บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การขุดเจาะสำรวจดิน

ดิน หมายถึง วัสดุตามธรรมชาติเกิดจากการรวมตัวของอนุภาคต่างๆ ของหินที่ได้สลายตัวผุพังตามกระบวนการตามธรรมชาติ มีน้ำและสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบของมวลดินสภาพดินของแต่ละพื้นที่จะประกอบด้วย ดินของชั้นต่างๆเหล่านี้จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันเนื่องจากผลของกระบวนการผุพัง (Weathering Process) ไม่เท่ากันเนื่องจากนั้นดินในแต่ละพื้นที่ก็อาจมีลักษณะชั้นดินไม่เหมือนกันถึงแม้ว่าจะเกิดจากหินกำเนิด (Parent Rock) ชนิดเดียวกันก็ตาม การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างของงานวิศวกรรม หรือการพิจารณาการคัดเลือก วัสดุมวลดินเหมาะสมมาใช้กับงานแต่ละประเภทของดินถม จึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจพฤติกรรมของดินอย่างถ่องแท้

ก่อนวิศวกรทำการออกแบบฐานรากให้ดีและเหมาะสมนั้น ควรที่จะพิจารณาถึงสภาพของดินทั้งคุณสมบัติทางวิศวกรรม และการวางเรียงตัวของชั้นดิน การสำรวจหาสภาพของดินประกอบไปด้วยการเก็บตัวอย่างดินในสนาม การทดสอบดินในสนามและในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินจากประสบการณ์และการสังเกต เป็นต้น เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับดินในส่วนใดแล้ว จะต้องมีการวางแผนการสำรวจดิน ข้อมูลที่ถูกต้อง เนื่องจากดินเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จึงมีคุณสมบัติที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ต่างๆ ดังนั้นจึงไม่มีวิธีหนึ่งวิธีใดที่เหมาะสมที่สุดไปกับทุกสภาพของดิน การวางแผนการสำรวจดิน (soil exploratory program) เพื่อให้ได้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย พร้อมกับได้ข้อมูลที่ถูกต้อง การวางแผนการสำรวจดินในแต่ละสถานที่จึงไม่เหมือนกัน เปลี่ยนไปตามลักษณะโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง ลักษณะสภาพของดิน ระยะเวลาในการดำเนินงานค่าใช้จ่ายและลักษณะของเครื่องมือที่นำมาใช้ อนึ่งหากรู้ลักษณะสภาพของชั้นดินก่อนบ้างแล้ว จะช่วยให้การวางแผนการสำรวจได้ดีขึ้น

ในการสำรวจพื้นที่บริเวณจะทำการก่อสร้างโครงสร้างใดๆ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะหลีกเลี่ยงไม่ได้ ข้อมูลต่างๆที่ได้จากการสำรวจจะนำมาใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมถึงสถานที่ที่จะใช้เป็นสถานที่ก่อสร้าง ตลอดจนนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะฐานราก ซึ่งเป็นส่วนที่ถ่ายน้ำหนักของโครงสร้างและแรงกระทำอื่นๆ บนโครงสร้างลงสู่ดินซึ่งรองรับฐานรากอยู่ ชนิดของฐานรากจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพของดิน โดยที่ไม่เกิดทำให้การวิบัติของมวลดิน

หรือเกิดการทรุดตัวที่มากเกินไป อันจะเป็นผลทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายโดยโครงสร้างอาจจะเกิดการวิบัติหรือผลกระทบกระเทือนต่อการใช้งานของโครงสร้าง โดยทั่วไปการสำรวจดิน จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ

2.1.1 ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจผิวดิน (Surface Survey)

ประกอบด้วยการศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ทางธรณีวิทยา และจากข้อมูลของการทดสอบดินที่ได้จากการเจาะสำรวจของผู้ที่ได้ทำมาแล้วในบริเวณข้างเคียงกับที่ที่จะทำการก่อสร้าง สิ่งเหล่านี้เป็นเครื่องช่วยให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศ และความเป็นมาของดินบริเวณนั้น และระดับน้ำใต้ดินได้พอประมาณ และเพื่อการวางแผนการสำรวจดินต่อไป นอกจากนั้น การใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะช่วยได้มาก โดยเฉพาะในการเลือกแนวหรือเส้นทางสำหรับแต่ละชั้นอยู่ลึกลงไปเท่าใด การสำรวจชั้นนี้ถือว่าเป็นการสำรวจและการตรวจสอบขั้นต้น ถ้าต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม และคุณสมบัติที่แท้จริง จะต้องทำการเจาะสำรวจ (Subsurface Exploration) ซึ่งเป็นวิธีที่เสียเวลา และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

2.1.2 ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจใต้ผิวดิน (Subsurface Survey)

เป็นการสำรวจเพื่อหาขอบเขตและธรรมชาติของชั้นดิน ชั้นหินหรืออยู่ลึกต่ำจากระดับดิน เพื่อหาระดับน้ำใต้ดิน และเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆของดิน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องในการพิจารณาออกแบบโครงสร้างและวิธีดำเนินการก่อสร้างที่เหมาะสม

การสำรวจใต้ผิวดิน แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

การเจาะสำรวจขั้นต้น (preliminary exploration)

การเจาะเพื่อหารายละเอียด (Detailed exploration)

2.1.2.1 <u>การเจาะสำรวจขั้นต้น (preliminary exploration)</u>

เพื่อต้องการทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของชั้นดินต่างๆ (Soil profile) ระดับน้ำใต้ดิน และกำลังของดินบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอย่างคร่าวๆ ก่อนจำนวนและระยะห่างของหลุมที่เจาะตลอดจนความลึกของหลุมเจาะขึ้นอยู่กับความสำคัญของโครงสร้าง สำหรับงานฐานรากของอาคารสูงควรเจาะให้ลึกจนถึงฐานที่แข็งแรง หรือลึกประมาณ 1-2 เท่าของด้านแคบที่สุดของอาคาร และจะต้องเจาะลึกต่อไปอีกถ้าพบว่ามีชั้นดินที่มีคุณสมบัติที่ไม่ดีในการรับน้ำหนักอยู่เป็นชั้นหนา

2.1.2.2 <u>การเจาะสำรวจเพื่อหารายละเอียด (Detailed exploration)</u>

เป็นการเจาะสำรวจต่อจากการเจาะสำรวจขั้นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องยิ่งขึ้นโดยเฉพาะงานออกแบบก่อสร้างใหญ่ๆ ที่รับน้ำหนักบรรทุกมาก การเจาะสำรวจในขั้นนี้จะทำการทดสอบใน

ที่และเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติและกำลังต่างๆของดิน เช่น ปริมาณน้ำในมวลดิน ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานต่อแรงเฉือย การยุบตัว ความต้านทานต่อแรงกดอัด ดัชนีต่างๆ และความซึมได้ของดิน เป็นต้น

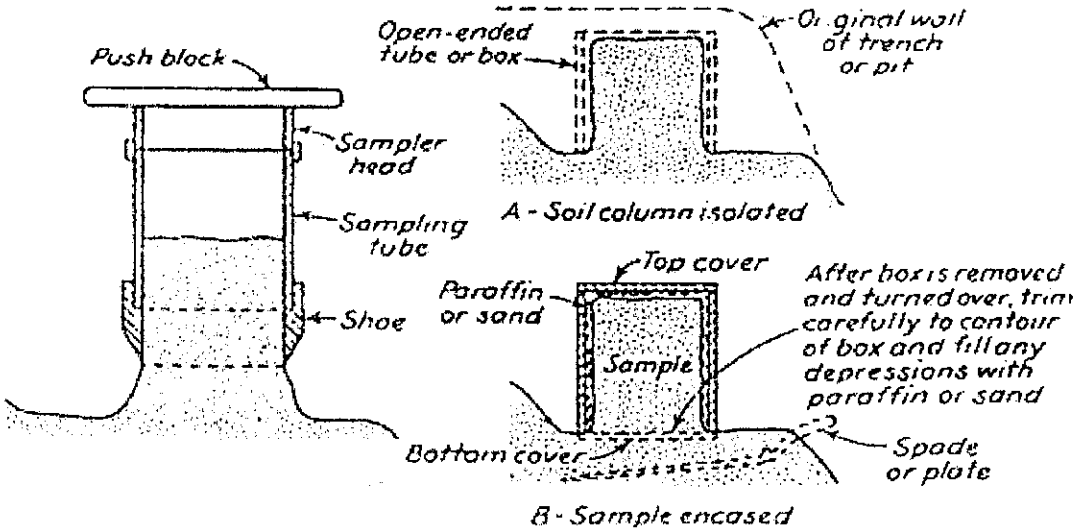
2.1.3 วิธีการเจาะตัวอย่างดิน (Soil Sampling)

วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการเจาะเก็บตัวอย่างมาวิจัยทดสอบ จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานและต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง ไม่กระทบกระเทือนต่อดินที่มาทดสอบโดยทั่วไปแล้วมีวิธีการดังนี้

2.1.3.1 Trial pit test pit

เป็นการขุดและเก็บตัวอย่างจากบ่อทดสอบ ซึ่งมักจะขุดในความลึกที่ตื้นๆ บางครั้งก็จะใช้เครื่องจักรบ้างเพื่อความรวดเร็ว ขนาดของหลุมที่ขุดก็จะต้องใหญ่เพียงพอที่จะขุดได้อย่างสะดวก คนสามารถลงไปทำงานได้ ซึ่งสามารถจะเห็นลักษณะการเรียงตัวของชั้นดินและส่วนประกอบของดินได้อย่างชัดเจน

แต่วิธีการนี้มักจะพบปัญหากับน้ำใต้ดินทำให้ทำงานลำบาก จึงต้องใช้เครื่องสูบน้ำออกมาในการขุดดินที่ลึกมากกว่า 2 เมตร นิยมทำผนังกั้นดินเพื่อไม่ให้ดินพังทลายลงมา ในการเก็บตัวอย่างทำโดยขุดดินให้เป็นบ่อรอบก้อนดินที่ต้องการเก็บจากก้นบ่อ แล้วตกแต่งดินให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20-30 เซนติเมตร ตามต้องการ ใช้มีดตัดก้อนดินแล้วหุ้มด้วยพาราฟิน หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร หรือหาภาชนะที่แข็งแรงเก็บตัวอย่างดินแล้วหุ้มด้วยขี้ผึ้ง เพื่อไม่ให้เกิดการกระแทก ทำให้สะดวกต่อการรักษาและขนส่ง วิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวแสดงดังรูป 2.1

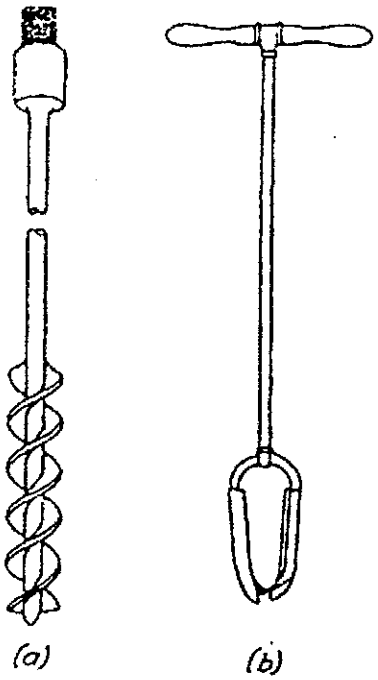


รูปที่ 2.1 การเก็บตัวอย่างดินแบบ trial pit

2.1.3.2 Auger boring

2.1.3.2.1 Hand Auger boring

เป็นเครื่องมือที่ง่ายและอาศัยแรงคนหมุน auger ที่นิยมใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ Helical auger และ Iwan or post – hole auger ดังรูปที่ 2.2 โดยเหมาะสำหรับใช้เจาะดินที่มีแรงยึดเหนี่ยว หรือประเภทดินเหนียว เนื่องจากดินชนิดนี้เป็นดินที่ไม่พังทลายลงหลุมแบบดินทราย แต่วิธีนี้ก็ไม่สามารถเก็บดินส่วนที่อยู่ใต้ระดับน้ำได้ นิยมขุดเจาะลึก 5-7 เมตร ขนาดของ auger จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-4 นิ้ว การสำรวจด้วยวิธีนี้ เพื่อสำรวจและจำแนกประเภทดินเท่านั้น เพราะดินตัวอย่างที่ได้จะถูกรบกวนทำให้การทดสอบคุณสมบัติผิดไป



รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Hand – operated augers

a) Helical auger b) Iwan or post – hole auger

2.1.3.2.2 Mechanical auger boring

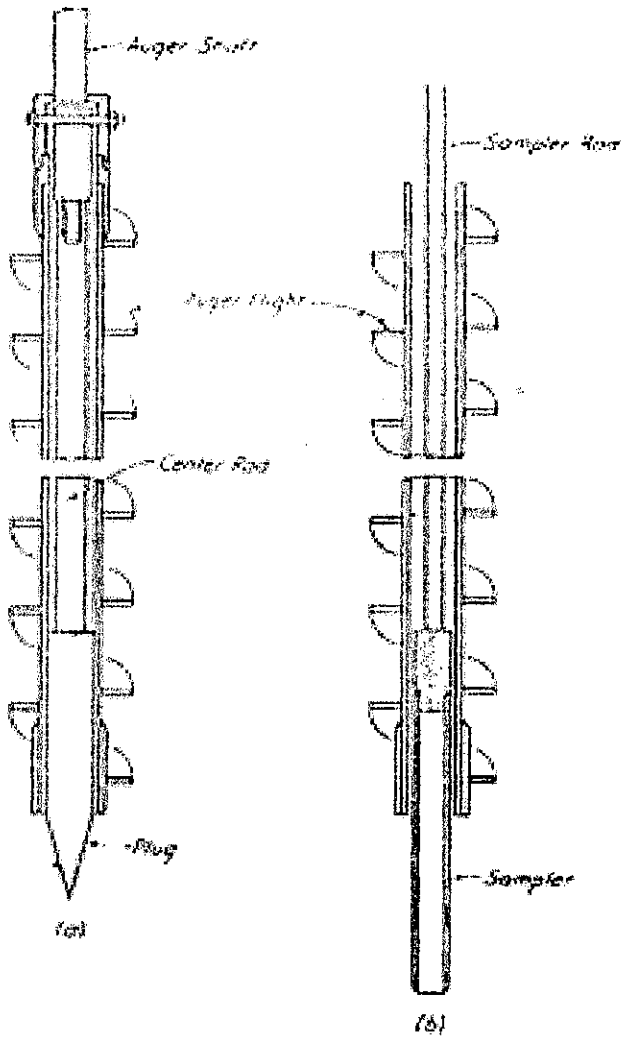
เป็นการใช้เครื่องจักรแทนกำลังคน สำหรับหมุน auger ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและเจาะดินได้ลึกมากขึ้น ปกติจะใช้ helical auger เพราะหมุนให้ลึกลงได้ดี ระบบการทำงานต่างๆได้กำลังมาจากเครื่องยนต์ โดยปกตินิยมใช้ไม่ต่ำกว่า 25 แรงม้า หัวสว่านเจาะดินเคลื่อนที่ขึ้นลงได้โดยอาศัยกระบอกไฮดรอลิค สามารถนำไปใช้ร่วมกับการทดสอบดิน ในสนามหรือการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ นิยมใช้กันมากในประเทศไทย โดยนำไปใช้ประกอบกับเครื่องมืออื่นๆ

2.1.3.2.3 Shell and auger boring

เป็นการเจาะดินโดยใช้ helical auger ร่วมกับการใช้ casing สำหรับ cohesive soils เพื่อป้องกันการพังทลายด้านข้างของหลุมเจาะ แต่จะเปลี่ยนไป shell ท่อเหล็กเปิดที่มี cutting edge และ flap value อยู่ด้านปลายด้านล่างแทน auger หากมีทรายหรือกรวดบนดินอยู่มาก ใช้ได้กับดินทุกชนิดบางครั้งจะใช้สิ่วหรือเหล็กแหลมกระแทกไปบนกรวดเพื่อให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆก่อนที่จะใช้ shell เก็บขึ้นมานิยมใช้น้ำเทลงไปในหลุมทั้ง shell boring และ auger boring เพื่อให้เก็บเศษทรายและกรวดที่อยู่ในดินได้ง่ายขึ้น

2.1.3.2.4 Continuous – flight auger boring

ใช้เจาะในดินที่เป็นดินเหนียวหรือทรายหรือกรวดเม็ดเล็ก มีลักษณะเป็นสว่านตั้งอยู่รอบด้าน เจาะตลอดโดยความยาว ซึ่งส่วนกลางของก้านอาจเป็นเหล็กตัน (Solid stem) หรือกลม (Hollow stem) เพื่อใช้ประโยชน์ในการทดสอบหรือเก็บตัวอย่างดินในสนามดังรูป 2.3 มีข้อดีคือไม่ต้องใช้ casing จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้ในการเจาะดินโดยทั่วไป

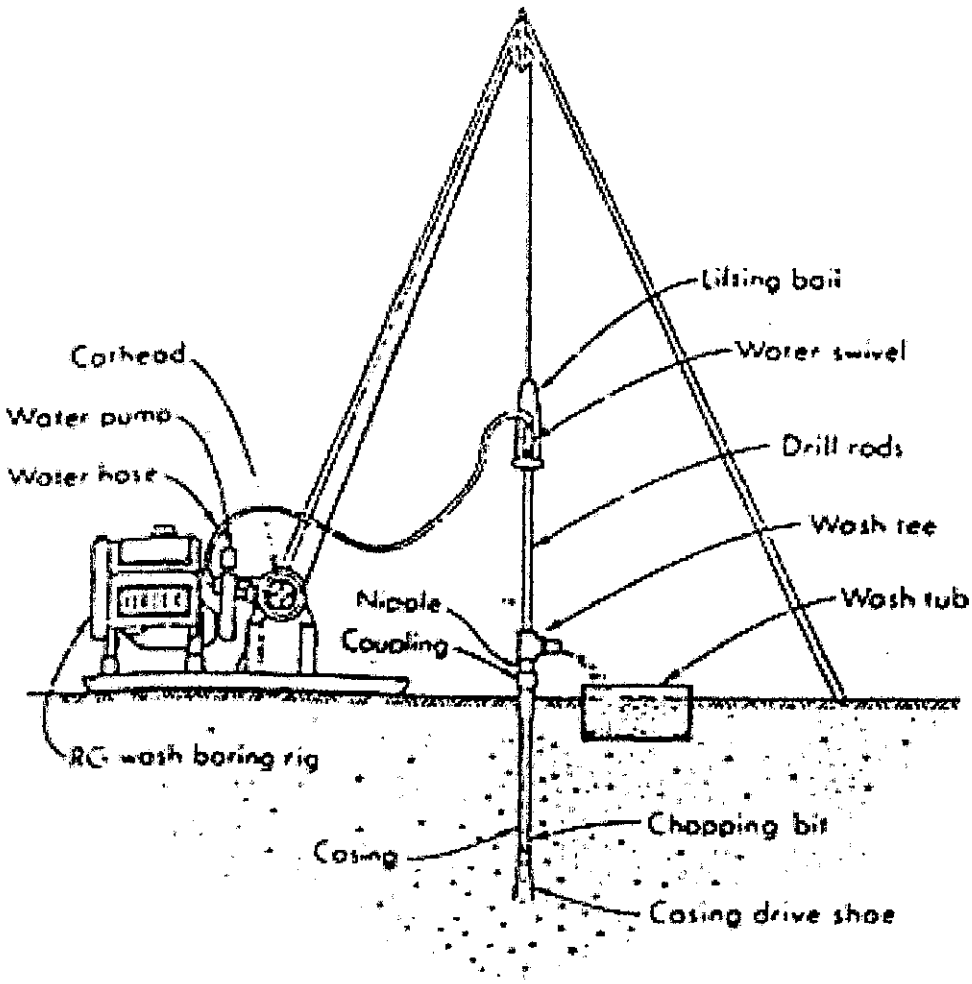


รูปที่ 2.3 การใช้ Hollow – stem auger
(a) ใช้ปลั๊กอุดเจาะดิน
(b) ถอดปลั๊กออกเมื่อเก็บตัวอย่างดิน

2.1.3.3 Wash boring

เป็นการใช้ความดันของน้ำหรือ drilling mud ทำให้ดินหลวมและหลุดตัวเป็นเม็ดลอยขึ้นมา drilling mud ที่ผสมให้มีความหนาแน่นประมาณ 1.1-1.2 ตันต่อลูกบาศก์เมตร จะช่วยไม่ให้ดินด้านข้างพังทลายลงมาจึงสามารถใช้แทน casing ได้ แต่ถ้าหากใช้น้ำแล้วจำเป็นจะต้องใช้ casing ควบคู่ไปด้วยปลายส่วนล่างของท่อฉีดน้ำ จะเป็น chopping bit หรือ fishtail bit เพื่อจะยกขึ้นลงเพื่อกระแทกดินหรือหมุนด้วยมือ ทั้งนี้จะช่วยให้ดินหลุดลอยตัวขึ้นมาได้ง่าย ของเหลวที่ขึ้นมาจากหลุม

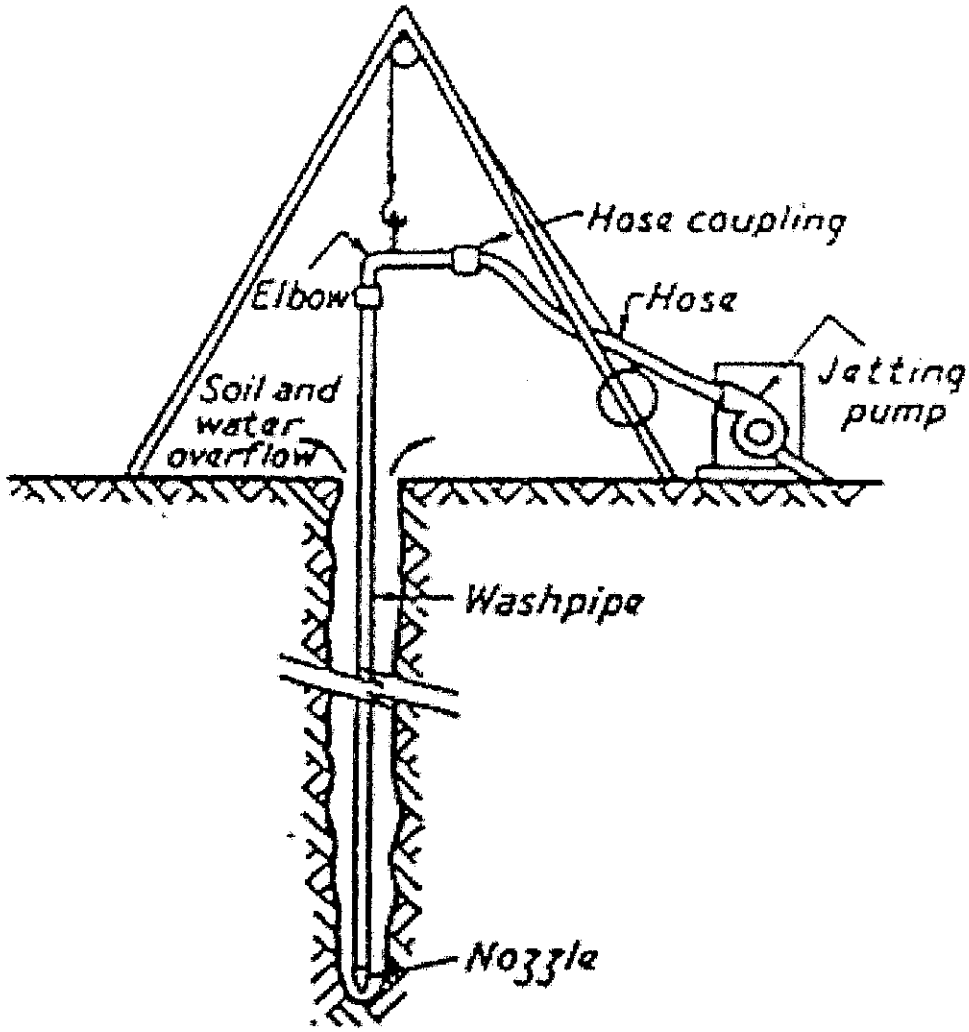
จะถูกนำไปใช้ใหม่ สรุปแล้วใช้ได้สำหรับทรายและดินเหนียว แต่จะเกิดปัญหาเมื่อพบกรวด มีข้อดีจะได้ประโยชน์จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของดิน ทำงานได้เร็วดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการทำงาน wash boring

2.1.3.4 Wash probing

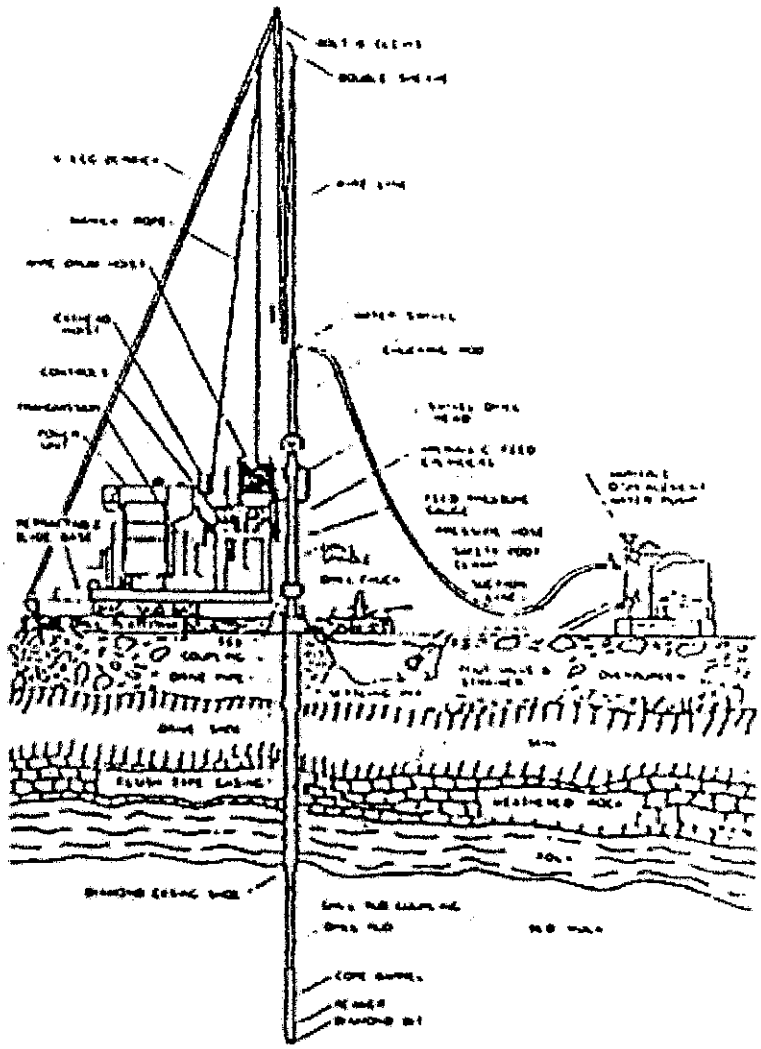
เป็นการเจาะดินแบบง่ายๆ โดยใช้น้ำฉีดลงไปในดินพร้อมกับยกท่อฉีดขึ้นและลง เนื่องจากไม่ได้ใช้ casing ประกอบการทำงานจึงไม่มีการเก็บตัวอย่าง หรือทดสอบดิน ใช้ประโยชน์ในการหาความเปลี่ยนแปลงของดิน จากดินที่อ่อนหรือหลวมไปหาดินที่แข็งหรือแน่น นิยมใช้กันมากในการหาระดับของการตอกเสาเข็มหรือสำรวจหาชั้นของหินหรือทรายที่แข็งแรงเพราะสามารถทำงานได้ง่าย ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายแต่ต้องอาศัยประสบการณ์ในการสังเกตและวิเคราะห์ดินจากความรู้สึกต่างๆ รูป 2.5 ได้แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องมือดังกล่าวไว้โดยสังเขป



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการทำงานของ wash probing

2.1.3.5 Rotary boring , rotary drilling

เป็นการใช้ใบมีดหรือหัวเจาะหมุนลงไปในดินโดยอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ เจาะดินได้รวดเร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่นๆ นิยมใช้สำหรับเจาะดินแต่ต้องใช้น้ำระบายความร้อนที่หัวเจาะ หากใช้ในการเจาะดินแล้วนิยมใช้ drilling mud ประกอบด้วย เพื่อไม่ให้เกิดการพังทลายของดินในหลุม ซึ่งจะทำให้การเจาะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว บางครั้งก็ใช้ continuous – flight auger และ wash boring ร่วมกับ rotary drilling ดังแสดงในรูป 2.6



รูปที่ 2.6 rotary drilling rig

2.1.3.6 Percussion boring , percussion drilling

เป็นการเจาะที่อาศัยแรงกระแทกของ Heavy Chisel หรือ Spud แล้วใช้ shell หรือ wash boring นำดินขึ้นจากหลุม เนื่องจากมีการกระแทกด้วยของที่หนักจึงทำให้มีการรบกวนต่อดินในชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นอย่างมาก จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญควบคุมการเจาะ ในการปล่อยน้ำหนักกระแทกดินเพื่อให้ดินถูกกวนน้อยที่สุด

2.1.3.7 การเจาะหาตัวอย่างแห้ง (Dry sample boring)

วิธีนี้คล้ายกับวิธีเจาะฉีดล้าง (wash boring) กระทำโดยใช้สว่านเจาะคว้านดินออกก่อน เมื่อถึงระดับที่ต้องการจะเก็บตัวอย่างดินก็ใช้กระบอกเก็บดิน (Sampling Spoon) ติดที่ปลายก้าน

เจาะแทนหัวเจาะ แล้วกดหรือดันกระบอกเหล็กลงไปในดิน หมุนให้ดินขาดแล้วดึงด้านเจาะขึ้น วิธีนี้ใช้กันมากเพราะได้ตัวอย่างที่แน่นอนไม่เปลี่ยนสภาพดิน (Undisturbed Sample)

2.1.4 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินจากหลุมเจาะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ ตัวอย่างดินที่เปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample) และตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample)

ตัวอย่างที่เปลี่ยนสภาพ เป็นตัวอย่างดินที่ได้รับการกระทบกระเทือนจากการเจาะดิน ทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนไปหรือถูกทำลายไป อาจเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด แต่ก็สามารถนำตัวอย่างดินแบบนี้ไปทดสอบหาการกระจายของเม็ดดิน ปริมาณน้ำในมวลดิน ดัชนีต่างๆ หรือนำไปทดสอบเกี่ยวกับการบดอัดดินได้

ตัวอย่างดินคงสภาพ เป็นตัวอย่างดินที่ได้รับการกระทบกระเทือนหรือรบกวนน้อยที่สุด ซึ่งถือว่าโครงสร้างหรือคุณสมบัติของดินไม่เปลี่ยนแปลงไป ฉะนั้นจึงสามารถนำไปทดสอบหาค่าความต้านทานต่อการเฉือย การทรุดตัวของดิน การยอมให้น้ำซึมผ่าน เป็นต้น

การกระทบกระเทือนที่ดินได้รับนั้นขึ้นกับตัวกระบอกเก็บดิน (Sample)ว่าเป็นแบบผิวหนา (Thick wall Sample) หรือ แบบผิวบาง (Thin wall Sample) ปลายงุ้มมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับวิธีการเจาะและเก็บตัวอย่างดินว่าใช้การกระแทกหรือกดกระบอกดินลงไปในดิน การกดจะรบกวนและกระเทือนต่อคุณสมบัติของดินน้อยกว่าการกระแทก

2.2 <u>การทดสอบดินคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ</u>

ตัวอย่างดินที่เก็บจากสนามทั้งที่เป็นตัวอย่างคงสภาพ และตัวอย่างแปรสภาพควรจะได้รับการขนส่งและรักษาด้วยความระมัดระวัง ปกติจะทดสอบในห้องปฏิบัติการทันทีหรือเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอื่นๆที่อาจเกิดขึ้นมาโดยไม่ทราบสามารถสาเหตุ ข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการจะต้องนำไปวิเคราะห์กับข้อมูลที่เก็บจากสนาม เนื่องจากดินที่มีความแปรผันในส่วนประกอบของเม็ดดินอยู่มากด้วยปริมาณที่ไม่แน่นอน จึงควรวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ด้วยวิจารณญาณและประสบการณ์ เพราะการทดสอบบางอย่างอาจให้ข้อมูลที่ผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นการนำตัวเลขไปใช้โดยไม่มีการกลั่นกรองให้รอบครอบก่อนจะก่อให้เกิดปัญหาตามมาอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบที่ทำแต่เพียงจำนวนเล็กน้อย บางครั้งจำเป็นต้องละทิ้งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือบางส่วนหลังจากได้ทำการตรวจสอบแล้ว ควรเลือกการทดสอบที่ง่ายและจำเป็นมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพราะการทดสอบจำนวนมากหรือที่ยุ่งยากซับซ้อนจะทำให้เสียเวลาอันจะเกี่ยวโยงไปกับค่าใช้จ่าย แต่บางครั้งก็จำเป็นต้องใช้การทดสอบที่ค่อนข้างยุ่งยากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดและ

ลดอัตราการเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดความเสียหายหรือพังทลายของสิ่งก่อสร้าง การทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่าที่นิยมทำกันในปัจจุบันพอสรุปได้ดังนี้

2.2.1 Natural moisture content

เป็นการหาความชื้นตามธรรมชาติของดินที่เป็นอยู่ในสนาม น้ำในดินจะเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงสภาพความแข็งแรงหรือความหนาแน่นของดินแม้ว่าจะมีส่วนประกอบของดินเหมือนกัน โดยทั่วไปแล้วดินเหนียวจะมีความชื้นมากกว่าทราย ข้อมูลที่ได้จากความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินจะใช้เป็นประโยชน์ในการแบ่งแยกขอบเขตของชั้นดินได้เป็นอย่างมาก ควรเลือกใช้ปริมาณของตัวอย่างที่เหมาะสมและถูกการรบกวนจากการขุดเจาะให้น้อยที่สุด

2.2.2 Liquid limit and plastic limit

ใช้ในการแบ่งจำแนกประเภทและเปรียบเทียบความอ่อนหรือแข็งของดินที่มีเม็ดละเอียดปนอยู่มากโดยเปรียบเทียบกับความชื้นตามธรรมชาติ หากปริมาณของน้ำในดินมีน้อยจนเข้าใกล้ plastic limit แล้วดินจะมีสภาพค่อนข้างแห้งและแข็ง แต่เมื่อปริมาณน้ำมีมากจนเข้าใกล้หรือมากกว่า liquid limit แล้วจะเป็นดินอ่อนเหลวที่มีความแข็งแรงน้อย การเรียกชื่อดินในทางวิศวกรรมสำหรับดินที่เป็นดินเหนียวหรือดินที่มีขนาดใกล้เคียงนั้นจำเป็นจะต้องทราบค่าของ liquid limit และ plasticity Index สำหรับ organic soil นั้นบางครั้งอาจเป็นการทดสอบหาปริมาณอินทรีย์ในดิน แต่สามารถตรวจสอบอย่างง่ายๆ โดยพิจารณาหา liquid limit ของดินหลังการอบให้แห้งว่าลดลงมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างสดหรือไม่

2.2.3 Particle size distribution

การหาการกระจายของเม็ดดินโดยการใช้ตะแกรง หรือใช้หลักการตกตะกอนของดินเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในการแยกประเภทของดินในขั้นเบื้องต้น อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการเลือกการทดสอบที่เหมาะสมกับดิน ตัวอย่างดินที่เก็บมาจากธรรมชาติมักจะมีดินเหนียวปนอยู่ไม่มากก็น้อย ทำให้ดินเกาะตัวกันเป็นก้อน จึงนิยมทำการร่อนดินด้วยตะแกรงแบบเปียก (wet sieving) เพื่อที่จะทำให้สามารถทราบทั้งขนาดและปริมาณที่แท้จริงของดิน แต่การกระทำดังกล่าวจะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูงจึงหลีกเลี่ยงโดยใช้การร่อนดินแบบแห้ง (dry sieving) เข้าช่วยหลังจากการได้แยกขนาดโดยร่อนแบบเปียกมาก่อน พร้อมกับการใช้การพิจารณาที่รอบคอบ บางครั้งอาจอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลในสนามกับประสบการณ์และความชำนาญแทนการทดสอบดังกล่าวข้างต้น

2.2.4 Unconfined compression test

เป็นการทดสอบหาความแข็งแรงของดินอย่างง่ายและรวดเร็ว ในหลักการณ์นั้นใช้ได้กับ cohesive soil เท่านั้น แต่สามารถนำมาใช้กับดินที่มีทรายหรือกรวดปนเล็กน้อยได้โดยเลือกใช้ค่าความปลอดภัยที่เหมาะสม ไม่สามารถทดสอบกับดินที่มีทรายหรือกรวดปนอยู่มากหรือดินที่อ่อนได้ เพราะเตรียมตัวอย่างได้ยากและดินไม่สามารถคงตัวอยู่ในแนวดิ่งขณะทำการทดสอบได้

2.2.5 Triaxial compression test

การทดสอบหาความแข็งแรงโดยวิธีนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมกันแพร่หลาย เพราะสามารถทดสอบได้กับดินทุกชนิดพร้อมกับการจัดสภาวะต่างๆ ในการทดสอบให้คล้ายคลึงกับที่เป็นอยู่ในสนามค่าของ cohesion และ angle of internal friction ของดินที่ได้จากการทดสอบนั้น จะนำไปใช้วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสภาพการรับแรงเฉือนของดิน ทั้งของฐานรากอาคารและความลาดชันของผิวดินได้ ส่วนใหญ่จะทดสอบใน 3 ลักษณะ คือ undrained , consolidated – undrained และ drained shear test

2.2.6 Direct shear (shear box) test

ใช้ในการหาความแข็งแรงต้านแรงเฉือนของดินซึ่งเป็นเครื่องมือชนิดแรกที่ใช้ในการศึกษาด้านนี้ใช้ได้กับทั้งทรายและดินเหนียว แต่นิยมใช้กับทรายและดินที่มีทรายปนอยู่มาก ปัจจุบันไม่นิยมใช้ในการทดสอบดินเมื่อเปรียบเทียบกับ triaxial compression test เพราะไม่สามารถควบคุมการระบายน้ำในดินตัวอย่างขณะทำการทดสอบได้ และระนาบการพังทลายของดินถูกกำหนดไว้ก่อนแล้วโดยเครื่องมือทดสอบ อย่างไรก็ตาม residual shear strength ที่ได้จากการทดสอบชนิดนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพในแนวราบของดิน

2.2.7 Laboratory vane shear test

เป็นการหา undrained shear strength ของดินที่อ่อนโดยทั้งลักษณะของเครื่องมือและการใช้งานนั้นคล้ายคลึงกับที่ใช้ทดสอบดินในสนาม ส่วนที่แตกต่างกันมีเพียงขนาดของใบพัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจะมีขนาดเล็กกว่า ปกติจะใช้ทดสอบกับตัวอย่างดินคงสภาพที่เก็บจาก thin – wall tube หรือ trial pit

2.2.8 Consolidation test

ตัวอย่างที่เก็บจากสนามนอกจากจะทดสอบหาความแข็งแรงแล้วจำเป็นจะต้องทดสอบหาการยุบตัวเพื่อใช้ในการประเมินหาปริมาณและอัตราการทรุดตัวของดินเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ปกติจะใช้ทดสอบกับดินเหนียว โดยมีการยอมให้ทรุดตัวในทิศทางเดียวคือแนวดิ่ง ผลที่ได้จากการ

ทดสอบต้องมีการปรับแก้ไขเพื่อให้ประเมิณให้ได้ใกล้เคียงกับที่เกิดขึ้นจริง สำหรับงานขนาดเล็กแล้วอาจใช้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงหรือการทดสอบอื่นๆประมาณหาปริมาณการทรุดตัวอย่างหยาบได้ แต่สำหรับงานที่มีขนาดใหญ่แล้ว consolidation test จำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบในปริมาณของตัวอย่างที่มากเพียงพอแต่ไม่ควรมากเกินสมควร เพราะเป็นการทดสอบที่ใช้เวลาค่อนข้างยาวนาน

2.2.9 Permeability test

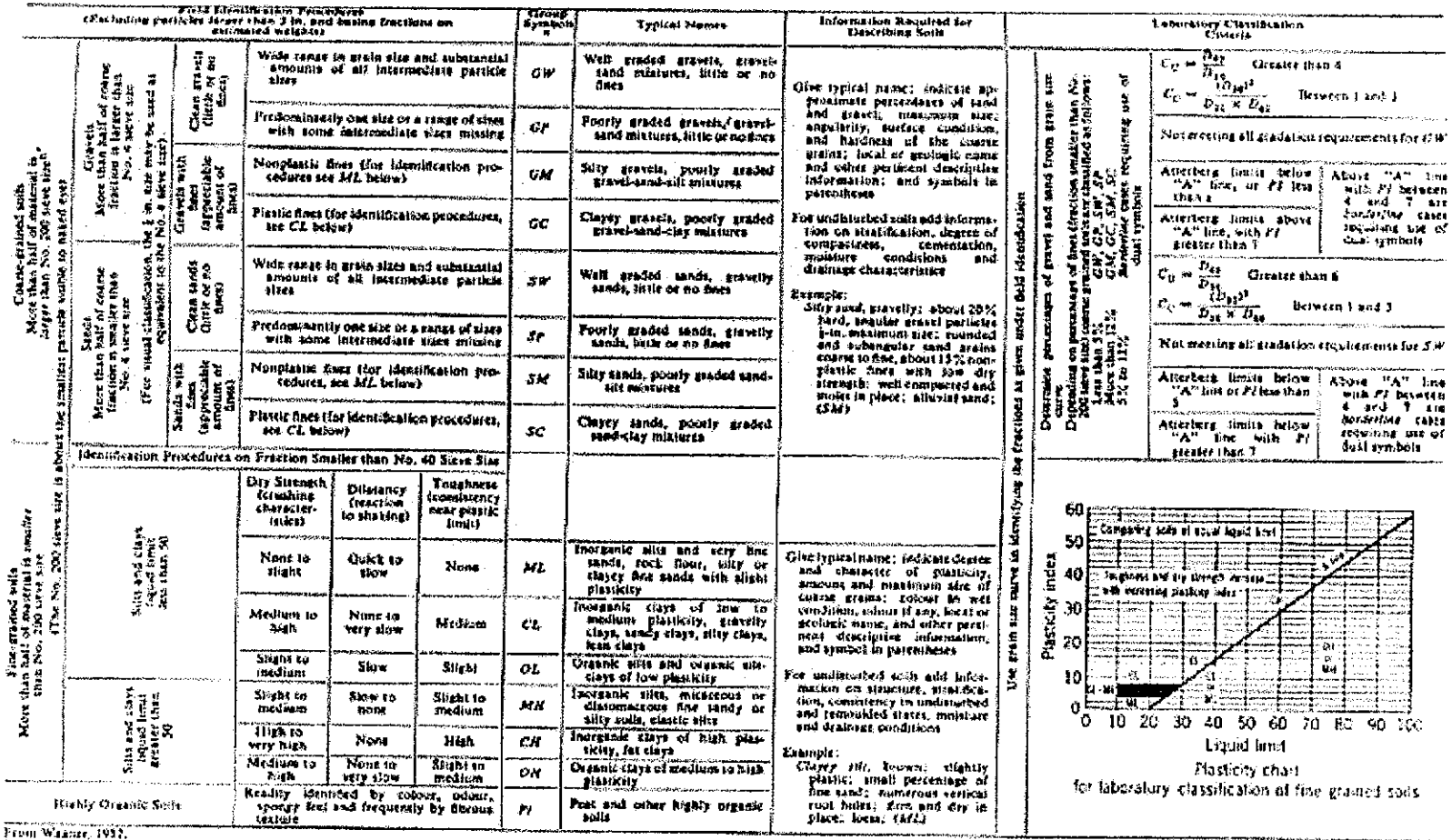
ส่วนมากนิยมใช้ทดสอบกับงานโครงการขนาดใหญ่ เช่น การก่อสร้างเขื่อนกั้นน้ำและทดสอบได้กับดินทุกชนิด ซึ่งอาจเป็นตัวอย่างดินคงสภาพหรือดินที่ได้รับการบดอัดแล้ว ผลที่ได้จะเป็นอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านดิน แต่เนื่องจากขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการมีขนาดเล็กและสภาพการเรียงตัวของดินในพื้นที่จริงจะเป็นชั้นๆ ซึ่งการไหลของน้ำอาจมีทั้งในแนวราบและในแนวดิ่งจึงทำให้เกิดปัญหาในการนำผลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ไปประเมิณเปรียบเทียบกับที่เกิดขึ้นจริงในสนาม การทดสอบในสนามอาจจำเป็นที่จะต้องทำควบคู่กันไปเมื่อต้องการความละเอียดในการหาปริมาณและอัตราของการไหลของน้ำผ่านดิน

2.2.10 การวิเคราะห์ทางเคมี

บางส่วนของสิ่งก่อสร้างจะต้องฝังลึกลงในดินซึ่งอาจเป็นคอนกรีต เหล็กหรืออื่นๆ สภาพการเป็นกรดหรือด่างของดิน หรือปริมาณของเกลือแร่ที่มีอยู่มากในดินจะทำให้อายุการใช้งานของโครงสร้างหรือวัสดุนั้นลดน้อยลงไป เช่นเดียวกับปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินที่อาจจะทำให้ดินแข็งแรงมากขึ้น แต่การผุกร่อนจะทำให้เกิดการทรุดตัวในปริมาณที่ประเมิณออกมาได้ยากมาก ดังนั้นการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของดินบางครั้งยังคงจำเป็นอยู่ นอกเหนือไปจากการทดสอบทางฟิสิกส์และวิศวกรรม โดยทั่วไปนิยมทดสอบทางเคมีเพื่อหาปริมาณของสารอินทรีย์ สภาพความเป็นกรดและด่าง ปริมาณของเกลือ (คลอไรด์ และซัลเฟต เป็นต้น) เฉพาะในส่วนที่สำคัญและจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเท่านั้น

2.3 <u>การตรวจสอบด้วยสายตา</u>

เป็นการตรวจสอบหาส่วนประกอบของดิน ลักษณะของเม็ดดิน สีและส่วนผสมต่างๆ เพื่อให้สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของดินแต่ละชั้น ปกติจะตรวจสอบคู่ไปกับรายงานการเก็บข้อมูลในสนาม บางครั้งก็ใช้การดมกลิ่นดิน โดยเฉพาะดินที่อยู่ใกล้ผิวดินซึ่งการผุกร่อนทางเคมีและฟิสิกส์ยังไม่สิ้นสุด การสังเกตดูสีของดินขณะที่แห้งจะแตกต่างไปจากในสภาพที่เปียก ส่วนใหญ่จะใช้วิธีหลังในทางปฏิบัติมากกว่า



From Wagner, 1957.

* Boundary classifications: Soils possessing characteristics of two groups are designated by combinations of group symbols. For example GW-GC, well graded gravel-sand mixture with clay binder.

All sieve sizes on this chart are U.S. standard.

รูปที่ 2.7 แผนภูมิการจำแนกประเภทดิน Unified Soil Classification

Soil	Soil Component	Symbol	Grain Size Range and Description	Significant Properties
Coarse-grained components	Boulder	None	Rounded to angular, bulky, hard, rock particle, average diameter more than 12 in.	Boulders and cobbles are very stable components, used for fills, ballast, and to stabilize slopes (riprap). Because of size and weight, their occurrence in natural deposits tends to improve the stability of foundations. Angularity of particles increases stability.
	Cobble	None	Rounded to angular, bulky, hard, rock particle, average diameter smaller than 12 in. but larger than 6 in.	
	Gravel	*G*	Rounded to angular bulky, hard, rock particle, passing 3-in. sieve (76.2 mm) retained on No. 4 sieve (4.76 mm)	Gravel and sand have essentially same engineering properties differing mainly in degree. The No. 4 sieve is arbitrary division, and does not correspond to significant change in properties. They are easy to compact, little affected by moisture, not subject to frost action. Gravels are generally more perviously stable, resistant to erosion and piping than are sands. The well-graded sands and gravels are generally less pervious and more stable than those which are poorly graded (uniform gradation). Irregularity of particles increases the stability slightly. Finer, uniform sand approaches the characteristics of silt: i.e., decrease in permeability and reduction in stability with increase in moisture.
	Coarse		3- to ¾-in.	
	Fine		¾-in. to No. 4	
	Sand	*S*	Rounded to angular, bulky, hard, rock particle, passing No. 4 sieve (4.76 mm)retained on No.200 sieve (0.074 mm)	
	Coarse		No. 4 to 10 sieves	
	Medium		No. 10 to 40 sieves	
	Fine		No. 40 to 200 sieves	
Fine-grained components	Silt	*M*	Particles smaller than No. 200 sieve (0.074 mm) identified by behavior: that is, slightly or non-plastic regardless of moisture and exhibits little or no strength when air dried	Silt is inherently unstable, particularly when moisture is increased, with a tendency to become quick when saturated. It is relatively impervious, difficult to compact, highly susceptible to frost heave, easily erodible and subject to piping and boiling. Bulky grains reduce compressibility; flaky grains, i.e., mica, diatoms, increase compressibility, produce an "elastic" silt.
	Clay	*C*	Particles smaller than No. 200 sieve (0.074 mm) identified by behavior; that is, it can be made to exhibit plastic properties within a certain range of moisture and exhibits considerable strength when air dried	The distinguishing characteristic of clay is cohesion or cohesive strength, which increases with decrease in moisture. The permeability of clay is very low, it is difficult to compact when wet and impossible to drain by ordinary means, when compacted is resistant to erosion and piping, is not susceptible to frost heave, is subject to expansion and shrinkage with changes in moisture. The properties are influenced not only by the size and shape (flat, plate-like particles) but also by their mineral composition; i.e., the type of clay-mineral, and chemical environment or base exchange capacity. In general, the montmorillonite clay mineral has greatest, illite and kaolinite the least, adverse effect on the properties.
	Organic matter	*O*	Organic matter in various sizes and stages of decomposition	Organic matter present even in moderate amounts increases the compressibility and reduces the stability of the fine-grained components. It may decay causing voids or by chemical alteration change the properties of a soil, hence organic soils are not desirable for engineering uses.

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการจำแนกดินระบบ Unified Soil Classification