



## บทที่ 4

## ผลการศึกษาและวิเคราะห์

ผลการวัดควบคุมความล้นสะเทือนและวัดระยะเวลาการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินที่ได้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้จากการวัดทดสอบในสนามทุกวันที่ได้มีการตอกเสาเข็มฐานรากของอาคารกวนตตะกอนหมายเลข 9 , 10 และอาคารกรองน้ำ ๕ โรงกรองน้ำบางเขน การปราบปรามหวง โดยใช้วิธีการตอกเสาเข็มแบบเจาะนำก่อน สำหรับการวัดระยะเวลาการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินได้วัดก่อนและหลังจากที่ได้มีการตอกเสาเข็มไปแล้วในแต่ละวัน

#### 4.1 ผลการทดสอบความล้นสะเทือน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวัดทดสอบและควบคุมความล้นสะเทือนที่เกิดขึ้นให้มีค่าความเร็วในการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนมิให้เกิดนิกัต์ที่คาดว่าจะเป็ผลกระทบต่ออาคารและโครงสร้างทางวิศวกรรมของอาคารข้างเคียง จากผลการศึกษาที่ผ่านมาในอดีตค่านิกัต์ของความเร็วของการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนที่ก่อให้เกิดรอยร้าวของปูนฉาบผนังของอาคารมีค่า เท่ากับ 5 มม./วินาที (JACKSON AND DIN 4150) ซึ่งเป็นความเสียหายทางด้านสถาปัตยกรรม

สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ค่านิกัต์ 5 มม./วินาที สำหรับควบคุมความล้นสะเทือนเพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างของอาคารส่วนผลิตน้ำดื่ม ทั้งนี้เนื่องจากอาคารเหล่านี้เป็นอาคารเก่าที่ใช้สำหรับผลิตน้ำที่มีแรงดันของน้ำภายใน หากเกิดรอยร้าวเพียงเล็กน้อยก็จะก่อให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจึงนำค่านิกัต์ หรือบรรทัดฐานด้านอันตรายทางด้านสถาปัตยกรรมมาใช้

##### 4.1.1 ผลการทดสอบความล้นสะเทือนเนื่องจากการตอกเสาเข็มฐานรากของอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 9

ในการวัดทดสอบความล้นสะเทือนเนื่องจากการตอกเสาเข็มฐานรากของอาคาร กวนตตะกอน หมายเลข 9 ได้ทำการวัด ทดสอบบนผนังของอุโมงค์ส่งน้ำ โดยได้แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนในแนวตั้ง วัดที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 8.00 - 11.00 เมตร พลังงานการตอก 23,000 จูล และ 55,000 จูล ระยะปลายเสาเข็มจมลึกตั้งแต่ +14 เมตร ถึง +17.5 เมตร จากระดับกำหนด หรือระดับความลึกจากผิวดินเฉลี่ย -19.00 ถึง -22.50 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ,4.2 และ 4.3 ตามลำดับได้ค่าเฉลี่ยความเร็วของการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนในแนวตั้งสูงสุด 2.45 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 8.50 เมตร พลังงานการตอกเสาเข็ม 39,000 จูล ระยะปลายเสาเข็มจมลึก +14.50 เมตร และค่าสูงสุดที่วัดซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.10 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 8.00 เมตร พลังงานการตอก เสาเข็ม 55,000 จูล และระดับปลายเสาเข็มจมลึก +14.00 เมตร

#### 4.1.2 ผลการทดสอบความล้นสะเทือนเนื่องจากการตอกเสาเข็มฐานรากของอาคาร กวนตตะกอน หมายเลข 10

4.1.2.1 วัดทดสอบบนผนังของอุโมงค์ส่งน้ำ โดยได้แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนในแนวตั้ง วัดที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 3.00 เมตร ถึง 15.00 เมตร พลังงานการตอกเสาเข็ม 39,000 จูล ที่ระยะปลายเสาเข็มจมลึก +14.00 เมตร ถึง +17.50 เมตร จากระดับกำหนด หรือระดับความลึกจากผิวดินเฉลี่ย -19.00 เมตร ถึง -22.50 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ได้ค่าเฉลี่ยความเร็วของการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนในแนวตั้ง 2.46 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 3.00 เมตร พลังงานการตอกเสาเข็ม 39,000 จูล และระยะปลายเสาเข็มจมลึก +15 เมตร และค่าสูงสุดที่วัดซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.10 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 8.00 เมตร พลังงานการตอก 39,000 จูล และที่ระดับปลายเสาเข็มจมลึก +15.00 เมตร

4.1.2.2 วัดทดสอบบนเสาของอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 11 โดยได้แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วของการล้นของอนุภาคของความล้นสะเทือนในแนวตั้งวัดที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 10.00 - 16.00 เมตร พลังงานการตอกเสาเข็ม 31,000 จูล และ 39,000 จูล ระยะปลายเสาเข็มจมลึก +14.00 เมตร ถึง +17.50 เมตร จากระดับกำหนด หรือระดับความลึกจากผิวดินเฉลี่ย -19.00 เมตร ถึง -22.50 เมตร ดังแสดงใน

ตารางที่ 4.5 และ 4.6 ได้ค่าเฉลี่ยความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อนใน -  
 แนวตั้ง 3.09 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 10.00 เมตร พลังงานการ  
 ตอกเสาเข็ม 39,000 จูล และที่ระยะปลายเสาเข็มจมลึก +14.50 เมตร และค่าสูงสุดที่มี  
 ไข้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.09 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 10.00 เมตร พลังงาน  
 การตอกเสาเข็ม 39,000 จูล และที่ระดับปลายเสาเข็มจมลึก +14.50 เมตร

#### 4.1.3. ผลการทดสอบความลื่นสะท้อนเนื่องจากการตอกเสาเข็มฐานรากของอาคาร กรองน้ำใหม่

วัตถุประสงค์ของงานของอาคารกรองน้ำเดิม โดยได้แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็ว  
 ของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อนในแนวตั้งวัดที่ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 3.00  
 เมตร ถึง 14.00 เมตร พลังงานการตอกเสาเข็ม 15,000 จูล , 23,000 จูล , 31,000  
 จูล , 39,000 จูล , 47,000 จูล และ 55,000 จูลที่ระยะปลายเสาเข็มจมลึก +14 .00  
 เมตร ถึง +17.50 เมตรจากระดับกำหนดหรือระดับความลึกจากผิวดินเฉลี่ย -19.00 เมตร  
 ถึง -22.50 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.7 - 4.12 ได้ค่าเฉลี่ยความเร็วของการลื่นของ  
 อนุภาคของความลื่นสะท้อนในแนวตั้งสูงสุด 3.7 มม./วินาที ที่พลังงานการตอกเสาเข็ม  
 47,000 จูล ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 4.00 เมตร และที่ระยะปลายเสาเข็มจมลึก  
 +15.00 เมตร และค่าสูงสุดที่มีไข้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.7 มม./วินาที ที่ระยะห่างจากจุด  
 ตอกเสาเข็มและระยะปลายเสาเข็มจมลึกเท่ากับค่าเฉลี่ย

#### 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน

จากการวัดทดสอบและคำนวณระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน ได้ผล  
 การเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินจากค่าเริ่มแรกในช่วงแผนการตอกเสาเข็มโดยวิธีการ  
 ตอกแบบเจาะนำก่อนมีค่าการเคลื่อนตัวดังแสดงในตารางที่ 4.13 และได้ผลของการเคลื่อน  
 ตัวทางด้านข้างของชั้นดินที่เกิดขึ้นสูงสุดที่อาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 9 เท่ากับ 29.92  
 มม. ที่อาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 10 เท่ากับ 31.13 มม. ที่อาคารกรองน้ำ เท่ากับ  
 34.25 มม. ดังแสดงในตารางที่ 4.14

จากผลการวัดทดสอบที่ได้จะเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่าระยะการเคลื่อนตัวที่ยอมให้

#### 4.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความลั่นสะเทือน

##### 4.3.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับบรรทัดฐานด้านอันตราย (Damage Criteria) ที่เกิดขึ้นจากความลั่นสะเทือน

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความรุนแรงของความลั่นสะเทือนที่ทดสอบได้ ในแต่ละจุดที่ทำการทดสอบนี้กับบรรทัดฐานด้านอันตรายที่เกิดจากความลั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่ออาคารและโครงสร้างทางวิศวกรรมซึ่งได้จากการทำการทดสอบในสนาม โดยนำข้อมูลในตารางที่ 4.1 - 4.12 ไปพลอตในบรรทัดฐานด้านอันตรายที่มีผลกระทบต่ออาคารและโครงสร้างทางวิศวกรรม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 , 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

จะเห็นว่าค่าที่ได้อยู่ต่ำกว่านิกัณฑ์ที่กำหนด

4.3.2 แสดงกราฟความเร็วของการลั่นของอนุภาค และกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการลั่นของอนุภาคเนื่องจากความลั่นสะเทือนจากการตอกเสาเข็มที่พลังงานต่าง ๆ และที่ระยะห่างจากจุดวัดและจุดตอกเสาเข็มต่าง ๆ กัน เมื่อปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับตั้งแต่ประมาณ +17.50 ถึง +14.00 เมตรจากระดับกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.4 - 4.24

จะเห็นว่าค่าความเร็วในการลั่นของอนุภาคแตกต่างกันแม้ว่าระยะห่างการวัดระดับพลังงาน และระดับปลายเสาเข็มจะเท่ากัน ทั้งนี้ เนื่องจากสภาพของเครื่องตอกเสาเข็มเช่น หมวกครอบเสาเข็ม ระยะยกตุ้มซึ่งไม่คงที่ นอกจากนี้การกระทบของตุ้มตอกเสาเข็มกับหมวกครอบเสาเข็มในแต่ละครั้งของการตอกก็ไม่สม่ำเสมอตลอดการตอก

4.3.3. แสดงสมการความสัมพันธ์ของความเร็วของการลั่นของอนุภาคกับ  $\sqrt{\text{พลังงาน/ระยะ}}$  ในการตอกเสาเข็ม ณ อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 9,10 ที่พลังงานการตอกเสาเข็ม 39,000 จูล (ระยะยกตุ้ม 0.5 ม.) ที่ระดับจมลึกของปลายเสาเข็มจากระดับกำหนด +15.50 เมตร (-22.50 เมตรจากระดับดินเฉลี่ย) สำหรับอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 9 และระดับจมลึกของปลายเสาเข็มจากระดับกำหนด +16.00 เมตรถึง +14.50 เมตร (-22.00 เมตร ถึง -20.50 เมตรจากระดับดินเฉลี่ย) โดยนำข้อมูลในตารางที่ 4.1 ถึง 4.7 ไปพลอตและคำนวณได้สมการความสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

4.3.4 แสดงสมการความสัมพันธ์ของความเร็วของการล้นของอนุภาคกับ  $\sqrt{\text{พลังงาน}}$  / ระยะ ในการตอกเสาเข็ม ๕ อาคารร่อนน้ำ ที่พลังงานการตอกเสาเข็ม 23,000 จูล 31,000 จูล 39,000 จูล และ 47,000 จูล (ระยะยกตุ้ม 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 เมตร) ที่ระดับ ปลายเสาเข็มจมลึกจากระดับกำหนด +17.50 เมตร ถึง +14.00 เมตร (-19.00 ถึง -22.50 เมตร จากระดับดินเฉลี่ย) โดยนำข้อมูลในตารางที่ 4.7 - 4.12 ไปพลอตแสดง ค่าความสัมพันธ์ได้สมการความสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำสมการความสัมพันธ์  $1.5\sqrt{E}/d$  ที่ WISS (1967) ใช้กับการวัดความล้นสะเทือนบนพื้นดินรอบ ๆ จุดตอกเสาเข็มที่ระยะต่าง ๆ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการวัดความล้นสะเทือนบนอาคารตามระยะห่างแนวราบจากจุด วัดถึงจุดตอกเสาเข็มแต่ละต้น

โดยสมการของ WISS ค่าระยะที่ใช้เป็นระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็มถึงจุดวัด ซึ่งอยู่บนพื้นดิน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ระยะห่าง (d) ในสมการ  $V = \sqrt{E}/d$  เป็นระยะห่างระหว่างจุดตอกเสาเข็มถึงริมผิวของเสาเข็มฐานรากอาคารข้างเคียงในแนวราบที่ใกล้ที่สุด โดยจุดวัดอยู่บนผนังหรือเสาของอาคาร ฉะนั้น คลื่นความล้นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่จุดวัดจะต่ำกว่าที่เกิดขึ้นบนพื้นดิน ทั้งนี้ เนื่องจากคลื่นความล้นสะเทือนจะต้องส่งผ่านเสาเข็ม ฐานราก และส่วนต่างๆ ของอาคาร เหตุผลที่ต้องทำการวัดบนอาคารในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากต้องการการควบคุมเพื่อให้เกิดความมั่นใจสูงสุดว่าความล้นสะเทือนเนื่องจากการตอกเสาเข็มจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายโดยตรงต่ออาคารที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำที่อยู่ข้างเคียง

#### 4.4 การคาดคะเนระดับความรุนแรงของความล้นสะเทือน

ผลที่ได้จากการศึกษา วิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าระดับความรุนแรงของความล้นสะเทือนที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ดังนี้คือ

1. พลังงานการตอกเสาเข็ม (ระยะยกตุ้มตอก x น้ำหนักตุ้ม)
2. ระยะห่างจากจุดตอกถึงตำแหน่งที่ทำการวัดทดสอบซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่คลื่นความล้นสะเทือนเคลื่อนที่ผ่าน

### 3. ลักษณะของชั้นดิน

จากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา WISS (1967) และ ATTEWELL AND FARMER (1973) ได้ใช้ข้อสรุปประกอบข้อที่ 1 และข้อที่ 2 เป็นตัวบ่งชี้ในการคาดคะเนความลึนสะเทือนที่จะเกิดจากการตอกเสาเข็ม

จากผลการศึกษาครั้งนี้ก็สามารถนำความสัมพันธ์ของสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการคาดคะเนความลึนสะเทือนที่จะเกิดขึ้นได้ เมื่อทราบค่าพลังงานการตอกเสาเข็ม และระยะห่างจากจุดที่ตอกถึงจุดที่ต้องควบคุมมิให้เกิดอันตรายในชั้นดินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน กับลักษณะชั้นดินที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้อยู่ โดยเทียบได้จากคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินนั้น (Engineering Properties)

#### 4.5 การวิเคราะห์ผลการวัดทดสอบการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน

4.5.1 แสดงกราฟลักษณะการเคลื่อนตัวของชั้นดินตามความลึกที่เกิดขึ้นสูงสุดตลอดการตอกเสาเข็ม และที่เกิดขึ้นสูงสุดในช่วงที่ทำการตอกเสาเข็มแบบเจาะนำก่อน ดังแสดงในรูปที่ 4.36 - 4.41

4.5.2 แสดงกราฟที่พลอตสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของเสาเข็มกับระยะการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นสูงสุดจากการวัดแต่ละครั้งตั้งแต่เริ่มการตอกเสาเข็มจนเสร็จสิ้นการตอก และที่เกิดขึ้นในช่วงการตอกเสาเข็มแบบเจาะนำก่อนที่ระดับความลึก  $-0.70$  ,  $-5.70$  ,  $-10.70$  ,  $-15.70$  และ  $-20.70$  เมตร จากระดับดินเฉลี่ย ดังแสดงในรูปที่ 4.42 - 4.54

4.6 แสดงผลของการทรุดของชั้นดินที่ระดับลึก + 14 เมตร จากระดับกำหนด (ระดับเดียวกับปลายเสาเข็มในชั้นทราย) โดยได้แสดงค่าระดับและระยะการทรุดตัวของแผ่นวัดระยะการทรุดตัวในระดัชั้นดินลึก (DEEP SETTLEMENT PLATE) ที่ได้ระยะการทรุดตัวรวม  $0.002$  มม. (Total Settlement) ที่จุดติดตั้ง ๕ อาคารกวนตตะกอนหมายเลข 9.

การใช้วิธีการตอกเสาเข็มแบบเจาะนำก่อนนี้สามารถช่วยลดปริมาตรของดินที่ถูกแทนที่ได้  $1.25$  ลูกบาศก์เมตร ต่อเสาเข็ม 1 ต้น หากไม่มีการตอกนำก่อนปริมาตรที่ถูกแทน

ที่ลงไปดินจะเป็น 2.68 ลูกบาศก์เมตร ต่อเสาเข็ม 1 ต้น ดังนั้น การตอกนำก่อนทำให้  
เหลือปริมาตรของเสาเข็มที่ถูกแทนที่ในดิน เพียง 1.43 ลูกบาศก์เมตรต่อเสาเข็ม 1 ต้น  
เท่านั้น และจากผลที่วัดทดสอบในสนามก็จะเห็นได้ว่าระยะการเคลื่อนตัวของชั้นดินในช่วงการ  
ตอกเสาเข็มแบบเจาะนำก่อนมีค่าต่ำกว่านิคที่กำหนดของการประปาฯ ครหลงมาก.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอุโมงค์  
ส่งน้ำ พลังงานการตอกเสาเข็ม 55,000 จูล ในการตอกเสาเข็ม  
ณ อาคารกวางตกตะกอน หมายเลข 9

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
8.00	0.67	2.68	2.30	-	2.71	2.792	2.54	3.10



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะเทือน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอุโมงค์  
ส่งน้ำ พลังงานการตอกเสาเข็ม 39,000 จูลในการตอกเสาเข็ม  
ณ อาคารกวนตักตะกอน หมายเลข 10

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
8.00	-	-	2.40	2.17	2.30	2.46	2.245	-
9.00	-	1.72	1.51	1.89	1.87	1.955	1.815	-
10.00	-	1.61	1.675	1.76	1.66	1.44	1.61	-
11.00	-	-	1.62	1.64	-	-	1.64	-
12.00	-	-	1.51	-	-	1.59	1.525	1.36
13.00	-	-	1.49	1.35	1.542	1.525	1.34	-
14.00	-	-	1.435	1.26	1.54	1.38	1.45	1.36
15.00	-	-	1.355	-	1.242	1.16	1.374	0.746
15.50	-	-	-	-	1.36	1.2	1.05	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดบนเสาของอาคาร  
กวนตกตะกอน หมายเลข 11 หลังงานการตอกเสาเข็ม 31,000 จูล  
ในการตอกเสาเข็ม ณ อาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 10

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000
Distort (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
10.00	-	-	2.11	2.41	2.56	2.47	2.47	2.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความลั่นสะเทือน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่างๆ วัดที่ผนังของอาคารกรอง  
น้ำเดิม พลังงานการตอกเสาเข็ม 15,000 จูล ในการตอกเสาเข็ม  
ณ อาคารกรองน้ำใหม่

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
3.00	-	-	-	1.343	1.547	1.88	1.343	1.343
3.50	-	-	-	-	-	1.81	1.66	-
4.00	1.24	1.16	-	1.518	1.343	1.567	1.343	1.547
4.50	-	1.88	-	2.37	-	2.24	2.14	1.510
5.00	-	1.88	-	2.37	-	2.24	2.16	1.510
5.50	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00	-	-	-	-	-	-	-	-
6.50	-	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความลั่นสะท้อน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคาร  
กรองน้ำเดิม พลังงานการตอกเสาเข็ม 23,000 จูล ในการตอกเสา  
เข็ม ณ อาคารกรองน้ำใหม่

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
3.00	3.015	2.63	2.24	1.91	2.21	2.302	2.23	2.34
3.50	-	-	-	-	2.03	2.41	2.60	2.32
4.00	2.44	1.51	2.58	2.04	2.13	2.314	2.179	2.01
4.50	-	2.11	2.26	2.30	1.95	2.308	2.64	1.714
5.00	-	-	1.492	1.836	2.18	1.755	1.791	1.495
5.50	-	-	-	1.343	1.392	1.392	-	1.238
8.00	0.746	-	-	1.625	1.68	1.739	1.715	1.269
9.00	-	-	-	1.755	1.81	1.682	1.701	-
13.00	-	-	-	-	0.99	1.114	-	-
14.00	-	-	-	-	-	0.818	0.804	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคาร  
กรองน้ำเดิม หลังงานการตอกเสาเข็ม 31,000 จูล ในการตอก  
เสาเข็ม ณ อาคารกรองน้ำใหม่

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
3.00	-	-	-	-	3.17	3.33	-	-
3.50	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00	-	-	-	2.476	2.48	2.528	2.318	2.14
4.50	-	-	-	2.23	-	2.09	2.21	1.812
5.00	-	-	-	-	-	-	-	-
5.50	-	-	-	-	1.661	2.08	1.702	-
6.50	-	-	-	-	2.16	1.569	2.06	2.16
8.00	-	2.01	-	1.61	1.393	1.437	1.541	1.375
9.00	-	-	1.269	1.25	1.44	1.336	1.35	1.33
10.50	-	-	-	-	1.407	-	1.311	1.281
13.00	1.361	1.176	1.197	1.196	1.149	-	1.152	1.04
14.00	-	-	1.052	1.023	1.085	1.152	1.024	1.039

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความลั่นสะเทือน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคาร  
กรองน้ำเดิม หลังงานการตอกเสาเข็ม 39,000 จูล ในการตอก  
เสาเข็ม ณ อาคารกรองน้ำใหม่

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000	39,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
3.00	-	-	-	2.849	-	2.731	2.657	2.469
3.50	-	-	-	2.09	-	2.23	1.94	-
4.00	-	-	2.34	2.48	2.80	2.758	2.689	2.699
4.50	-	-	-	-	2.75	2.99	2.64	2.70
5.00	-	-	-	2.48	2.32	2.61	2.418	2.335
5.50	-	-	-	-	-	-	-	-
8.00	-	-	-	2.164	2.16	2.14	2.13	1.97
9.00	-	-	-	1.193	2.02	2.05	2.01	2.009
13.00	-	-	-	1.454	1.324	1.384	1.305	-
13.50	-	-	-	-	0.91	-	1.24	1.32
14.00	1.284	1.238	1.085	1.098	1.212	1.226	1.272	0.998

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความลั่นสะเทือน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคาร  
กรองน้ำเดิม พลังงานการตอกเสาเข็ม 47,000 จูล ในการตอกเสา  
เข็ม ณ อาคารกรองน้ำใหม่ |

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	47,000	47,000	47,000	47,000	47,000	47,000	47,000	47,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
4.00	-	-	-	-	-	3.71	3.559	3.324
4.50	-	-	-	-	-	-	3.28	-
9.00	-	-	-	-	2.18	2.85	1.793	1.834
13.00	-	-	-	-	-	1.713	1.671	-
14.00	-	-	-	-	-	-	1.014	0.957

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความลั่นสะเทือน  
ในแนวตั้งที่ปลายเสาเข็มจมลึกถึงระดับต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคาร  
กรองน้ำเดิม พลังงานการตอกเสาเข็ม 55,000 จูล ในการตอกเสา  
เข็ม ณ อาคารกรองน้ำใหม่

Pile Tip Elevation	17.50	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00
Energy (joules)	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000
Distant (m.)	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec	V mm/sec
13.50	-	-	-	-	1.47	-	1.40	1.40



ตารางที่ 4.13 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินจากค่าเริ่มแรก (INITIAL) ในช่องการตอกเข็มแบบเจาะนำก่อน (PRE-AUGERING)

สถานที่ก่อสร้าง	ระยะการเคลื่อนตัว, มม.		ระยะการเคลื่อนตัว, มม.	
	A+	A-	B+	B-
อาคารกวดตักตะกอน หมายเลข 9	8.35			6.04
อาคารกวดตักตะกอน หมายเลข 10	11.49		8.21	
อาคารกรองน้ำ	12.83		29.57	

ตารางที่ 4.14 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินจากค่าเริ่มแรก (INITIAL) ตั้งแต่เริ่มต้นการตอกเสาเข็มจนเสร็จสิ้นการตอก

สถานที่ก่อสร้าง	ระยะการเคลื่อนตัว, มม.		ระยะการเคลื่อนตัว, มม.	
	A+	A-	B+	B-
อาคารกวดตักตะกอน หมายเลข 9.	29.90			8.63
อาคารกวดตักตะกอน หมายเลข 10.	31.13		8.21	
อาคารกรองน้ำ	34.25		29.57	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการของความผันผวน

สถานที่ตอกเสาเข็ม	พลังงาน , จูล (ระยะยกตุ้ม, ม.)	ระดับปลายเสา เข็มจากระดับกำหนด ,ม.(ระดับความลึก จากผิวดินเฉลี่ย,ม.)	ระดับที่วัดตลอด จากระดับกำหนด	ผลการความผันผวน
อาคารกวนตกระ หมายเลข 9. Clarifier No. 9.	39,000 ( 0.5 )	+ 14.00 (- 22.50)	+ 15.50	$V = 0.003 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{2.173}$
อาคารกวนตกระ หมายเลข 10. Clarifier No. 10.	39,000 ( 0.5 )	+ 14.00 (- 22.50)	+ 15.50 + 16.00 + 15.50 + 15.00 + 14.50	$V^* = 0.22 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.839}$ $V = 0.10 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.954}$ $V = 0.21 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.72}$ $V = 0.114 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.924}$ $V = 0.14 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.842}$
<p>E - พลังงาน , จูล</p> <p>d - ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม <math>\frac{\sqrt{E}}{d} = \frac{\sqrt{\text{พลังงาน , จูล}}}{\text{ระยะ}}</math></p> <p>V - ความเร็วของการดันของอนุภาค</p>				

\* วัดที่เสาอาคารกวนตกระหมายเลข 11.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

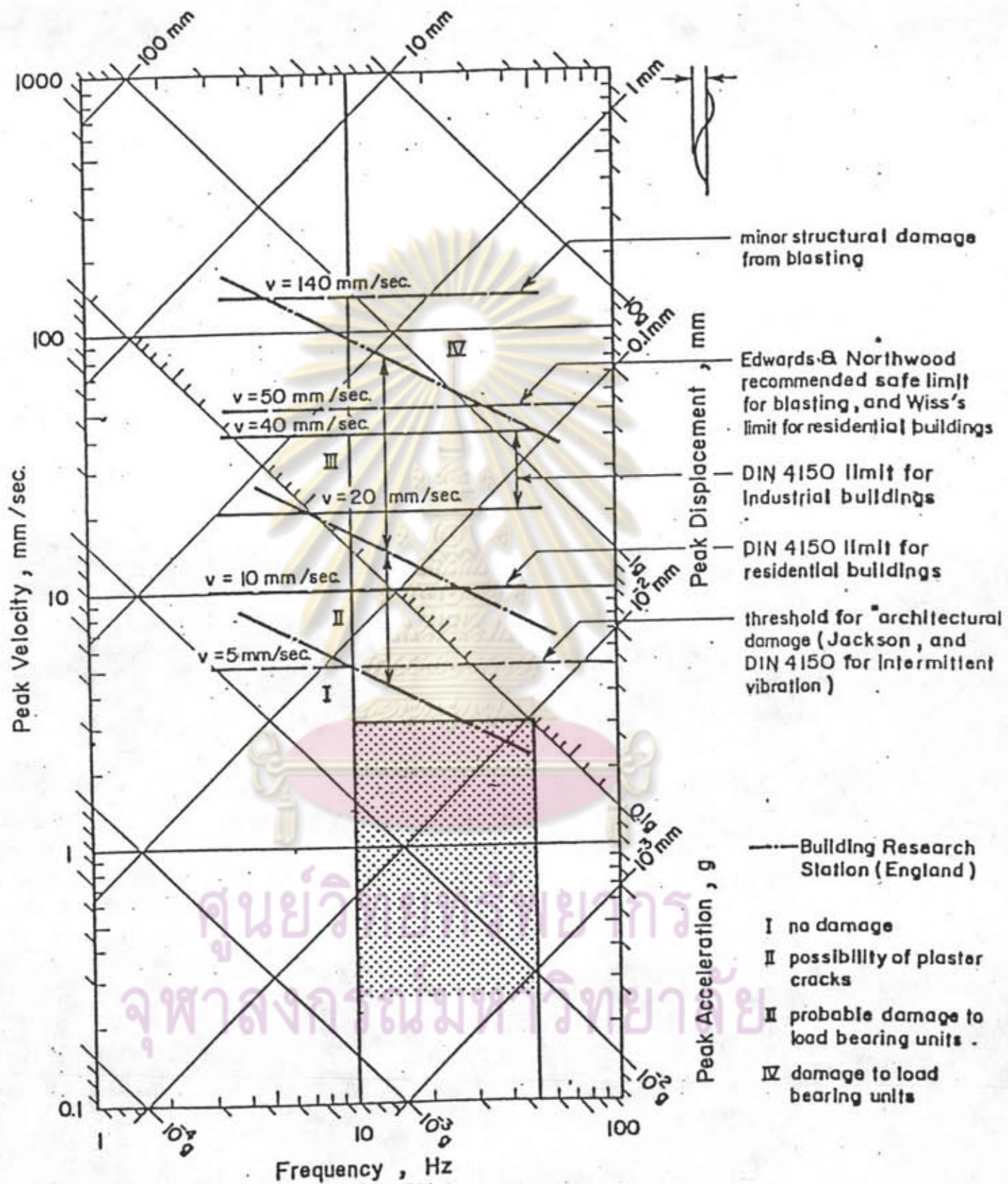
ตารางที่ 4.16 แสดงผลการความล้มเหลว

สถานที่ตอกเสาเข็ม	พลังงาน, จูล (ระยะยกตุ้ม, ม)	ระดับปลายเข็ม จากระดับกำหนด ,ม(ระดับความลึก จากผิวดินเฉลี่ย,ม)	ระดับที่วัดทดลอบ จากระดับกำหนด	สมการความล้มพันธ์
อาคารโรงน้ำ	31,000 (0.4)	14.00 (-22.50)	+ 16.50	$V = 0.47 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.34}$
			+ 16.00	$V = 0.202 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.65}$
			+ 15.50	$V = 0.20 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.66}$
			+ 15.00	$V = 0.207 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.60}$
			+ 14.50	$V = 0.220 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.62}$
อาคารโรงน้ำ	23,000 (0.3)	14.00 (-22.50)	+ 17.50	$V = 0.01 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{1.456}$
			+ 15.50	$V = 0.42 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.435}$
			+ 15.00	$V = 0.26 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.58}$
			+ 14.50	$V = 0.23 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.625}$
		+ 14.00	$V = 0.14 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.72}$	
$\frac{\sqrt{E}}{d} = \frac{\sqrt{\text{พลังงาน}}}{\text{ระยะ}}, \frac{\text{จูล}}{\text{ม}}$				
$E = \text{พลังงาน, จูล}$				
$d = \text{ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม, ม.}$				
$V = \text{ความเร็วของการลื่นของอนุภาค มม./วินาที}$				

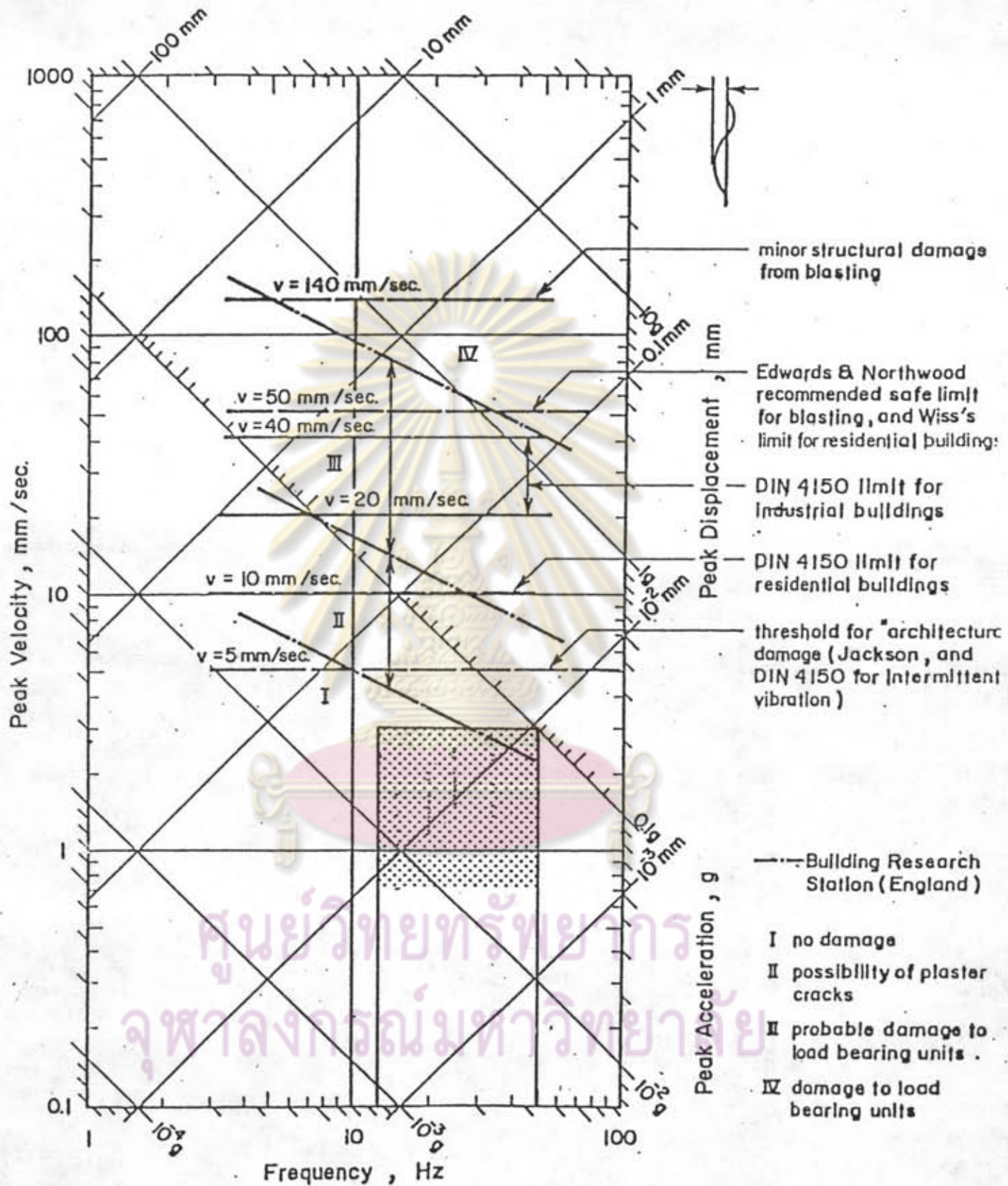
ตารางที่ 4-17 แสดงผลการของความลื่นละเทือน

สถานที่ตอกเสาเข็ม	พลังงาน , จูล (ระยะยกตุ้ม , ม)	ระดับปลายเข็ม จากระดับกำหนด , ม (ระดับความลึก จากผิวดินเฉลี่ย, ม)	ระดับที่วัดทดลอบ จากระดับกำหนด	ผลการควมล้มพันธ์
อาคารโรงน้ำ	47,000 (0.60)	14.00 (-22.50)	+ 15.00 + 14.50 + 14.00	$V = 0.35 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.6}$ $V = 0.122 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.847}$ $V = 0.075 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.961}$
	39,000 (0.50)	14.00 (-22.50)	+ 16.00 + 15.50 + 15.00 + 14.50 + 14.00	$V = 0.75 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.961}$ $V = 0.17 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.74}$ $V = 0.40 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.48}$ $V = 0.40 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.463}$ $V = 0.29 \left\{ \frac{\sqrt{E}}{d} \right\}^{0.56}$
<p>E = พลังงาน , จูล</p> <p>d = ระยะห่างจากจุดตอกเสาเข็ม , ม.</p> <p>V = ความเร็วของการลื่นของอนุภาค มม. / วินาที</p>				$\frac{\sqrt{E}}{d} = \frac{\sqrt{\text{พลังงาน} \cdot \text{จูล}}}{\text{ระยะ} \cdot \text{ม}}$

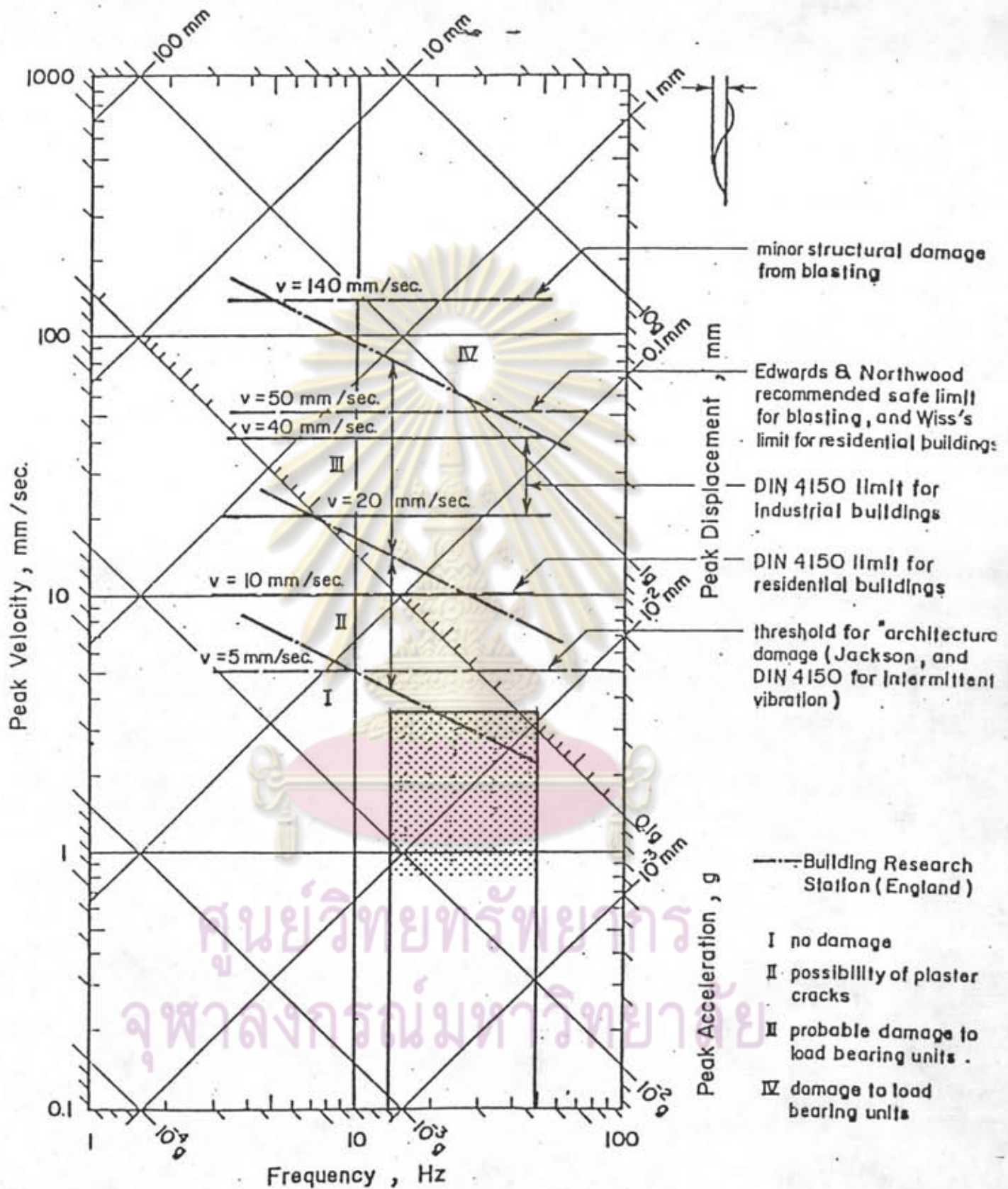
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



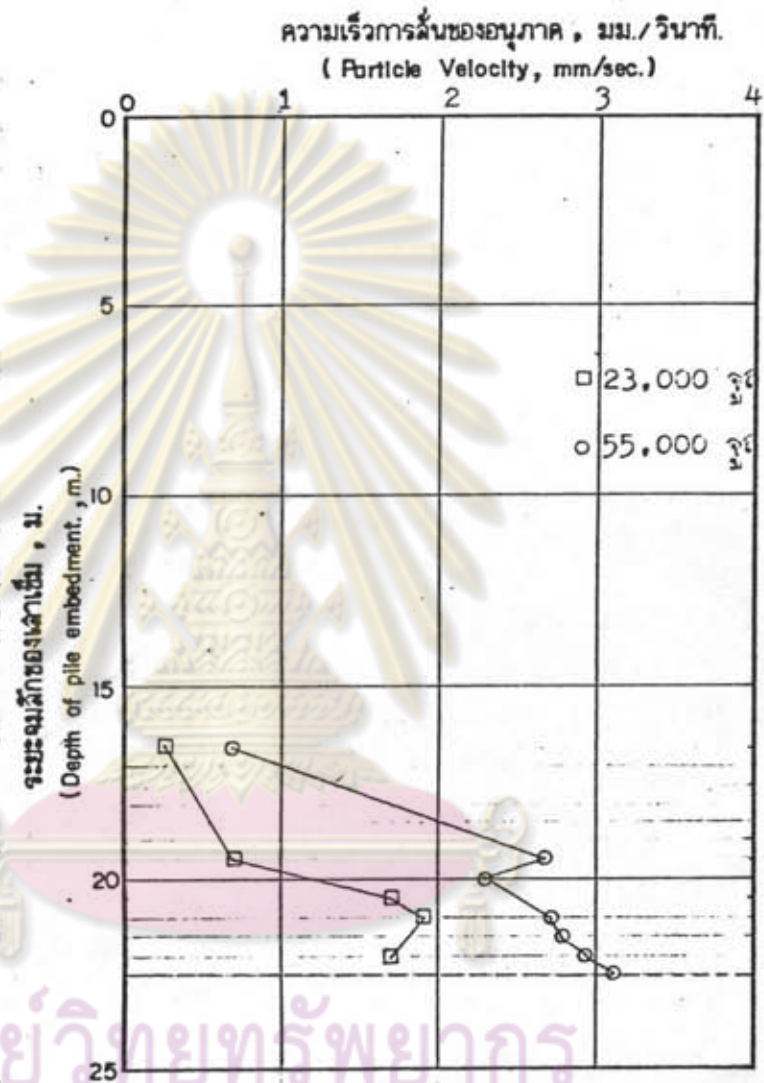
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วของการสั่นของอนุภาคของความถี่สั้นสะท้อน วัดบนผนังอุโมงค์ส่งน้ำกับบรรทัดฐานด้านอันตรายที่เกิดกับโครงสร้างอาคารในการตอกเสาเข็มของอาคารกวดตักตะกอน หมายเลข 9



รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วของการสั่นของอนุภาคของความถี่ 10 Hz สั้นๆ เทียบกับขีดจำกัดของแรงสั่นไหวที่แนะนำโดยมาตรฐานด้านอันตรายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคารในการตอกเสาเข็มของอาคารกวดตักตะกอน หมายเลข 10

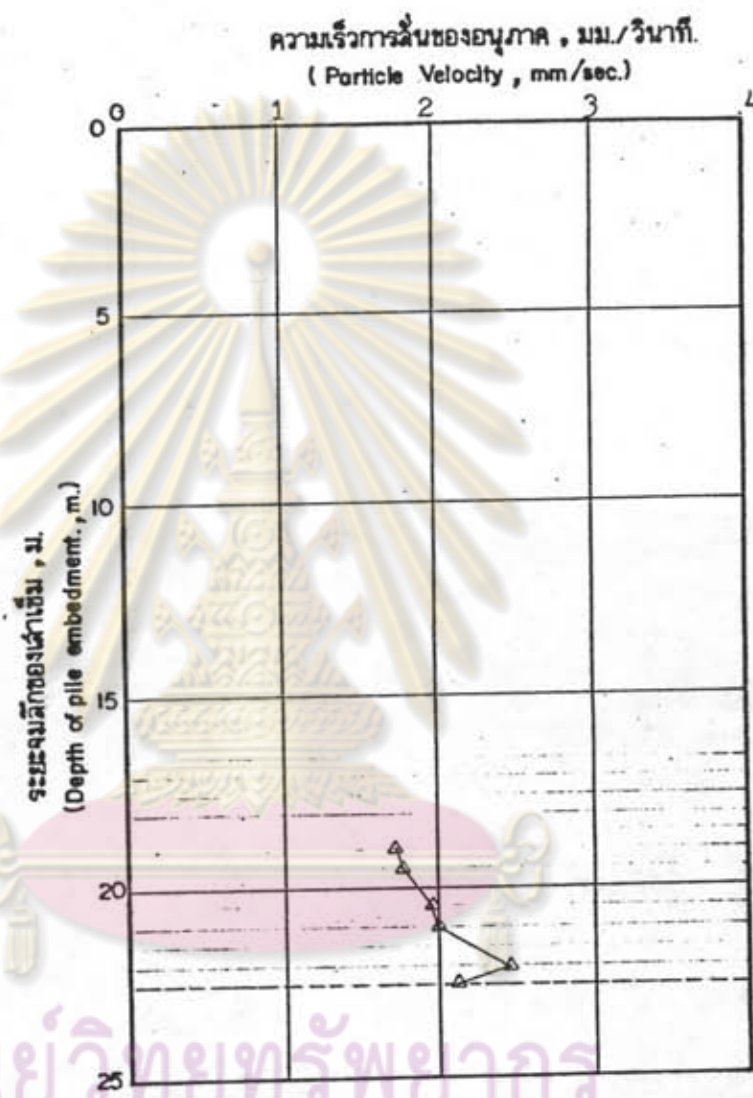


รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วของการสั่นของอนุภาคของความถี่และแอมพลิจูดของอาคารกรอน้ำเต็มกับบรรทัดฐานของอันตรายที่เกิดกับโครงสร้างอาคารในการตอกเสาเข็ม

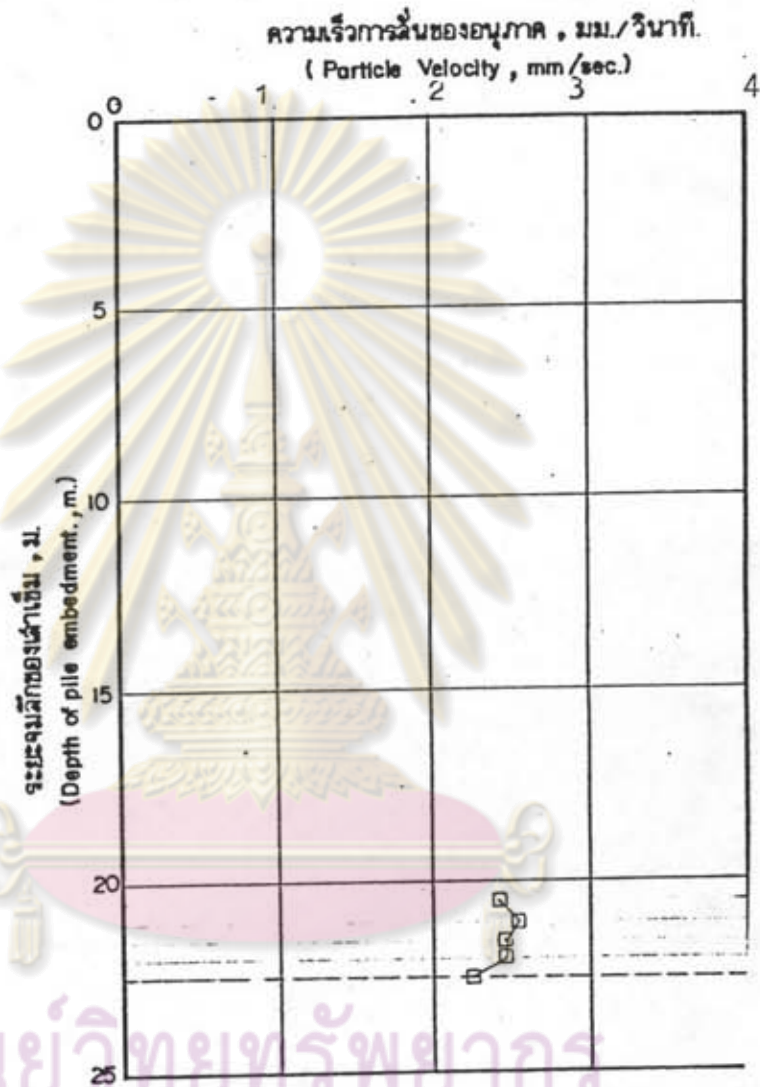


รูปที่ 4.4 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการล้นของอนุภาคของความเร็ว  
ล้นสะท้อนที่พลังงานการตอก 23,000 จูล์ และ 55,000 จูล์  
วัดบนผนังอุโมงค์สังน้ำห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตักตะกอน  
หมายเลข 9 ระยะ 8 เมตร

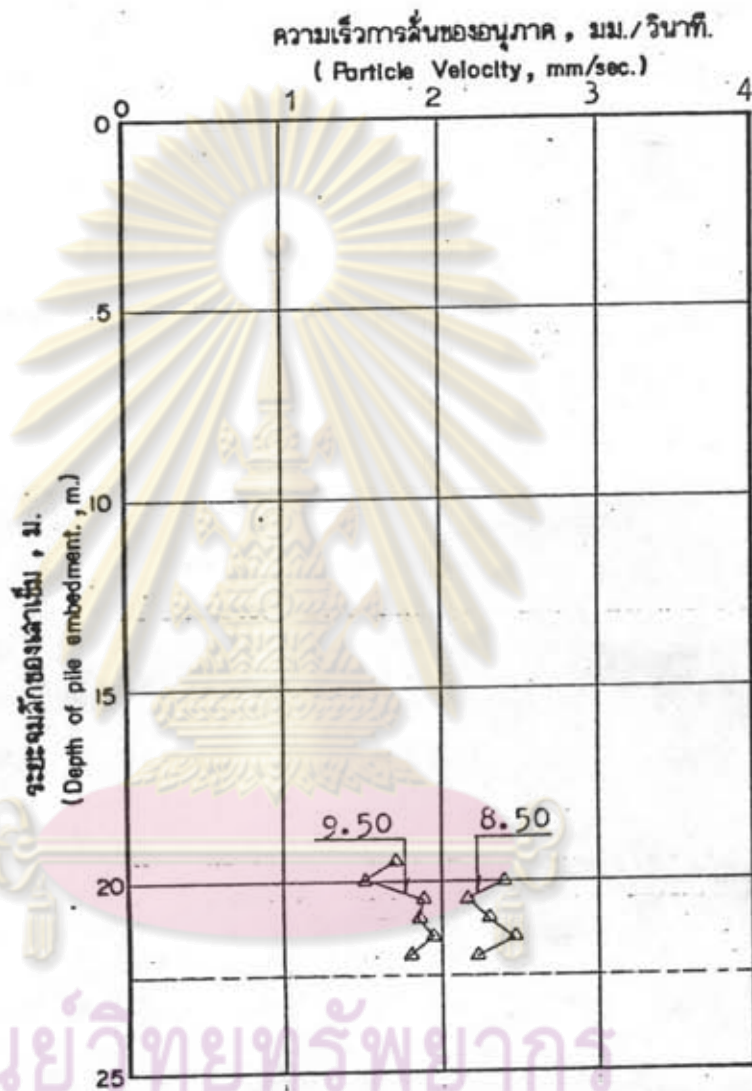




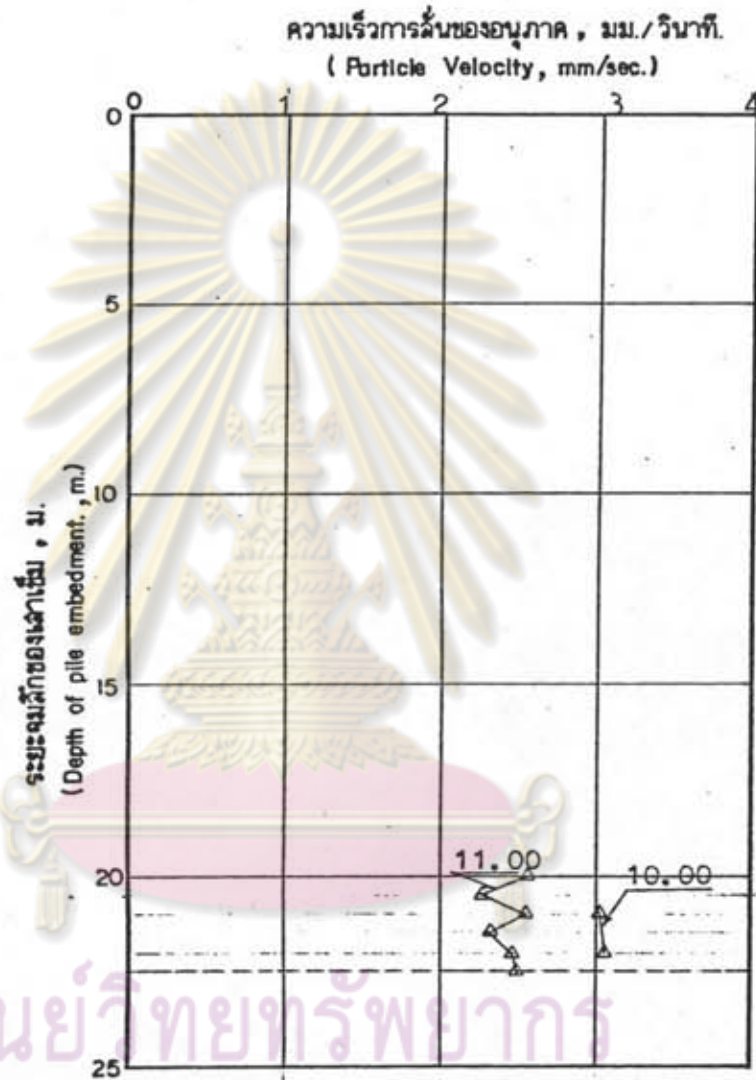
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความ  
ลื่นสะเทือน ที่พลังงาน 39,000 จูล วัดบนผนังอุโมงค์ส่งน้ำ  
ห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตักตะกอน หมายเลข 9  
ระยะ 8.50 เมตร



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความเร็วของการล่นของอนุภาคของความ  
ล่นและเทือน ที่พลังงานการตอก 23,000 จูล วัดบนเสา  
ของอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 11 ห่างจากจุดตอก  
เสาเข็มอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 , 10.00 เมตร



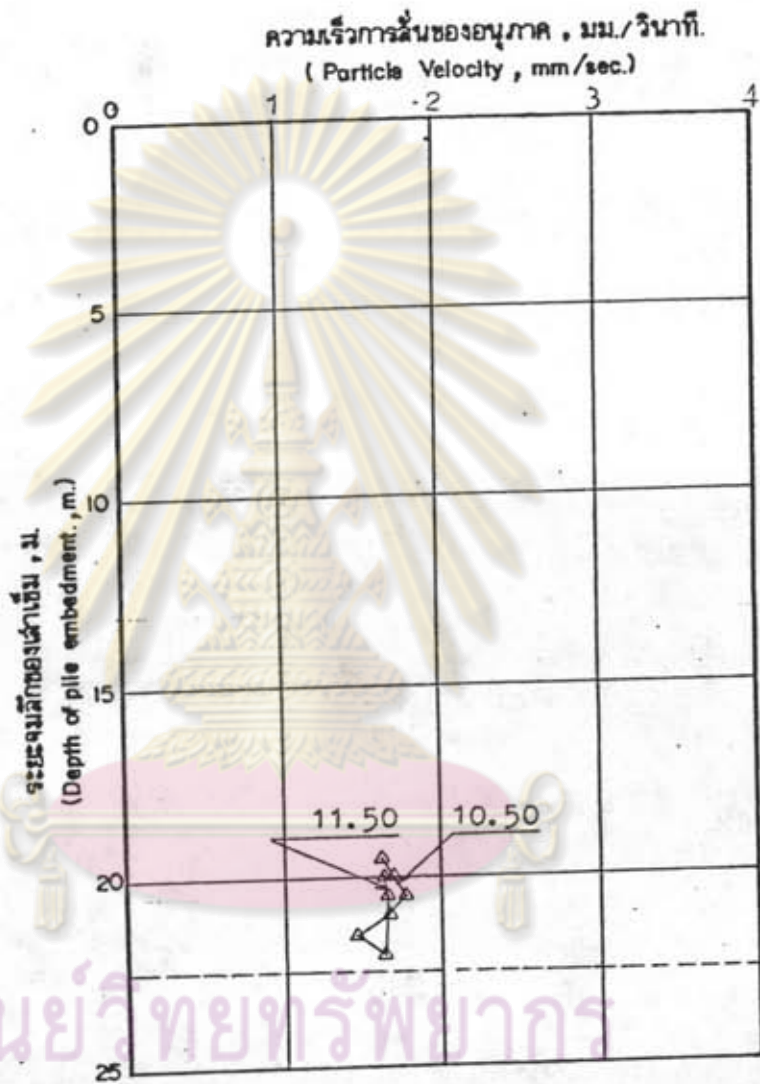
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความ  
ลั่นและเทือน ที่พลังงานการตอก 39,000 จูล วัคบนผนังของอุโมงค์  
ส่งน้ำ ห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 10  
ระยะ 8.50 เมตร และ 9.50 เมตร



ศูนย์วิทยากรพยากรณ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

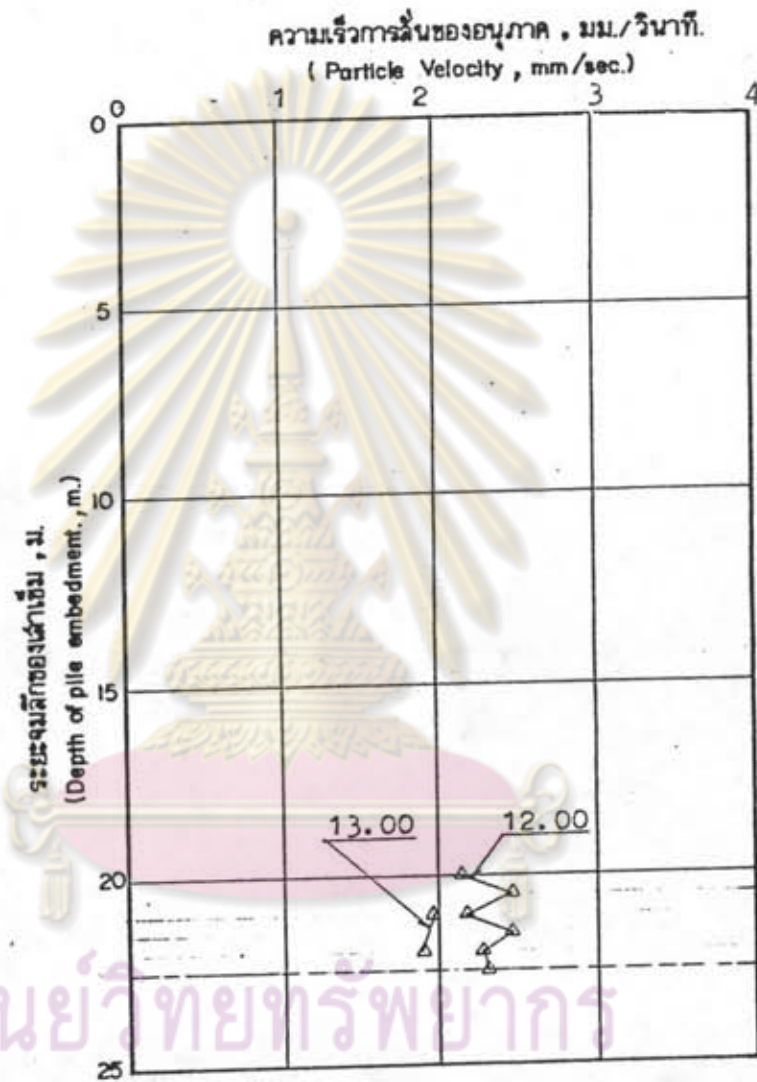
รูปที่ 4.8

แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการล่นของอนุภาคของความ  
ล่นสะเทือน ที่พลังงานการตอก 39,000 จูล วัตบนเสาของอาคาร  
กวนตตะกอน หมายเลข 11 ห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนต  
ตะกอน หมายเลข 10 ระยะ 10.00 เมตร และ 11.00 เมตร



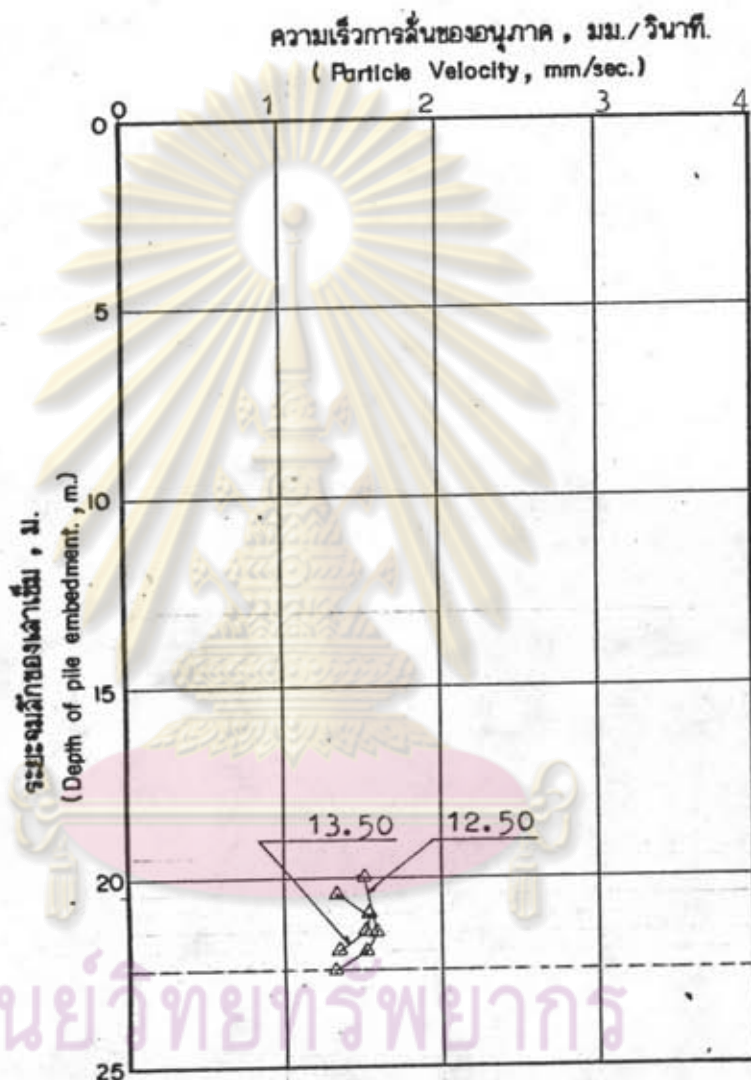
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความ  
ลื่นละเอียด ที่พลังงานการตอก 39,000 จูล ที่ผนังของอุโมงค์ส่งน้ำ  
ห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 ระยะ  
10.50 เมตร และ 11.50 เมตร



ศูนย์วิทยากรพยากรณ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

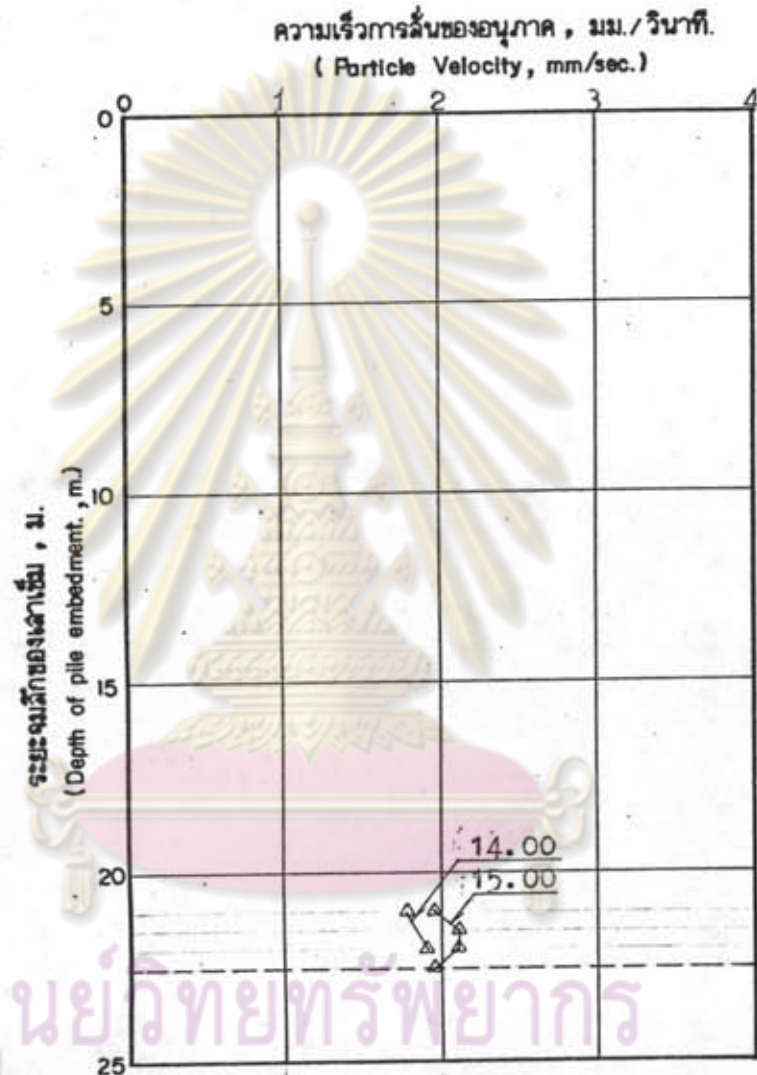
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความเร็วคลื่นสะเทือน ที่พลังงานการตอก 39,000 จูล วัถบเลขของอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 11 ห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตตะกอนหมายเลข 10 ระยะ 12.00 เมตร และ 13.00 เมตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร

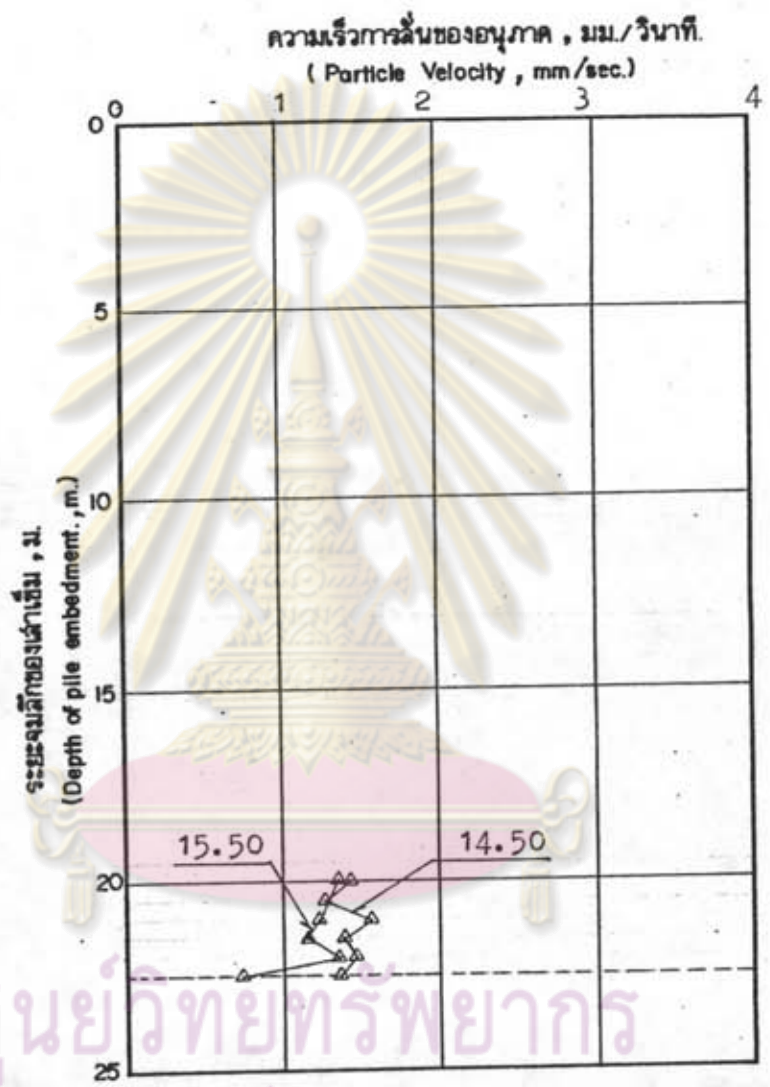
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.11 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความ  
ลั่นสะเทือน ที่พลังงานการตอก 39,000 จูล วัถบแผนังของอุโมงค์  
ส่งน้ำห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10  
ระยะ 12.50 เมตร และ 13.50 เมตร



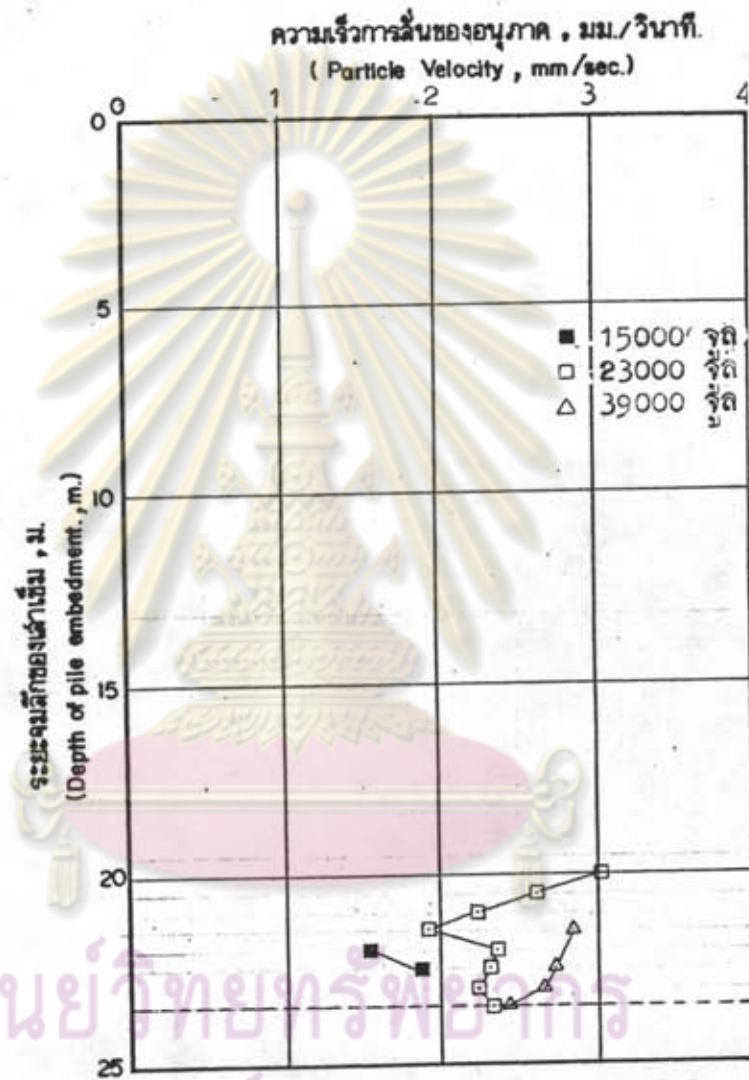
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความเร็วคลื่นสะท้อน ที่ผลงานการตอก 39,000 จูล วัตบนเสาของอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 11 ห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 ระยะ 14.00 เมตร และ 15.00 เมตร ...





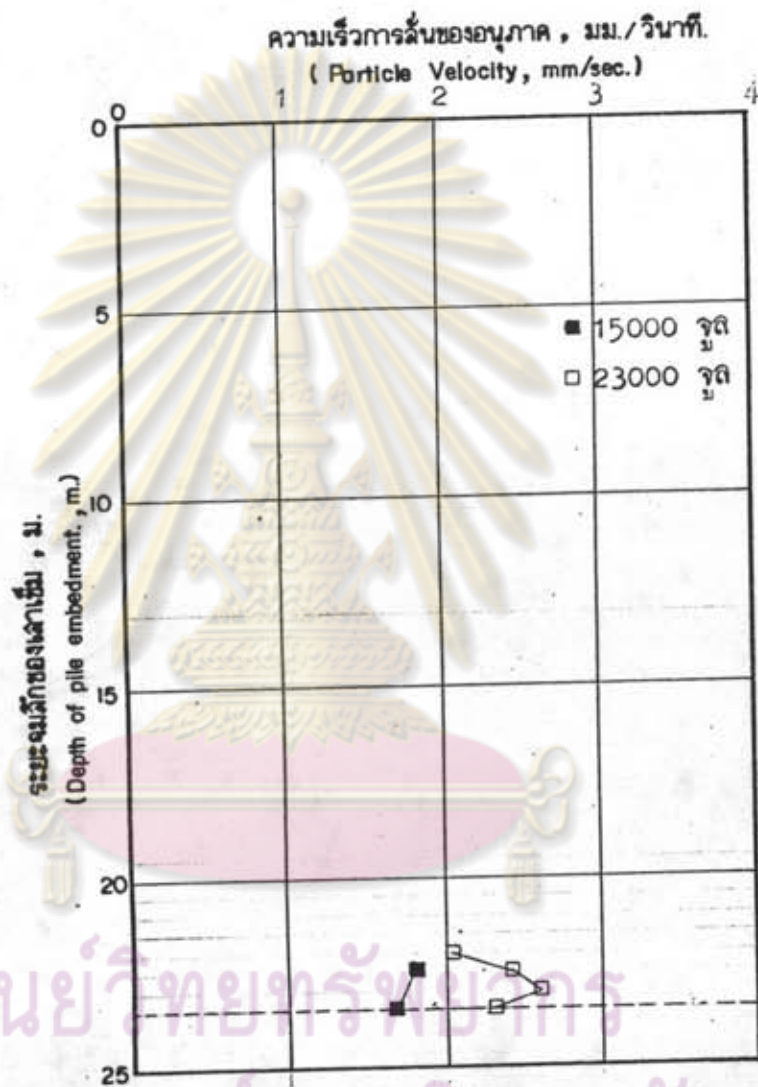
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงเปรียบเทียบความเร็วของการเคลื่อนของอนุภาคของความ  
 สั่นสะเทือน ที่พลังงานการตอก 39,000 จูล วัตบนผนังของอุโมงค์  
 ส่งน้ำห่างจากจุดตอกเสาเข็มอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10  
 ระยะ 14.50 เมตร และ 15.50 เมตร

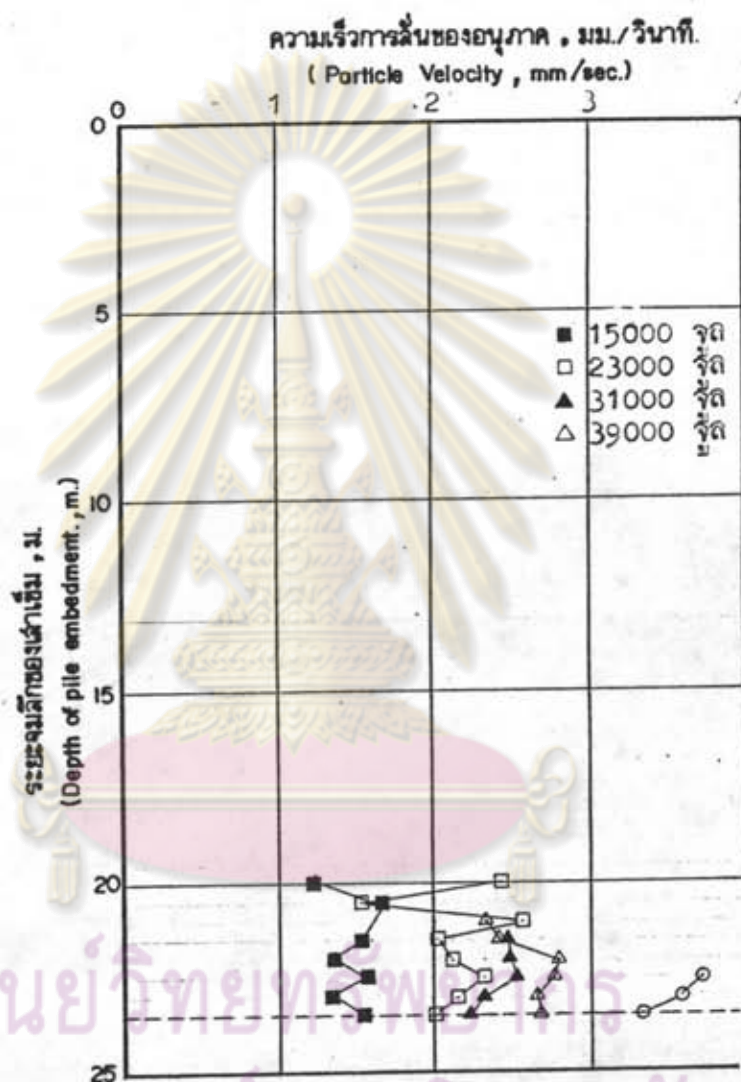


ศูนย์วิทยากรพัฒนา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความเร็วของการเคลื่อนของอนุภาคของความล้นสะเทือน  
ในแนวตั้งที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 3.00 เมตร

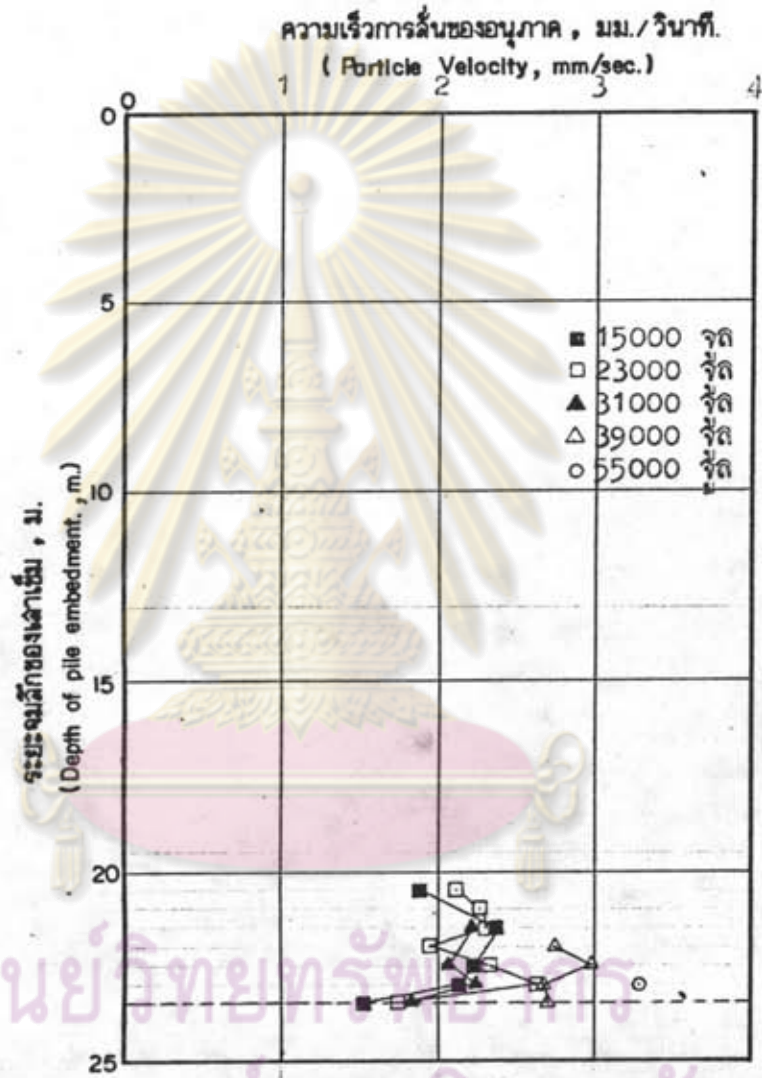


รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะเทือน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 3.50 เมตร



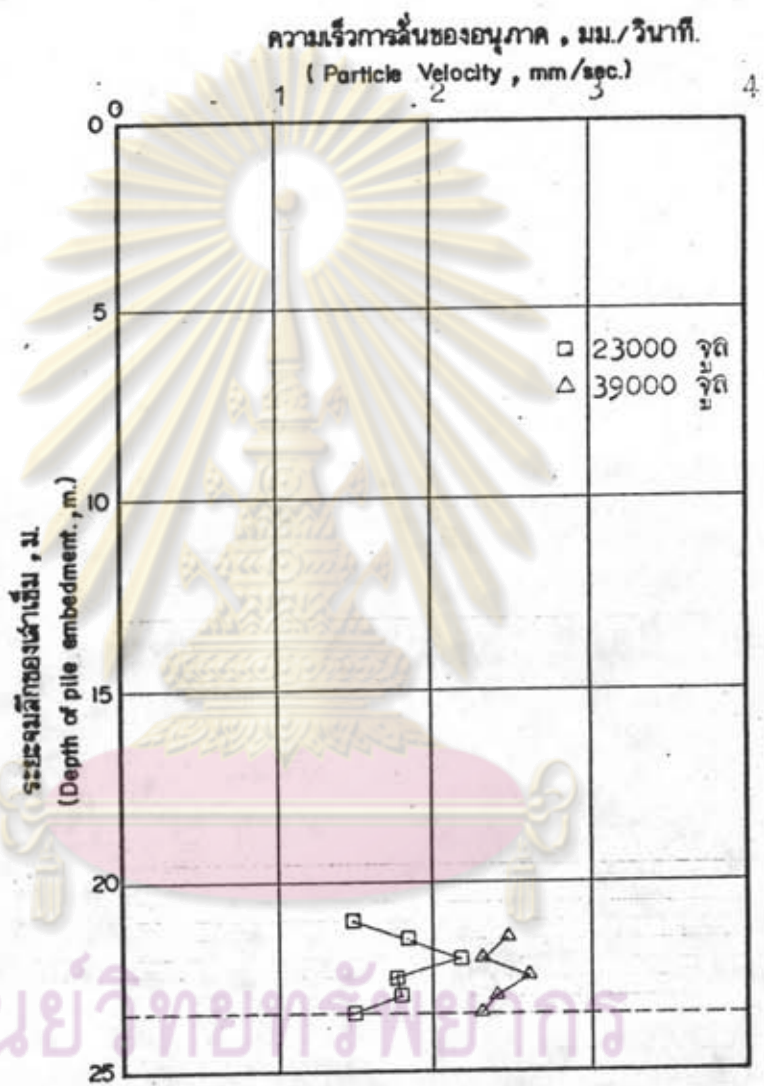
ศูนย์วิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.16 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะเทือน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 4.00 เมตร



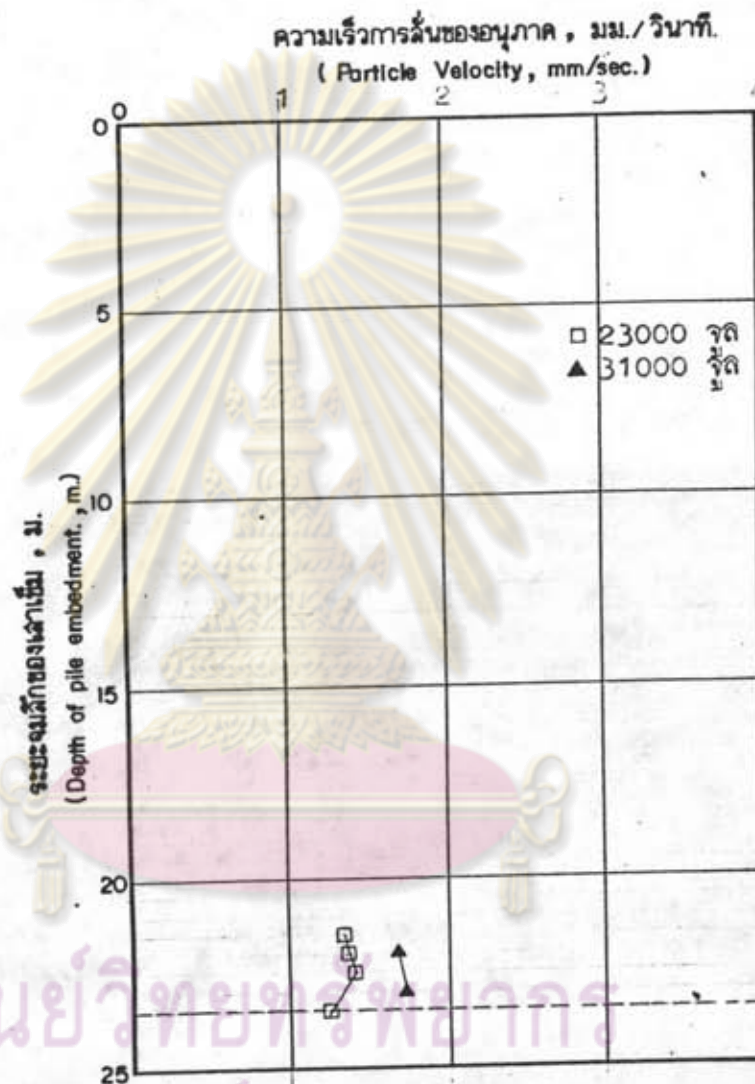
ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิมซึ่ง  
ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 4.50 เมตร



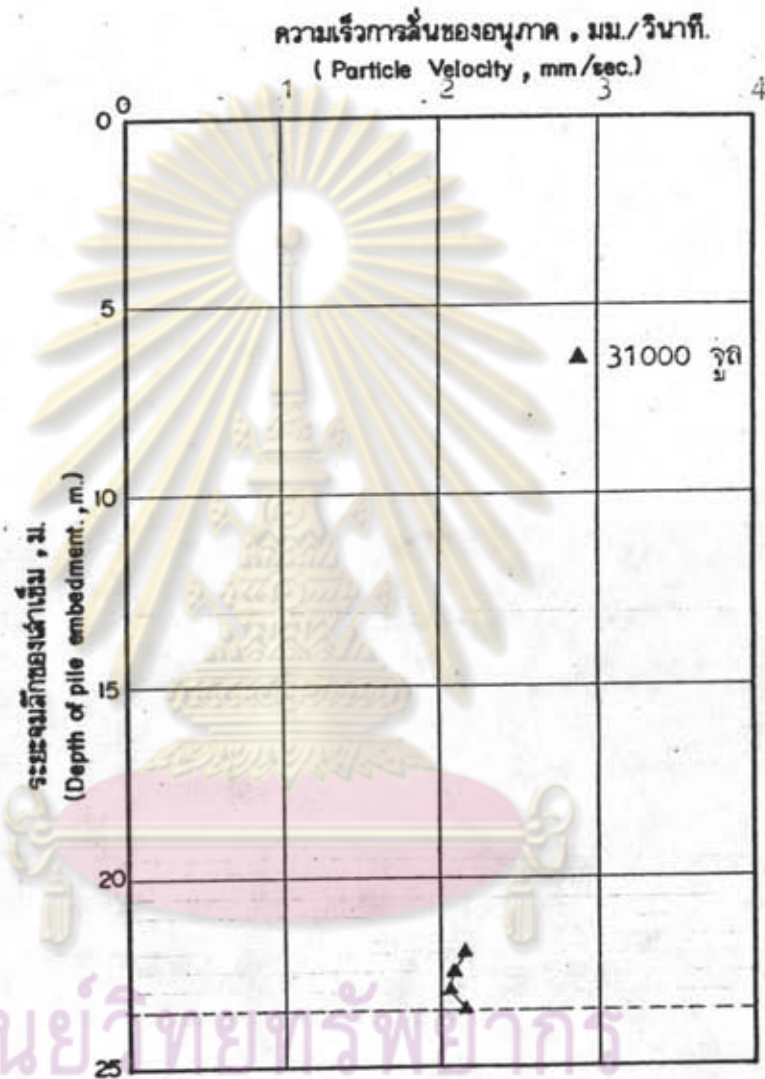
ศูนย์วิทยากรพัฒนา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.18 แสดงกราฟความเร็วของการลั่นของอนุภาคของความลั่นสะเทือน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 5.00 เมตร



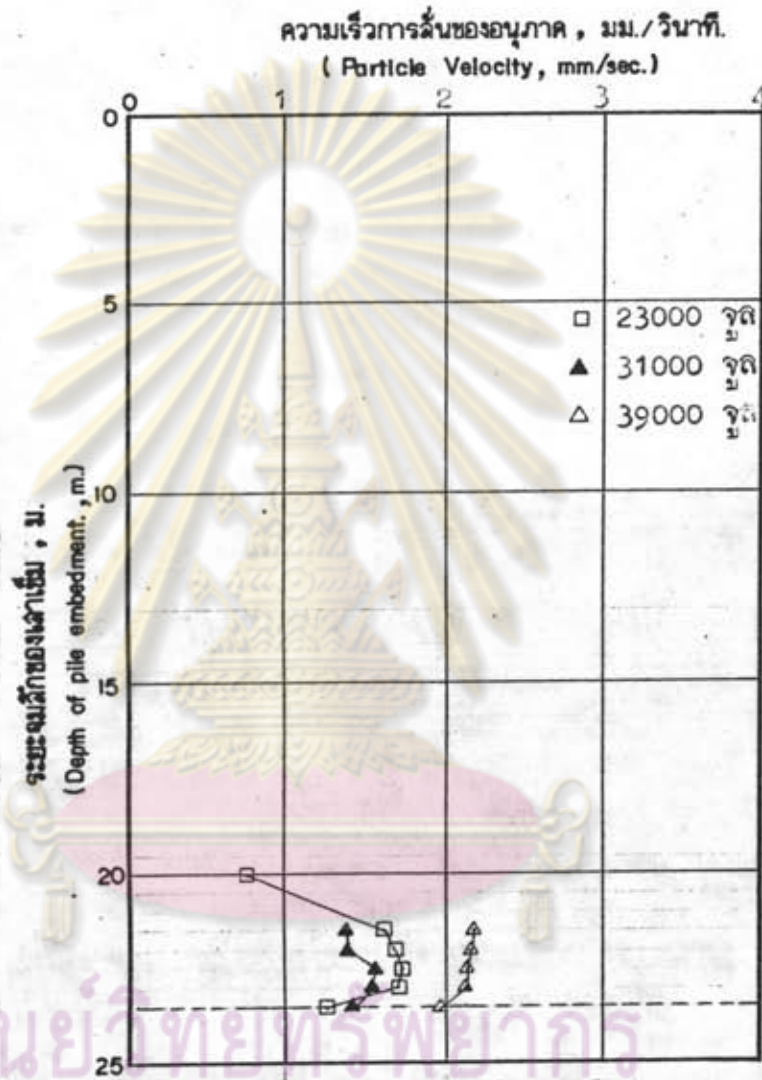
ศูนย์วิทยการพยาบาล  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะเทือน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 5.50 เมตร

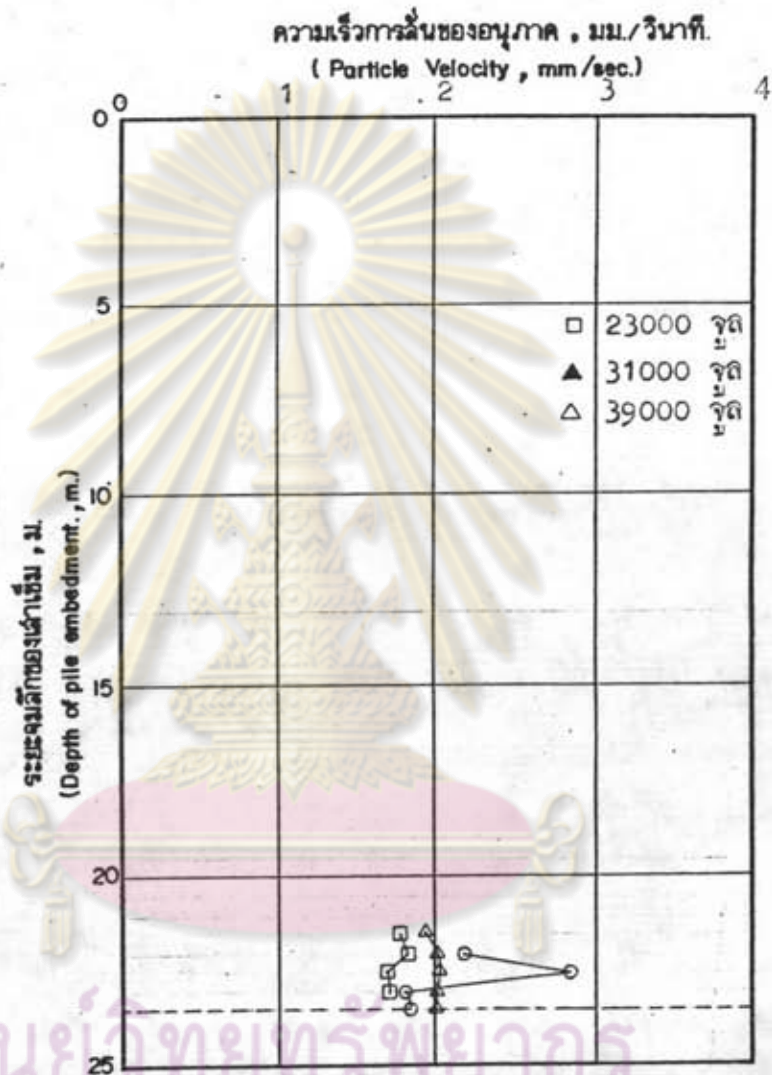


รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะเทือนในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่งฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 6.50 เมตร

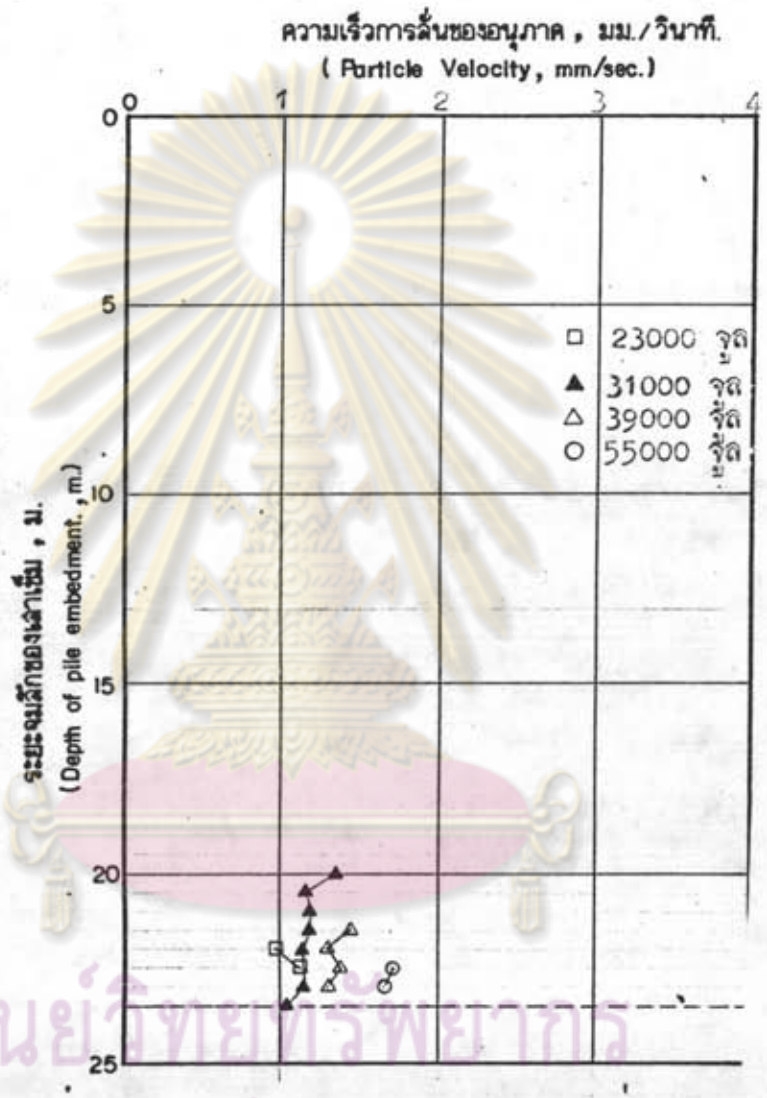




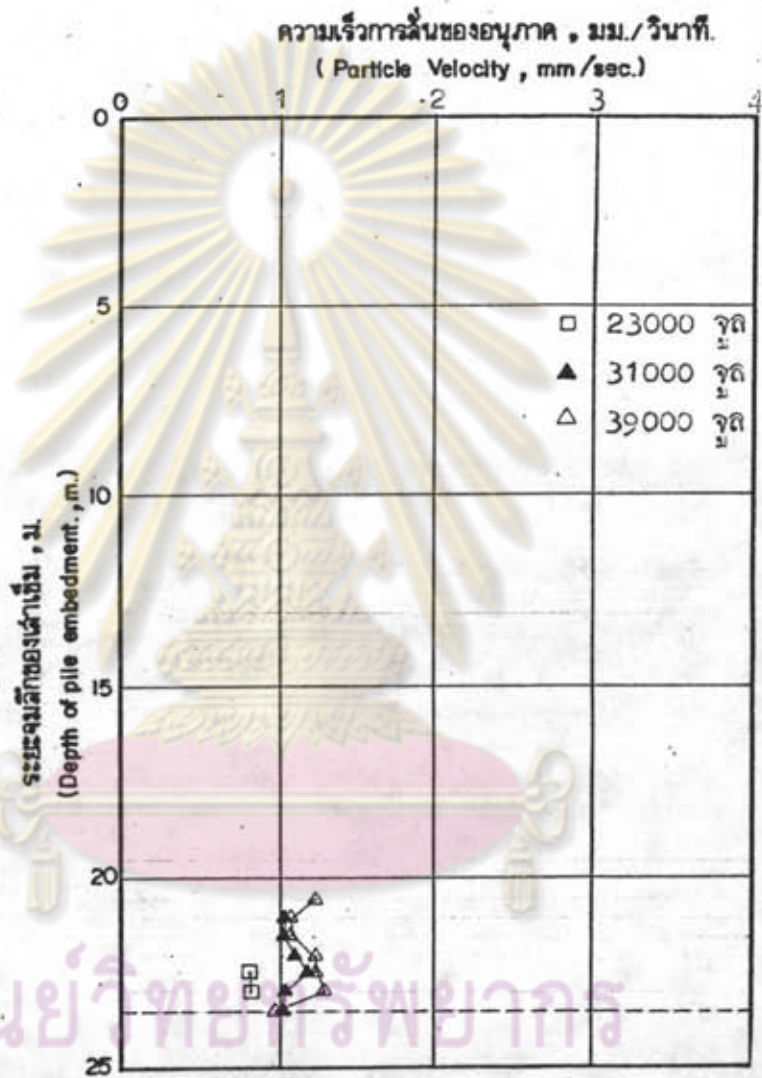
รูปที่ 4.21 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นและเทือน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรอน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 8.00 เมตร



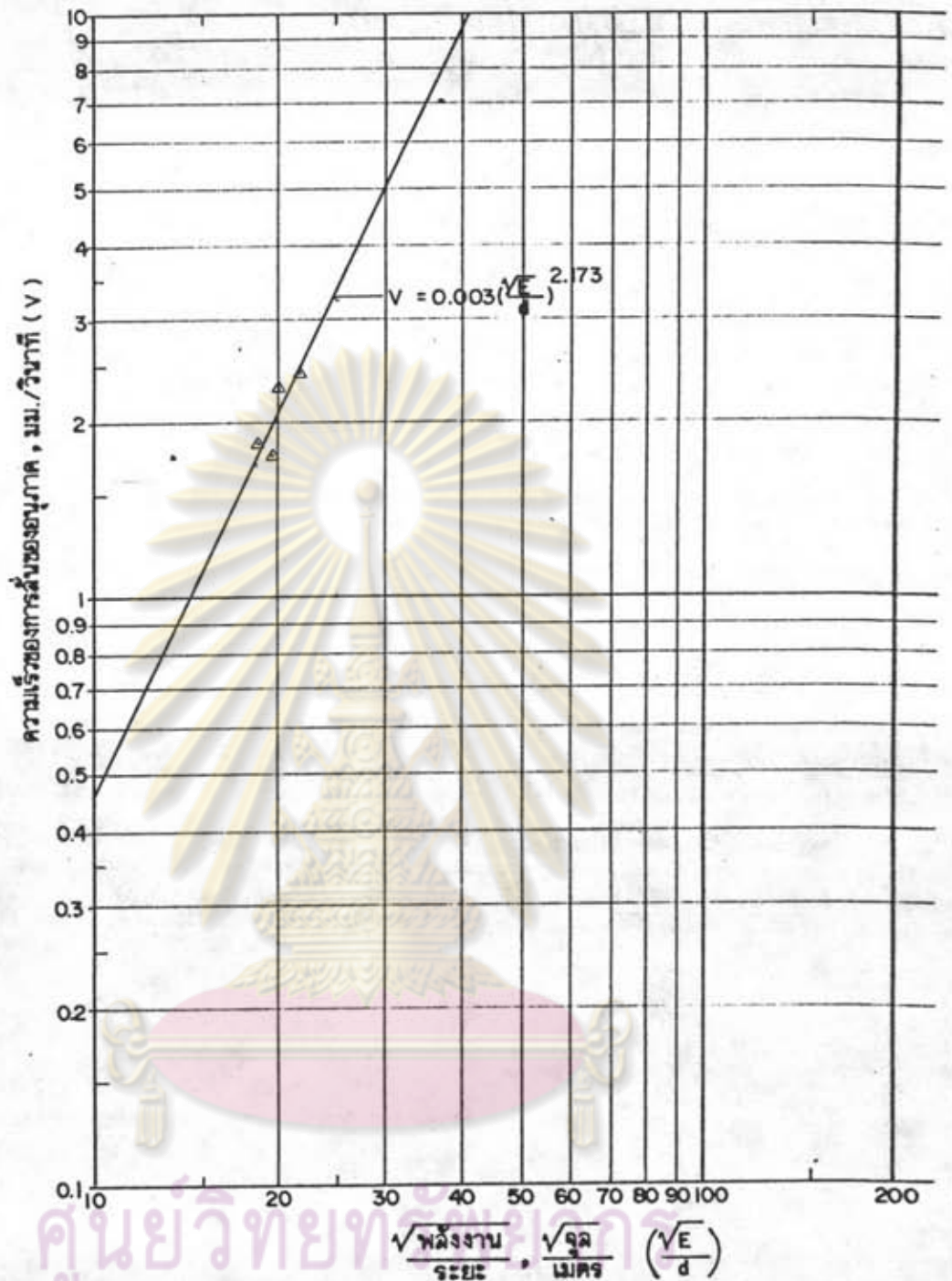
รูปที่ 4.22 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะท้อน  
 ในแนวตั้งที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
 ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 9.00 เมตร



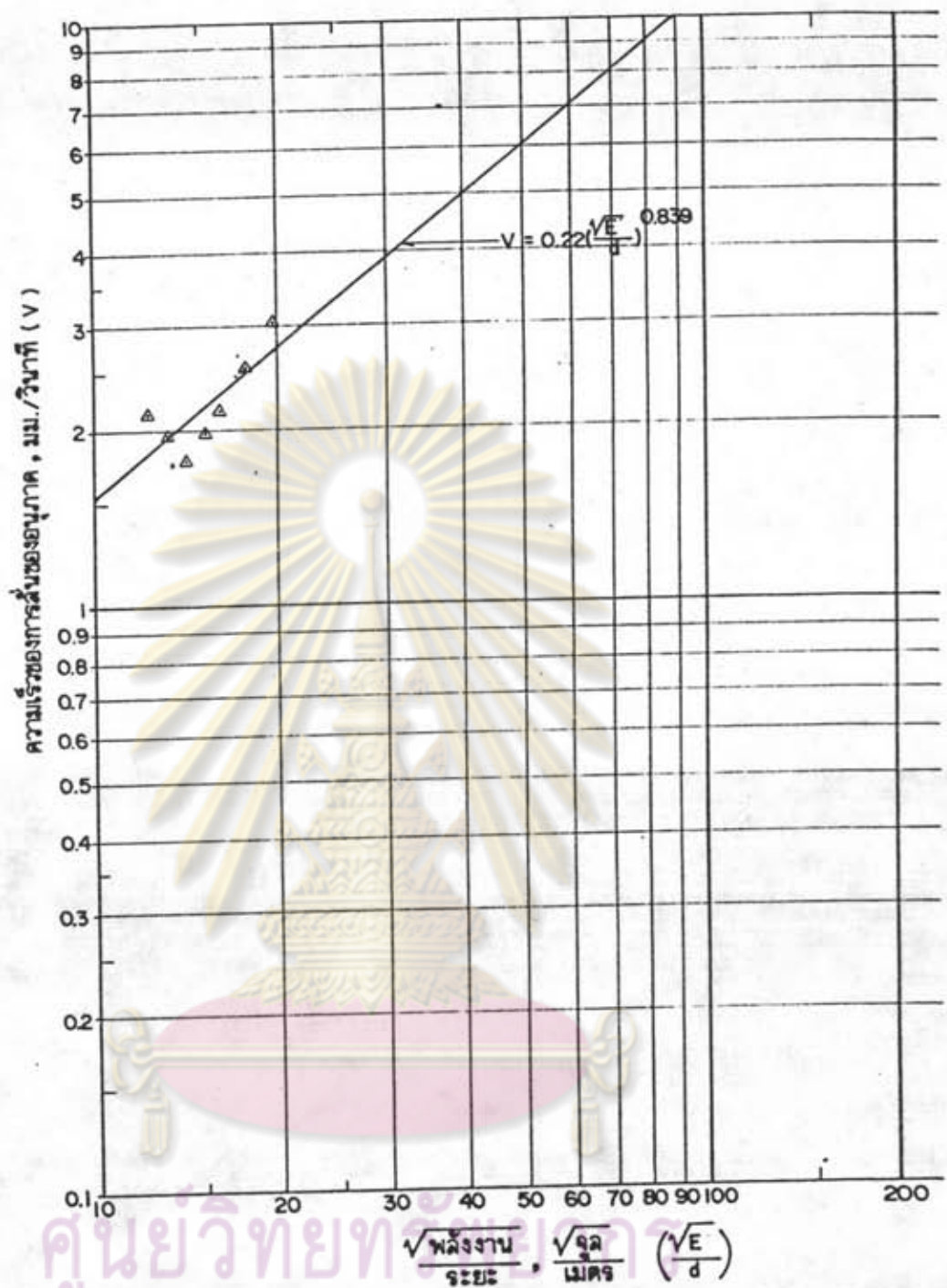
รูปที่ 4.23 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นและ เทือน  
ในแนวตั้งที่ผนังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 13.00 เมตร



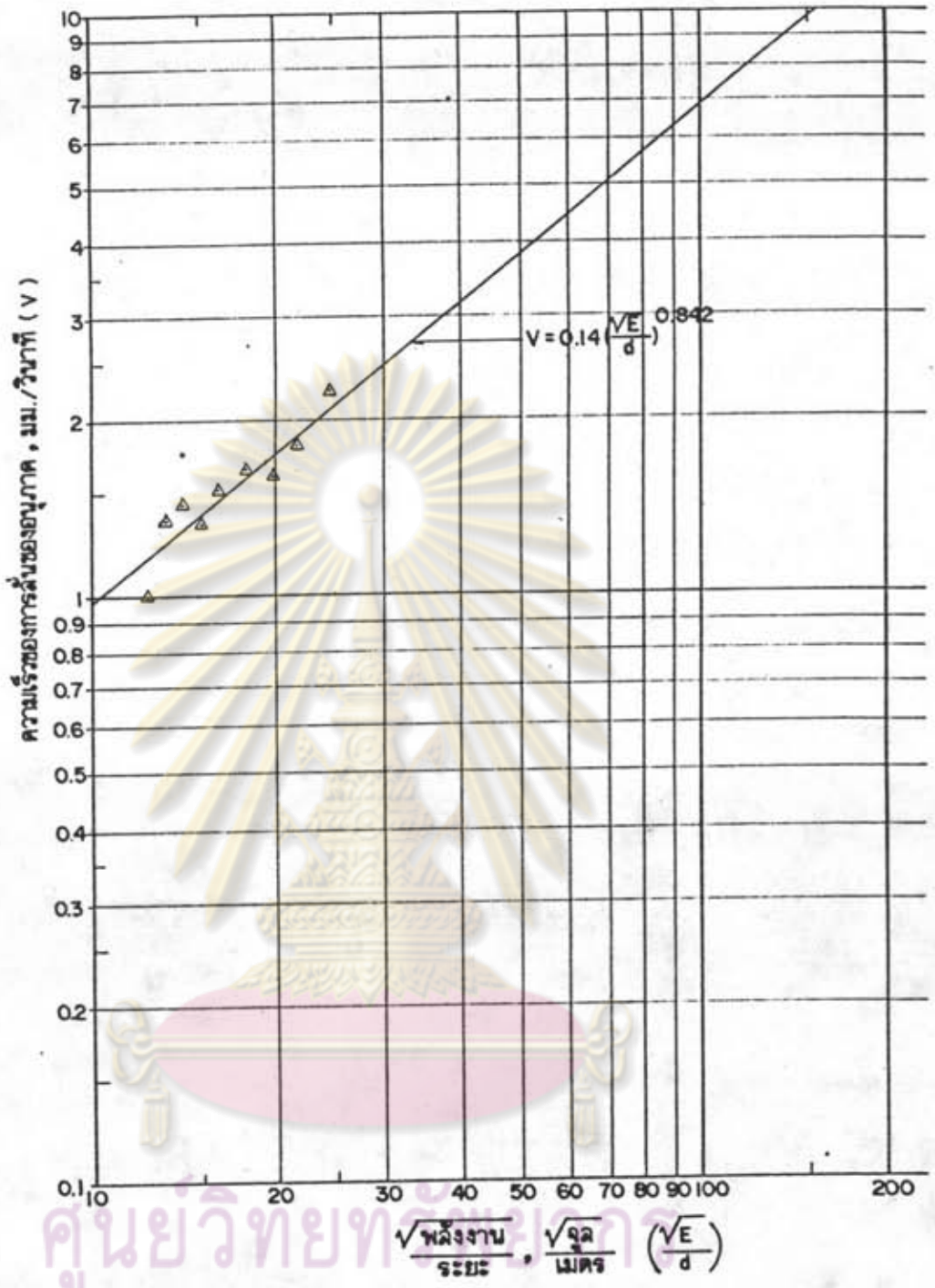
รูปที่ 4.24 แสดงกราฟความเร็วของการลื่นของอนุภาคของความลื่นสะเทือน  
ในแนวตั้ง ที่พลังงานต่าง ๆ วัดที่ผนังของอาคารกรองน้ำเดิม ซึ่ง  
ฐานรากอยู่ห่างจากจุดตอกเสาเข็ม 14.00 เมตร



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการล้นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +15.50 เมตร (อาคาร กานตกตะกอน หมายเลข 9 )

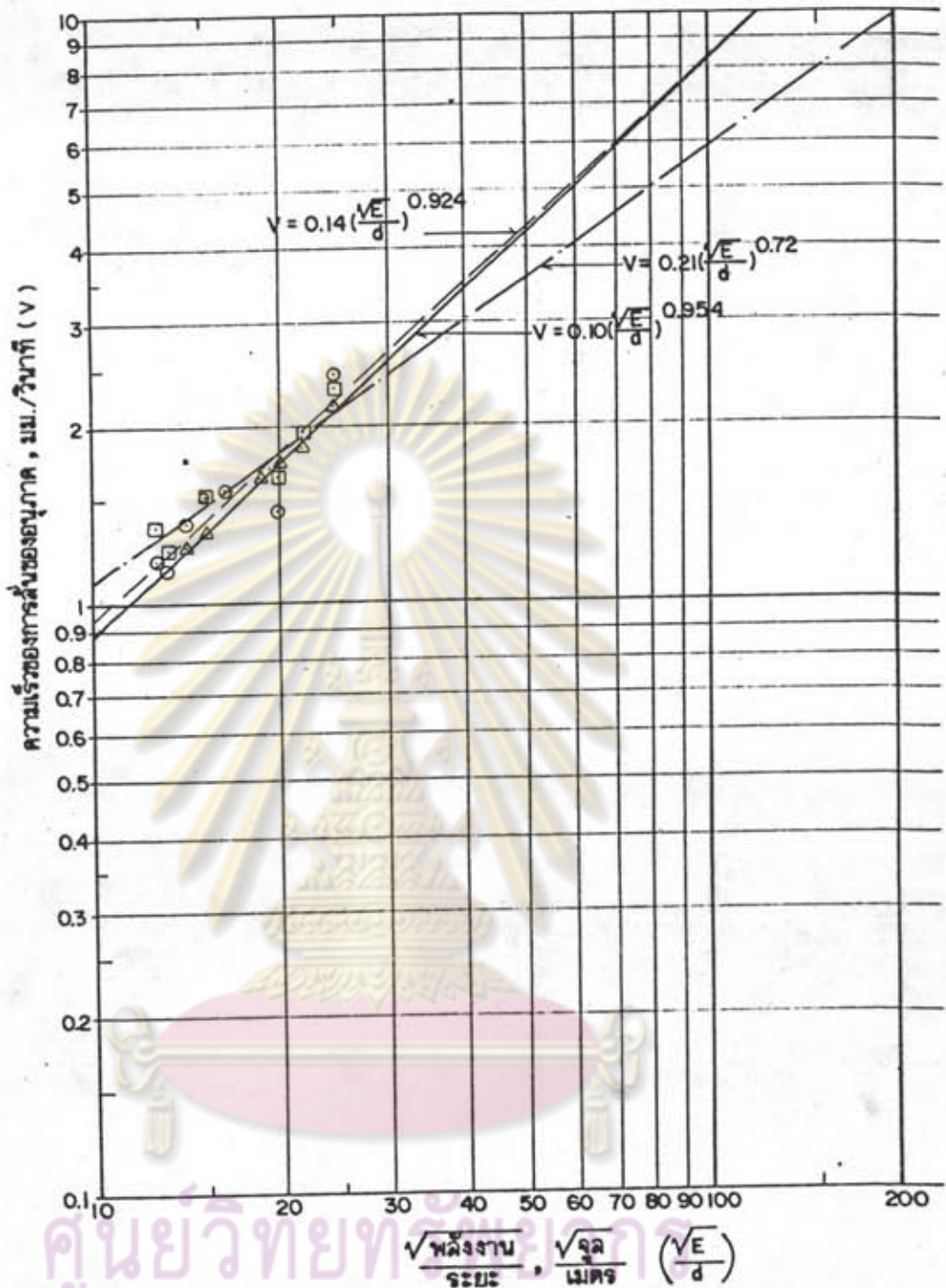


รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการลื่นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +15'50 เมตร (อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 วัดบนอาคารกวนตตะกอน หมายเลข 11)



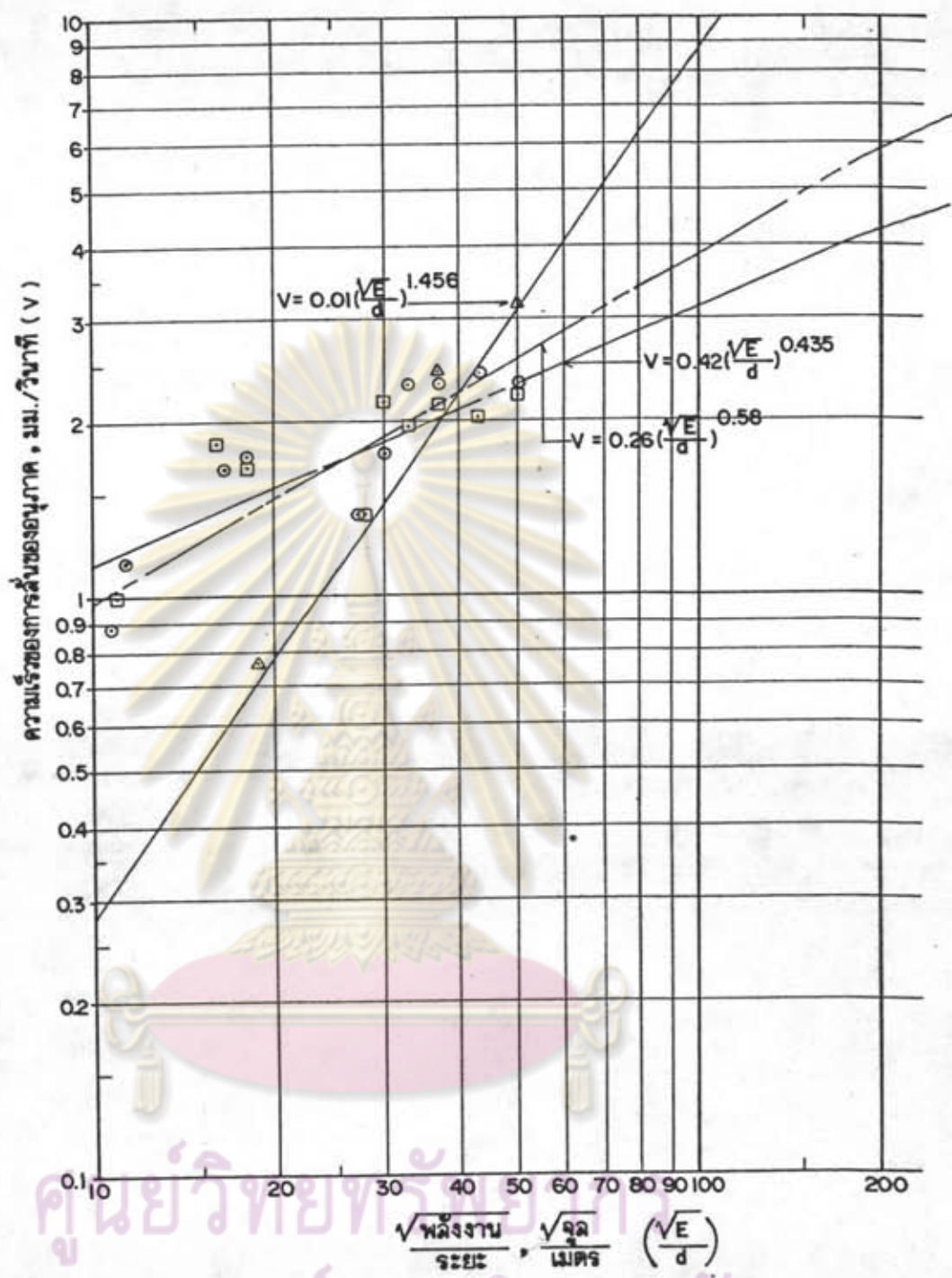
ศูนย์วิทยุเทคโนโลยี  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการล้นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +14.50 เมตร (อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 วัดบ่อนูโมวงศ์สงน้ำ)



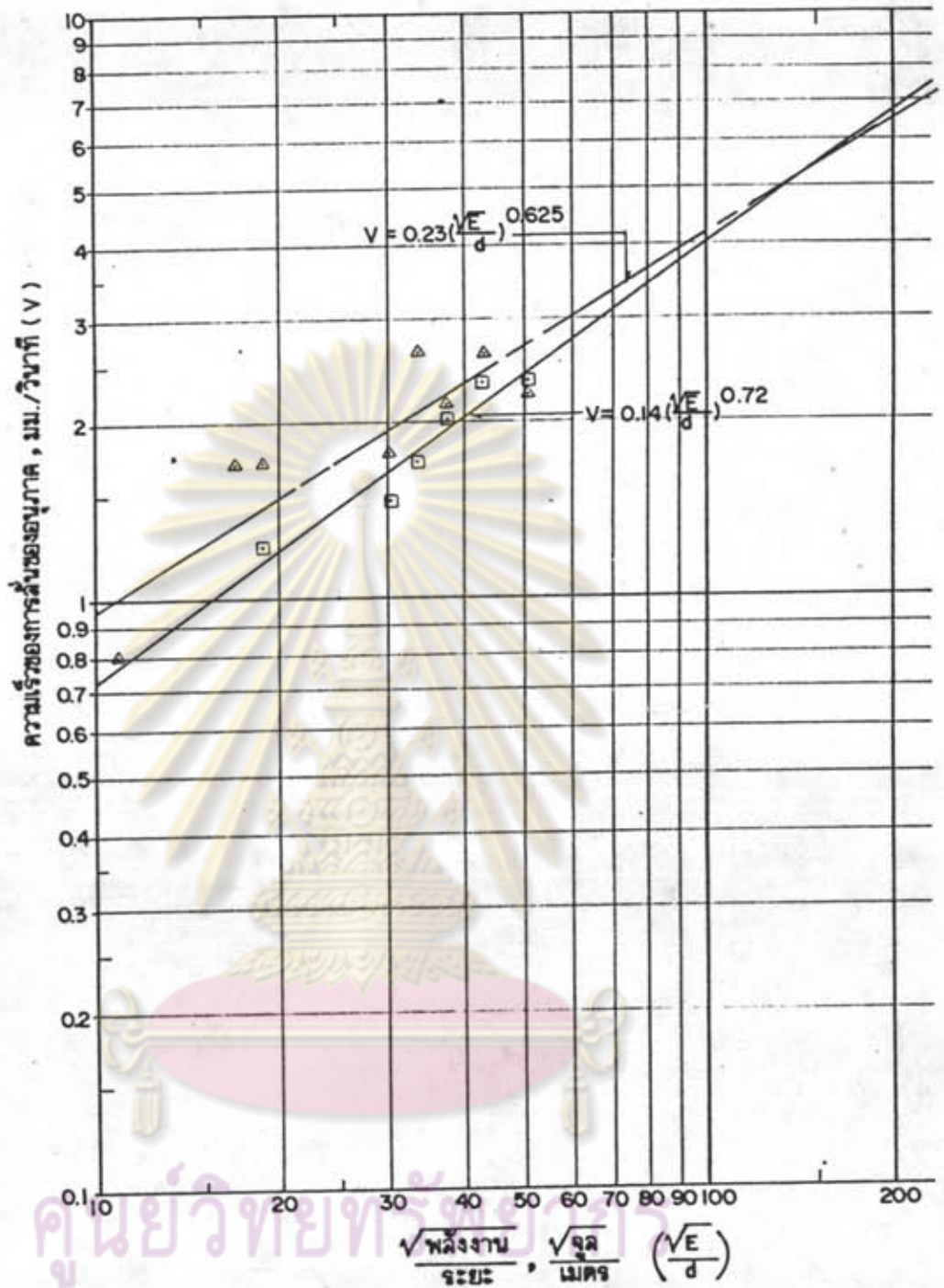
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการลื่นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +16 , +15.50 เมตร (อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 วัดบนอุโมงค์ส่งน้ำ)





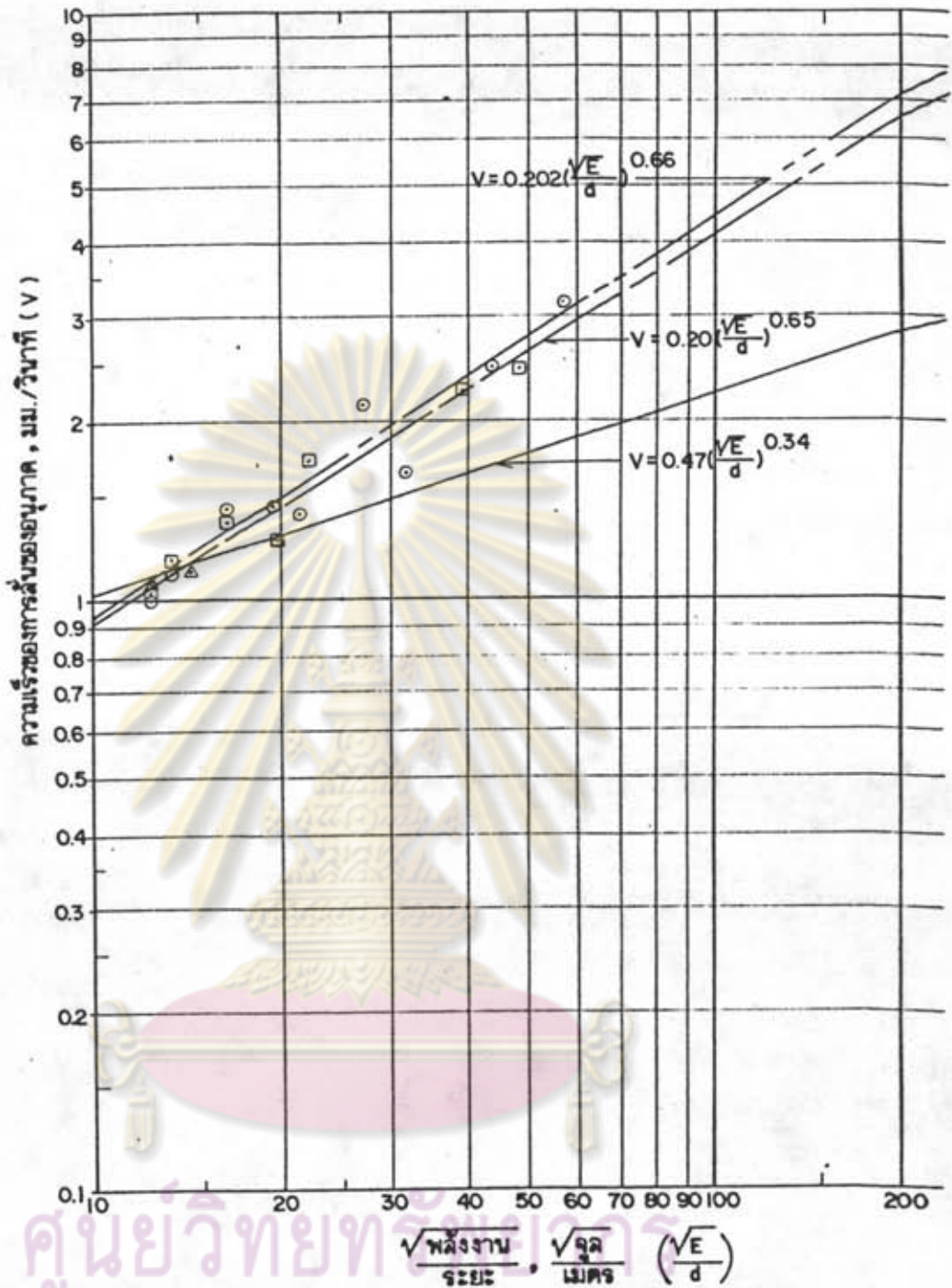
ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการสั่นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ + 17.50, +15.50 , + 15.00 เมตร (อาคารกรองน้ำ)

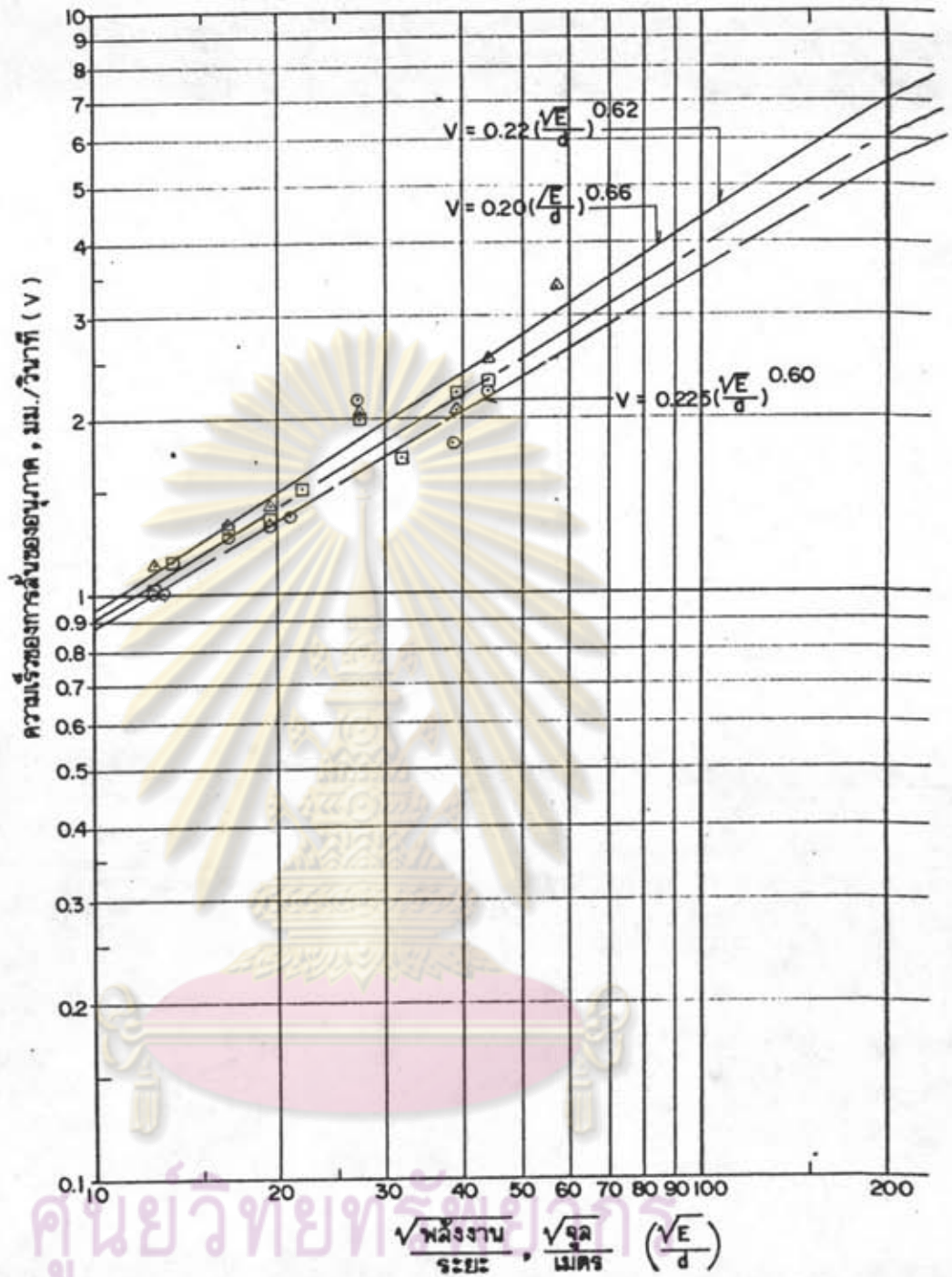


ศูนย์วิทยพัสดุ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการล้นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +14.50 , +14.00 เมตร (อาคารกรองน้ำ)

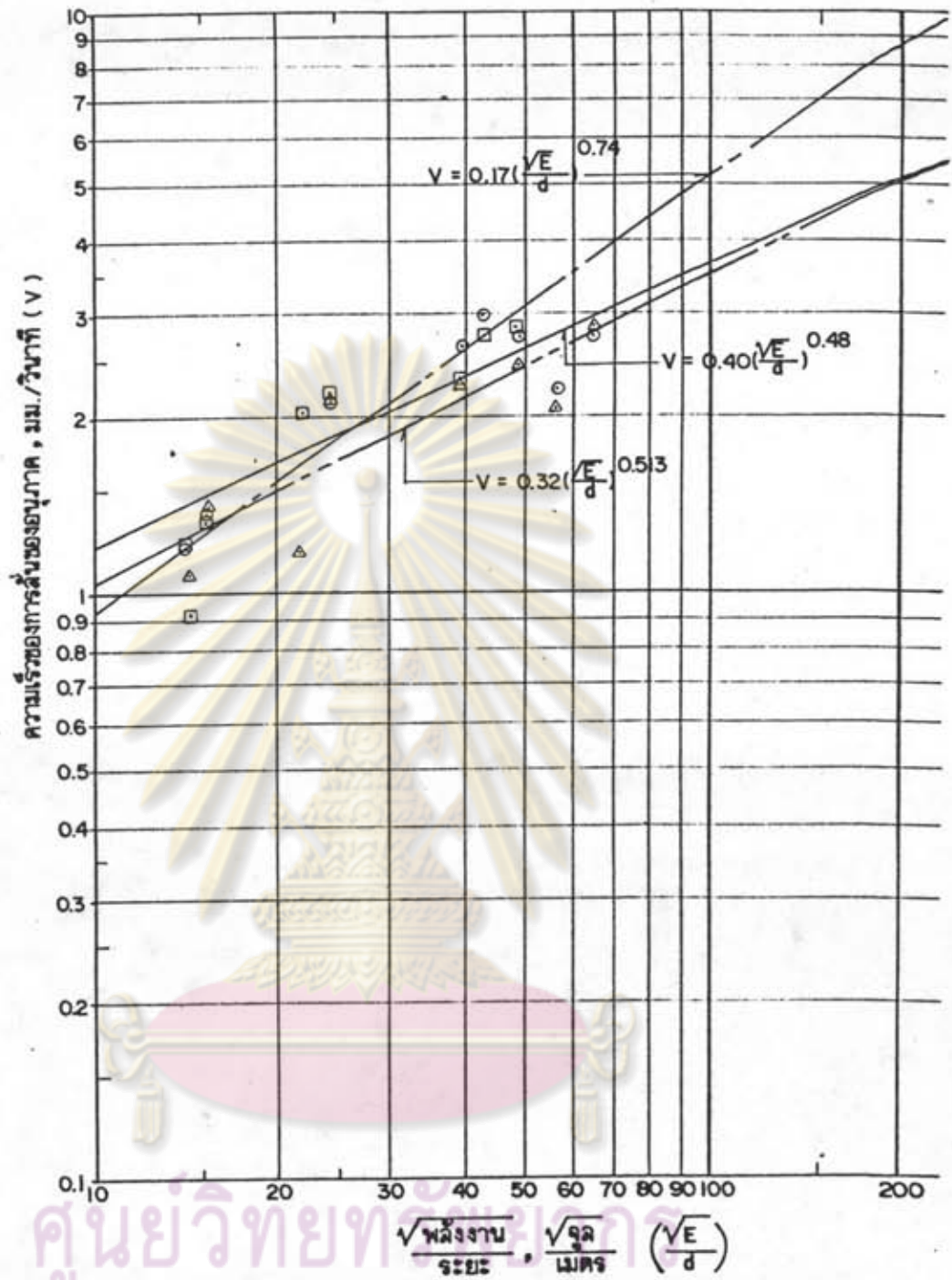


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการล้นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +16.50 , +16.00 , +15.05 เมตร (อาคารกรองน้ำ)

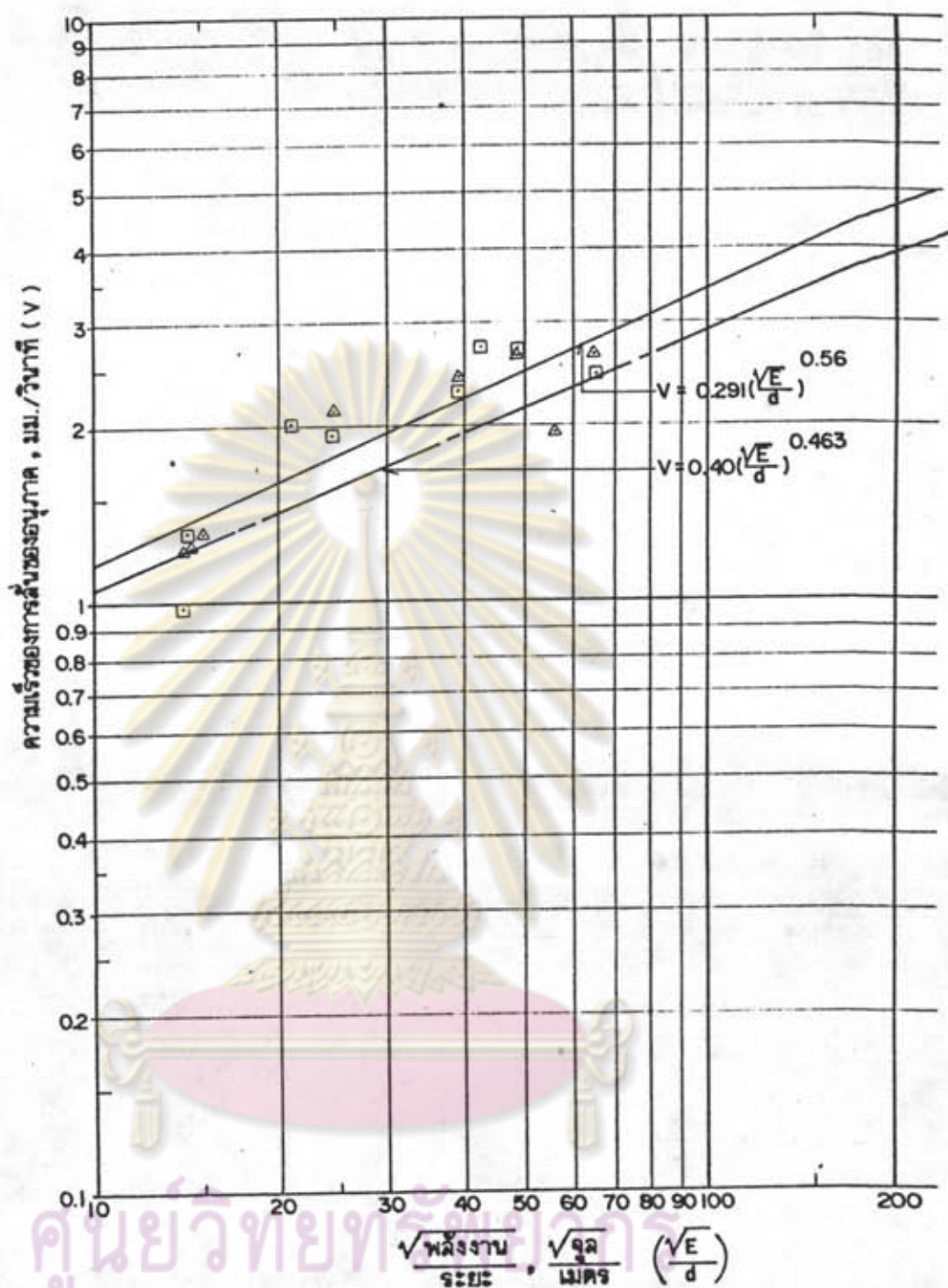


ศูนย์วิจัยทรัพยากรน้ำ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการลื่นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ + 15.00 , +14.50 +14 (อาคารกรองน้ำ)

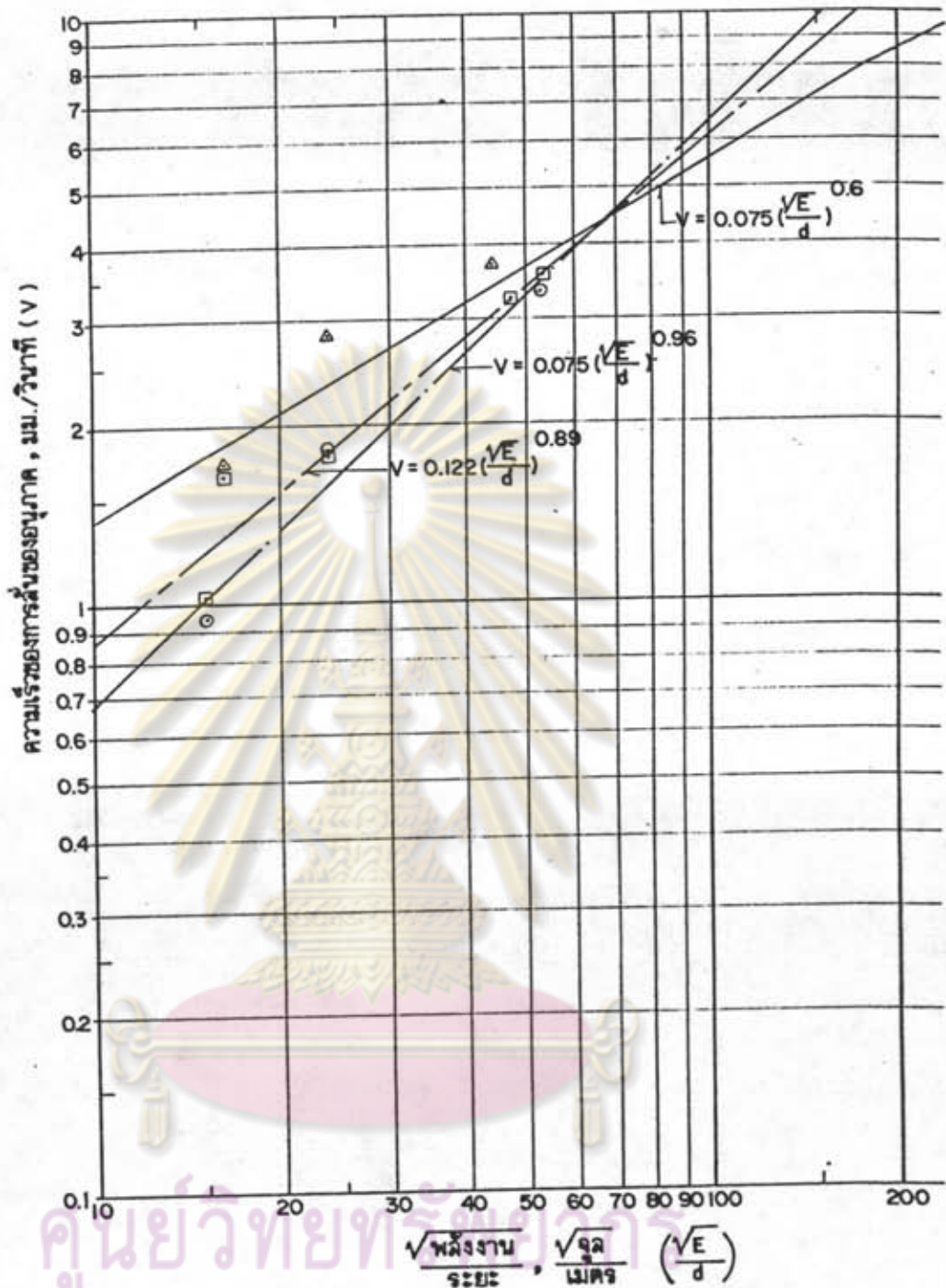


รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการล้นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +16.00 , +15.50 +15.00 (อาคารกรองน้ำ)



ศูนย์วิทยพัทยวิทย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

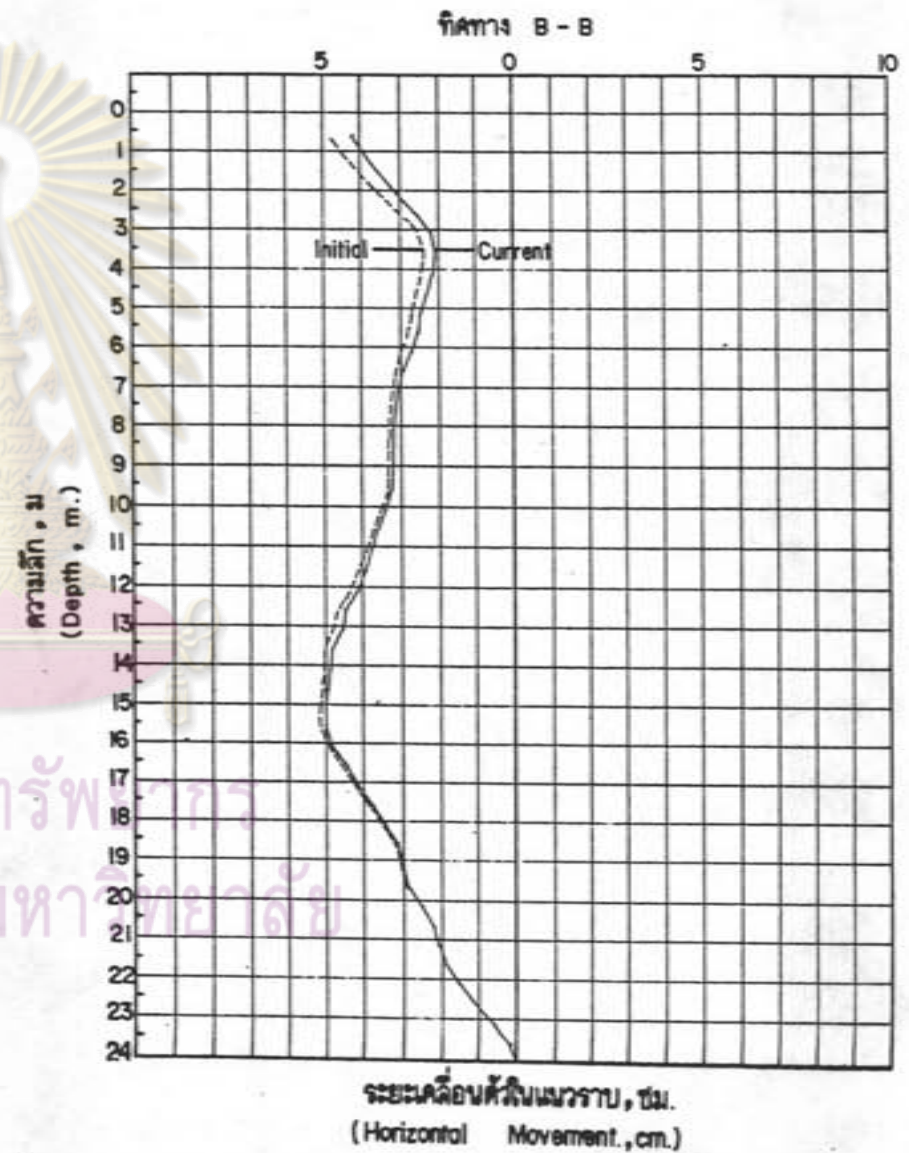
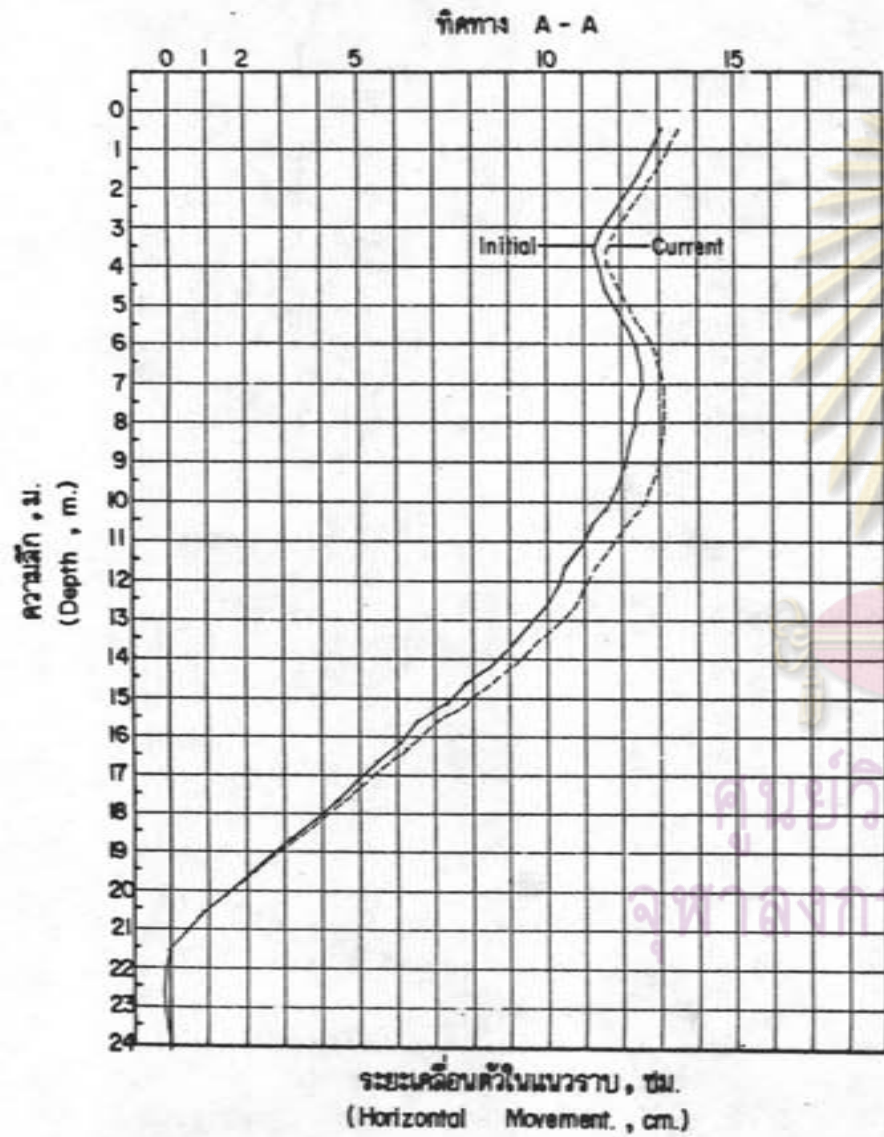
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการล้นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +14.50 และ +14.00 เมตร (อาคารกรองน้ำ)



ศูนย์วิทยพัชร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการลื่นของอนุภาคกับระยะห่างเมื่อปลายเสาเข็มจมถึงระดับ +15.00 , +14.50 +14.00 เมตร (อาคารทรงน้ำ)

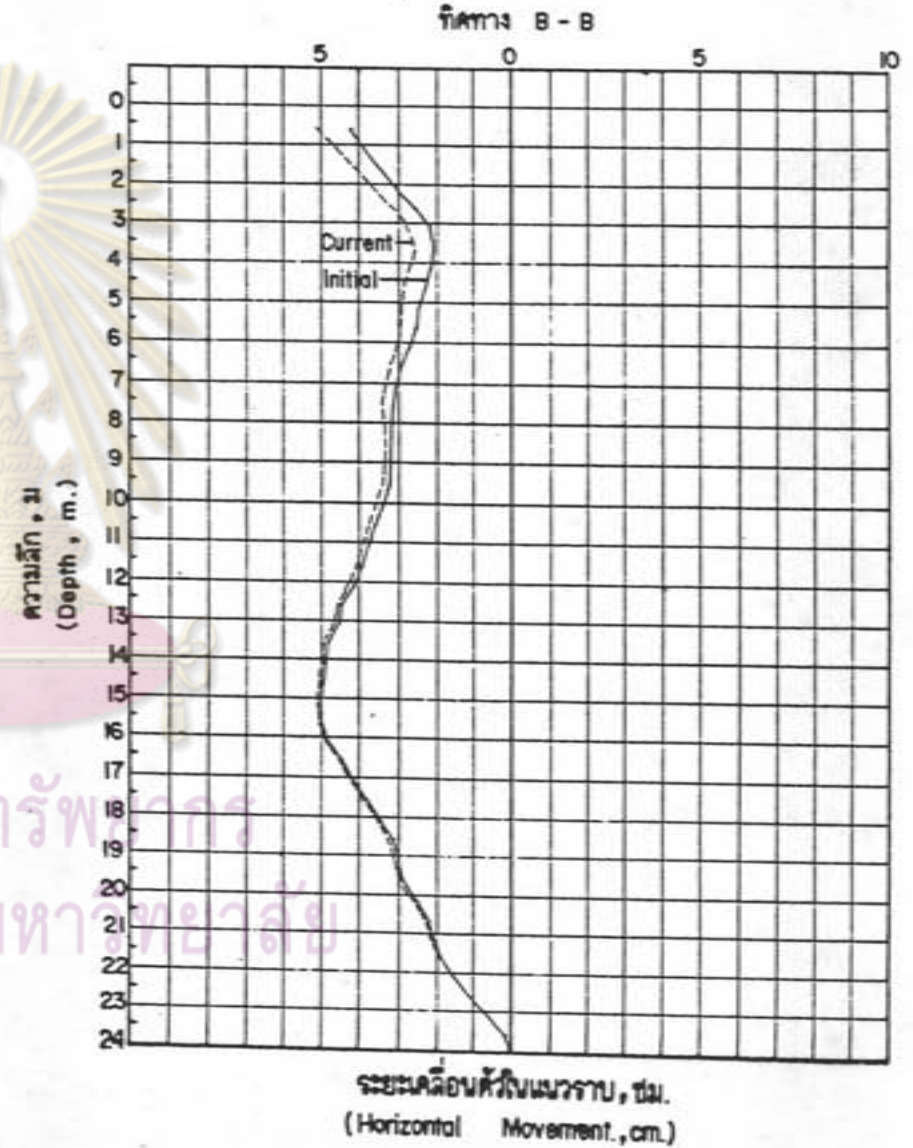
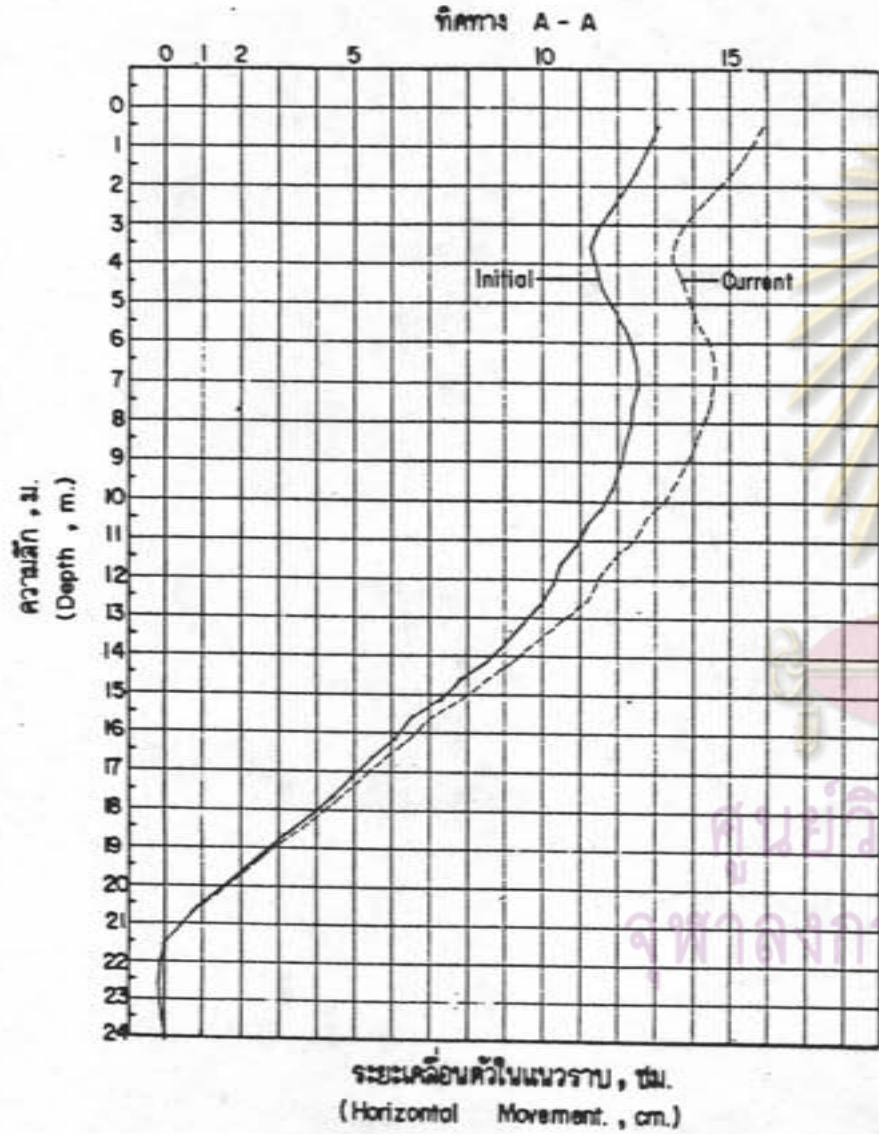
อาคารกวนตะกอนหมายเลข 9  
CLARIFIER No. 9



รูปที่ 4.36 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างสูงสุดที่เกิดขึ้น  
ในระหว่างการตอกเสาเข็มทั้งหมด

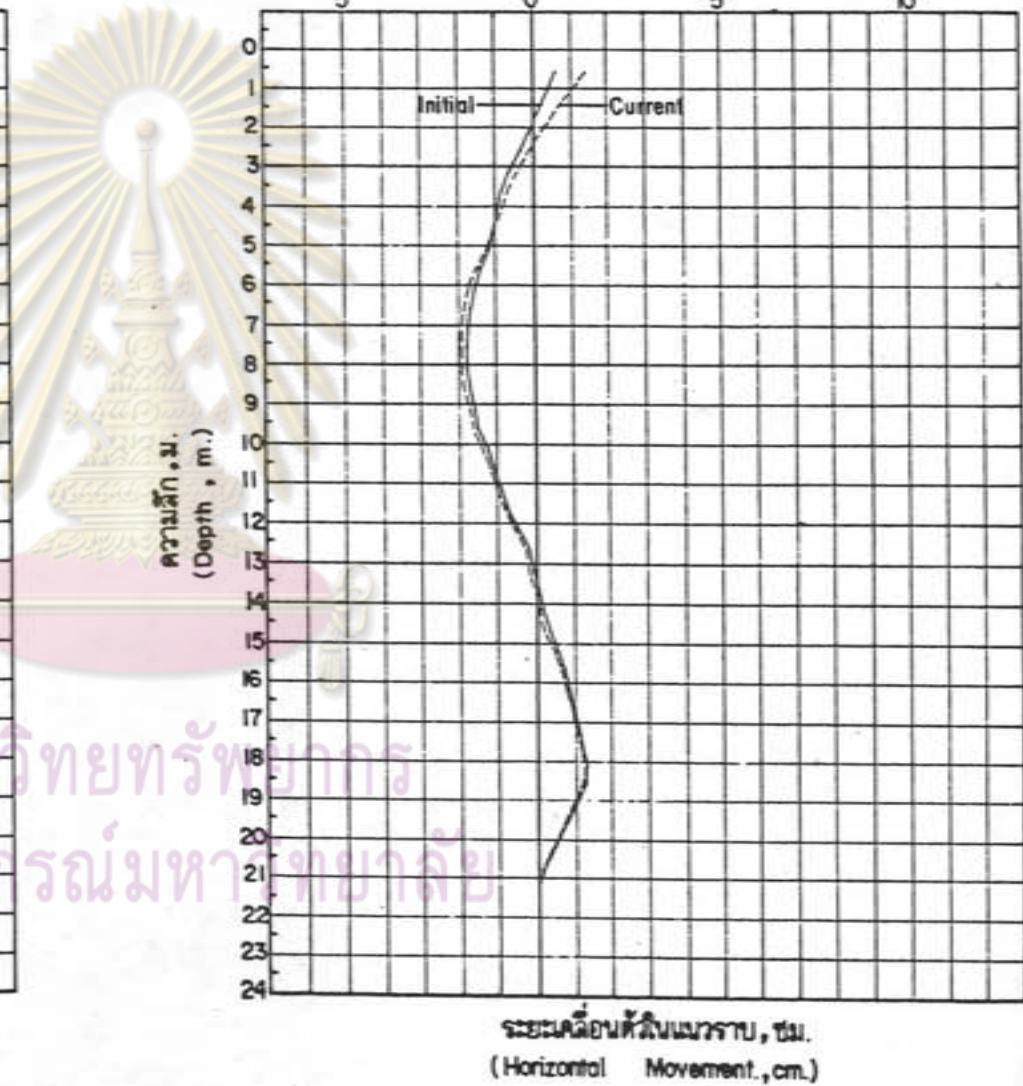
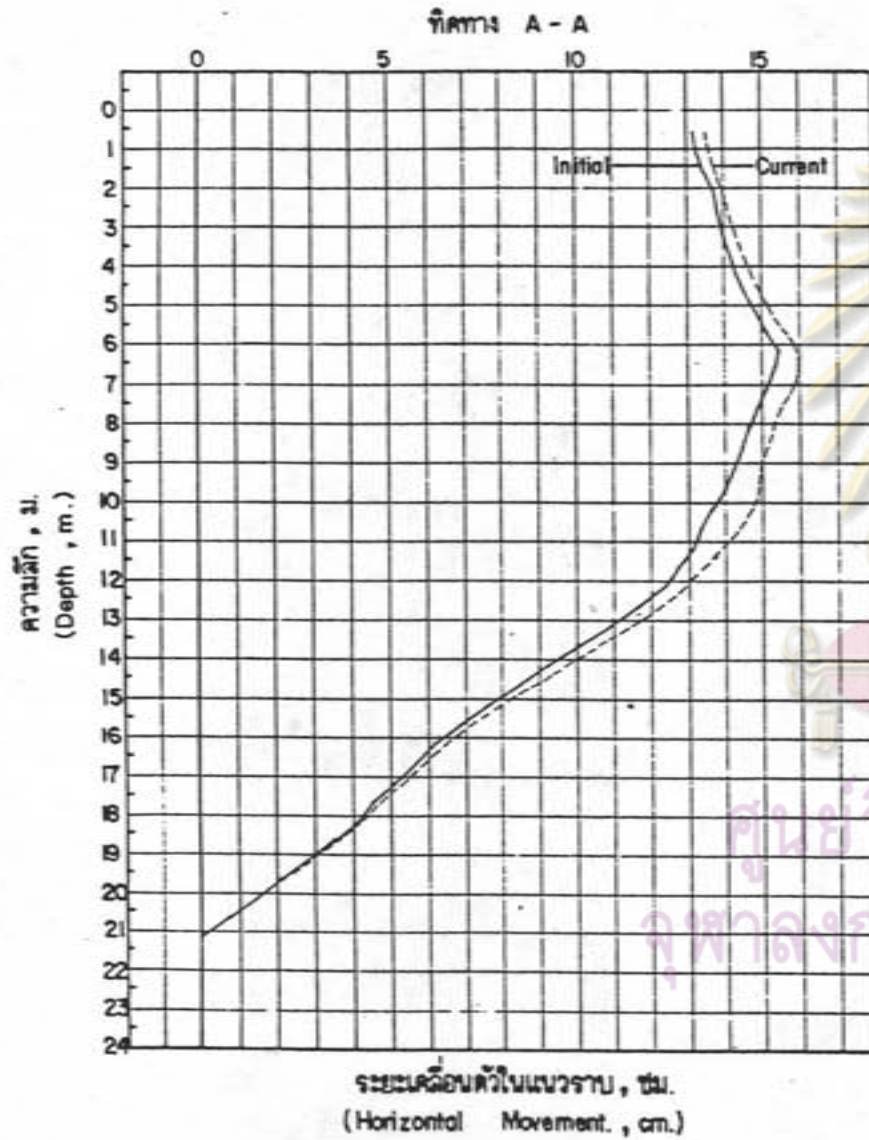


อาคารกวนตกตะกอนหมายเลข 9  
CLARIFIER No. 9



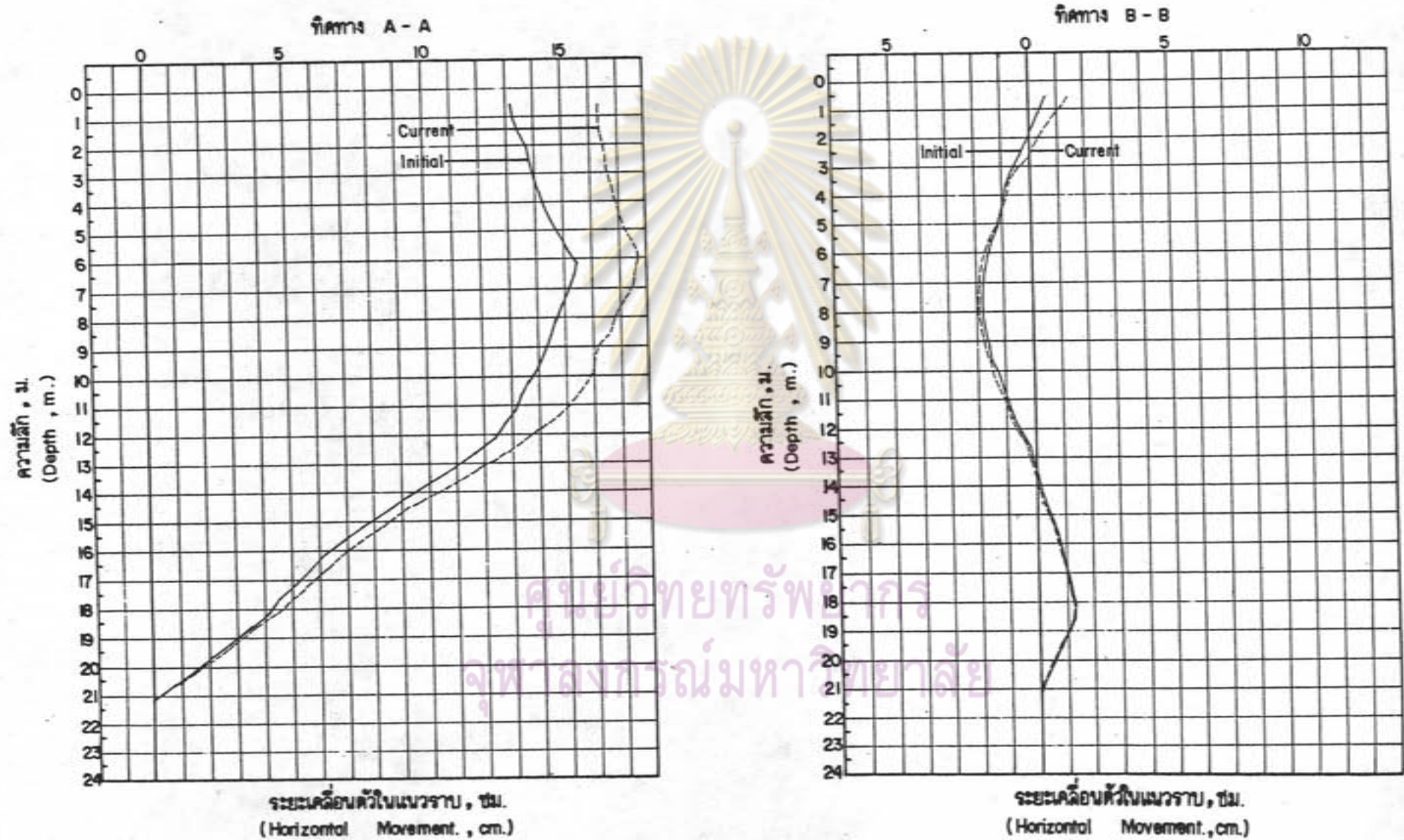
รูปที่ 4.37 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
เมื่อตอกเสาเข็มด้วยวิธีเจาะนำก่อนเสร็จเรียบร้อย

อาคารกวนตะกอนหมายเลข 10  
CLARIFIER No. 10



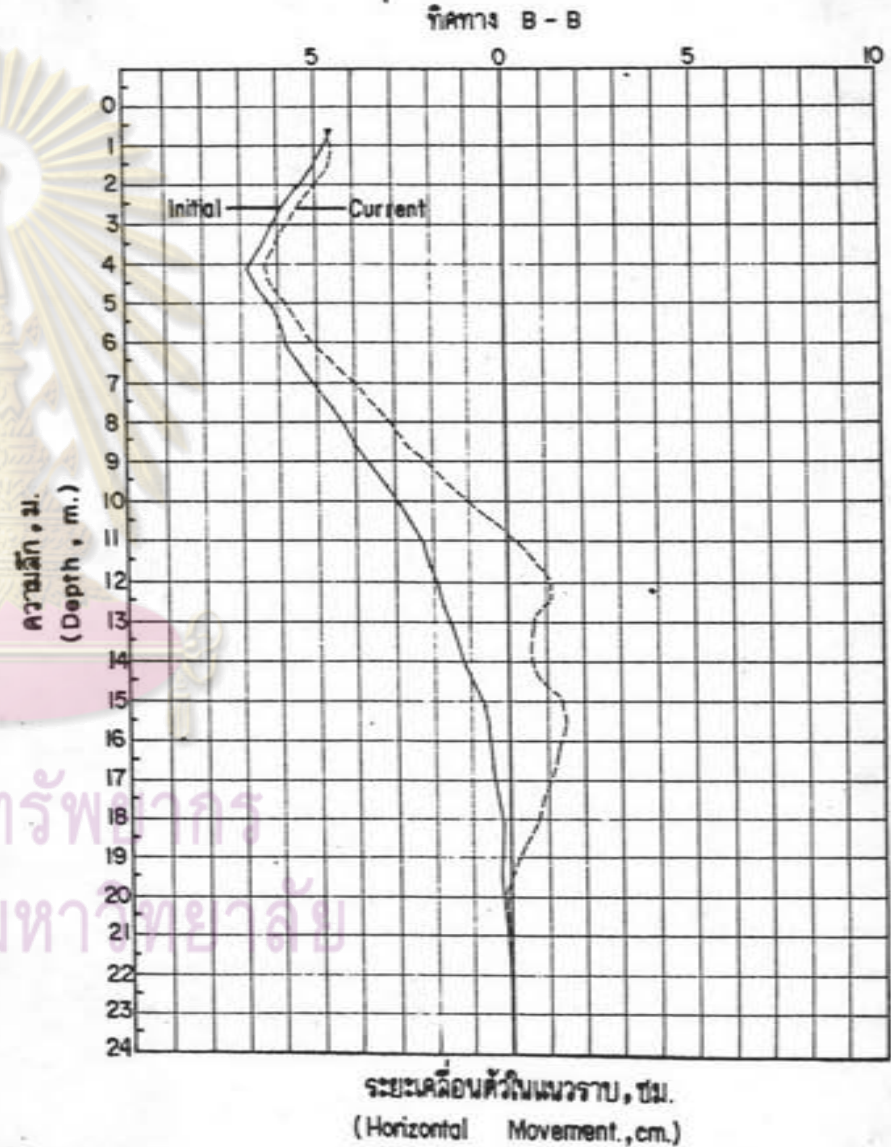
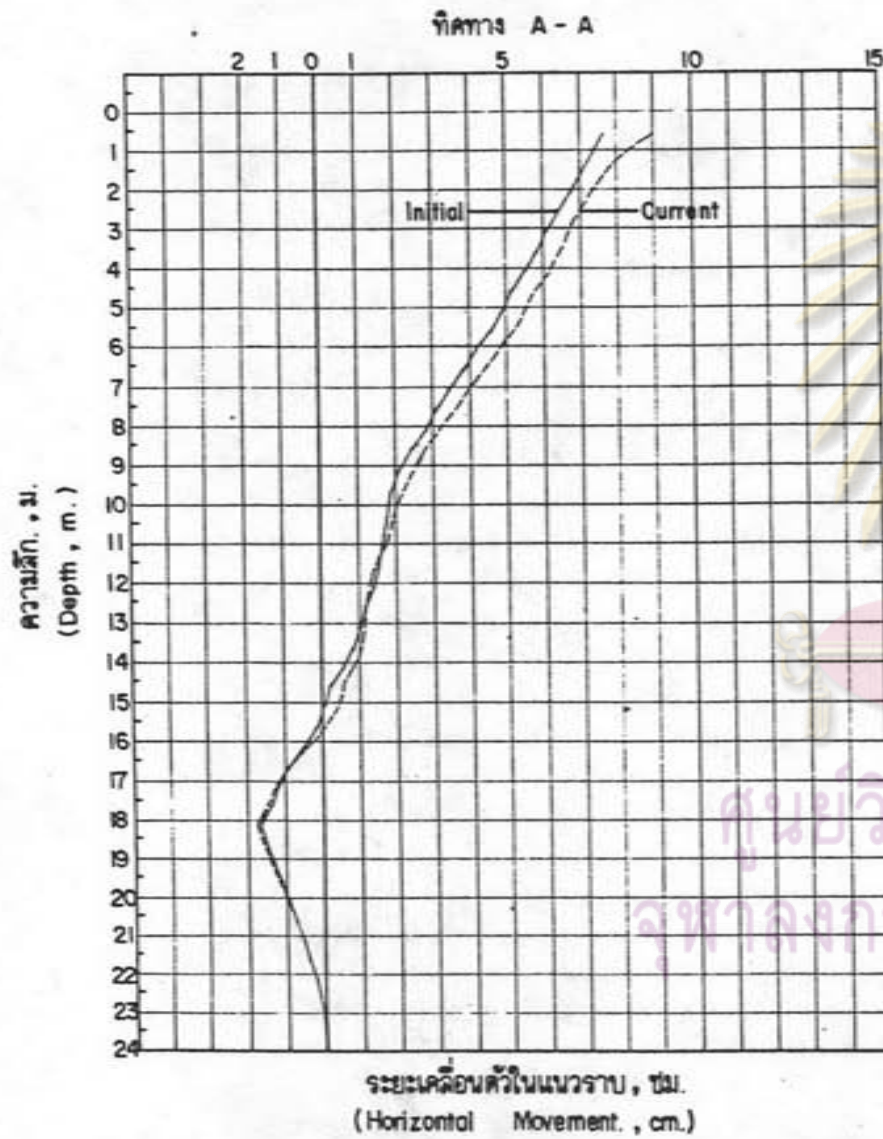
รูปที่ 4.38 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินสูงสุด  
ที่เกิดขึ้นในระหว่างการตอกเสาเข็มทั้งหมด

อาคารกวนตกตะกอนหมายเลข 10  
CLARIFIER No.10



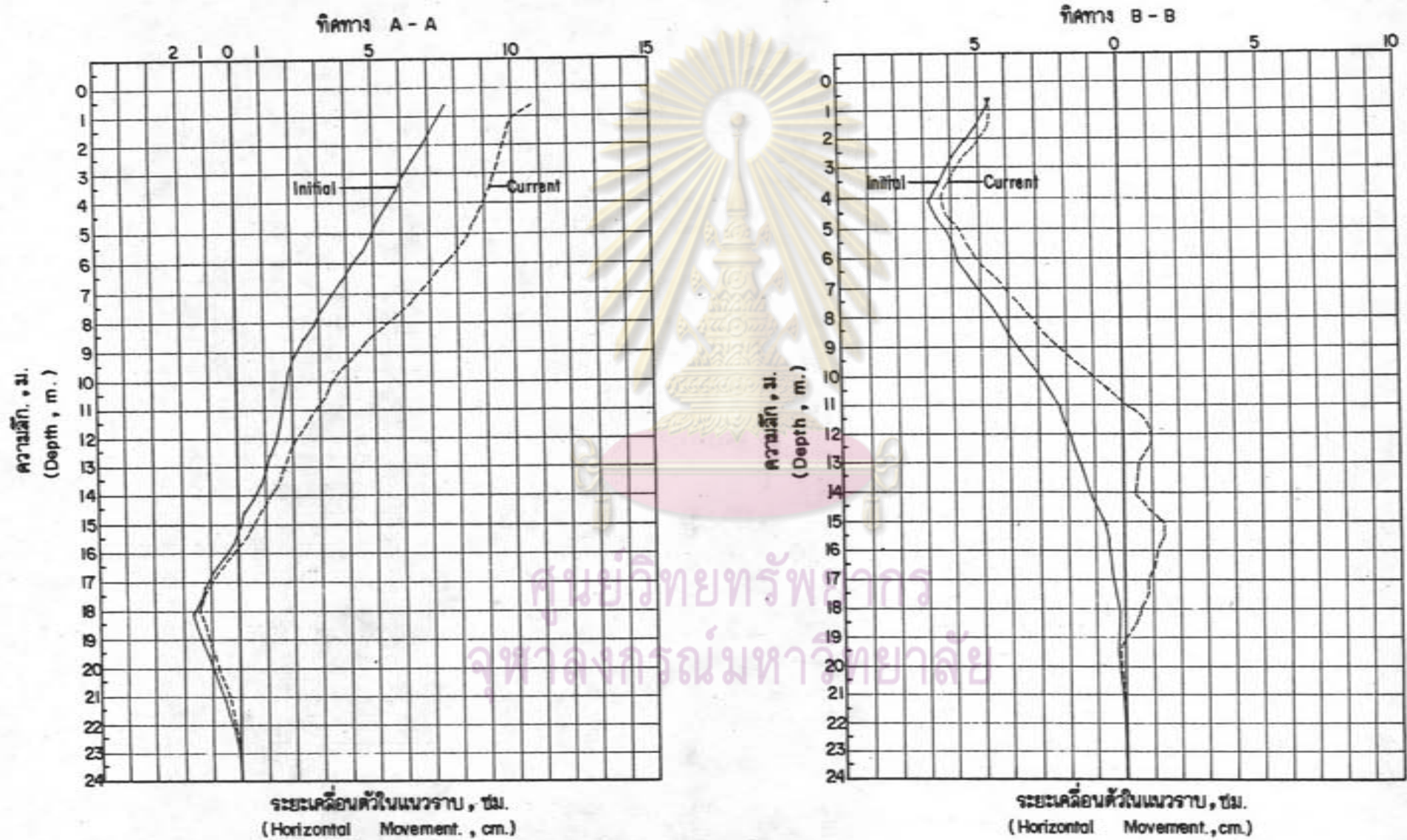
รูปที่ 4.39 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินเมื่อทำการตกเสาเข็มด้วยวิธีเจาะนำก่อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

อาคารกรองน้ำ  
FILTER BED

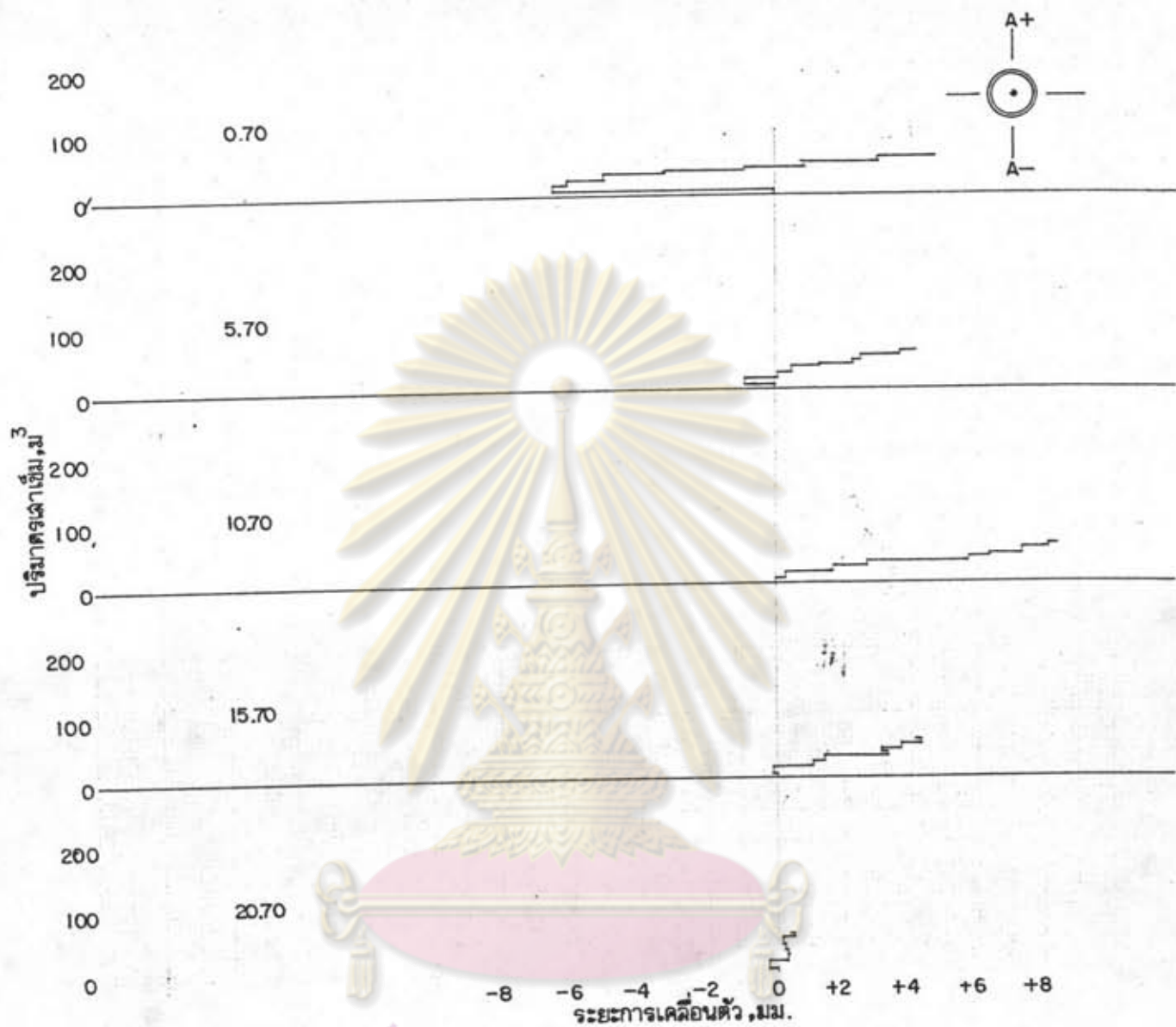


รูปที่ 4.40 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินสูงสุด  
ที่เกิดขึ้นในระหว่างการตอกเสาเข็มทั้งหมด

อาคารกรองน้ำ  
FILTER BED



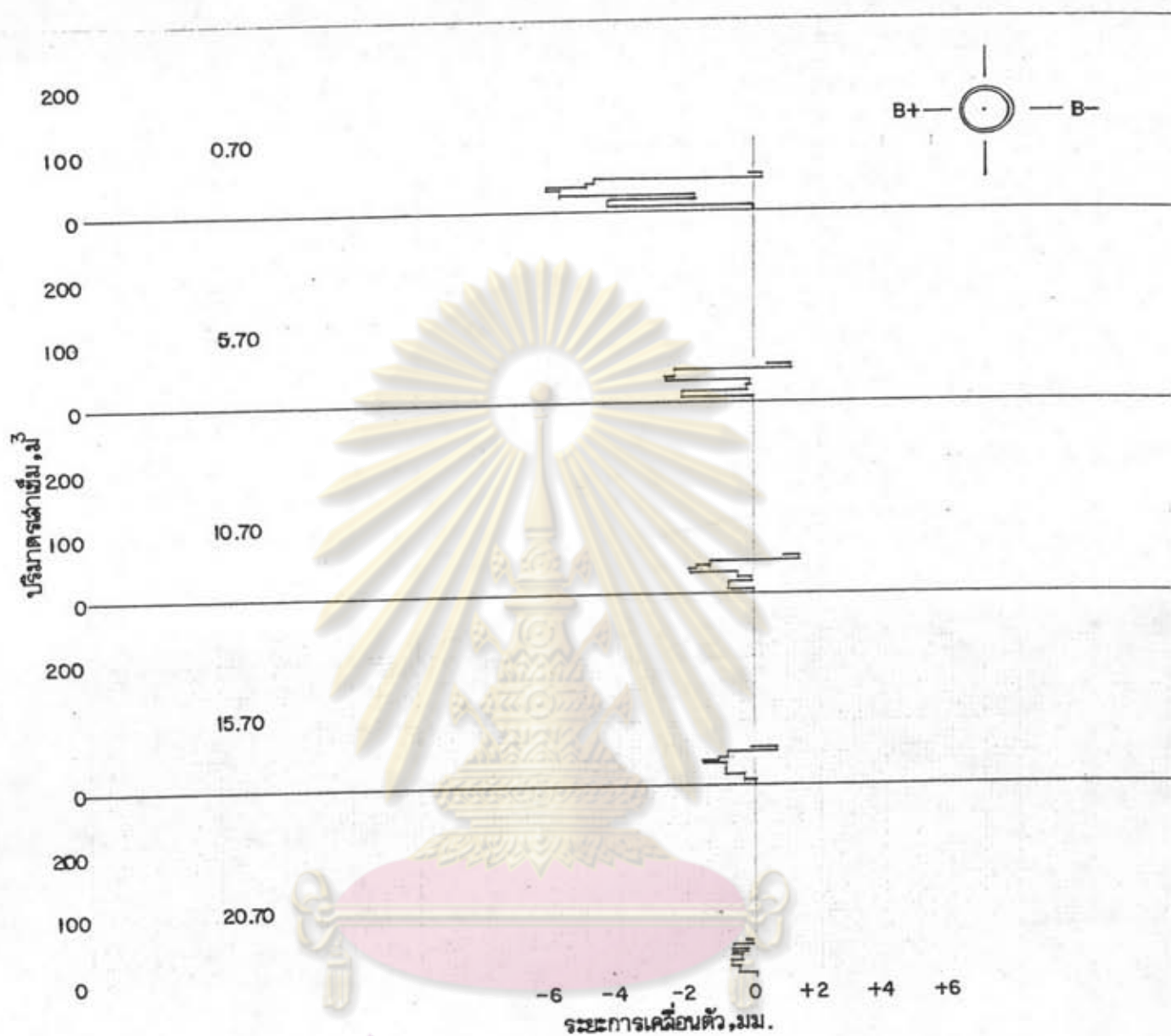
รูปที่ 4.41 แสดงระยะการเคลื่อนตัวทางข้างของชั้นดิน  
เมื่อทำการตอกเสาเข็มด้วยวิธีเจาะนำก่อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว



๔๑

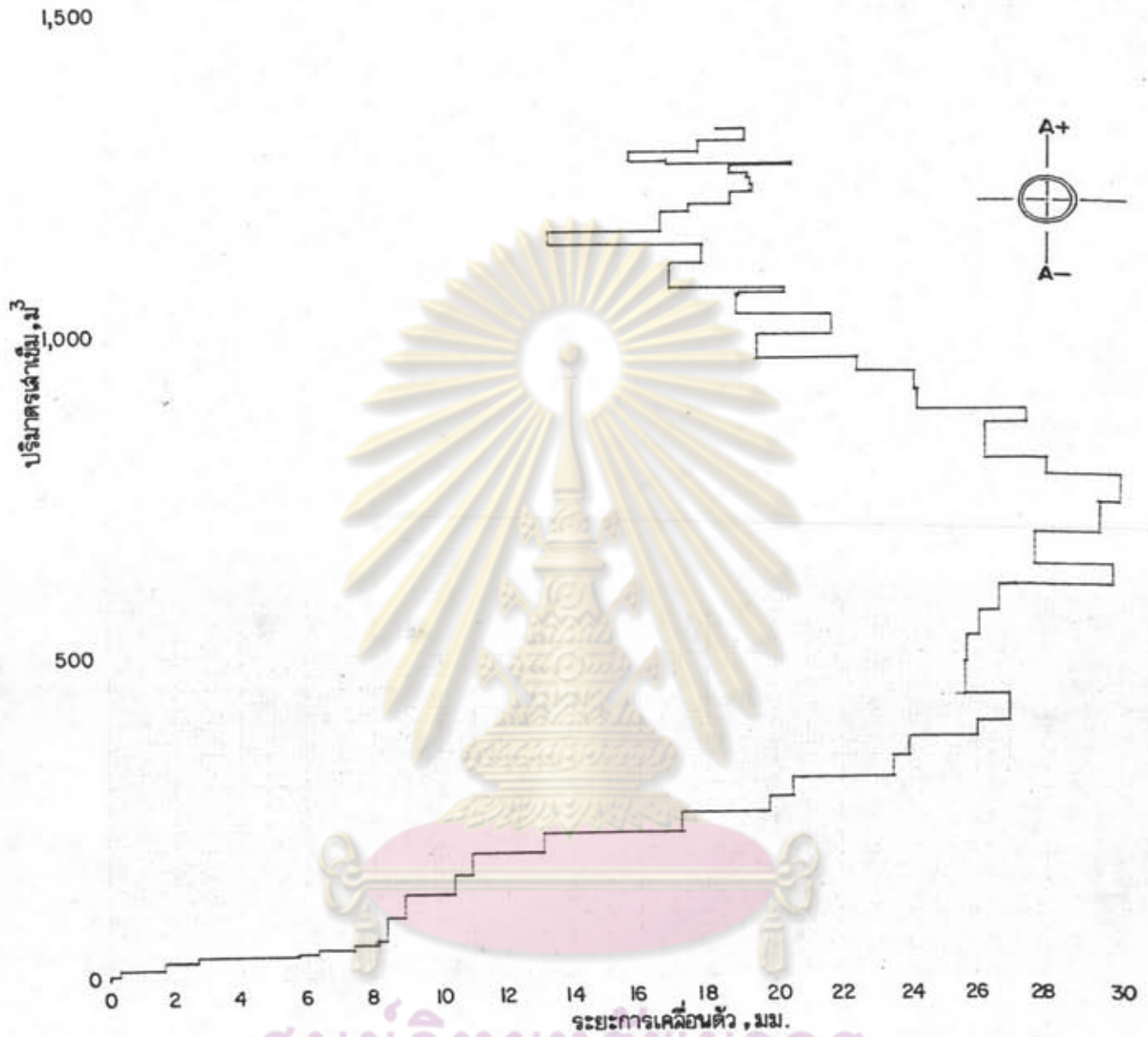
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ กับ ปริมาตรของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่ตอกด้วยวิธีเจาะนำก่อน ณ อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 9 ทิศทาง A-A



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
 ที่ระดับความลึกต่าง ๆ กับปริมาตรของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่ต่อกด้วย  
 วิธีเจาะนำก่อน ณ อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 9 ทิศทาง B-B

ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินกับ ปริมาตรของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มการตอกจนถึงการ ตอกเสาเข็ม ณ อาคารกวนตคตะกอน หมายเลข 9 ที่ศทาง A-A



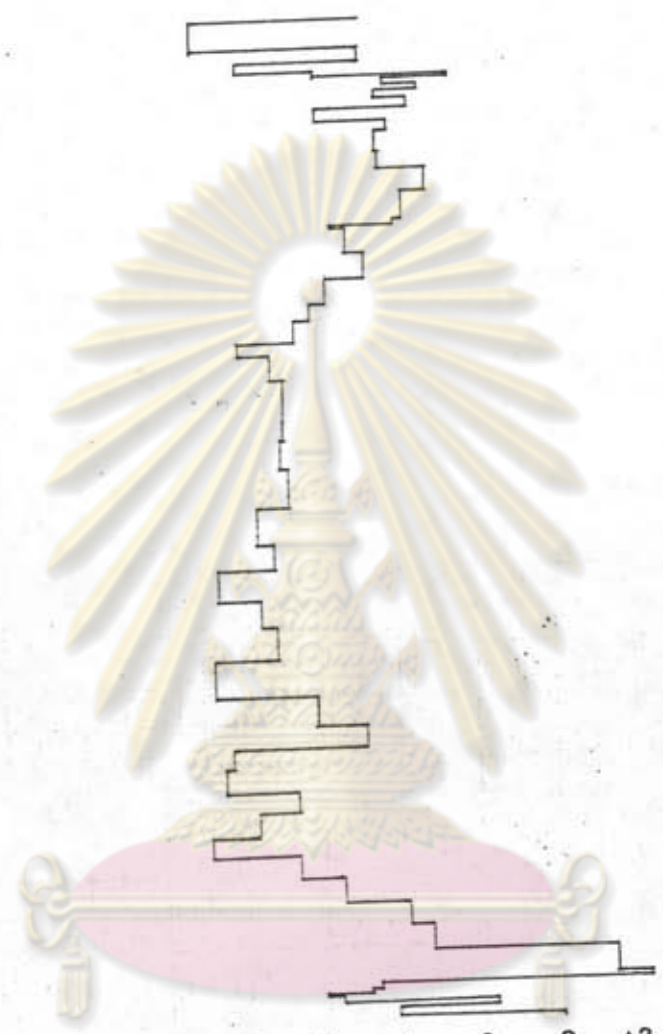
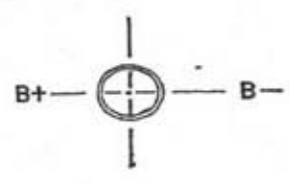
1,500

1,000

500

0

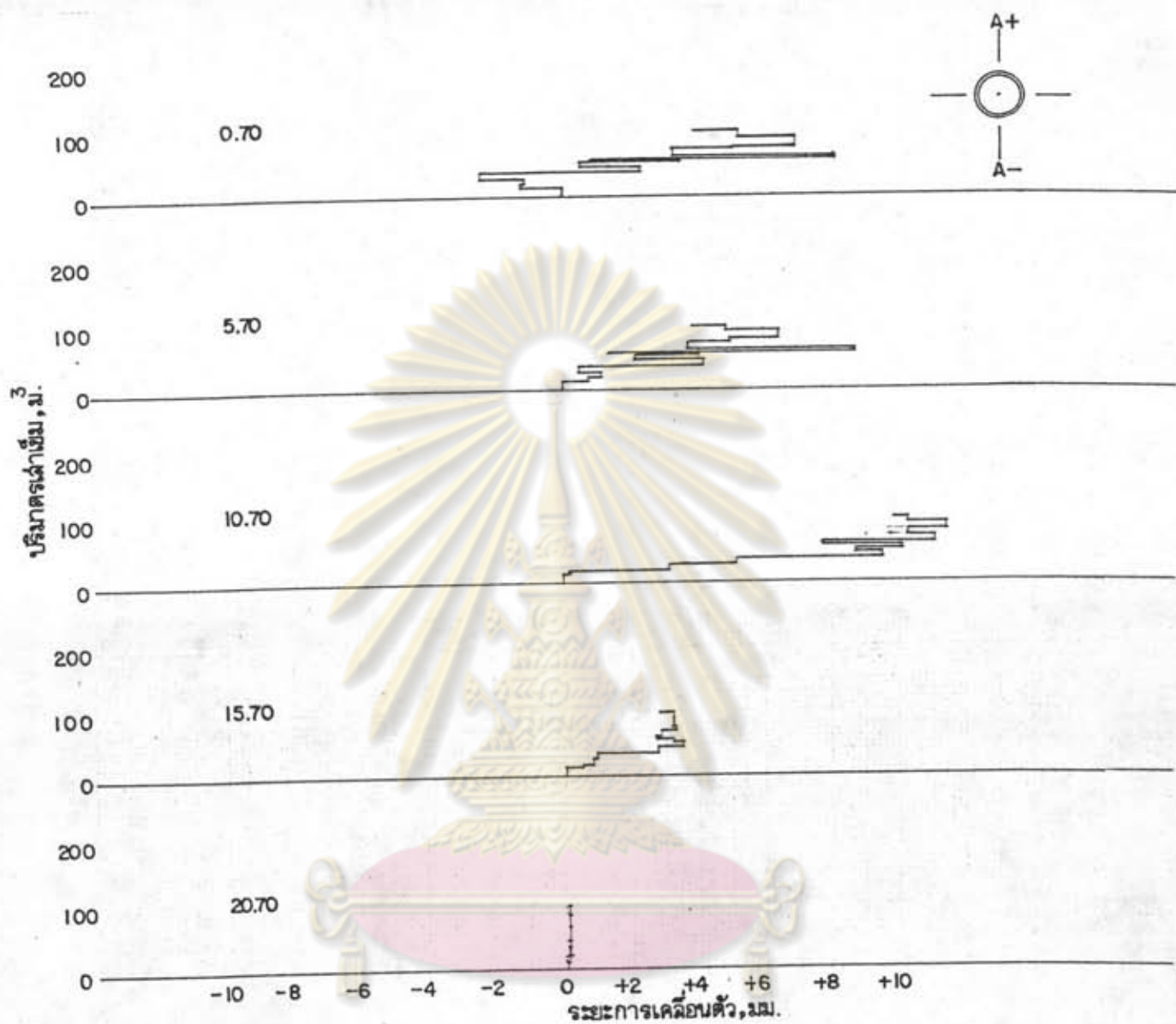
-10 -8 -6 -4 -2 0 +2 +4 +6 +8 +10  
ระยะการเคลื่อนตัว, มม.



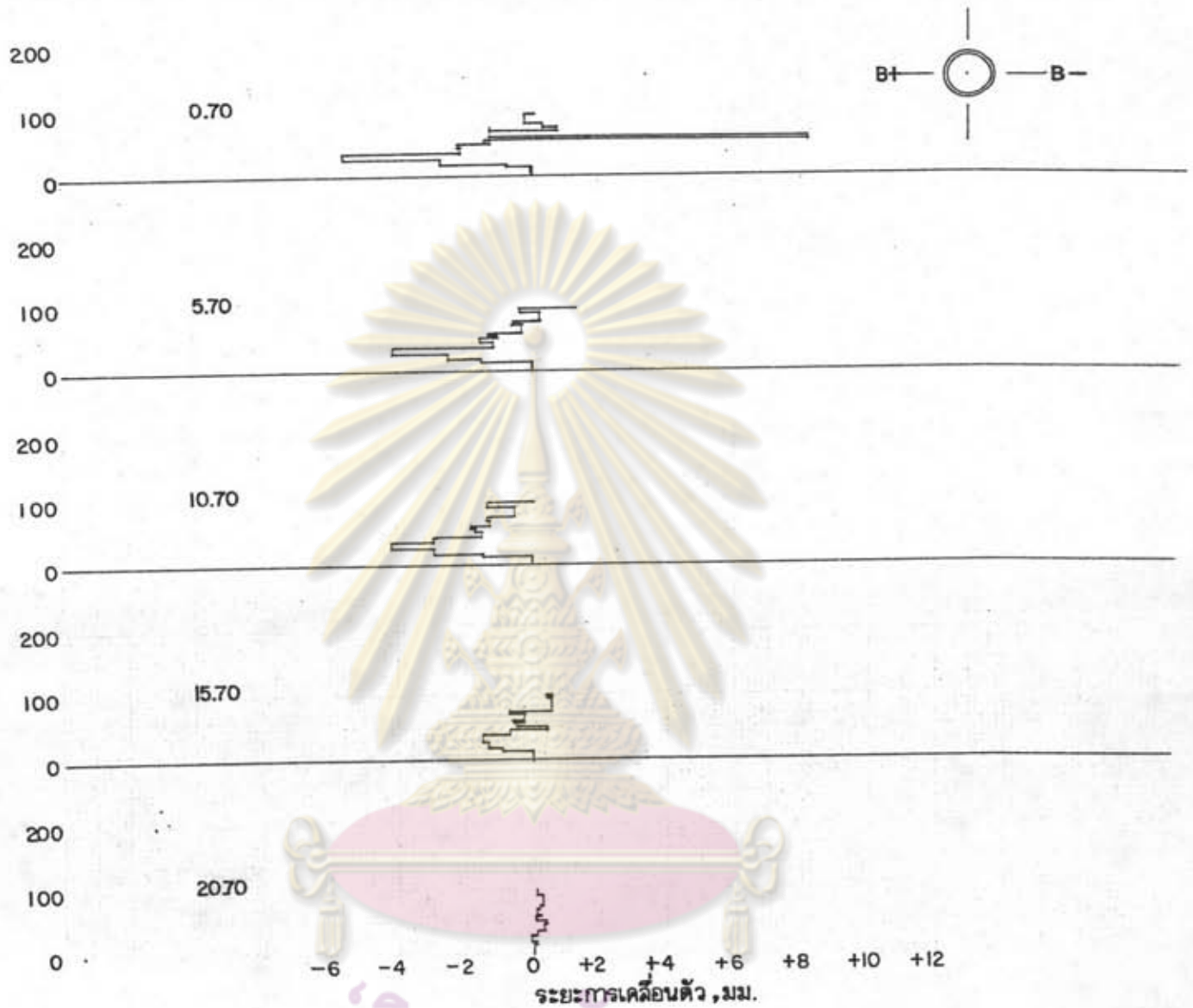
รูปที่ 4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินกับ ปริมาตรของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มการตอกจนสิ้นสุดการ ตอกเสาเข็ม ณ อาคารกวตตะกอน หมายเลข 9 ที่คทาง B-B

ศูนย์วิทยทรัพยากร

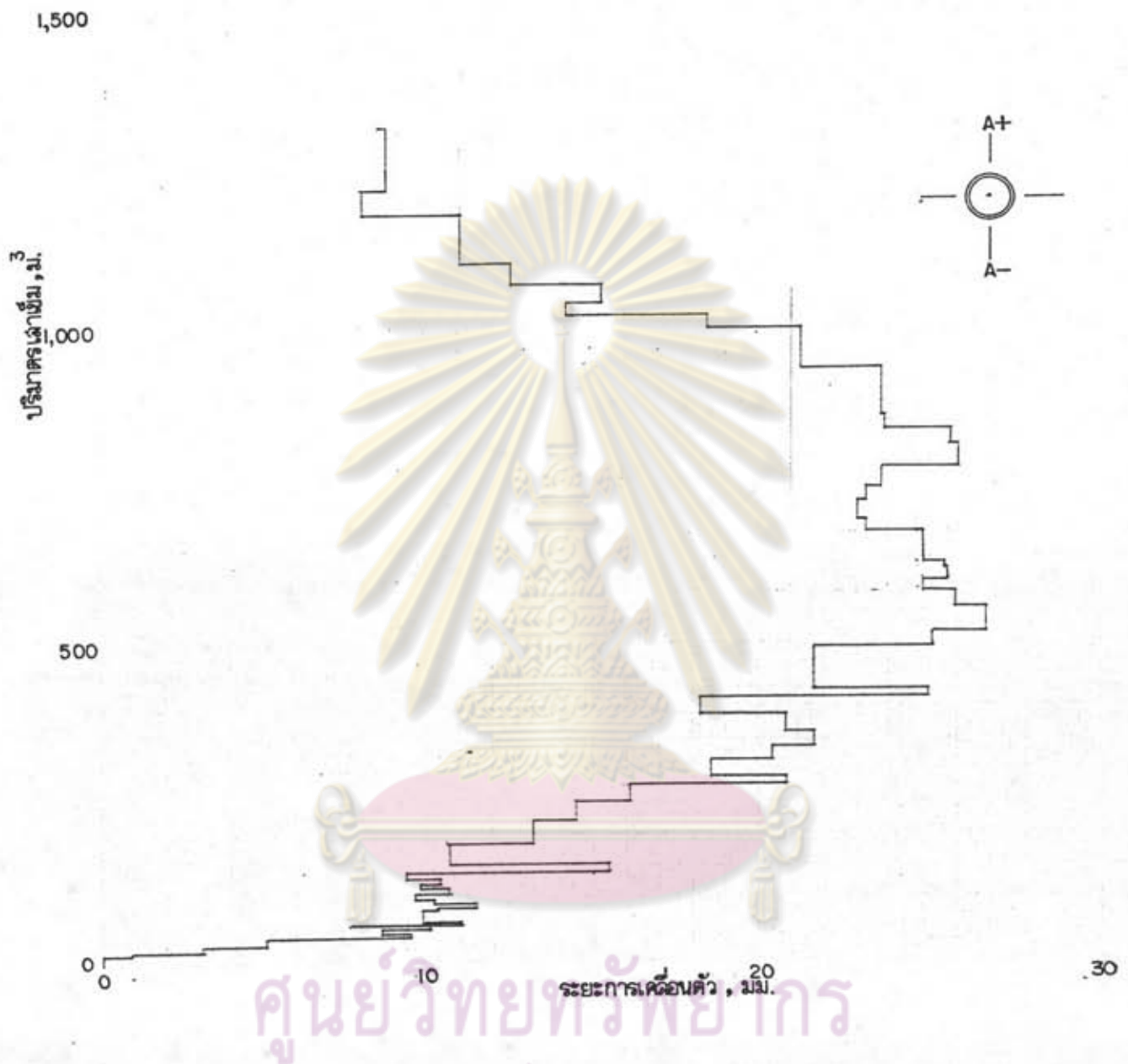
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



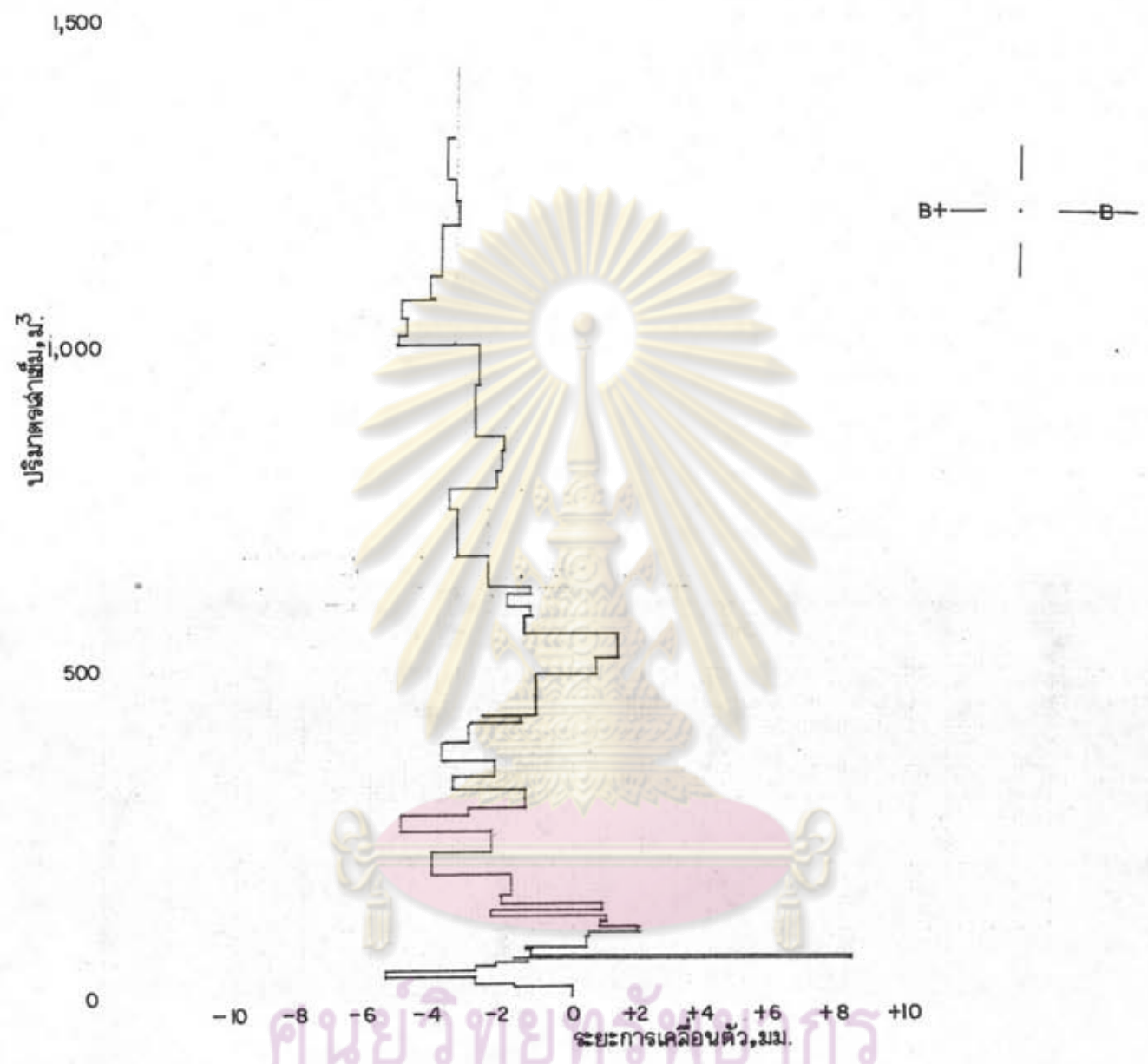
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
 ที่ระดับความลึกต่าง ๆ กับ ปริมาตรของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่ต่อกด้วย  
 วิธีเจาะนำก่อน ณ อาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 10 ทิศทาง A-A



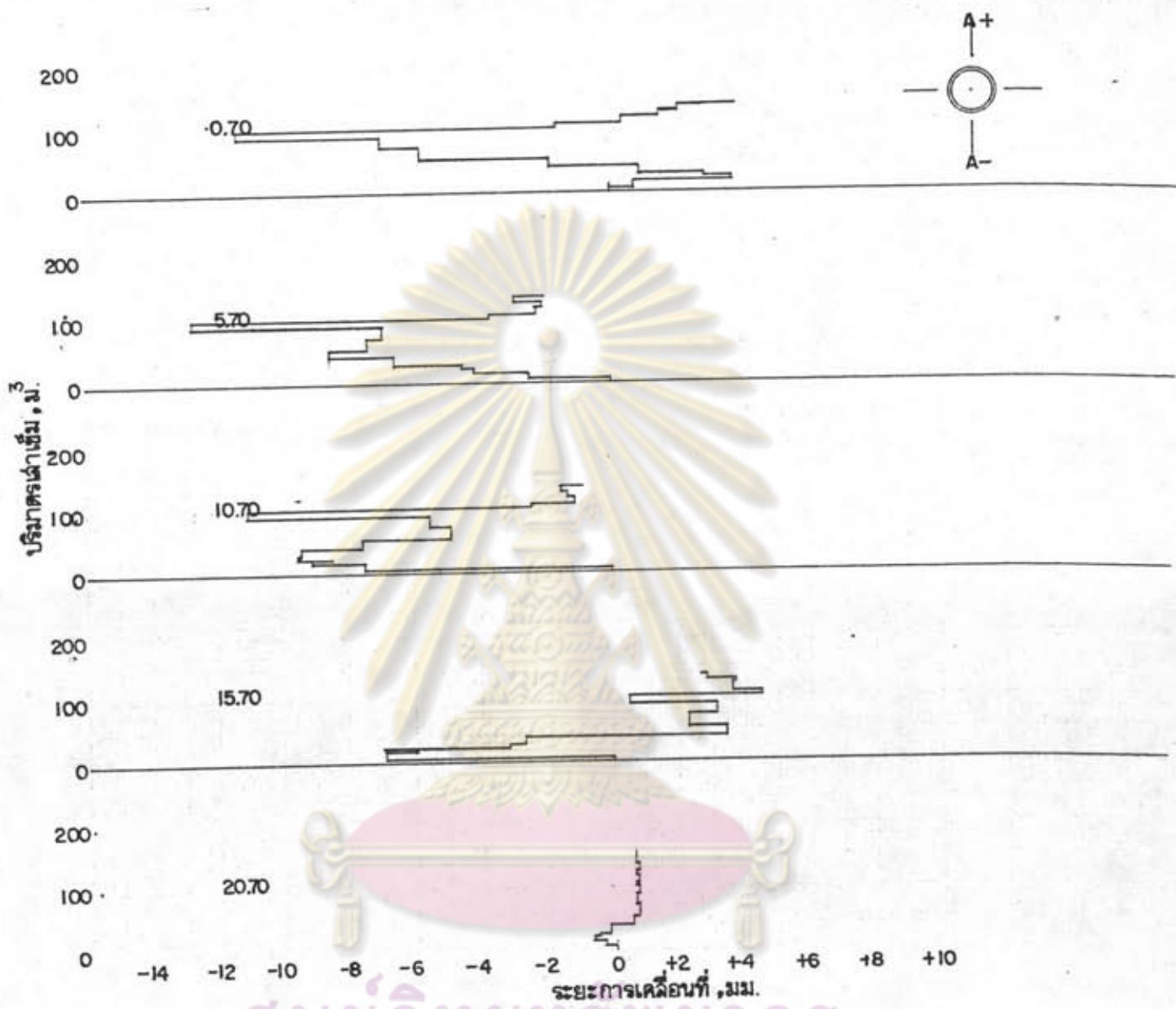
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ กับ ปริมาตรของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่ตอกด้วยวิธีเจาะนำก่อน ณ อาคารกวนตตะกอน หมายเลข 10 ทิศทาง B-B



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
กับปริมาตรของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มการตอกจนถึง  
สุดการตอกเสาเข็ม ณ อาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 9 ที่คทาง A-A

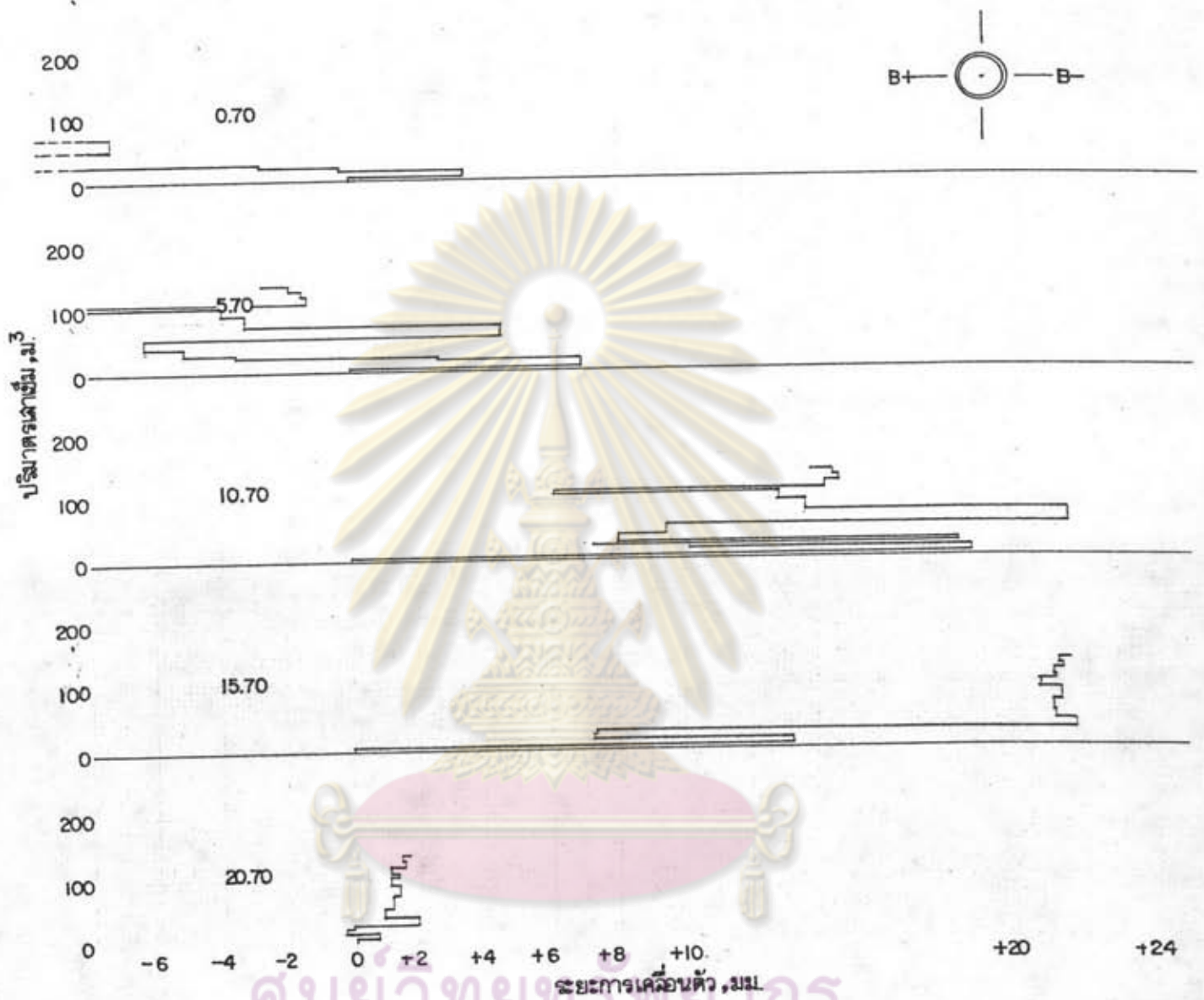


รูปที่ 4.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
 กับปริมาตรของเสาเข็ม ในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มตอกจนถึง  
 สิ้นสุดการตอกเสาเข็ม ณ อาคารกวนตกตะกอน หมายเลข 9 ทิศทาง B-B



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนที่ทางด้านข้างของชั้นดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ กับปริมาตรของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่ตอกด้วยวิธีเจาะนำก่อน ณ อาคารกรองน้ำ ทิศทาง A-A

ศูนย์วิทยทรัพยากร



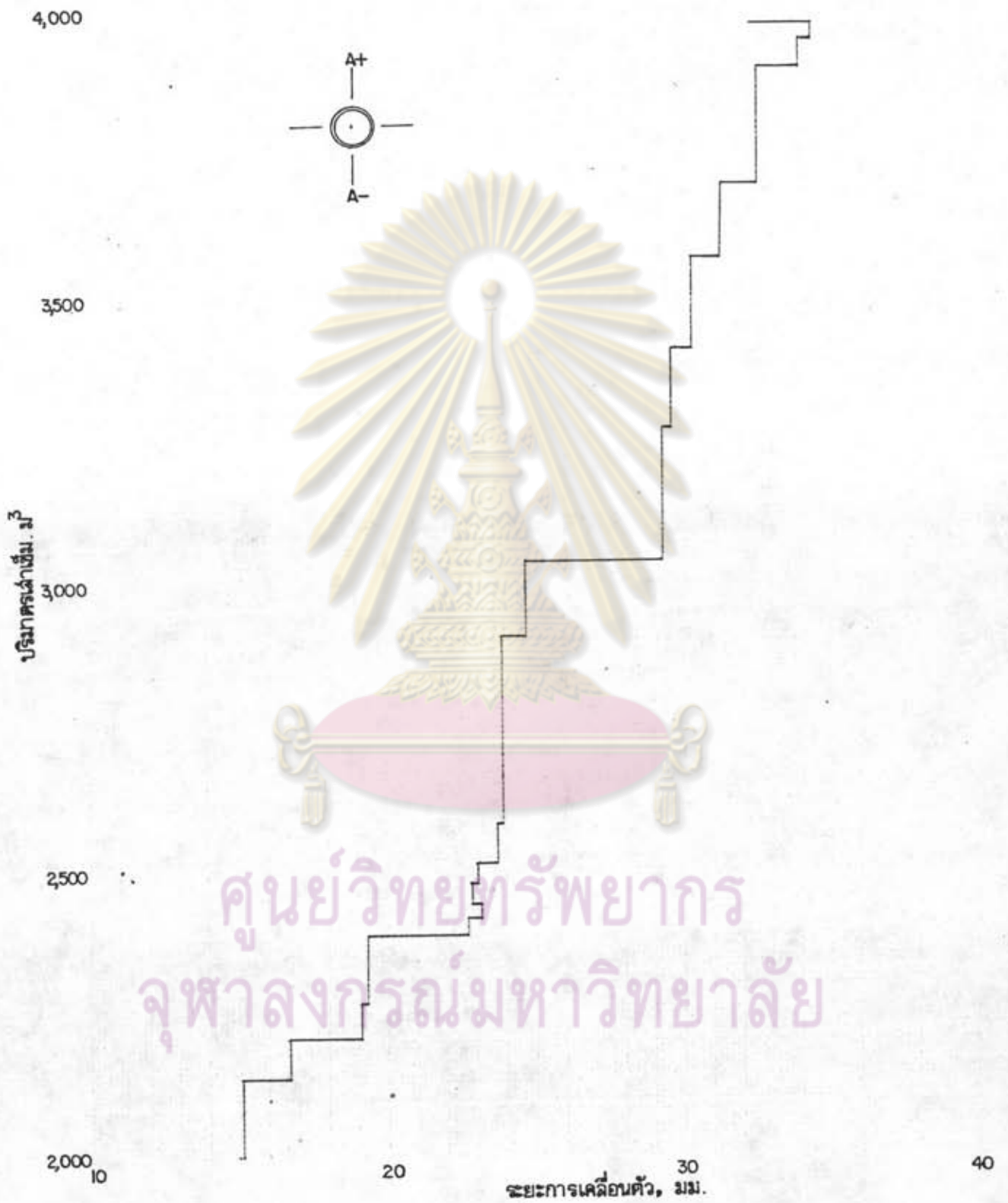
รูปที่ 4.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน ที่ระดับความลึกต่าง ๆ กับปริมาณของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่ต่อกด้วยวิธี เจาะนำก่อน ณ อาคารกรองน้ำ ที่สทาง B-B



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
กับปริมาณของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มการตอกจนสิ้นสุด  
การตอกเสาเข็ม ณ อาคารกรองน้ำ ทิศทาง A-A





ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
กับปริมาตรของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มตอกจนสิ้นสุด  
การตอกเสาเข็ม ณ อาคารกรองน้ำ ทิศทาง A-A



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
กับปริมาณของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มตอกจนถึงสิ้นสุดการ  
ตอกเสาเข็ม ณ อาคารกรองน้ำ ทิศทาง B-B



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้นดิน  
กับปริมาตรของเสาเข็มในการตอกเสาเข็มทั้งหมดตั้งแต่เริ่มตอกจนสิ้นสุด  
การตอกเสาเข็ม ณ อาคารกรองน้ำ ทิศทาง B-B

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าระดับและการทรุดตัวของ Deep Settlement Plate

วัน เดือน ปี	ค่าระดับ เมตร.	ระยะการทรุดตัว เมตร.	หมายเหตุ
10 / 3 / 31	37.612	-	ค่าระดับก่อนทำการตอกเสาเข็ม ( Initial )
11 / 3 / 31	37.611	0.001	ค่าระดับหลังจากการตอกเสาเข็ม
14 / 3 / 31	37.610	0.001	" " " "
18 / 3 / 31	37.610	-	" " " "
24 / 3 / 31	37.610	-	" " " "
26 / 3 / 31	37.610	-	" " " "
31 / 3 / 31	37.610	-	" " " "
9 / 4 / 31	37.610	-	" " " "
15 / 4 / 31	37.610	-	" " " "
30 / 4 / 31	37.610	-	" " " "
รวมระยะการทรุดตัว		0.002 เมตร.	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย