บทที่ 2
แนวทางการศึกษาเบื้องต้น

2.1 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทับเสลา อำเภอลานศักดิ์ จังหวัดอุทัยธานี

2.1.1 ที่มาของโครงการ

จังหวัดอุทัยธานีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ตอนบนของภาคกลางอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ เป็นระยะทางประมาณ 222 กิโลเมตร มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 7,700.31 ตารางกิโลเมตร หรือ 4,812,500 ไร่ สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่ประมาณ 60% เป็นภูเขาและป่าไม้มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยประมาณ 1,200 มิลลิเมตรต่อปี

การทำนาในจังหวัดอุทัยธานี ปัจจุบันได้อาศัยน้ำจากลำน้ำสายสำคัญ ๆ 4 สายคือ

ในเขตอำเภอสว่างอารมณ์ใช้น้ำจากคลองโพธิ์ และแม่น้ำสะแกกรังหรือแม่น้ำวังม้า

ในเขตอำเภอทัพทันและอำเภอหนองฉาง อาศัยน้ำจากลำห้วยทับเสลา

ในเขตอำเภอหนองขาหย่างและอำเภอเมือง อาศัยน้ำจากลำห้วยคอกควาย หรือห้วยขุนแก้ว และจากแม่น้ำสะแกกรัง

เมื่อ พ.ศ. 2500 จังหวัดอุทัยธานีได้ขอให้กรมชลประทานพิจารณาช่วยเหลือราษฎรที่ได้รับความเดือดร้อนจากการขาดแคลนน้ำ ในปี พ.ศ. 2511 กรมชลประทานจึงได้วางแผนพัฒนาลุ่มน้ำสะแกกรัง ซึ่งเป็นแม่น้ำสายใหญ่ประกอบด้วยลำน้ำสาขา 3 สาย คือ แม่น้ำแม่วง, ลำคลองโพธิ์ และห้วยทับเสลา เพื่อช่วยเหลือการทำนาในเขตจังหวัดอุทัยธานี โดยในปี พ.ศ. 2513 ได้ก่อสร้างโครงการฝายทดน้ำห้วยทับเสลาพร้อมทั้งสร้างระบบส่งน้ำที่ ตำบลหุ่งโหง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี สร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2525 สามารถส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกของราษฎรในเขตอำเภอหนองฉาง จำนวน 88,000 ไร่ แต่เนื่องจากปัจจุบันได้มีประชากรเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีราษฎรจากท้องถิ่นอื่นอพยพเข้าไป

ทำมาหากิน ทำให้ปริมาณน้ำตามลำน้ำต่าง ๆ ไม่เพียงพอแก่พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้น เมื่อปี พ.ศ. 2528 กรมชลประทานจึงได้ดำเนินการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำห้วยทับเสลาขึ้นทางตอนบน เหนือฝายทดน้ำขึ้นไปประมาณ 47 กม. เพื่อเก็บกักน้ำในช่วงที่มีมากเกินความต้องการในฤดูฝนไว้ใช้ในช่วงที่ขาดแคลนน้ำ

2.1.2 <u>สภาพลำน้ำ</u>

ห้วยทับเสลาเป็นลำห้วยสาขาของแม่น้ำสะแกกรัง เป็นลุ่มน้ำที่อยู่ระหว่างลุ่มน้ำคลองโพธิ์ ซึ่งอยู่ตอนเหนือและลุ่มน้ำห้วยขุนแก้ว ซึ่งอยู่ตอนใต้ ห้วยทับเสลามีต้นน้ำเกิดจากดอยแหลม ดอยขวางทาง ดอยอีนวย ดินหินแดง เขาใหญ่ เขามโนรา และเขาหินเหล็กไฟ ประกอบด้วยลำห้วยสาขาหลายสิบสาย อาทิ ห้วยแรด คลองหินตาด ห้วยโปงกา ห้วยระบำ ฯลฯ ไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ สภาพปาบริเวณต้นน้ำบางส่วนยังเป็นปาดงดิบ และมีบางส่วนได้ถูกทำลายไปแล้ว ห้วยทับเสลาเป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี แต่จะมีน้ำมาเฉพาะช่วงฤดูฝนหรือในช่วงที่มีฝนตกหนัก ส่วนในฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเพียงเล็กน้อย ความยาวของลำห้วยจากต้นน้ำจนถึงจุดที่ไหลลงแม่น้ำสะแกกรังบริเวณปากกาบาด ซึ่งอยู่ใต้ตัวจังหวัดไปเล็กน้อย ยาวประมาณ 145 กม. โดยลำน้ำเมื่อไหลเข้าตัวอำเภอหนองฉางจะมีทางน้ำแยกออกเป็น 2 สาย คือลำห้วยทับเสลาจะไหลผ่านไปทางเขตอำเภอทัพทันไปลงแม่น้ำสะแกกรังที่ตอนเหนือจุดที่ตั้งหัวงานโครงการชลประทานวังรอ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

2.1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่องานชลประทานจะสามารถส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนในเขตอำเภอทัพทัน และอำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ประมาณ 88,000 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ตอนล่างของฝายทับเสลา และตอนบนของฝายทับเสลาประมาณ 51,000 ไร่ นอกจากนั้นยังส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่นิคมฯ จัดสรรให้ผู้อพยพในอ่างฯ และครอบครัวเกษตรที่ตั้งถิ่นฐานอยู่ก่อนแล้วที่บริเวณหมู่บ้านเขาชะน้ำผึ้ง อำเภอลานศักดิ์ จังหวัดอุทัยธานี ประมาณ 4,500 ไร่ ส่วนในฤดูแล้งจะส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการได้ประมาณ 24,000 ไร่ และในพื้นที่นิคมฯ ประมาณ 2,250 ไร่ นอกจากนั้นยังเป็นการบรรเทาอุทกภัยซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำในบริเวณลุ่มน้ำห้วยทับเสลาในฤดูน้ำหลาก และ ผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1,000 กิโลวัตต์

2.1.4 ลักษณะของโครงการ โครงการอ่างเก็บน้ำทับเสลาประกอบด้วย

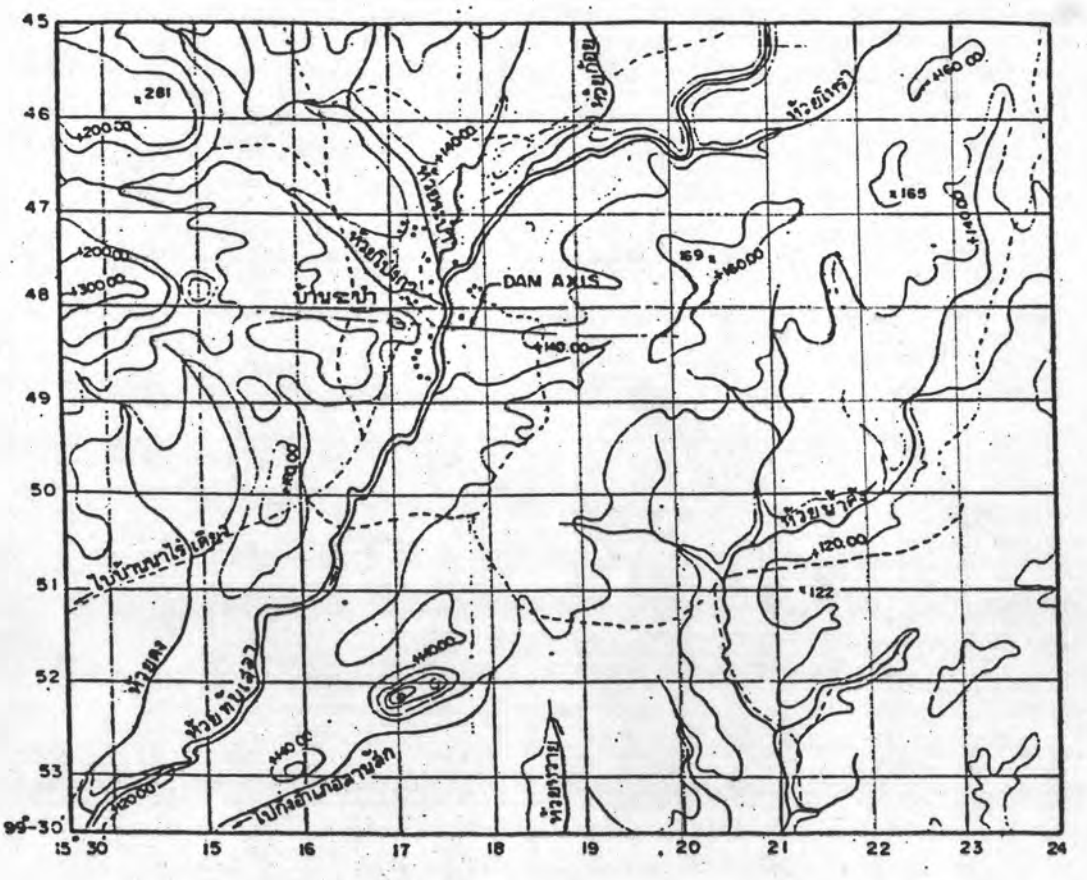
2.1.4.1 ลักษณะอุตุวิทยาและอุทกวิทยา

พื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งเขื่อน	534	กม.^{2}
ปริมาณฝนตกประจำปีในเขตพื้นที่รับน้ำฝนโดยเฉลี่ย	1,486	มม.
ปริมาณน้ำระเหยจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยทั้งปี	1,931	มม.
ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งปีโดยเฉลี่ย	201	ล้าน ม.^{3}
ปริมาณน้ำสูงสุดในรอบ 100 ปี ที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ	952	ม.^{3}/วินาที
ปริมาณน้ำสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้น	1,020	ม.^{3}/วินาที

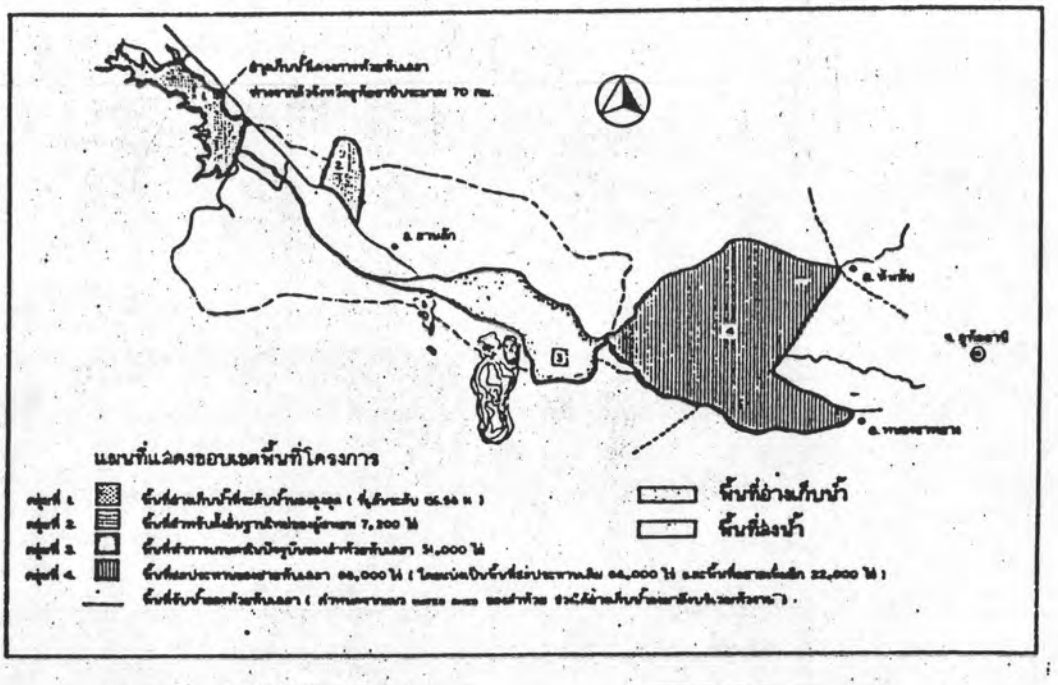
2.1.4.2 อ่างเก็บน้ำ

ระดับน้ำสูงสุด	156.98	ม.(รทก)
ระดับน้ำเก็บกัก	155.00	ม.(รทก)
ระดับน้ำต่ำสุด	142.00	ม.(รทก)
ระดับท้องน้ำ	133.30	ม.(รทก)
ความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับน้ำสูงสุด	190	ล้าน ม.^{3}

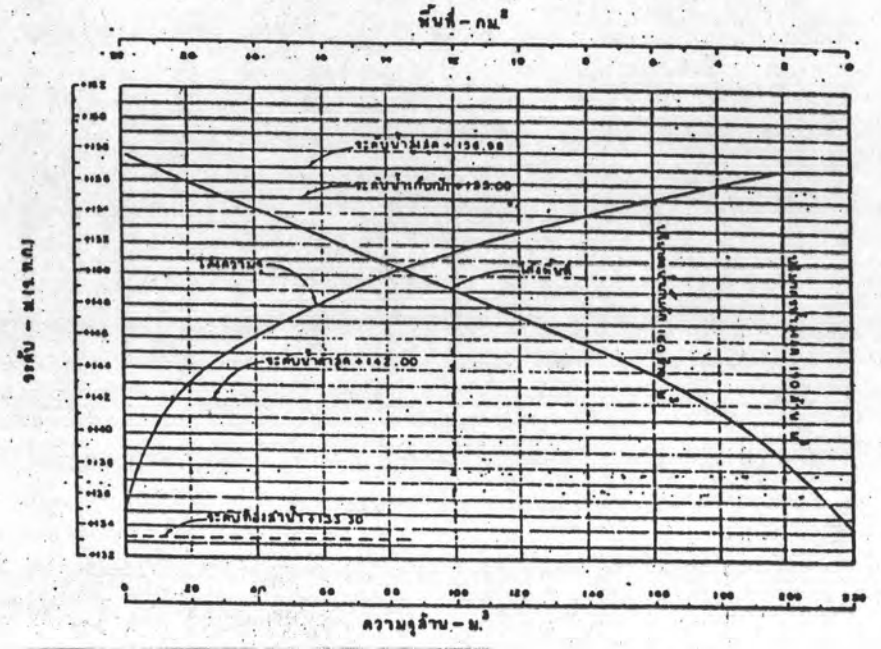
ความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับน้ำเก็บกัก	160	ล้าน ม.^{3}
ความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับน้ำต่ำสุด-ปริมาณพักตะกอน	17.0	ล้าน ม.^{3}
ปริมาณน้ำใช้งาน	143	ล้าน ม.^{3}
พื้นที่ผิวที่ระดับน้ำเก็บกัก	19	กม.^{2}



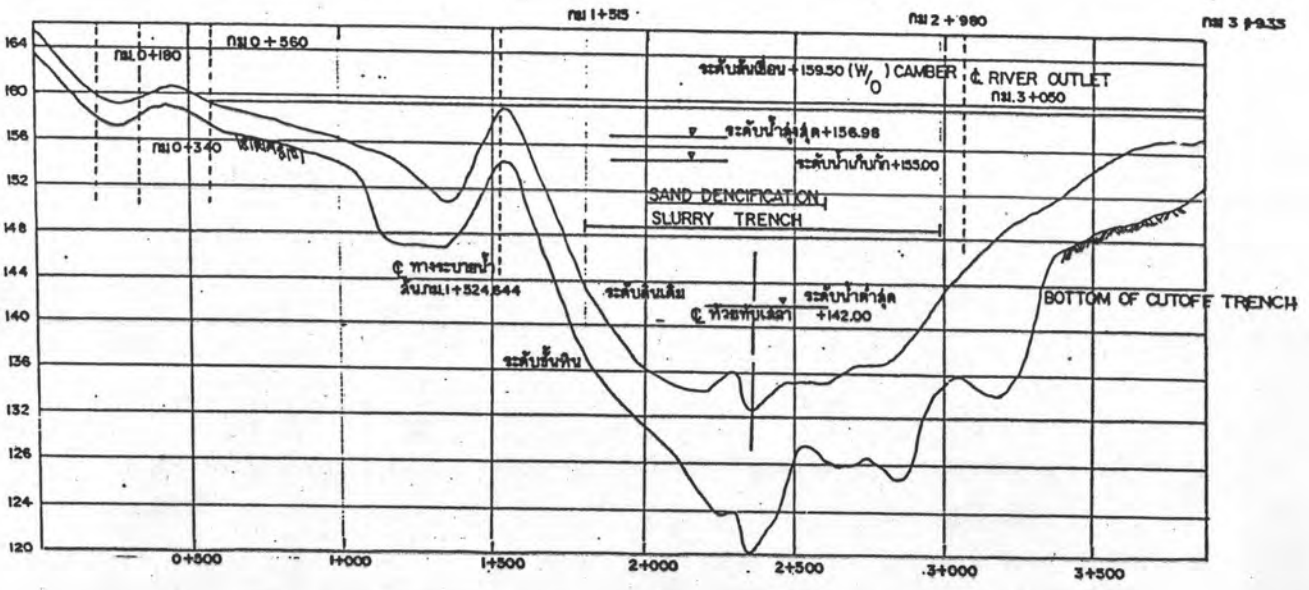
รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงที่ตั้งของหัวงาน



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงขอบเขตของโครงการ



รูปที่ 2.3 โค้งความจุ - โค้งพื้นที่



รูปที่ 2.4 แสดงระดับน้ำในอ่างเก็บกักน้ำ

2.1.4.3 เขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นชนิดดินบดอัดแน่น

ระดับสันเขื่อน	159.50	ม.(รทก)
ความสูงของเขื่อนบริเวณท้องน้ำ	29.00	ม.
ความยาวของสันเขื่อน	4,000	ม.
ความกว้างของสันเขื่อน	10	ม.
ความกว้างของฐานบริเวณที่กว้างที่สุด	200	ม.
ปริมาณดินถมบดอัดแน่นของตัวเขื่อน	3,000,000	$ม.^3$
ปริมาตรหิน, กรวดและทราย	270,000	$ม.^3$

ตัวเขื่อนประกอบด้วย Core Zone (โซนที่ 1) บริเวณกลางเขื่อน สร้างด้วยดินทึบน้ำจำพวกดินเหนียวปนทราย (SC.) และ Random Zone (โซนที่ 2) อยู่ทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำสร้างด้วยดินกึ่งทึบน้ำจำพวกดินตะกอนปนทราย (SM.) นอกจากนั้นยังมี Previous Zone ซึ่งประกอบด้วยทรายและกรวด ตลอดจนหินทิ้ง (Riprap) โดยมีขนาดและสัดส่วนของตัวเขื่อนดังนี้คือ

- ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำที่กำหนดในการวิเคราะห์ความมั่นคงของความลาดชันจนได้ผลขั้นสุดท้ายตามเกณฑ์ที่กำหนดในการออกแบบดังนี้

จากระดับสันเขื่อน +159.50 เมตร (รทก) ถึงระดับ +151.50 เมตร (รทก) กำหนดความลาดเอียง 1:2.5

จากระดับ +151.50 เมตร (รทก) ถึงระดับ +140.00 เมตร (รทก) กำหนดความลาดเอียงแนวตั้งง:แนวราบ 1:3.5

ที่ระดับ +140.00 เมตร (รทก) ให้มีชาน (Berm) กว้าง 16.00 เมตร ตลอดแนวเขื่อน

ที่ระดับ +140.00 เมตร (รทก) ที่ของฐานถึงพื้นดินธรรมชาติกำหนดความลาดเอียง 1:3.5

- ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำกำหนดไว้ดังนี้

จากระดับสันเขื่อน +159.40 เมตร (รทก) ถึงระดับ +149.50 เมตร (รทก) กำหนดความลาดเอียง 1:2.5

ที่ระดับ +149.50 เมตร (รทก) มีฐานกว้าง 8 เมตร ตลอดแนวเขื่อน

จากระดับ +149.50 เมตร (รทก) ถึงระดับ +136.50 เมตร (รทก) กำหนดความลาดเอียง 1:3.5

ที่ระดับ +136.50 เมตร (รทก) มีฐานกว้าง 9 เมตร ตลอดแนวเขื่อน

จากระดับ +136.50 เมตร (รทก) ที่ของฐานถึงระดับพื้นดินธรรมชาติกำหนดความลาดเอียง 1:2.5

2.1.4.4 <u>อาคารระบายน้ำล้นปกติ</u>

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ลักษณะประตูระบาย จำนวน 3 ช่อง กว้างช่องละ 12.50 ม. สามารถระบายน้ำมากที่สุดได้ 1,020 ม.^{3}/วินาที ติดตั้งประตูบังคับน้ำแบบบานโค้งขนาด 12.50 x 6.00 เมตร จำนวน 3 บาน ท้ายอาคารประตูระบายน้ำเป็นรางเทไปสู่ลำน้ำเดิมท้ายเขื่อน

2.1.4.5 อาคารท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม

อาคารก่อตั้งที่ระดับ 140.00 เมตร (รทก) ที่ กม. 3+050 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.00 เมตร สามารถระบายน้ำได้ 33.50 ม.^{3}/วินาที ให้กับพื้นที่ชลประทานของโครงการฝายทดน้ำห้วยทับเสลาตอนล่าง ประมาณ 88,000 ไร่

2.1.4.6 ท่อส่งน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กมีท่อเหล็กเหนียวเสริมอยู่ผิวในของท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร สร้างแยกต่อจากท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิมบริเวณด้านท้ายเชื่อนไปยังโรงไฟฟ้า ซึ่งติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาด 1,000 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง สามารถระบายน้ำได้ 1.7 ม.^{3}/วินาที

2.1.5 ค่าลงทุนและระยะเวลาก่อสร้าง

โครงการอ่างเก็บน้ำทับเสลาจะเริ่มทำการก่อสร้างในปี พ.ศ. 2528 และคาดว่าจะแล้วเสร็จทั้งโครงการในปี พ.ศ. 2532 รวมเป็นระยะเวลา 5 ปี ใช้งบประมาณทั้งสิ้น 565 ล้านบาท

2.1.6 ประโยชน์ของโครงการ

1) ส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่บางส่วนในเขตอำเภอลานศักดิ์ อำเภอหนองฉาง และอำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี ได้ประมาณ 139,600 ไร่ ให้มีน้ำเพียงพอสำหรับใช้ทำนาได้ตลอดฤดูฝน

2) ส่งน้ำช่วยเหลือการปลูกพืชในฤดูแล้งได้ประมาณ 26,250 ไร่

3) ช่วยบรรเทาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในเขตลุ่มแม่น้ำสะแกกรังให้ลดน้อยลง

4) จะติดตั้งกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 1,000 กิโลวัตต์ ซึ่งได้ประมาณปีละ 5.06 ล้านกิโลวัตต์/ ชั่วโมง

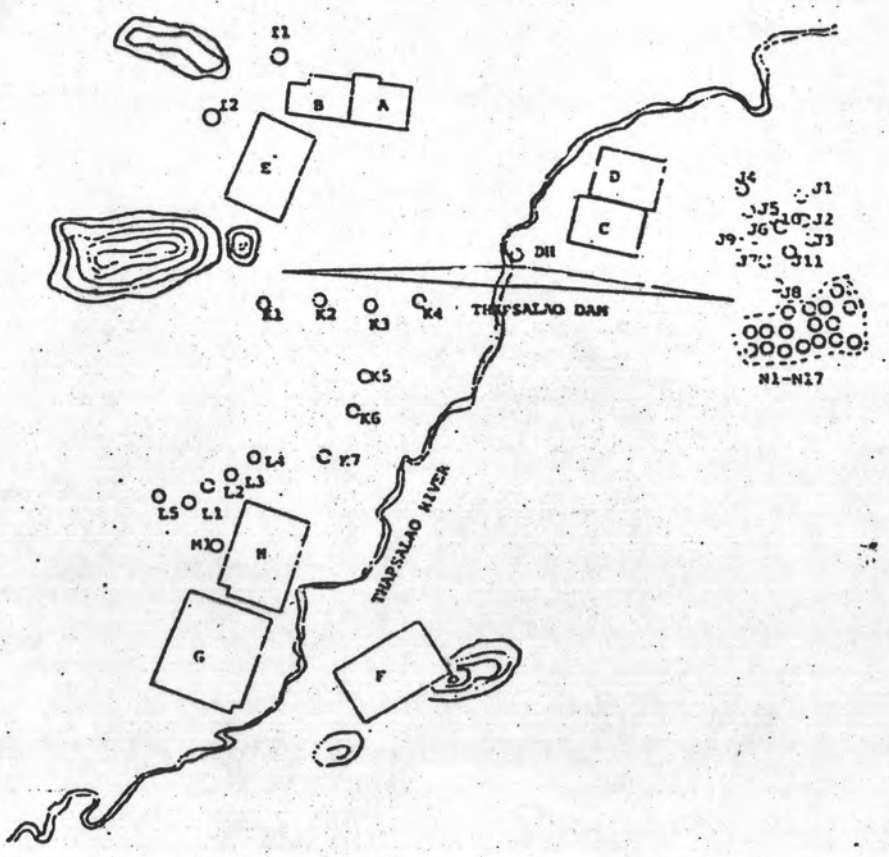
5) อ่างเก็บน้ำใช้เป็นแหล่งขยายพันธ์ปลาน้ำจืดและเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของราษฎรในเขตจังหวัดอุทัยธานีและใกล้เคียง

6) ช่วยให้ฐานะความเป็นอยู่ของราษฎรที่ได้รับประโยชน์จากโครงการประมาณ 8,000 ครอบครัวมีสภาพความเป็นอยู่ดีขึ้น

2.2 <u>การสำรวจทางปฐพีและธรณีวิทยาก่อนการก่อสร้าง</u>

ก่อนจะทำการสร้างเขื่อน จะต้องทำการสำรวจทดสอบดินเพื่อใช้ในการก่อสร้างตัวเขื่อน, วัดหาข้อมูลทางเทคนิคและข้อมูลที่ต้องการสำหรับฐานรากที่เป็นดินหลวม

2.2.1 <u>การเก็บตัวอย่าง</u> (Sampling) จุดตำแหน่งบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินสำหรับวัสดุทำตัวเขื่อนและฐานราก ดังแสดงในรูปที่ 2.5



<u>รูปที่</u> 2.5 แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดิน
(Soil Sampling points for embankment and foundation)

2.2.2 วิธีการทดสอบ จะแบ่งออกเป็น 3 วิธีด้วยกัน คือ

2.2.2.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

2.2.2.2 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของดิน

2.2.2.3 การทดสอบค่าความซึมผ่านได้ของดิน

2.2.2.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ซึ่งมีวิธีการทดสอบและจำนวนครั้งการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของการทดสอบและจำนวนครั้งการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์

Item	Numbers of tests piece
Moisture content test	59
Atterberg limits	186
specific gravity test of soil particle	44
Grain size analysis	257

2.2.2.2 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของดิน ซึ่งชนิดของการทดสอบได้แก่

1) ทดสอบการบดอัด (Compaction Test) โดยใช้

- ขนาดคละที่ใหญ่ที่สุด 4.76 มิลิเมตร
- พลังงานที่ใช้ในการบดอัด 12.400 ฟุต-ปอนด์/ฟุต^3

015344

2) ทดสอบ Triaxial Compaction Test ได้แก่

Unconsolidated Undrained Test (UU-Test) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงเสถียรภาพและค่าความปลอดภัยของเขื่อนในระหว่างการก่อสร้างและหลังจากการก่อสร้างเสร็จไม่นานนัก

Consolidated Undrained Test (Cu-Test) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมต่าง ๆ และค่าความปลอดภัยเมื่อมีน้ำอยู่ในอ่างเก็บน้ำ

Consolidated Drained Test (CD-Test) การทดสอบนี้ประยุกต์เพื่อใช้วิเคราะห์ถึงพฤติกรรมและค่าความปลอดภัยของเขื่อนเมื่อสมมติให้แรงดันโพรงกระจายออกไปอย่างสมบูรณ์จากฐานรากและตัวเขื่อนภายใต้สภาวะปกติ

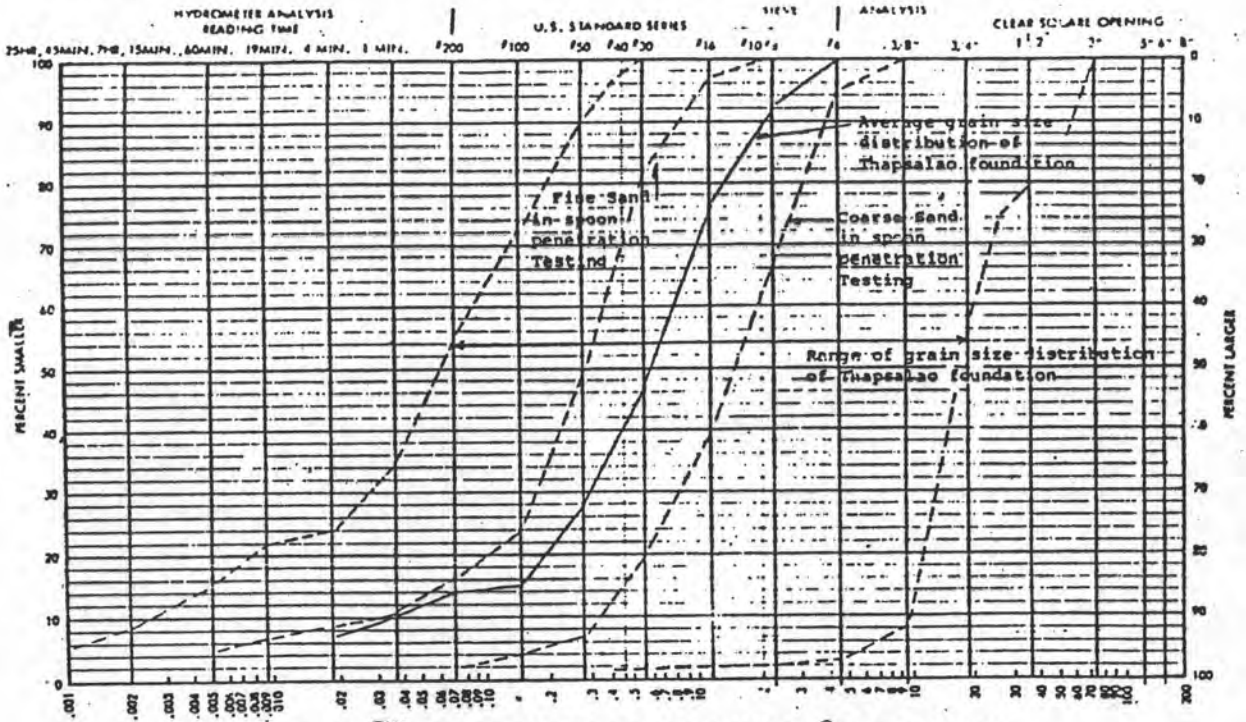
2.2.2.3 การทดสอบหาค่าความซึมผ่านได้ของดิน วิธีการทดสอบหาค่าความซึมผ่านได้โดยวิธี Falling Head สำหรับวัสดุที่นำมาใช้ในการทำตัวคันกั้นน้ำ (Embankment) และใช้วิธี Constant Head สำหรับวัสดุที่ใช้นำฐานราก

2.2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน

2.2.3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ทางฟิสิกส์

จากคุณสมบัติพื้นฐานของดินทำการแยกประเภทของดินโดยวิธี Unified Soil Classification ในพื้นที่เจาะสำรวจ A, B, C, D, J, N, O, P, Q พบว่าดินเป็นดินตะกอนปนทราย (Silty Sand) และเป็นดินเหนียวปนทราย (Clayey Sand) ในพื้นที่เจาะสำรวจ F, I, K, L ตามลำดับ และบริเวณฐานรากจะเป็นกรวดปนทราย (Gravelley Sand) ดังนั้น ในการทำตัวเขื่อน ดินที่เหมาะสมสำหรับทำโซนที่ 2 ได้แก่ ดินบริเวณพื้นที่ A, B, C, D, I, N, O, P และ Q และดินที่เหมาะสมสำหรับถมทำโซนที่ 1 บริเวณพื้นที่ F, I, K, L

โค้งการกระจายของขนาดคละ (Grain Size Distribution Curve) ของฐานราก แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โค้งการกระจายของขนาดคละบริเวณฐานราก

2.2.3.2 ผลการทดสอบการบดอัด จากเส้นโค้งการกระจายของขนาดคละ นำดินที่มีขนาดคละต่าง ๆ กันมาทำการทดสอบการบดอัด เพื่อหาคุณสมบัติทางกลของดิน โดยใช้ดินจากหลุมเจาะ TPK_1, TPK_3, TPL_1, TPL_3, สำหรับโซนที่ 1 และดินจากหลุมเจาะ TPJ_5, TPN_{10}, TPN_{17}, สำหรับโซนที่ 2 ซึ่งผลการอัดแน่นแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 จากผลการทดสอบในโซนที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัด (Optimum Moisture Content) เท่ากับ 11.15% ความหนาแน่นสูงสุด $(rd)_{max}$ เท่ากับ 1.916 กรัม/ซม.^{3} ในโซนที่ 2 เปอร์เซนต์ความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัดเท่ากับ 12.30% ความหนาแน่นสูงสุด $(rd)_{max}$ 1.817 กรัม/ซม.^{3} ตามลำดับ สำหรับบริเวณฐานรากค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 1.769 กรัม/ซม.^{3} ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่ำสุดเท่ากับ 1.506 กรัม/ซม.^{3}

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบการบดอัด

	Boring No.	Maximum dry density (g/cm³)	Optimum moisture content (%)	95% dry density of maximum dry density (g/cm³)	Moisture content at wet side corresponds to 95% (%)
Zone I	TPL-3	1.930	12.2	1.834	15.9
Zone II	TPJ-5	1.895	10.7	1.800	14.7
	Boring No.	Maximum dry density (g/cm³)	Optimum moisture content (%)	98% dry density of maximum dry density (g/cm³)	Moisture content at wet side corresponds to 98% (%)
Zone I	TPL-3	1.930	12.2	1.891	12.2
	TPK-1	1.920	10.5	1.882	10.5
	TPK-3	1.925	11.4	1.887	11.4
	TPL-1	1.890	10.5	1.852	10.5
Zone II	TPJ-5	1.895	10.7	1.857	10.7
	TPN-10	1.942	11.0	1.903	11.0
	TPN-17	1.775	15.0	1.740	15.0

2.2.3.3 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิความซึมผ่านได้

จากค่าสัมประสิทธิความซึมผ่านได้ของฐานรากและตัวเขื่อน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 สามารถสรุปได้ ดังนี้คือ

1) บริเวณฐานรากจะเป็นดินพวกกรวดปนทราย (Gravelley Sand) ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความซึมผ่านได้สูง โดยมีช่วงของ ส.ป.ส. ความซึมผ่านได้จาก 1.26×10^{-2} ซม./วินาที เมื่อมีความหนาแน่นสัมพัทธ์ 30% ถึง 2.2×10^{-2} ซม./วินาที เมื่อมีความหนาแน่นสัมพันทธ์ 70%

2) บริเวณโซนที่ 1 จะเป็นดินพวกดินเหนียวปนทราย (SC.) ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความซึมผ่านได้ต่ำโดยมีช่วงระหว่าง 5.76×10^{-8} ซม./วินาที จนถึง 6.51×10^{-7} ซม./วินาที

3) บริเวณโซนที่ 2 จะเป็นดินพวกดินตะกอนปนทราย (S.M) ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความซึมผ่านได้ต่ำโดยมีช่วงระหว่าง 2.21 x 10^{-8} ซม./วินาที จนถึง 2.31 x 10^{-7} ซม./วินาที

ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT
DIVISION OF RESEARCH AND LABORATORY
PERMEABILITY TEST RESULT

Project : TASSALO DAM
Location - - Alemo.
Date
Zone I and zone II Checked Pg.

TEST NO.	SAMPLE NO.	DEPTH m	METHOD OF COMPACTED	INITIAL TEST DRY DENSITY t/m³	INITIAL TEST WATER CONTENT %	INITIAL TEST VOID RATIO	INITIAL TEST SATURATION %	FINAL WATER CONTENT %	SOIL GROUP	VALUES OF PERMEABILITY K cm/sec
1	TPF-1	0.00-2.50	95% Std. max. AT OMC.	1.882	10.8	0.443	66.0	11.9	SC	5.736 x 10^{-8}
2	TPK-3	0.00-1.50	"	1.887	8.3	0.447	68.0	12.0	SC	6.053 x 10^{-8}
3	TPK-6	2.10-4.00	"	2.012	8.6	0.337	66.0	9.1	SC	2.283 x 10^{-8}
4	TPL-1	0.00-2.50	"	1.851	11.1	0.464	64.8	13.3	SC	6.314 x 10^{-7}
5	TPL-3	1.70-4.00	"	1.891	13.0	0.434	78.7	14.2	SC	6.810 x 10^{-8}
6	TPJ-5	1.50-3.30	95% Std. max. AT OMC	1.600	12.3	0.500	66.4	13.8	SM	2.306 x 10^{-6}
7	TPJ-11	0.00-1.80	"	1.896	8.8	0.445	54.2	10.4	SM-SC	4.297 x 10^{-7}
8	TPH-4	0.00-0.50	"	1.811	12.1	0.502	65.6	13.8	SM	6.530 x 10^{-7}
9	TPH-10	1.20-2.30	"	1.844	11.3	0.497	62.7	12.8	SM	5.259 x 10^{-8}
10	TPH-17	1.50-2.20	"	1.686	15.9	0.625	69.7	18.4	SM	3.814 x 10^{-6}
11	Foundation	——	30% Dr	1.583	16.1					12.4 x 10^{-2}
12	Foundation	——	70% Dr	1.698	16.1					2.2 x 10^{-2}

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบค่า ส.ป.ส. ความซึมผ่านได้

2.3 เกณฑ์ความแน่นในการอัดแน่นทรายฐานราก

จากการพิจารณาทางด้านการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน และผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว ผู้ออกแบบได้กำหนดความแน่นของชั้นทรายบริเวณดังกล่าวโดยวิธีการตอกแบบมาตรฐานให้มีค่าความแน่นไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

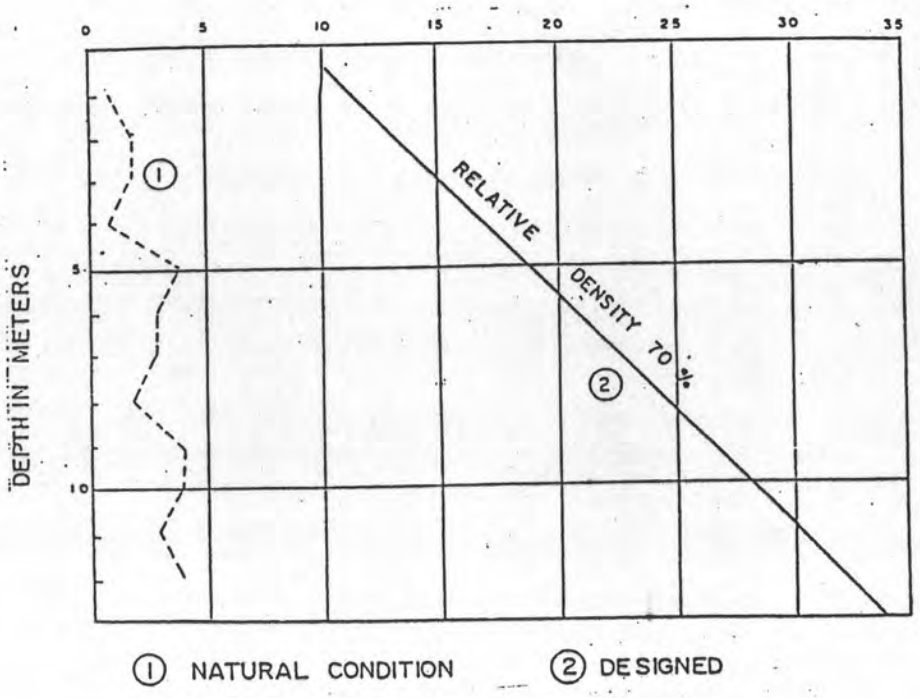
N = 15 ที่ความลึกไม่เกิน 3.00 เมตร จากผิวบน

และ N = 15 + 2 (i-3) ที่ความลึกเกินกว่า 3.00 เมตร

เมื่อ i = ความลึกจากผิวบน หน่วยเป็นเมตร

การทดสอบจะกระทำที่บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างจุดตอก หรือ จุดที่มีผลจากการอัดแน่นน้อยที่สุด โดยจะกระทำการทดสอบประมาณ 1 จุด ต่อพื้นที่ 200 ตารางเมตร โดยทางกรมชลประทานจะเป็นผู้กำหนดจุดทดสอบ ภายหลังจากการอัดแน่นเสร็จ ในแต่ละจุดทดสอบ จะต้องทดสอบทุกระยะความลึก 1.00 เมตร จากผิวบนจนถึงชั้นหินโดยค่า N ที่ได้ในทุกระยะทดสอบจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดข้างต้น

หากผลการทดสอบการอัดแน่นไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด จะต้องทำการอัดแน่นทรายบริเวณนั้นใหม่ (1 จุดต่อพื้นที่ 200 ตารางเมตร) ซึ่งถ้าชั้นทรายที่มีความแน่นน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอยู่ที่ความลึกไม่เกิน 3.00 เมตร จากผิวบนอาจจะใช้ รถบดชนิดล้อเรียบบดอัดแน่นทราบบริเวณดังกล่าวได้และอนุญาตให้ใช้การเลื่อนตำแหน่งเจาะ (OFF Set) ได้ในบริเวณพื้นที่รอบหลุมเจาะห่างจากจุดตอกทดสอบเดิมไม่เกิน 1.50 เมตร



รูปที่ 2.7 แสดงเกณฑ์ความแน่นที่กำหนดในการอัดแน่นทรายฐานราก

2.4 การทดสอบความแน่นโดยการตอกแบบมาตรฐาน

2.4.1 คำจำกัดความ (Definition)

เนื่องจากไม่สามารถเก็บและทดสอบ ตัวอย่างทรายที่ไม่ถูกรบกวนได้ จึงมีการคิดค้นการทดสอบกำลังการรับน้ำหนักบรรทุกของทรายในที่ชั้น (In Situ Test) การทดสอบที่นิยมวิธีหนึ่งคือ การตอกแบบมาตรฐาน (Standard Penetration Test) ซึ่งเริ่มต้นและพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ปี 1920 การทดสอบจะใช้กระบอกแบบผ่าซีก (Split Barrel Sampler) ดังรูปที่ 2.9 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2 นิ้ว ภายใน 1.3/8 นิ้ว ตอกลงไปในหลุมเจาะ ซึ่งเจาะที่ระยะทดสอบและทำความสะอาดก้นหลุมเรียบร้อยแล้ว ลูกตุ้มที่ใช้ตอกจะมีน้ำหนักมาตรฐาน 140 ปอนด์ ยกสูง 30 นิ้ว แล้วปล่อยให้ตกลงมาอย่างอิสระมาตามก้านนำกระทบกับก้านเจาะ ซึ่งจะถ่ายแรงไปยังกระบอกเจาะที่ความลึกที่ทดสอบ เมื่อตอกกระบอกลงไปจะแบ่งระยะการจมของกระบอกออกเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 6 นิ้ว นับจำนวนครั้งของการตอกที่ทำให้กระบอกจมลงไปในดินทุก ๆ 6 นิ้ว จำนวนครั้งของการตอก 12 นิ้ว สุดท้าย จะเป็นค่า N (SPT-N Value) ซึ่งจะนำค่านี้มาประมาณค่าความสามารถรับน้ำหนักของดินต่อไป

การทดสอบโดยวิธีการตอกแบบมาตรฐานนี้ ปัจจุบันนิยมใช้ทดสอบทั้งทราย และดินเหนียวที่มีความแน่นมาก ๆ ได้แก่ พวก Stiff Clay, Very Stiff Clay และ Hard Clay ซึ่งอาจจะคาดหมายคุณสมบัติของดิน เช่น ความแน่น, มุมเสียดทานภายใน, กำลังรับแรงเฉือน เป็นต้น

2.4.2 วิธีการเจาะ (Boring)

1) การเจาะทำเป็นช่วง ๆ เพื่อให้มีโอกาสหยุดเก็บตัวอย่างช่วงทดสอบและจุดทดสอบปกติจะถูกกำหนดโดยวิศวกร หรือนักธรณีวิทยาที่ควบคุมงาน โดยทั่วไปในกรณีที่ชั้นดินเป็นชนิดเดียวกันช่วงทดสอบจะกระทำที่ระยะ 5 ฟุต (1.5 เมตร) หรือน้อยกว่านี้และทดสอบที่ทุกระยะชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลง

2) วิธีการเจาะแบบใด ๆ ก็ตามที่สามารถให้หลุมเจาะปราศจากเศษดินค้างในหลุม และเป็นหลุมที่ไม่พังขณะหย่อนกระบอกเก็บตัวอย่างลงไปและให้ความมั่นใจได้ว่าการตอกทดสอบกระทำในชั้นดินที่ไม่ถูกรบกวนให้ถือว่าทำการเจาะได้ การพิจารณาเลือกวิธีการเจาะวิธีใดควรพิจารณาถึงสภาพของดินด้วย

วิธีการเจาะที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ได้มีการทดสอบแล้วว่าใช้ได้กับดินบางประเภท

2.1 การเจาะแบบหลุมเปิด (Openhole Rotary Drilling)

2.2 ออร์เกอร์ก้านกลวงแบบเป็นเกลียวตลอดความยาว (Contineous Flight Hollow Stem Auger)

2.3 การเจาะล้าง (Wash Boring)

2.4 ออร์เกอร์ก้านตันแบบเป็นเกลียวตลอดความยาว (Contineous Flight Solid Auger)

3) มีวิธีการเจาะหลายชนิดที่ไม่เป็นที่นิยมให้ใช้ ได้แก่ การกระทุ้งและอัดฉีดด้วยน้ำ (Jet) ผ่านกระบอกเก็บตัวอย่างจนถึงระดับที่ต้องการแล้วทำการเก็บตัวอย่างโดยวิธีออร์เกอร์ก้านตันแบบเป็นเกลียวตลอดความยาว ห้ามใช้ในการเจาะที่มีระดับต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน หรือต่ำกว่าระดับชั้นปิดกั้น (Confining Bed) เหนือชั้นทรายซึ่งอยู่ภายใต้ความดันของน้ำใต้ดิน

ห้ามลงปลอกต่ำกว่าระดับที่ต้องการตอกทดลอง ห้ามใช้หัวเจาะที่มีการอัดฉีดน้ำออกทางด้านล่างของหัวเจาะ ห้ามใช้กระบอกเก็บตัวอย่างเป็นอุปกรณ์เจาะต่อเนื่องจากการตอกทดลอง

4) ต้องรักษาระดับน้ำในหลุมเจาะ หรือในก้านเจาะแบบกลวงให้เท่ากับหรือมากกว่าระดับน้ำใต้ดินตลอดเวลาที่ทำการเจาะ, ถอนก้านเจาะ หรือทำการตอกทดลองและเก็บตัวอย่าง

2.4.3 <u>วิธีการเก็บตัวอย่างและการตอกทดสอบ</u> (Sampling and Testing Procedure)

1) หลังจากการที่ทำการเจาะถึงระดับที่ต้องการแล้ว และได้ทำการเป่าไล่เศษดินหินออกจากหลุมแล้ว ให้เตรียมการทดสอบตามลำดับต่อไปนี้คือ

1.1 ต่อกระบอกเก็บตัวอย่างเข้ากับก้านเจาะแล้วหย่อนลงไปในหลุมเจาะ ห้ามปล่อยให้กระบอกหล่นลงใส่ดินก้นหลุม

1.2 จัดลูกตุ้มตอกทดลองและแท่นตอกทดลองให้เข้าที่เหนือก้านตอกทดลอง ข้อนี้อาจจะกระทำก่อน หัวข้อ 1.1 ก็ได้

1.3 ปล่อยก้านตอกทดสอบพร้อมชุดตุ้มตอกทดสอบให้กดลงไปในชั้นดินด้วยน้ำหนักของตัวมันเองแล้วทำการตอกย้ำ 1 ครั้ง ในกรณีที่มีเศษดินค้างอยู่ในหลุมให้ถอนชุดตอกทดสอบออกแล้วทำการเป่าไล่ดินบริเวณก้นหลุมก่อน

1.4 ทำเครื่องหมายบนก้านเจาะเป็น 3 ระยะต่อเนื่องกัน ห่างกันช่วงละ 6 นิ้ว (0.15 เมตร) เพื่อให้ดูระยะการตอกแต่ละช่วง 6 นิ้ว เป็นไปได้ง่าย

2) ตอกทดลองด้วยลูกตุ้มหนัก 140 ปอนด์ (63.5 กก.) ยกสูง 30 นิ้ว และนับจำนวนครั้งต่อการตอกลงไปในดินได้ 6 นิ้ว จนกว่าจะเกิดกรณีใด กรณีหนึ่งดังต่อไปนี้ขึ้น

2.1 จำนวนครั้งของการตอกเท่ากับ 50 ครั้งต่อช่วงจากการตอกทดสอบในช่วงใดช่วงหนึ่งจาก 3 ช่วง ตามหัวข้อ 1.4

2.2 จำนวนครั้งของการตอกทดสอบรวมกันแล้วเกินกว่า 100 ครั้ง

2.3 การตอกทดสอบไม่ลงเลย ต่อจำนวนครั้งที่ตอกต่อเนื่องกัน 10 ครั้ง

2.4 ตอกทดสอบลงไปได้ 18 นิ้ว (0.45 เมตร) โดยจำนวนครั้งของการตอกทดสอบไม่ตรงกับข้อกำหนดของ หัวข้อ 2.1, 2.2, 2.3 ข้อใดข้อหนึ่ง

3) จดบันทึกจำนวนครั้งของการตอกทดสอบของแต่ละช่วง 6 นิ้ว หรือเศษของช่วง ช่วงตอกทดสอบ 6 นิ้วแรกเป็นการตอกนำไม่นำมาคิดคำนวณผลรวมของการตอกทดสอบช่วง 6 นิ้วที่สองและสุดท้ายเรียกว่า มาตรฐานความต้านทานการตอก (Standard Penetration Resistance) หรือค่า N ถ้าหากว่าตอกลงไปได้ลึกไม่ถึง 18 นิ้ว เช่นในกรณีที่ 2.1, 2.2 หรือ 2.3 ให้บันทึกจำนวนครั้งของการตอกทดสอบทุก ๆ ระยะ 6 นิ้ว และเศษความลึกที่ไม่ครบ

6 นิ้วด้วยไว้ในบันทึกรายงานการเจาะทดสอบ การรายงานระยะความลึกสำหรับส่วนที่ไม่ครบ 6 นิ้ว ให้รายงานให้ถูกต้องใกล้เคียงถึง 1 นิ้ว พร้อมกับค่าการตอกทดลองด้วย ถ้าหากชุดตอกทดสอบจมลงไปในดินด้วยน้ำหนักของชุดอุปกรณ์ตอกทดสอบเองให้บันทึกลงไปในรายงานด้วย

4) การยกและปล่อยลูกตุ้มตอกทดลองจะต้องกระทำด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

4.1 ใช้ระบบสะดุด (Trip), อัตโนมัติ (Automatics) หรือกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatics) ซึ่งยกลูกตุ้ม 140 ปอนด์(63.5 กิโลกรัม) แล้วปล่อยจากระดับความสูง 30±1 นิ้ว โดยไม่มีการเสียดทานใด ๆ ต่อการปล่อย

4.2 ใช้ระบบ Cathead ในการดึงเชือกที่ผูกติดกับลูกตุ้ม ในกรณีนี้อุปกรณ์และการปฏิบัติงานจะต้องเป็นไปตามข้อต่อไปนี้

4.2.1 ตัว Cathead จะต้องสะอาดปราศจากฝุ่นดิน, น้ำมัน หรือน้ำมันเครื่อง และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 6 ถึง 10 นิ้ว (150 ถึง 250 มม.)

4.2.2 Cathead จะต้องหมุนเร็วไม่น้อยกว่า 10 รอบต่อนาทีหรือมิฉะนั้นจะต้องบันทึกความเร็วโดยประมาณของการหมุนไว้ในรายการการตอกทดลองด้วย

4.2.3 จำนวนรอบของการพันเชือกเพื่อทำการตอกทดลองจะต้องไม่เกิน 2 1/4 ผู้ปฏิบัติงานปกติจะต้องพันเชือกเท่ากับ 1 3/4 หรือ 2 1/4 รอบกรณีที่เชือกออกจากด้านล่างของ Cathead เป็นที่ทราบและยอมรับกันว่า การพันเชือกเท่ากับหรือมากกว่า 2 3/4 รอบ จะทำให้เกิดความฝืดขึ้น การปล่อยลูกตุ้มจึงไม่ควรใช้ในการทดสอบและควรรักษาเชือกให้อยู่ในสภาพที่แห้งสะอาดไม่เปื่อยลุ่ย

5) ให้ถอนหัวเก็บตัวอย่างขึ้นและเปิดออกจดบันทึกความยาวของตัวอย่างที่เก็บได้ บันทึกคุณสมบัติของดินได้แก่ องค์ประกอบ, สี, ชั้นดิน และสภาพของดิน แล้วให้เก็บตัวอย่างบางส่วนลงในภาชนะปิดผนึก โดยพยายามไม่ให้

เกิดการกระทบกระเทือนต่อชั้นดินตัวอย่าง ปิดฝาให้แน่นเพื่อป้องกันการระเหยของความชื้นในดิน ปิดท้ายรายการแสดงจุดสำรวจ, หมายเลขหลุม และระยะเก็บตัวอย่าง จำนวนครั้งของการตอกทดลองต่อทุกระยะ 6 นิ้ว (0.15 เมตร) ระมัดระวังไม่ให้ตัวอย่างกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างสูง ถ้าหากในช่วงเก็บตัวอย่างมีชั้นดินแตกต่างกันให้แยกเก็บตัวอย่างชั้นดินออกใส่ตัวอย่างละภาชนะ

2.4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) อุปกรณ์การเจาะ (Boring Equipment) อุปกรณ์การเจาะจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่สามารถให้หลุมเจาะที่ไม่มีเศษดินค้างอยู่ในหลุม เพื่อให้มั่นใจว่าการตอกทดลองได้กระทำในดินที่ไม่ถูกรบกวน อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีการพิสูจน์แล้วยอมรับใช้ได้กับสภาพดินบางชนิด มีดังต่อไปนี้

1.1 หัวเจาะแบบ Drag, Chopping และ Fish Tail ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2.2-6.5 นิ้ว (56.162 มม.) สามารถใช้กับการเจาะแบบ Open Hole Rotary หรือ Cashing Advancement เพื่อไม่ให้การเจาะรบกวนตัวอย่างดิน ให้ใช้หัวเจาะแบบพ่นน้ำทางข้างของหัวเจาะเท่านั้น ห้ามใช้หัวเจาะแบบพ่นน้ำลงด้านล่าง

1.2 หัวเจาะแบบ Roller-Cone ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2.2-6.5 นิ้ว (56-162 มม.) สามารถใช้กับการเจาะแบบ Open Hole Rotary หรือ Cashing Advancement ถ้าหากหัวเจาะเป็นแบบพ่นน้ำออกด้านข้าง

1.3 Hollow-Stem Contineous Flight Augers จะประกอบด้วย Central Bit Assembly หรือไม่ก็ได้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในช่องกลวงของ Auger จะต้องอยู่ระหว่าง 2.2-6.5 นิ้ว (56-126 มม.)

1.4 Solid-Contineous Flight และ Hand Auger หากเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.2-6.5 นิ้ว (56-126 มม.) สามารถใช้ได้ถ้าหากไม่เกิดการพังของผนังข้างหลุมเจาะในระหว่างการตอกทดลอง

2) กระบอกเก็บตัวอย่าง (Split Barrel Sampler) จะประกอบกันด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างผ่าซีกตามแนวแกนจะต่อเข้ากับ Cutting Shoe (ซึ่งเป็นเหล็กแข็ง สามารถทำการเปลี่ยนหรือซ่อมได้เมื่อเสื่อมหรือเกิดการชำรุด) ทางด้านล่างและต่อเข้ากับ Sampler Head ซึ่งมีรูให้อากาศออกทางด้านบน เมื่อต้องการเอาตัวอย่างออกจากกระบอกก็สามารถทำได้โดยแยกกระบอกออกเป็น 2 ซีก ก่อนทำการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง จะต้องทำความสะอาดและทาน้ำมันเคลือบบาง ๆ ทั้งผิวนอก ผิวในกระบอก

3) ชุดน้ำหนักส่ง (Driving Weight Assembly) อุปกรณ์ส่วนประกอบที่เป็นลูกตุ้มหนัก (Hammer) ส่วนควบคุมการตกของลูกตุ้ม ตัวทั่งรับการตอก (Anvil) และอุปกรณ์ปล่อยลูกตุ้ม (Drop Hammer System)

3.1 ลูกตุ้มน้ำหนักและตัวทั่งรับการตอกจะต้องหนัก 140±2 ปอนด์ จะต้องเป็นโลหะแกร่งและดันตัวลูกตุ้มจะต้องตอกลงบนแท่นและกระทบกับแท่นโดยตรง จะต้องมีตัวควบคุมการตกของลูกตุ้ม (Hammer Falling Guide) เพื่อควบคุมการตกให้เป็นอย่างอิสระ ลูกตุ้มที่ใช้กับการตอกแบบ Cathead และ Rope จะต้องมีช่วงที่สามารถยกลูกตุ้มเลยระดับไปได้ไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว (100 มม.) โดยไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติการควรใช้ลูกตุ้มแบบมีแท่นรับการตอกในตัว และตัวควบคุมการตกที่ใช้ควรมีขีดกำหนดไว้ เพื่อเป็นการที่จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ตรวจสอบบอกความสูงของการปล่อยลูกตุ้มได้

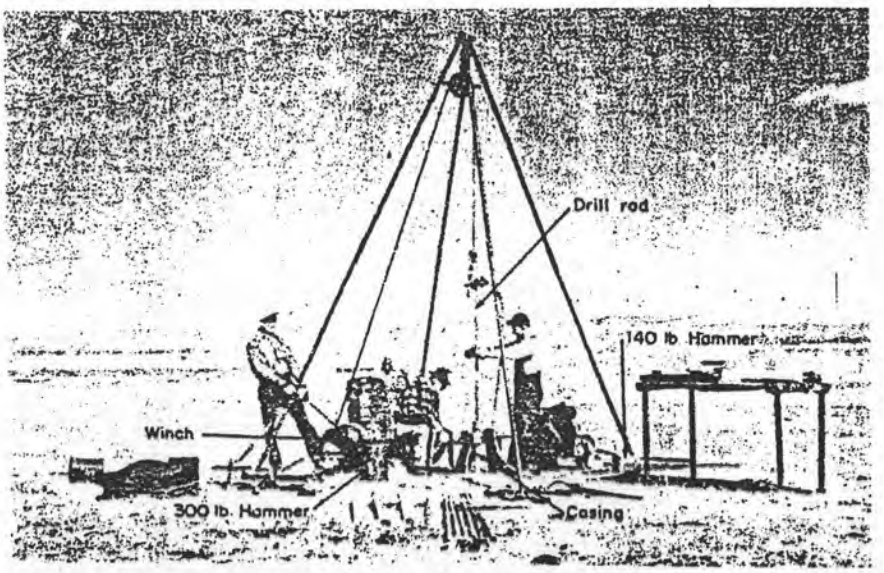
3.2 อุปกรณ์ปล่อยลูกตุ้ม (Hammer Drop Assembly) ซึ่งผู้ตอกทดสอบใช้ในการยกและปล่อยลูกตุ้ม อาจจะเป็นชนิด Rope-Cathead, Trip, Semi-Automatic หรือ Automatic ก็ได้ ซึ่งต้องไม่ก่อให้เกิดการทะลวงของกระบอกเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาคาบเกี่ยวหรือยกลูกตุ้มขึ้น

4) ก้านเจาะ (Sampling Rod) ก้านเจาะสำหรับตอกทดสอบต้องเป็นก้านเจาะแบบ Flush-joint Steel ตัวก้านเจาะจะต้องมีความแข็ง (Stiffness) เท่ากับหรือมากกว่าความแข็งของก้านเจาะขนาด A ก้านเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 1 3/8 นิ้ว (45.2 มม.) และเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1 1/8 นิ้ว (28.5 มม.) ก้านเจาะชนิด A จะนำมาใช้เมื่อเจาะสำรวจชั้นดินตื้น ๆ ความลึกน้อยกว่า 35 ฟุต มาตรฐานที่ใช้คือก้าน

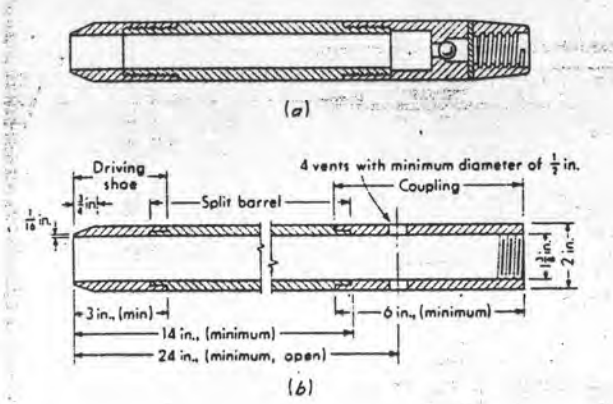
เจาะชนิด B ซึ่งแนะนำให้ใช้ได้กับทุกงาน สำหรับชนิด N (น้ำหนักน้อยกว่า 5 ปอนด์ต่อฟุต) ไม่แนะนำให้ใช้เพราะเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่เกินไป

5) ปลอก (Cashing) จะต้องการใช้เมื่อทดสอบดินหลวม หรือทำการเจาะแบบเจาะล้าง ซึ่งปลอกควรมีขนาดใหญ่กว่ากระบอกเก็บตัวอย่างเล็กน้อย

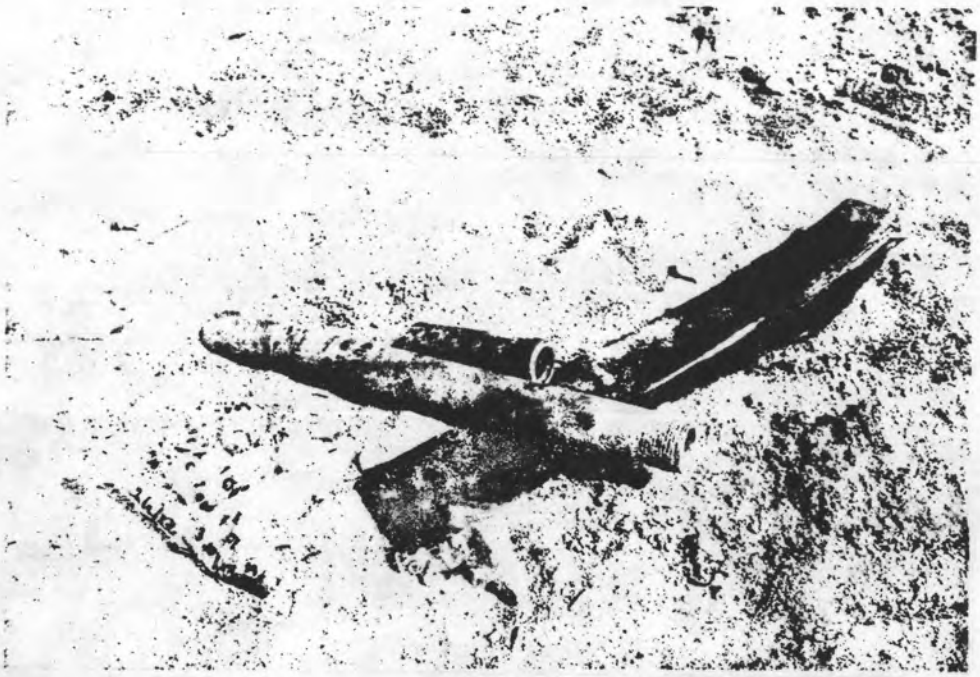
6) อุปกรณ์ประกอบ เช่น ป้ายตัวอย่าง, ที่บรรจุตัวอย่าง, กระดาษกรองช้อมูลและอุปกรณ์วัดระดับน้ำใต้ดิน เป็นต้น



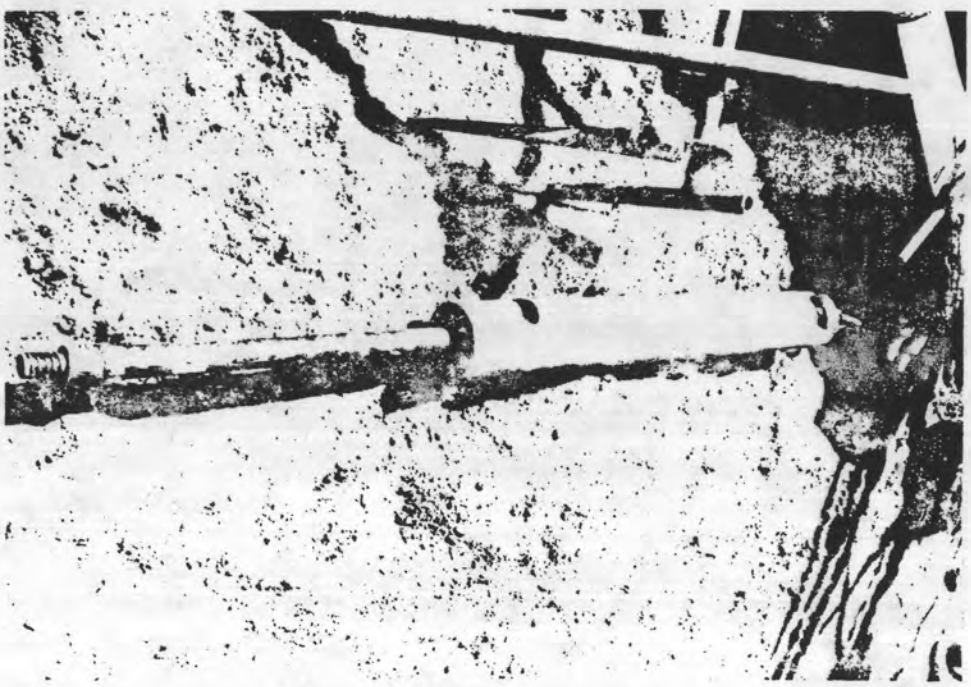
รูปที่ 2.8 การทดสอบหาความแน่นทรายโดยวิธีการตอกแบบมาตรฐาน



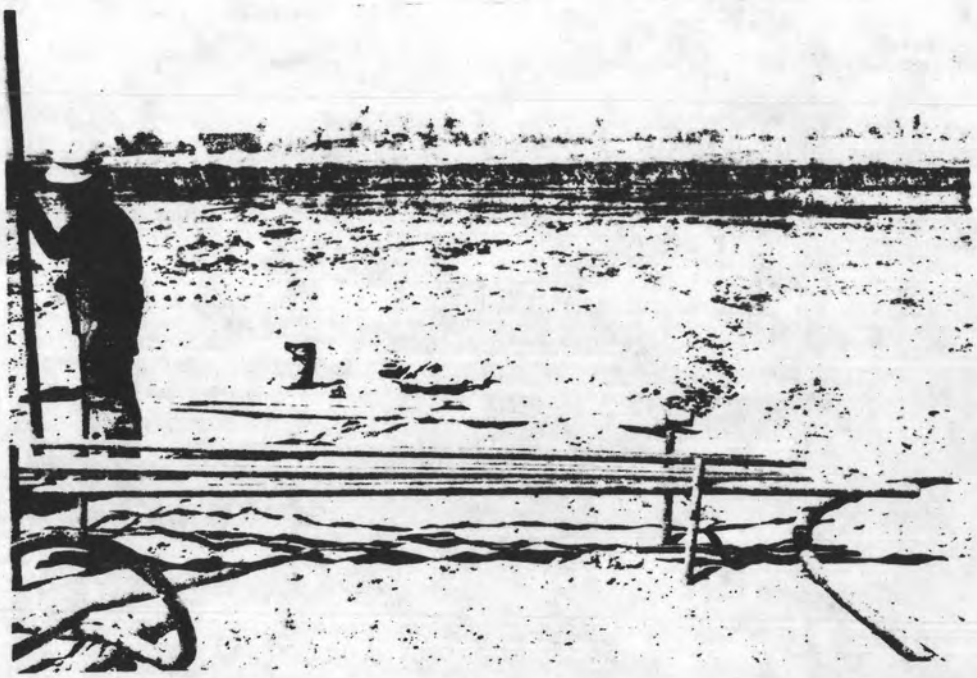
รูปที่ 2.9 แสดงขนาดและหน้าตัดของกระบอกเก็บตัวอย่างแบบผ่าซีก



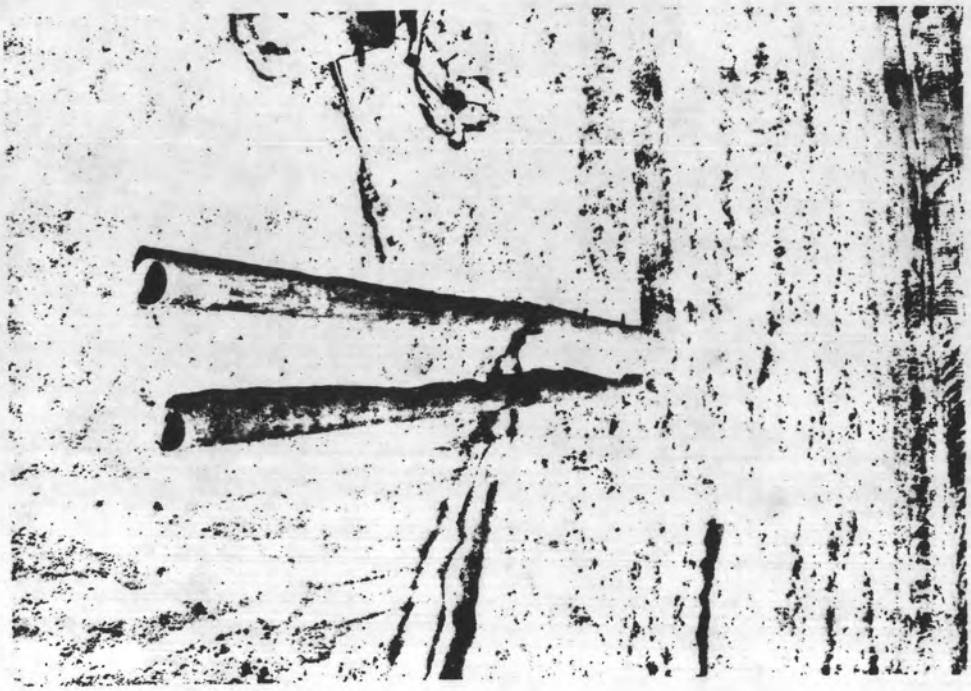
รูปที่ 2.10 หัวเจาะและกระบอกเก็บตัวอย่างแบบผ่าซีก



รูปที่ 2.11 ลูกตุ้มมาตรฐานหนัก 140 ปอนด์



รูปที่ 2.12 ก้านเจาะ (Drill Rod)



รูปที่ 2.13 ปลอก (Cashing)

2.4.5 ความคลาดเคลื่อนและข้อบกพร่องในทางปฏิบัติ

ค่าความแปรปรวนโดยธรรมชาติในการทดสอบส่วนใหญ่จะเกิดจากมนุษย์ทำให้เกิดขึ้น และเกิดจากเครื่องมือที่ใช้และวิธีการใช้ตัวประกอบที่มีผลต่อค่า SPT-N Value เหล่านี้จะต้องทำการกำจัดเสีย เพื่อให้ค่าที่ได้ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ดังนั้นในระหว่างการตอกและการเจาะ สิ่งที่จะเป็นอย่างยิ่งในการปฏิบัติโดยทั่วไป จะต้องมีผู้สังเกตการณ์หรือผู้ควบคุมงานเป็นวิศวกรธรณี (Geotechnical Engineering) หรือผู้รู้เรื่องธรณีวิทยาในสนามและในระหว่างช่วงการขุดเจาะและตอกทดสอบ ผู้ควบคุมจะต้องควบคุมการกระทำการทดสอบให้ได้มาตรฐาน ตรวจสอบและรักษาแกนตัวอย่าง และท่อนของหลุมเจาะ สิ่งที่พบเห็นผิดสังเกตในระหว่างทำการเจาะหรือตอกทดสอบจะต้องทำการบันทึกไว้ สำหรับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ทำให้ผลลัพธ์เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบในดินชนิดเดียวกันมีดังต่อไปนี้คือ

1) ความสูงระยะตอกไม่สม่ำเสมอเท่ากับ 30 นิ้ว ทุกครั้ง ถ้าตอกสั้นกว่าจะทำให้ค่า N สูงขึ้น สำหรับอัตราการตอกก็จะมีค่า N ต่ำเช่นกัน จากการศึกษา โคแวคส์ (Kovacs) ได้เสนอว่าอัตราการตอกไม่ควรเกินกว่า 15 ครั้งต่อนาที

2) การจำกัดการตกอย่างอิสระของน้ำหนัก คือ เมื่อลูกตุ้มน้ำหนักตกลงมาจะดึงเอาเชือกที่ติดกับมันมาจากมือหมุน (Winch) โดยม้วนผ่านรอก ถ้าผู้ปฏิบัติงานไม่ปล่อยเชือกอย่างสมบูรณ์จะเกิดแรงฉุดกระชากกลับ ทำให้เป็นการจำกัดการตกอย่างอิสระ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มจำนวนครั้งการตอก

3) เชือกที่ใช้ผูกทำเป็นเชือกเก่าจะทำให้เกิดแรงถ่วงมากกว่าเชือกใหม่ และจำนวนรอบของเชือกที่ผูกก็มีผลต่อความฝืดในการตอกอย่างอิสระมากเช่นกัน

4) การสึกกร่อนเสียหายของหัวเจาะก็จะเป็นการเพิ่มจำนวนครั้งของการตอก

5) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ที่ทำการเจาะทำความสะอาดหลุมได้ไม่ถึงระดับปลอก และทำการตอกเลยโดยที่ก้นหลุมอยู่เหนือระดับปลอก ดังนั้นแรงต้านจากปลอกจะเป็นการเพิ่มจำนวนครั้งของการตอก ขณะที่จำนวนครั้งการตอกน้อย ๆ ถ้ามีวัสดุจำพวกตะกอนแข็งตกตะกอนอยู่ก้นหลุม เมื่อเก็บตัวอย่างและตอกครั้งต่อไปจะเก็บพวกนี้เข้ามาด้วย ทำให้ดินตัวอย่างถูกอัดแน่นขึ้น จึงเป็นการเพิ่มจำนวนครั้งการตอก

6) เมื่อทำการเจาะดินทรายหยาบ (Granular Soils) ใต้ระดับน้ำใต้ดิน ต้องทำให้น้ำในหลุมเจาะอยู่ในสภาพเดียวกับระดับน้ำใต้ดินเดิม ถ้าไม่สามารถทำได้น้ำใต้ดินจะไหลเข้ามาทางก้นหลุม ซึ่งจะทำให้ดินหลวมขึ้นในการทดสอบ จากผลอันนี้ทำให้จำนวนครั้งของการตอกต่ำลง

7) เมื่อมีกรวดขนาดใหญ่เกินกว่าจะเข้าไปในกระบอกเก็บตัวอย่างทับถมปะปนอยู่ จะเป็นการขัดขวางต่อการตอกทำให้จำนวนครั้งของการตอกเพิ่มขึ้น

8) ความยาว, ขนาด และน้ำหนักของก้านเจาะก็มีผลกระทบต่อค่า N ด้วยเช่นกัน การสะบัดของการเจาะจะมีแนวโน้มทำให้พลังงานในการส่งกระบอกตัวอย่างลดลง (ในกรณีที่ก้านเจาะยาว) ดังนั้นจำนวนครั้งของการตอกจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำหนักของก้านเจาะก็จะเพิ่มขึ้นตามความยาว ซึ่งเป็นผลให้จำนวนครั้งของการตอกลดลง จากผลกระทบทั้งสองจะสมดุลย์ซึ่งกันและกัน หรือมีผลน้อยมาก เมื่อเทียบกับน้ำหนักบรรทุก

2.4.6 <u>ความสัมพันธ์ระหว่าง SPT-N Value กับความหนาแน่นสัมพัทธ์</u>

ในการหาความแน่นของทรายหรือกรวดปนทราย มักจะถูกกำหนดอยู่ในรูปแบบของความหนาแน่นสัมพัทธ์ เพราะว่าให้ค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความลึก โดยค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์นี้สามารถนำไปประมาณหาค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น กำลังต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength), การยุบตัว, กำลังการรับน้ำหนักบรรทุก, ฯลฯ นอกจากนั้นยังพบว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องของสภาวะสภาพเหลวของฐานรากที่เป็นทราย หรือกรวดปนทรายของเขื่อนที่ถูกกระทำโดยแผ่นดินไหวหรือสภาพการสั่นอื่น ๆ

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ถูกกำหนดโดยอัตราส่วนความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนโพรงของ Cohesiveless Soils ในขณะหลวมที่สุด (e_{max}) กับอัตราส่วนโพรงในที่ (e) กับความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนโพรงในขณะหลวมที่สุด (e_{max}) กับอัตราส่วนโพรงในขณะแน่นที่สุด (e_{min}) สมการจึงออกมาได้เป็น

$$Dr = \frac{emax - e}{emax - emin} * 100\% \quad .....(2.1)$$

หรือสามารถแสดงในเทอมของความหนาแน่นแห้งได้เป็น

$$Dr = \frac{(rd)_{max}\ (rd-rd_{min})}{rd(rd_{max}-rd_{min})} * 100\% \quad .....(2.2)$$

ดังนั้นในขณะดินแน่นที่สุด ความหนาแน่นสัมพัทธ์จะเท่ากับ 100% ในขณะดินหลวมที่สุดความหนาแน่นสัมพัทธ์จะเท่ากับ 0% ซึ่งค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์นี้จะเป็นตัวชี้บอกถึงสภาพความแน่นโดยทางทฤษฎี จึงไม่มีค่าต่ำกว่า 0% หรือมากกว่า 100% นอกเสียจากการเปลี่ยนขนาดคละ (Gradation) แต่ในการหาความแน่นสัมพัทธ์ในทรายหรือพวก Cohesionless Soil ในทางปฏิบัติทำให้ยากมากเพราะไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (Undisturb Samples) ได้ทำให้การหาค่าอัตราส่วนโพรงหรือความหนาแน่นแห้งในที่ทำไม่ได้ จึงทำการทดสอบหาค่า SPT-N Value แทนแล้วนำมาเปรียบเทียบกันภายหลัง Terzaahi & Peck (1948) ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง SPT-N Value กับค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของมวลดินหยาบ ไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.4

Empirical values for ϕ, D_r, and unit weight of granular soils based on the standard penetration number with corrections for depth and for fine saturated sands

Description	*Very loose*	*Loose*	*Medium*	*Dense*	*Very dense*
Relative density D_r	0 — 0.15	0.15 — 0.35	0.35 — 0.65	0.65 — 0.85	0.85 — 1.00
Standard penetration no. N	4	4 — 10	10 — 30	30 — 50	
Approx. angle of internal friction ϕ°†	25°–30°	27–32°	30–35°	35–40°	38–43°
Approx. range of moist unit weight, (γ) pcf	70–100‡	90–115	110–130	110–140	130–150

† After Meyerhof [9]. $\phi = 25 + 0.15D_r$ with more than 5 percent fines and $\phi = 30 + 0.15D_r$ with less than 5 percent fines. Use larger values for granular material with 5 percent or less fine sand and silt.

<u>ตารางที่ 2.4</u> แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า N กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของมวลดินทราย

ค่าของ SPT-N Value จะมากหรือน้อยคุณสมบัติเฉพาะตัวของดิน ได้แก่ ชนิด, รูปร่าง, ขนาดความแน่นของมวลดิน, สมบัติของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระดับน้ำใต้ดิน, น้ำหนักบรรทุก ประสิทธิผลเหนือจุดพิจารณา (Effective Overburden Pressure) นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับเครื่องมือ วิธีการทดสอบ, ผู้ดำเนินการทดสอบและการสูญเสียพลังงานระหว่างการตอกอันเนื่องมาจากระดับที่ต้องการตอกอยู่ลึกมาก ทำให้ต้องใช้ก้านเจาะยาวขึ้นบางครั้ง ข้อต่อระหว่างก้านเจาะไม่แน่น จึงเป็นเหตุให้สูญเสียพลังงาน จากสาเหตุต่าง ๆ ดังกล่าว ทำให้ต้องมีการปรับแก้ค่า SPT-N Value ที่ทดสอบได้ในสนามก่อนนำผลไปใช้ในการออกแบบหรือเปรียบเทียบต่อไป

ในปี 1957 Gibbs & Holtz ได้เสนอสมการสำหรับปรับแก้ค่า N อันมีผลกระทบเนื่องมาจากความดันเหนือจุดพิจารณาดังนี้

$$N = N'\left(\frac{50}{p + 10}\right) \qquad \text{.....(2.3)}$$

เมื่อ N = ค่า N ที่ปรับแก้แล้ว

p = ความดันเหนือจุดทดสอบ (Actual Overburden Effective Pressure โดย P < 40 ปอนด์/นิ้ว^2

นอกจากนั้น Gibbs และ Holtz ได้แสดงความสัมพันธ์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์กับค่าจำนวนครั้งการตอกต่อฟุตที่ความลึกต่าง ๆ ดังสมการที่ 2.4

$$D.R. = 21\sqrt{\frac{N}{\sigma v+0.7}} \qquad \text{.....(2.4)}$$

σ_v = ความดันเหนือจุดทดสอบ (กก./ซม.^{2})

ในปี ค.ศ. 1977 Marcusson & Bieganousky ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแน่นสัมพัทธ์กับ ค่า N ที่ความลึกต่าง ๆ ดังสมการ 2.5

$$D.R. = 0.086+0.0083\ [2311+222\ N - 711\ (OCR) - C_1\sigma_v]^{1/2} \qquad \text{.....(2.5)}$$

และต่อมาในปี ค.ศ. 1981 Fardis & Veneziano ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขสมการที่ 2.5 ใหม่เป็น

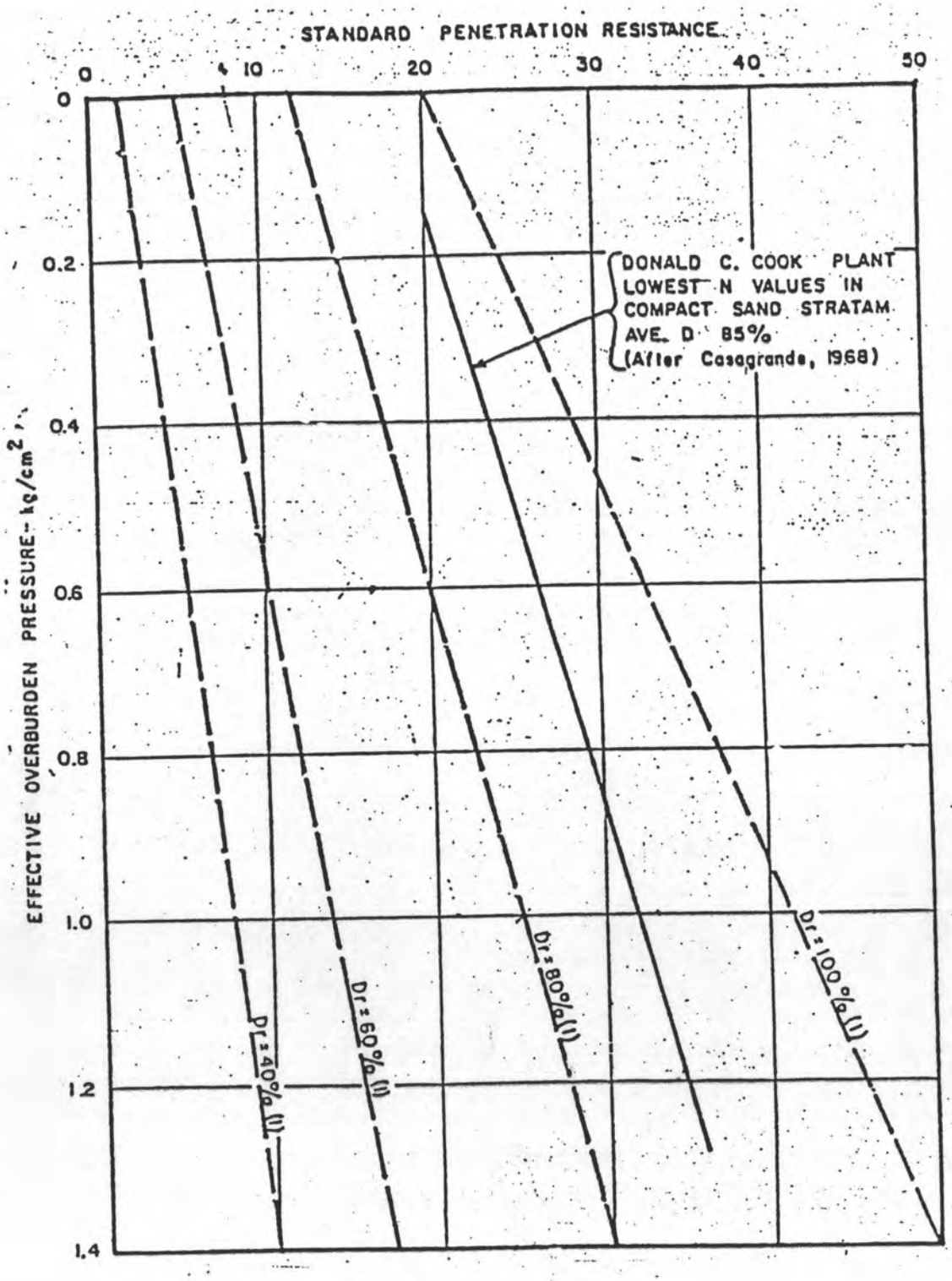
$$In.N = C_2+2.06\ In.Dr + C_3\ In\sigma_v \qquad \text{.....(2.5)}$$

เมื่อ

C_1 = 7.7 เมื่อ มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน/เมตร^2
= 53 เมื่อ มีหน่วยเป็น ปอนด์/นิ้ว^2

C_2 = ตัวประกอบเนื่องจากความลึก 2.67

C_3 = 0.222 เมื่อ มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน/เมตร^2
= 0.522 เมื่อ มีหน่วยเป็น ปอนด์/นิ้ว^2



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์กับจำนวนครั้งการตอกต่อฟุต (Gibbs & Holtz)

1030208h