Calibration Report)
- (๒) รายงานการติดตั้ง (Installation Report)
- (๓) รายงานผลการตรวจวัดแต่ละครั้ง (Periodical Reading Report)
- (๔) รายงานผลการตรวจวัดแต่ละแห่ง (Summary Reading Report)
- (๕) รายงานประจำเดือน (Monthly Report)

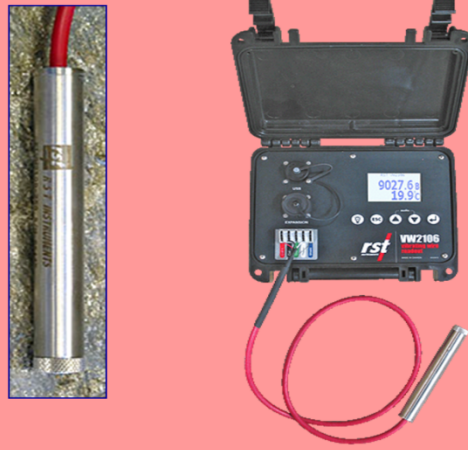
การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน Dam Instruments ในสนาม

๑. การติดตั้งเครื่องมือวัดแรงดันน้ำ Electric Piezometers (รูปที่ ๒๙ และรูปที่ ๓๐)



รูปที่ ๒๙ การติดตั้ง Piezometer ในตัวเขื่อน

เครื่องอ่านและหัววัดแรงดันน้ำ



รูปที่ ๓๐ เครื่อง Piezometer

การติดตั้ง Piezometers มี ๒ ลักษณะคือ

- การติดตั้งแบบ Foundation Type แบบหลุมเจาะติดตั้ง
- การติดตั้งแบบ Embankment Type แบบขุดฝัง

๑.๑ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง

๑.๑.๑ เครื่องเจาะหลุมแบบ Rotary ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือมอเตอร์ไฟฟ้าจำนวน ๑ เครื่อง (รูปที่ ๓๑)



รูปที่ ๓๑ เครื่องเจาะหลุมแบบ Rotary

๑.๑.๒ เครื่องสูบน้ำจำนวน ๑ เครื่อง

๑.๑.๓ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน ๑ เครื่อง (ถ้า ๑.๑.๑ ใช้ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนและ/ หรือต้องการแสงสว่างในบริเวณติดตั้ง)

๑.๑.๔ เครื่องมือสำรวจครบชุด

๑.๑.๕ เครื่องมือช่างกลและช่างโยธา เช่น ชูตไขควง คีมล็อก กุญแจเลื่อน เกรียง พลั่ว จอบ ฯลฯ

๑.๒ การเตรียมการติดตั้ง

๑.๒.๑ ดำเนินการเตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ให้พร้อมในการติดตั้ง ซึ่งประกอบไปด้วย

ก. นำสายหัว Piezometers พร้อมสาย Cable ตามความยาวที่กำหนดที่ติดกับหัว Piezometers โดยไม่มีการต่อสาย Cable ให้เข้าหัว Piezometers ในน้ำอย่างน้อย ๑๐ ชั่วโมงแล้วจึงตรวจสอบสัญญาณ ให้นำไปมัดมัดติดเข้ากับโครงเก็บสาย เพื่อนำไปเตรียมการเพื่อติดตั้งต่อไป(รูปที่ ๓๒)



รูปที่ ๓๒ การเตรียมหัวPiezometer แขน้ำก่อนติดตั้ง

ข. ทำการทดสอบเพื่อหา Gauge Constant (K) ค่าประจำแต่ละหัววัด

อุปกรณ์ทดสอบประกอบไปด้วย Air Pressure ซึ่งสามารถให้แรงดันลมโดยการควบคุมด้วยมือหรือแรงดันที่กำเนิดจากถังเก็บแรงดันลม (Air- Pressure Cylinder) และชุด Adaptor เพื่อต่อโดยตรงเข้ากับหัว Piezometer

ในการทำการทดสอบเพื่อหา Gauge Constant (K) ให้ถอดส่วนหัว (Cap) Ceramic Filter พร้อมแหวนรองกันซึม และก้านโลหะปลดสนิมที่เป็นทั้งตัวยึดส่วนหัว (Cap) และเป็นท่อลมจากโครงของส่วนหัว (Cylinder) เข้าสู่แผ่น Diaphragm แล้วนำ Ceramic Filter ไปแช่ไว้ในน้ำสะอาดพร้อมกับ Piezometers Tip ที่ถอดอุปกรณ์ที่ระบุไว้ ออกแล้ว

นำ Adaptor ซึ่งติดตั้งอยู่กับระบบ Air Pressure Board ประกอบติดตั้งเข้ากับ Piezometer Tip โดยการประกอบ และใช้ Air-Regulator อัดลมจากระบบแรงดันทะลวงผ่าน Adaptor แล้วต่อสาย Cable เข้ากับ Readout Unit อัดแรงดันลมโดยควบคุมจาก Air Pressure Board Gauge เข้าสู่ Piezometers Tip อ่านค่าที่ได้จาก Readout Unit อัดแรงดันลมโดยควบคุมจาก Air Pressure Board Gauge เข้าสู่ Piezometer Tip อ่านค่าที่ได้จาก Readout Unit แล้วทำการทดสอบและคำนวณหาค่า Gauge Constant (K) ซึ่งจะนำไปใช้เป็นค่าประจำตัวของ Piezometers Tip แต่ละหัวตลอดไป

ค. เมื่อจะทำการติดตั้ง Piezometer Tip จะต้องแช่หัว Piezometer Tip ไว้ในน้ำสะอาดตลอดเวลา ก่อนการติดตั้งไม่น้อยกว่า ๑๒ ชั่วโมง โดยให้มีระดับน้ำท่วมอยู่ประมาณ ๓-๕ เซนติเมตร

เมื่อนำไปสถานที่ติดตั้ง จะต้องถอดประกอบส่วนหัว (Cap and Filter) โดยมีวิธีการถอดประกอบได้น้ำอีกครั้งหนึ่งและต้องกระทำในที่ร่มตลอดเวลาเมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วแสดงว่า Piezometer Tip พร้อมจะนำเข้าติดตั้ง ณ สถานที่ที่ได้เตรียมไว้

จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งเช่น ทรายหยาบที่คัดไว้ Bentonite, Mortar, etc. และเครื่องมือช่างกลและช่างโยธาทั่วไป

๑.๒.๒ ใช้เครื่องมือสำรวจทำการหมายตำแหน่งการติดตั้งและทำหมายพยานเพื่อตรวจสอบขณะทำการติดตั้งเครื่องมือ

๑.๓ การติดตั้ง

๑.๓.๑ การติดตั้งในหลุมเจาะ (Borehole Installation)

ทำการติดตั้งด้วยวิธีการปฏิบัติเพิ่มเติมดังนี้

ก. ใช้เครื่อง Readout Unit อ่านค่าเริ่มต้น (Initial Reading) พร้อมอุณหภูมิน้ำและความดันบรรยากาศ ในสภาพที่ Piezometers Tip แขน้ำอยู่ในถังน้ำตลอดเวลา และอยู่ในร่มเงา ณ สถานที่ติดตั้งจุดบันทึกข้อมูลไว้(รูปที่ ๓๓-๓๔)



รูปที่ ๓๓ การอ่านค่าเริ่มต้นจากเครื่อง Readout Unit



รูปที่ ๓๔ ตัวอย่างค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Readout Unit

ข. วัดและทำเครื่องหมาย แสดงจุดที่หมายเมื่อหย่อนหัววัดและสาย Cable ลงไปในหลุม เจาะถึงตำแหน่งติดตั้ง

ค. กรอกทรายหยาบที่คัดไว้ลงในหลุม จนได้ระดับที่กำหนดในแบบก่อสร้าง โดยทิ้งระยะให้ ทรายตกถึงก้นหลุมจนหมดสิ้น ทำการตรวจสอบระดับให้แน่นอนแล้วจึงกรอกวัสดุที่เป็นฉนวนกันน้ำเช่น Bentonite ที่ปั้นเตรียม ไว้แล้วดำเนินการขั้นต่อไป มาเช่นเดียวกับที่ระบุไว้ในข้อ ๑.๓.๒ โดยหย่อนสาย Cable ไว้เล็กน้อยเพื่อไม่ให้เกิดการดึงตัวเมื่อหลุมเจาะปรับสภาพ

ง. การอ่านค่า Pore pressure เป็นครั้งแรกและจัดทำรายงานควรกระทำหลังจากการ ติดตั้งเสร็จสิ้นแล้วประมาณ ๕ วัน

๑.๓.๒ การติดตั้งในดินถมตัวเขื่อน (Embankment Installation)

ก. ให้ขุดหลุมติดตั้ง (Installation Pit) ตามแบบก่อสร้างชุดแต่ง Installation Pocket ใส่ทรายละเอียดที่คัดแล้ว รองพื้นตามแบบก่อสร้างแล้วจึงนำ Piezometer Tip วางลงที่ตำแหน่งติดตั้งโดย ค่อยๆ กดให้ฝังตัวอยู่ในทรายละเอียด (รูปที่ ๓๕-๓๖)



รูปที่ ๓๕ การฝัง Piezometer Tip ไว้ได้ทราย



รูปที่ ๓๖ การฝัง Piezometer Tip ไว้ได้ทราย

เทน้ำสะอาดลงใน Pocket ให้มีสภาพน้ำท่วมปรี่มตัวเครื่องมือ ตรวจสอบระดับ Piezometer Tip วัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศที่ Installation Pocket แล้วจึงใช้เครื่อง Readout Unit อ่านค่าเริ่มต้น (Initial Reading) จดบันทึกข้อมูลไว้



รูปที่ ๓๗ การทำให้ Pocket ที่ฝัง Piezometer Tip ไว้มีความชื้น

ข. ให้ใช้วัสดุถมบดอัด Installation Pit ขุดและวางสาย Cable ตามแบบที่กำหนด



รูปที่ ๓๘ การรวมสาย Cable จาก Piezometer ทั้งหมดไว้ในท่อ แล้วบดอัดดินรอบๆ

ค. จัดทำรายงานการติดตั้งและการอ่านค่า Pore Pressure เป็นครั้งแรกเช่นเดียวกับข้อ ๑.๓.๑
ข้างต้น



รูปที่ ๓๙ การอ่านค่าที่วัดได้จากเครื่อง Piezometer

๒. การติดตั้งบ่อวัดน้ำใต้ดินในชั้นราก (Observation Well)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งประกอบไปด้วย

๑. เครื่องเจาะหลุมแบบ Rotary ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือมอเตอร์ไฟฟ้า
 ๒. เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง
 ๓. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน ๑ เครื่อง (กรณีข้อ ๑ ใช้ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อน และ/หรือ ต้องการแสงสว่างในบริเวณติดตั้ง)
 ๔. เครื่องมือสำรวจครบชุด
 ๕. เครื่องมือช่างกลและช่างโยธา เช่น ชูตไขควง คีมล๊อค กุญแจเลื่อน เกรียง พลั่ว จอบ ฯลฯ
- ๒.๑ การเตรียมการติดตั้ง

(๑) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ให้พร้อมในการติดตั้ง เช่น ทราบที่ผ่านการคัดเลือกหรือกรวดขนาดเล็ก และเตรียมไว้หุ้ม Sensing Tip, Bentonite ตลอดจนน้ำยาเชื่อมต่อ เมื่อใช้ท่อ PVC เป็นท่อติดตั้ง

(๒) อุปกรณ์ Sensing Tip ซึ่งอาจเป็น Casagrande Ceramic Piezometers Tip ซึ่งใช้ Ceramic Filter เป็นตัวกรองวัสดุละเอียดในน้ำ หรือเป็น Sensing Tip ที่ใช้อุปกรณ์วัสดุสังเคราะห์เนื้อละเอียดที่ห่อหุ้มท่อที่เจาะรับน้ำไว้โดยรอบตามมาตรฐาน เช่น Geotextile หรือ Terram อุปกรณ์ Sensing Tip จะนำไปติดตั้ง จะต้องแช่ทิ้งไว้ในน้ำสะอาดประมาณ ๒๔ ชั่วโมง เพื่อให้มีความอิ่มตัว ซึ่ง จะช่วยลดปริมาณการแทรกตัวของวัสดุละเอียดใน Filter

(๓) ใช้เครื่องมือสำรวจกำหนดตำแหน่งการติดตั้ง

๒.๒ การติดตั้ง

(๑) ใช้เครื่องเจาะหลุมเล็กทำการเจาะหลุมตามตำแหน่ง และ ขนาดที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง การเจาะเลือกใช้วิธีที่จำเป็น ตามสถานการณ์ เช่นการใช้ท่อกรู Casing การใช้วัสดุเหนียวเคลือบ Bentonite Or Mud หรือการใช้น้ำธรรมชาติหมุนเวียนในการเจาะโดยตรงก็ได้

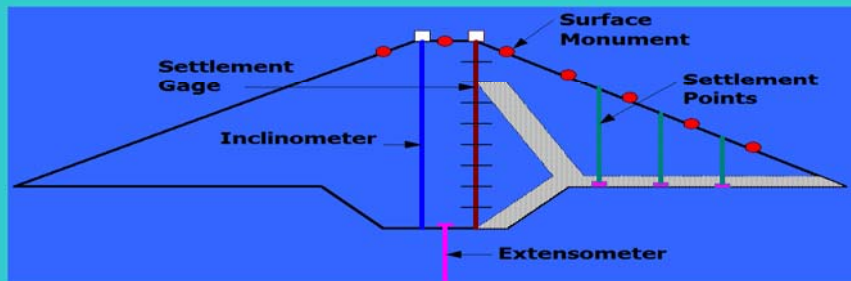
(๒) เมื่อถึงตำแหน่งการติดตั้ง ถ้าเป็นการเจาะโดยใช้วัสดุเหนียวเคลือบผนังหลุมเจาะ จะต้องล้างด้วยน้ำธรรมดาออกให้หมด

(๓) ทำการต่อท่อ Sensing Tip เข้ากับท่อด้วยระบบข้อต่อตามที่ออกแบบไว้ จนได้ความยาวพอแล้วจึงหย่อนลงไปหลุม ซึ่งได้ปรับระดับทรายหยาบไว้จนได้ตำแหน่งติดตั้ง Sensing Tip แล้วเติมน้ำเข้าไปในท่อด้วย เพื่อลดแรงต้าน Buoyancy เมื่อหย่อนท่อลงไปถึงตำแหน่งที่ติดตั้งแล้ว ให้กรอกทรายหยาบหรือกรวดที่คัดเตรียมไว้ลงไปหลุมเจาะจนได้ปริมาณและระดับที่คำนวณออกแบบไว้ โดยทิ้งระยะเวลาให้เพียงพอที่จะให้ทรายหรือกรวดตกลงไปอยู่ในตำแหน่งติดตั้งจนหมด ทำการตรวจระดับของทรายเทียบกับระดับการติดตั้งที่กำหนดไว้ เมื่อได้ตำแหน่งถูกต้องแล้ว ให้กรอกวัสดุที่บ่มน้ำ เช่น Bentonite ที่เตรียมไว้กรองลงไปจนได้ระดับตามต้องการ ในการกรอกวัสดุปิดหลุมในขั้นต่อมา ให้ดำเนินการกรอกวัสดุฉนวนกันน้ำโดยใช้วัสดุที่จัดเตรียมไว้ตามข้อกำหนดในแบบก่อสร้าง เช่น Cement Mortar Soil Bentonite Mixer จนได้ระดับถึงปากหลุม

(๔) หลังจากการติดตั้งเสร็จแล้วทิ้งระยะไว้ประมาณ ๒๔ ชั่วโมงทำการวัดระดับน้ำในท่อและจดบันทึกและทำรายงาน Report ส่งผู้ควบคุมโครงการต่อไป

๓. การติดตั้ง Inclinometer

การติดตั้ง Inclinometer



รูปที่ ๔๐ แสดงการติดตั้ง Inclinometer

เครื่องมือวัด Inclinometer วัดการเคลื่อนตัวของตัวเขื่อน ในแนวดิ่งและแนวราบ



รูปที่ ๔๑ เครื่อง Inclinometer

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งประกอบไปด้วย

- (๑) เครื่องเจาะหลุมลึกแบบ Rotary ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือมอเตอร์ไฟฟ้า
- (๒) เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง

(๓) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน ๑ เครื่อง (กรณีข้อ ๑ ใช้ระบบไฟฟ้าขับเคลื่อน และ/หรือ ต้องการแสงสว่างในบริเวณติดตั้ง)

(๔) เครื่องมือสำรวจครบชุด

(๕) เครื่องมือช่างกลและช่างโยธา เช่น ชูตไขควง คีมล็อก กุญแจเลื่อน เกรียง พลั่ว จอบ ฯลฯ

๓.๑ การเตรียมการติดตั้ง

(๑) ท่อ Inclinator Casing เป็นแบบ Impact and corrosion resistant ABS plastic ประกอบสวมเข้าด้วยกันแบบ Snap Seal ปิดฝาปลายล่างของท่อด้วย End Cap ยึดติดให้เรียบร้อย

(๒) จัดหมายลำดับ การติดตั้งของท่อแต่ละท่อนให้ครบจำนวนตามความลึกของหลุมที่กำหนดในแบบ และจัดทำเครื่องหมาย หรือตำแหน่งของท่อที่จะทำการติดตั้ง Spider Magnet

(๓) ติดตั้ง Spider Magnet (ถ้าในแบบก่อสร้างกำหนดให้ติดตั้ง) ตามตำแหน่งที่กำหนด สวม Spider Magnet เข้าติดกับท่อ Inclinator Casing ตัวที่ ๑ ตัวล่างสุดตามตำแหน่งที่หมายไว้ โดยยึดให้แน่นด้วยเทปกระดาษ ให้มีความแข็งแรง เพื่อไม่ให้เลื่อนหลุดจากตำแหน่งที่กำหนด และใช้เชือกผูกยึดหัวของขาสปริงให้แน่นให้มีความยาวเท่ากับความลึกหลุม หรือมากกว่า ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งทำหมายเลขให้ชัดเจนตามจำนวนของ Spider Magnet หมายเลขลำดับถัดขึ้นไปก็กระทำด้วยวิธีเดียวกันกับหมายเลขที่ ๑ จนกระทั่งครบถ้วนทุกตัว เทปกระดาษดังกล่าวจะเสื่อมสภาพการยึดติดในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากถูกน้ำในหลุมเจาะแล้ว และประกอบแบบนี้ทุกท่อนตามความลึกของหลุมตามแบบกำหนด

(๔) หลังจากหลุมเจาะที่มีความลึกตามต้องการแล้ว(ตามกำหนดแล้ว) ให้หย่อนท่อ Inclinator ที่ติด Spider Magnet หย่อนลงที่ละท่อน โดยแต่ละท่อนจะต่อเชื่อมเป็นท่อนเข้าด้วยกันทั้งหมด โดยข้อต่อแบบ Snap Seal

(๕) การกางออกของขาสปริง Spider Magnet ดังที่ได้กล่าวตาม ข้อ (๓) ปลายเชือกอีกด้านหนึ่งของ Spider Magnet อยู่บนปากหลุม เชือกแต่ละเส้นจะมีหมายเลข ของ Spider Magnet ตัวที่ ๑ จนถึงตัวสุดท้าย ส่วนตัวที่ ๑ จะอยู่ก้นหลุมและไล่ขึ้นมาตามลำดับจนถึงปากหลุม ตามจำนวนของ Spider Magnet แต่ละหลุมแต่ละแห่ง หลังจากนั้นให้ดึงปลายเชือกเพื่อให้ขาสปริง Spider Magnet กางออก

(๖) เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการติดตั้ง ในการถมปิดท่อ เช่น ทรายคัดสะอาดหรือ Bentonite ซีเมนต์มอร์ต้า ฯลฯ

(๗) ปล่อยให้ Bentonite ยุบตัวและค่อยๆ เติมให้อยู่ในสภาพคงที่แล้วจึงทำการอ่านค่าจัดทำรายงาน Report ต่อไป (รูปที่ ๔๒)

การติดตั้งเครื่องมือ Inclinator



รูปที่ ๔๒ แสดงการติดตั้ง Inclinator

๔. การติดตั้ง Surface Settlement Points and Reference Benchmark

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง

- (๑) เครื่องมือสำรวจครบชุด
- (๒) เครื่องมือช่างกล และช่างก่อสร้างทั่วไป

๔.๑ การเตรียมการติดตั้ง

- (๑) จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ให้พร้อมในการติดตั้ง
- (๒) เครื่องมือสำรวจทำเครื่องหมายตำแหน่งในการติดตั้ง ทำหมายพยานเพื่อตรวจสอบการติดตั้งและโยง ราคาพิกัดจากหมุดหลักฐานอ้างอิงไว้ ไว้ที่หมายพยาน โดยใช้เกณฑ์งานสำรวจชั้นสอง

๔.๒ การติดตั้ง

- (๑) ทำการติดตั้ง Reference Benchmarks ตามตำแหน่ง และรายละเอียดที่กำหนดไว้ โดยอ้างอิงจาก หมายพยานที่ได้เตรียมไว้
- (๒) ทำการโยงพิกัดราบ และพิกัดตั้งใส่ไว้ โดยใช้เกณฑ์งานสำรวจชั้นสอง
- (๓) ทำการติดตั้ง Surface Settlement Points ตามตำแหน่ง และ รายละเอียดที่กำหนดไว้ โดยอ้างอิงจาก Reference Benchmarks และ หมายพยานที่เตรียมไว้
- (๔) ทำการโยงพิกัดราบ และ ตั้งใส่ไว้ โดยใช้เกณฑ์งานสำรวจชั้นสาม
- (๕) ทำการบันทึก และทำรายงาน พร้อมทั้งคำนวณค่าพิกัดและระดับเพื่อเสนอพร้อมทั้ง Installation Report ตามขั้นตอนต่อไป

๕. การติดตั้งอาคารวัดน้ำ Seepage Flow meter (V-Notch Weir)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งประกอบไปด้วย

- (๑) เครื่องมือสำรวจครบชุด
- (๒) เครื่องมือช่างกล และช่างก่อสร้างทั่วไป

๕.๑ การเตรียมการติดตั้ง

- (๑) จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ให้พร้อมในการติดตั้ง
- (๒) เครื่องมือสำรวจทำเครื่องหมายตำแหน่งในการติดตั้ง ทำหมายพยานเพื่อตรวจสอบการติดตั้งและโยก ราคาพิกัดจากหมุดหลักฐานอ้างอิงไว้ ที่หมายพยาน โดยใช้เกณฑ์งานสำรวจชั้นสอง

๕.๒ การติดตั้ง

- (๑) ทำการตรวจสอบระดับหรือตำแหน่งพื้นอาคารตามแบบกำหนดด้านท้ายท่อ Toe Drain
- (๒) ก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กกว้าง, ยาว, และสูง ตามที่กำหนดไว้ในแบบ อาคารด้านหัวหุ้มปลายท่อระบายน้ำในตัวเขื่อน (Toe Drain) อย่างน้อย ๑๕ – ๒๐ เซนติเมตร ส่วนท้ายอาคารปล่อยให้เป็นช่องเพื่อติดตั้งแผ่น V-Notch Weir
- (๓) ติดตั้งแผ่น Stainless (V- Notch) ด้านทางระบายน้ำออก และแผ่น Stainless ทั้งสองแผ่นที่ทำการเจาะรูทั่วทั้งแผ่น ทำการติดตั้งใกล้ๆ ปลายท่อระบายน้ำ (ปลายท่อ Toe Drain) ตามที่กำหนดไว้ในแบบ ทำการติดแผ่นวัดระดับความสูงของน้ำด้านข้าง ด้านในอาคารวัดน้ำ ความละเอียดเป็นมิลลิเมตร
- (๔) ทำการวัดระดับน้ำความสูงของน้ำที่ ล้นออกจากตัว V-Notch และคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลออกมา จากท่อ Toe Drain ผ่านตัวแผ่น Stainless (V-Notch) เป็น H ลิตร/ นาที โดยการคำนวณจากตารางที่แบบกำหนด

วิธีป้องกันเครื่องมือวัดพฤติกรรมที่ได้ดำเนินการติดตั้งไปแล้วบางส่วนไม่ให้ถูกรบกวนหรือกระทบกระเทือนจากงานก่อสร้าง

๑. ทำเครื่องหมาย หรือทาสีให้ชัดเจน
๒. ใช้ไม้ที่มีความแข็งแรงดีเป็นกล่องสี่เหลี่ยมล้อมบริเวณที่ ที่ทำการติดตั้งไปแล้ว และทาสีที่มองเห็นได้ไกลๆ

ในระหว่างการก่อสร้าง ควรจะจัดให้มีกิจกรรมการมีส่วนร่วมอย่างน้อย ๑ ครั้ง เพื่อให้ราษฎรและผู้ที่ได้รับประโยชน์จากโครงการได้แสดงความคิดเห็น ความพึงพอใจ ปัญหาอุปสรรค และข้อควรแก้ไขต่างๆ เพื่อจะได้ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนที่งานก่อสร้างจะแล้วเสร็จ

เมื่องานก่อสร้างแล้วเสร็จ จะต้องตกแต่งทำความสะอาดบริเวณสถานที่ก่อสร้างให้เรียบร้อย ก่อนที่จะขนย้ายเครื่องจักรเครื่องมือ ออกจากสถานที่ก่อสร้าง และควรจะแจ้งให้กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน องค์การบริหารส่วนตำบลได้รับทราบ เพื่อให้ช่วยกันดูแลบำรุงรักษาก่อนที่จะทำหนังสือส่งมอบโครงการตามระเบียบต่อไป