

การแก้ไขอาคารทรุด และเทคนิคการยกอาคารที่ทรุดเอียง พร้อม วัสดุ.จัดดูงาน

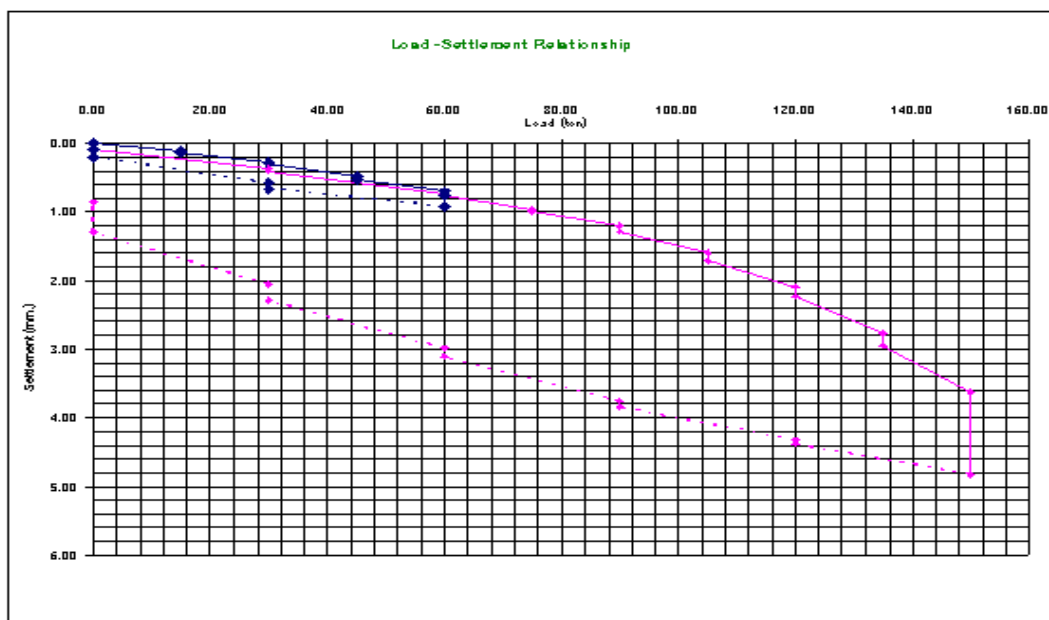
"การแก้ไขอาคารทรุดและเทคนิคการยกอาคารที่ทรุดเอียง" วันที่ 6 และ 8 ธันวาคม 2544

โดย คุณธนศ วีระศิริ บริษัท ฟิเนสส์ ซอยล์ เทสติ้ง จำกัด

<http://www.finessesoil.com>

ตอนที่ 1

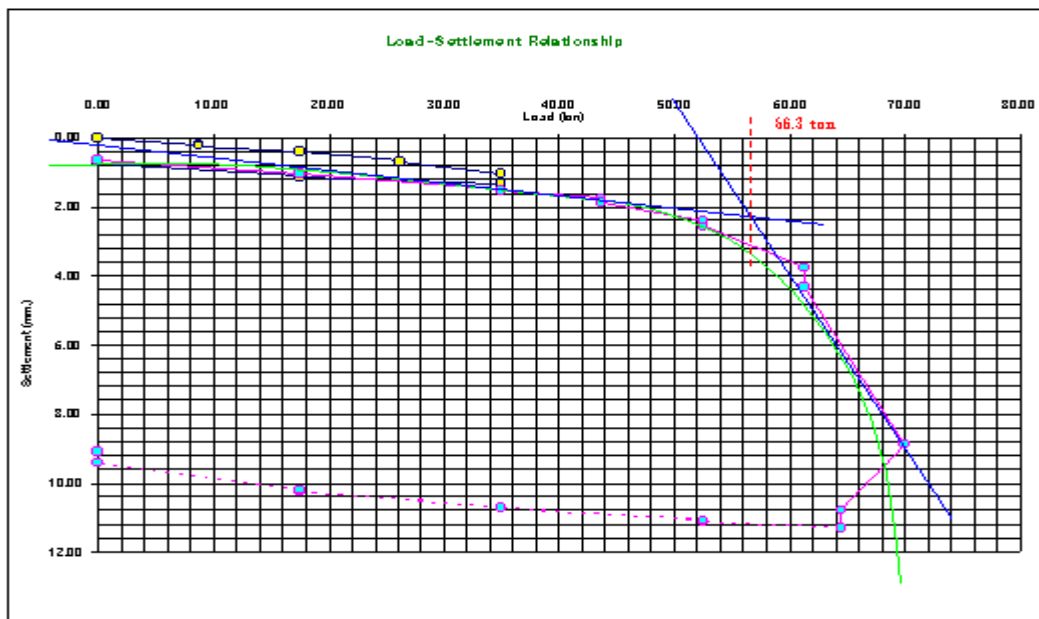
ฐานรากที่รองรับอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ ทั้งชนิดที่เป็นฐานรากแผ่และฐานรากเสาเข็มเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกย่อมต้องเกิดการทรุดตัว ระดับหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากดินที่รองรับฐานรากเป็นวัสดุที่ยึดตัวหรือยุบตัวเสียรูปได้เมื่อมีแรงมากระทำ แต่การทรุดตัวที่เกิดขึ้นต้อง ไม่มากเกินไป ไม่ควรมีการทรุดตัวที่แตกต่างกันมาก (Differential settlement) และเมื่อฐานรากรับน้ำหนักบรรทุกคงที่เป็น ระยะเวลาหนึ่ง อัตราการทรุดตัวควรมีค่าลดลง โครงสร้างของอาคารที่วางบนฐานรากนั้นจึงจะไม่เกิดการแตกร้าวหรือวิบัติในภายหลัง ในกรณีที่ฐานรากเสาเข็มพฤติกรรมทรุดตัวของฐานรากเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก จะพิจารณา ได้จากผลการทดสอบกำลัง รับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม (Pile load test) ซึ่งผลการทดสอบเสาเข็มจะได้อัฒมสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับ ค่าการทรุดตัวซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 1



- รูปที่ 1 -

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-ค่าการทรุดตัว จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแต่ละครั้งเสาเข็มจะเกิดการทรุดตัวเพิ่มขึ้น เสาเข็มจะรับน้ำหนักที่ต้องการได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับพิจารณาว่าเมื่อแชน้ำหนักไว้ อัตราการทรุดตัว (ค่าการทรุดตัวต่อช่วงเวลา) มีค่าลดลงหรือไม่ หากยังเกิดการทรุดตัวอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าที่สภาวะน้ำหนักนั้นไม่ปลอดภัย อาคารจะเกิดการทรุดตัวมากจนเป็นผลให้โครงสร้างเกิดการแตกร้าว ลักษณะเช่นนี้จะเปรียบเสมือนอาคารที่สร้างแล้วเสร็จ น้ำหนักคงที่ของอาคาร (Dead weight) จะกดลงเสาเข็มอยู่ตลอดเวลา หากพบว่าอาคารเกิดการทรุดตัวและอัตราการทรุดตัวไม่มีแนวโน้มลดลงนั้นแสดงว่าอาคารอยู่ในสภาวะไม่ปลอดภัยควรรีบดำเนินการแก้ไข

การเลือกใช้น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มควรเลือกใช้น้ำหนักในช่วงที่ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-การทรุดตัวเป็นเส้นตรง เพราะในช่วงดังกล่าวเมื่อแชน้ำหนักบรรทุกไว้ อัตราการทรุดตัวจะมีค่าลดลงตามช่วงเวลา นั่นแสดงว่าดินโดยรอบเสาเข็มยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เพียงพอ นอกจากนั้นความแตกต่างของน้ำหนักในช่วงที่เป็นเส้นตรงยังทำให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันน้อยมาก ถ้าจะเปรียบเทียบไปแล้วก็เหมือนกับน้ำหนักที่ลงฐานรากแต่ละฐานในอาคารย่อมจะมีความแตกต่างกันแต่หากน้ำหนักที่ลงเสาเข็มแต่ละต้น (Load/Pile) ไม่แตกต่างกันมากและยังอยู่ในช่วงที่ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-ค่าการทรุดตัวเป็นเส้นตรง การทรุดตัวจะแตกต่างกันไม่มาก อาคารจะไม่เกิดการแตกร้าว



รูปที่ 2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าการทรุดตัวของเสาเข็มเจาะ ลักษณะของกราฟแสดงให้เห็นว่าในช่วงน้ำหนักบรรทุกท้ายๆ นั้นมีค่าการทรุดตัวมาก ซึ่งถ้าพิจารณาจากสภาพการทดสอบเสาเข็มในสนามแล้วไม่น่าเชื่อว่าจะสามารถชั่งน้ำหนักบรรทุกท้ายสุดไว้ได้ทั้งนี้เพราะค่าการทรุดตัวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าการทรุดตัวเป็นเซนติเมตร ลักษณะเช่นนี้น้ำหนักที่อ่านจาก Pressure Gauge จะลดต่ำลงเพราะไม่มีแรงดันจากเสาเข็ม นั่นแสดงว่าไม่สามารถใส่น้ำหนักบรรทุกท้ายสุดได้ เสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุก 70 ตันไม่ได้ ดังนั้นเสาเข็มต้นนี้จึงมีอัตราส่วนความปลอดภัยไม่เท่ากับ 2 การเลือกใช้น้ำหนักบรรทุกสำหรับเสาเข็มเช่นนี้ต้องระวังไม่ให้น้ำหนักบรรทุกเกิน 35 ตัน เพราะหากน้ำหนักบรรทุกเกินจากนี้แม้มีความแตกต่างของน้ำหนักในแต่ละฐานรากของอาคารเพียงเล็กน้อย ก็มีโอกาสเกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันมากได้

ลักษณะการทรุดตัวของอาคาร

เมื่อเสาเข็มไม่สามารถรับน้ำหนักได้จะเกิดการทรุดตัวจมลง เป็นผลให้อาคารเกิดการแตกร้าวเสียรูปไปจากเดิม เท่าที่พบเห็นอาคารจะเกิดการทรุดตัวเป็นสองแบบคือ

- **ฐานรากทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential Settlement)** ลักษณะการทรุดตัวเช่นนี้มีสาเหตุจาก เสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกต่างกันมาก เสาเข็มบกพร่อง ฐานรากบางฐานเกิดการเอียงศูนย์หรือปลายเสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิดกัน เมื่อฐานรากเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันจะทำให้โครงสร้างบิดตัวแตกร้าว **มักจะพบว่าอาคารที่มีปัญหาเช่นนี้นั้นจะแตกร้าวเป็นแนวเฉียง**

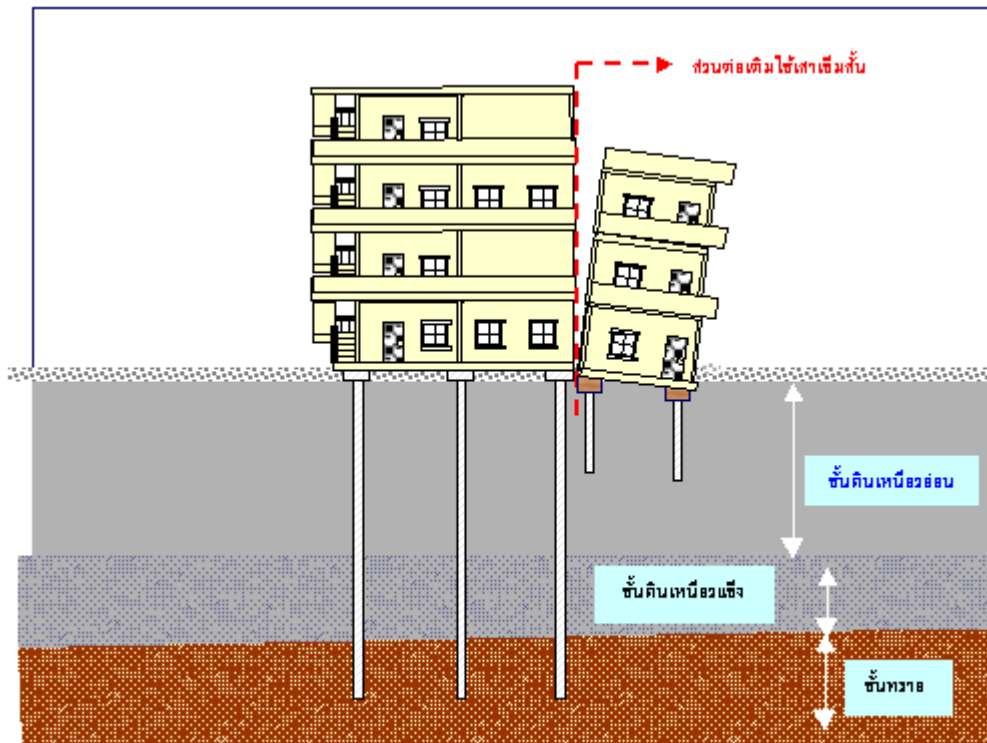
- **อาคารทรุดเอียง** ลักษณะการทรุดตัวของอาคารแบบนี้เกิดจากฐานรากส่วนใหญ่ของอาคารเอียงศูนย์และเอียงศูนย์ไปในทิศทางเดียวกันซึ่งมักจะเกิดขึ้นจากการก่อสร้างที่มีการวางตำแหน่งเสาเข็มผิดพลาดหรือเสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกไม่ได้และ มีน้ำหนักบรรทุกลงฐานรากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมากเกินไปทำให้อาคารทรุดจมลงด้านเดียว เมื่ออาคารทรุดจมลงด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งของอาคารจะถูกดึงขึ้น การทรุดตัวของอาคารแบบนี้จะไม่พบการแตกร้าวของโครงสร้างส่วนบน แม้แต่รอยแตกร้าวที่ผนังก็พบเห็นน้อยมาก **รอยแตกร้าวส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ฐานราก เสาเข็มหรือตอม่อบริเวณด้านของอาคารที่ถูกดึง**

สาเหตุการทรุดตัว

การทรุดตัวของฐานรากส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจาก

* **เสาเข็มสั้นเกินไป** ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อนซึ่งรับแรงแบกทานได้น้อย และยังเป็นดินที่ยุบตัวได้

ง่าย การยุบตัวของดินอันเนื่องมาจากมีน้ำหนักรกดกระทำหรือระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลง เป็นผลให้เสาเข็มทรุดตัวตามไปด้วย

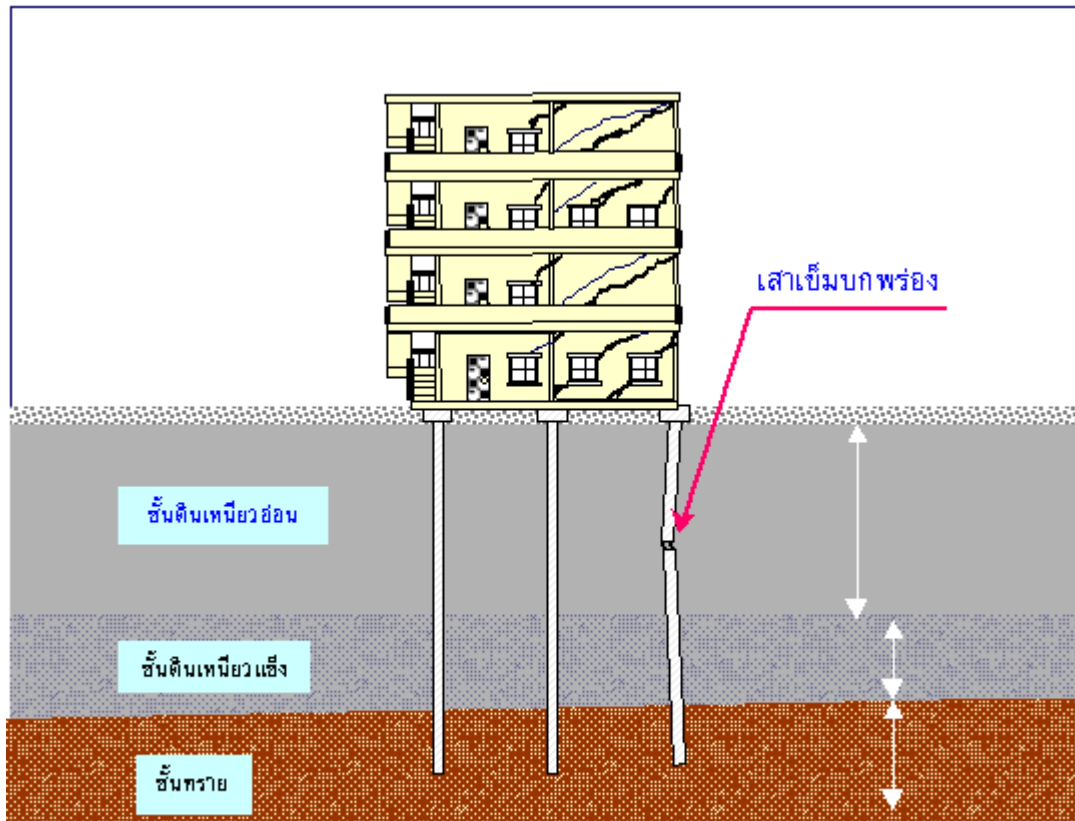


- รูปที่ 3 -

* **เสาเข็มบดพ่่อง** เช่นเสาเข็มแตกหักหรือขาดจากกันขณะติดตั้ง เป็นสาเหตุที่ทำให้เสาเข็มไม่สามารถส่งผ่านน้ำหนักลงไปยังชั้นดินแข็งที่ลึกลงไปได้ กลางเสาเข็ม กรณีที่เป็นเสาเข็มตอกมักพบได้จากการที่พยายามตอกเข็นเสาเข็มให้ผ่านชั้นดินที่มีค่า SPT (Standard Penetration Test) มากกว่า 30 BI/ft และดินชั้นนั้นมีความหนามากกว่า 5- 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม สำหรับเสาเข็มเจาะข้อบกพร่องจะเป็นถอนปลอกเหล็ก (Temporary Casing) ที่อาจถอนจนหลุดจากคอนกรีตทำให้ดินเคลื่อนตัวเข้ามาแทรกกลายเป็นเสาเข็มขาด นอกจากนั้นการเลือกใช้เสาเข็มเจาะระบบแห้งโดยกำหนดให้ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทราย หรือทรายปนดินเหนียวที่เรียกกันว่า First sand layer นั้นปลายหลุมเจาะก่อนเทคอนกรีตจะมีน้ำไหลเข้าสภาพดินทรายบริเวณปลายเข็มจะหลวม เสาเข็มเจาะแบบนี้จะไม่มีแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม

เสาเข็มบดพ่่องอีกกรณีหนึ่งคือการใช้เสาเข็มตอกชนิดสองท่อนต่อที่รอยต่อของเสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อนซึ่งมีค่าความชื้นในดิน (Natural water content) มากกว่าหรือใกล้เคียงขีดจำกัดเหลวของดิน

(Liquid Limit) สภาพดิน เช่นนี้จะเคลื่อนตัวได้ง่ายเมื่อทำการตอก เสาเข็มดินที่ถูกเสาเข็มแทนที่จะเคลื่อนตัวดันรอยต่อของ เสาเข็มด้านข้างเคียงที่ตอกเสร็จแล้วให้เคลื่อนหรือบิดงอได้ ลักษณะเช่นนี้อาจจะเกิดการทรุดตัวลงทางด้านเสาเข็มที่ทำการตอกเป็นลำดับแรกๆ พบเห็นได้มากบริเวณ บางนา บางพลีและสมุทรปราการ



- รูปที่ 4 -

* **ฐานรากเอียงศูนย์** จุดศูนย์กลางของกลุ่มเสาเข็มไม่ตรงกับตำแหน่งที่น้ำหนักบรรทุกทุกกระทำ กรณีเช่นนี้จะพบเห็นมากกับอาคารที่ใช้เสาเข็มเดี่ยว ซึ่งการติดตั้งเสาเข็มอาจคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดไปมาก และไม่ได้ทำการแก้ไขหรือแก้ไขไม่ถูกต้อง เมื่อน้ำหนักจากอาคารลงตรงตำแหน่งที่ไม่ใช่ศูนย์กลางเสาเข็มจะทำให้ฐานรากพลิกตัว หากฐานรากส่วนใหญ่ในอาคารมีการเอียงศูนย์และเป็นการเอียงศูนย์ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันอาคารจะทรุดเอียง การทรุดเอียงแบบนี้โครงสร้างจะไม่เกิดการแตกร้าวเพราะไม่เกิดการดึงรั้งภายในโครงสร้าง การแตกร้าวจะพบที่ฐานรากหรือต่อม่อของด้านที่ถูกดึงและเป็นรอยแตกร้าวแนวนอน (Horizontal crack)

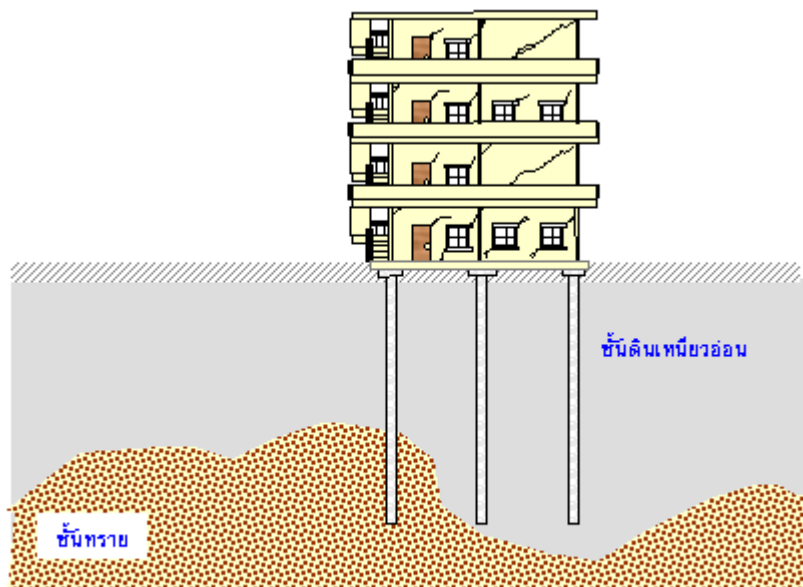


- รูปที่ 5 ลักษณะเสาเยื้องศูนย์ -



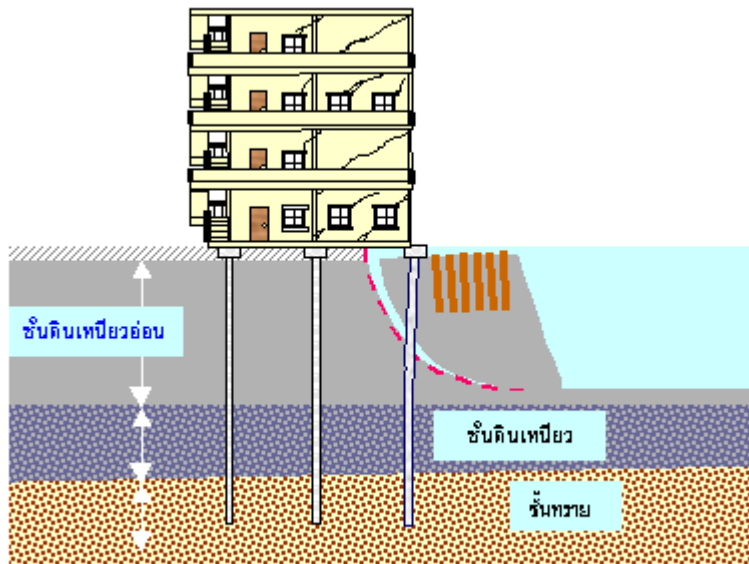
- รูปที่ 6 เสาเยื้องศูนย์บิดจนเสาแตก -

* **เสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิดกัน** ส่วนมากเกิดขึ้นเพราะไม่มีการเจาะสำรวจดินก่อนการก่อสร้าง ทำให้ไม่ทราบลักษณะการจัดเรียงตัวของชั้นดิน นอกจากนั้นการกำหนดให้เสาเข็มยาวเท่ากันทั้งหมดนั้นยังไม่ถูกต้องนัก เพราะการกำหนดเช่นนั้นปลายเสาเข็มของอาคารด้านหนึ่งอาจวางอยู่ในดินเหนียวแข็ง หรือชั้นทรายแน่นในขณะที่อีกด้านหนึ่งยังอยู่ในชั้นดินที่อ่อนกว่า ลักษณะเช่นนี้ก็เป็นกรณีที่พบเห็นมากเช่นกัน



- รูปที่ 7 ปลายเสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิดกัน -

* **เกิดการเคลื่อนตัวของดิน** มักจะเป็นการชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้นหลังจากการการติดตั้งเสาเข็มและก่อสร้างอาคารเรียบร้อยแล้ว ความเสียหายในภายหลังนี้จะเกิดขึ้นจากแรงกระทำภายนอกเช่นมีการขุดดินบริเวณข้างเคียง ทำให้ดินเคลื่อนตัวดันเสาเข็มให้เคลื่อนจากตำแหน่งเดิม อาคารเกิดการทรุดตัวและแตกร้าวได้เช่นกัน



- รูปที่ 8 เกิดการเคลื่อนตัวของดิน -

* **เสาเข็มรับน้ำหนักได้ไม่เพียงพอ** ไม่มีการเจาะสำรวจสภาพชั้นดิน อาศัยข้อมูลจากการบอกเล่าว่าเคยใช้เสาเข็มยาวเท่านี้เท่านี้ หรืออาศัยข้อมูลจากอาคารข้างเคียง บางครั้งก็อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เช่นไม่ทราบประวัติว่าบริเวณที่จะทำการก่อสร้างเป็นบึงน้ำ หรือบ่อน้ำมาก่อนแล้วมาถมดินภายหลัง สภาพเช่นนี้ดินที่ถมใหม่ไม่ช่วยรับแรงและยังเป็น Negative skin friction ต่อเสาเข็มอีกด้วย ดังนั้นแม้จะใช้เสาเข็มชนิดเดียวกันและความยาวเท่ากันกับเสาเข็มของอาคารข้างเคียง เสาเข็มนั้นจะไม่สามารถรับน้ำหนักได้เท่ากัน

อีกกรณีหนึ่งที่พบเห็นบ่อยครั้งคือการเปลี่ยนเสาเข็มตอกเป็นเสาเข็มเจาะ เหตุผลที่เปลี่ยนส่วนใหญ่เป็นเพราะพื้นที่คับแคบไม่สะดวกในการขนส่งเสาเข็มหรือ บริเวณที่ก่อสร้างใกล้ชิดกับอาคารข้างเคียงมากเกินไปเกรงว่าจะกระทบกระเทือนในขณะที่ทำการตอกเสาเข็ม การเปลี่ยนชนิดเสาเข็มเช่นนี้ควรระมัดระวังเรื่องกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม ไม่ควรเปลี่ยนเสาเข็มตอกเป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาด

เท่ากันเพราะเสาเข็มจะรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่า แนะนำว่าควรทำการเจาะสำรวจดินเพื่อ
พิจารณาขนาดเสาเข็มจะเป็นการดีที่สุด

การแก้ไขอาคารทรุด และเทคนิคการยกอาคารที่ทรุดเอียง ตอนที่ 2

โดย คุณธนศ วีระศิริ บริษัท ฟิเนสส์ ซอยล์ เทสติ้ง จำกัด

<http://www.finessesoil.com>

ตอนที่ 2

..... " อะไรเป็นสาเหตุทำให้อาคารเกิดการทรุดตัว ?"

..... " จะทราบได้อย่างไรว่าอาคารทรุด ?"

..... " จะแก้ไขอาคารทรุดได้อย่างไร ?"

..... " ค่าใช้จ่ายในการแก้ไข ?"

มักได้ยินคำถามเหล่านี้บ่อยครั้งเมื่ออาคารเกิดการแตกร้าวและ สภาพการแตกร้าวนั้นมีแนวโน้มว่าเป็น
ผลมาจากการทรุดตัวของ ฐานรากที่รองรับอาคาร การจะตอบคำถามเหล่านี้ได้คงต้องพิจารณาถึง
พฤติกรรมการถ่ายเทน้ำหนักของอาคารลงสู่เสาเข็ม และจากเสาเข็มลงสู่ดินโดยรอบ รวมถึงพิจารณา
ลักษณะชั้นดินแต่ละแห่งที่อาคารตั้งอยู่และความเป็นไปได้ของ การทรุดตัวที่อาจจะเกิดขึ้น ในตอนที่
แล้วผู้เขียน ได้กล่าวถึงลักษณะการทรุดตัวที่แบ่งได้เป็นสองแบบคือ

- ฐานรากในอาคารเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน ลักษณะเช่นนี้อาคารจะเกิดการแตกร้าวให้เห็น
ชัดเจน
- อาคารเกิดการทรุดเอียง ลักษณะการทรุดตัวเช่นนี้จะไม่เกิดรอยแตกร้าวที่โครงสร้างส่วนบน
ของอาคาร ตำแหน่งที่แตกร้าวจะเป็นส่วนของคานคอดิน เสาตอม่อหรือฐานราก ซึ่งต้องเปิด
พื้นหรือขุดดินลงไปจึงจะพบเห็นได้

สภาพการแตกร้าวของอาคารเป็นสัญญาณที่บ่งบอกในเบื้องต้นว่าอาคารเกิดการทรุดตัวหรือไม่และ
ทิศทางของการทรุดตัวเป็นเช่นใด แต่รอยร้าวที่พบเห็นอาจไม่ใช่เกิดขึ้นจากการทรุดตัวของฐานราก
เสมอไป กรณีโครงสร้างของอาคารเล็กเกินไปหรือรับน้ำหนักบรรทุกเกินกำลังก็ทำให้เกิดการแตกร้าว
เช่นกัน สำหรับสภาพการแตกร้าวเช่นใดที่เป็นผลจากการทรุดตัวของฐานรากนั้นผู้เขียนจะนำเสนอใน

ตอนต่อไป สำหรับตอนนี้ขอก้าวถึงการแก้ไขอาคารทรุดต่อจากตอนที่แล้วก่อน.....นะครับ

การแก้ไขอาคารทรุด

เมื่อพบว่าอาคารเกิดการทรุดตัวไม่ว่าจะเป็นเพราะฐานรากทรุดตัวแตกต่างกันหรืออาคารเกิดการทรุดเอียง ควรรีบดำเนินการแก้ไขให้อาคารหยุดการทรุดตัวเป็นอันดับแรกก่อน ต่อจากนั้นจึงค่อยแก้ไขโครงสร้างที่แตกร้าวหรือทำการยกอาคารเป็นลำดับถัดไป และดังที่ได้กล่าวแล้วว่าการทรุดตัวของอาคารจนเกิดการแตกร้าวนั้นมีผลมาจากฐานรากและเสาเข็ม ดังนั้นการแก้ไขที่ถูกต้องและตรงประเด็นที่สุดจึงควรเป็นการแก้ไขตรงตำแหน่งฐานรากด้วยการเสริมเสาเข็มหรือเสริมกำลังฐานราก ไม่ใช่ไปเสริมกำลังของคานหรือเสริมเสาเข็มตรงตำแหน่งกลางคานเพราะนอกจากจะไม่เป็นการแก้ปัญหาที่ถูกต้องแล้ว ยังเป็นการเปลี่ยนพฤติกรรมของคานที่เป็นอยู่เดิมอีกด้วย

ควรทำการแก้ไขฐานรากที่เกิดการทรุดตัวด้วยการเสริมเสาเข็มใหม่ที่มีกำลังรับน้ำหนักเพียงพอสามารถรับแรงแบกทาน อันเนื่องมาจากน้ำหนักของอาคารได้ สำหรับเสาเข็มเดิมจะยังคงใช้งานได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์สาเหตุการทรุดตัว หากเสาเข็มเดิมยังสามารถนำมาใช้ได้ก็จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการแก้ไข โดยทั่วไปก่อนจะดำเนินการแก้ไขควรศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบดังนี้

- ศึกษาแบบแปลนรายละเอียดของอาคาร ชนิดฐานราก ขนาดและระดับปลายเสาเข็มที่ใช้
- คำนวณน้ำหนักที่ลงฐานรากแต่ละฐาน
- สำรวจสภาพชั้นดิน
- คำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มเดิมจากผลข้อมูลดินที่สำรวจ
- สำรวจการทรุดตัวของอาคาร การสำรวจการทรุดตัวของอาคารนั้นทำการสำรวจเพียงครั้งเดียวจะไม่ได้ค่าอัตราการทรุดตัว การสำรวจเพียงครั้งเดียวจะได้เพียงค่าความต่างระดับของอาคารที่เกิดขึ้นแล้วเท่านั้น ควรสำรวจอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จะเป็นการตั้งจุดอ้างอิงทุกเสา (สำรวจการทรุดตัวของอาคารควรสำรวจที่ตำแหน่งเสา) เมื่อสำรวจครั้งที่ 2 , 3 จะทำให้ทราบค่าความเปลี่ยนแปลงของการทรุดตัว หากยังไม่ทราบผลควรสำรวจเพิ่มเติมอีก การสำรวจการทรุดตัวนั้นควรใช้กล้องที่มีความละเอียดเป็นจุดทศนิยมของมิลลิเมตรจะได้ผลที่แน่นอนกว่า

หมายเหตุ : รายละเอียดวิธีการสำรวจการทรุดตัวของอาคาร ผู้เขียนได้เขียนไว้ในหนังสือโยธาสารฉบับที่ 1 และ 2 ปี พ.ศ. 2543

- เลือกชนิดและขนาดของเสาเข็มพร้อมทั้งคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่จะนำมาใช้เสริมฐานราก

ข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวถึงนี้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการทรุดตัวและแนวทางในการแก้ไข ซึ่งแนวทางในการวิเคราะห์และการแก้ไขจะขอยกไปกล่าวถึงในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นเรื่อง "เทคนิคการยกอาคารที่ทรุดเอียง" ในลำดับต่อไป

เสาเข็มที่ใช้เสริมฐานราก

เสาเข็มที่เหมาะสมจะนำมาใช้ในงานเสริมฐานรากอาคารนั้นควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ควรเป็นเสาเข็มที่ไม่ก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนขณะติดตั้ง มิฉะนั้นอาคารจะเกิดการทรุดตัวมากขึ้น จนอาจพังทลายขณะทำเสาเข็ม
- ควรเป็นเสาเข็มที่ใช้รับน้ำหนักได้ทันทีเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ และสามารถทำค้ำยัน(Shoring)กับตัวอาคารได้ง่าย
- เป็นเสาเข็มที่ทำได้ในสถานที่คับแคบมีพื้นที่ทำงานจำกัด
- เป็นเสาเข็มที่สามารถทราบกำลังรับน้ำหนักที่แท้จริงได้ทุกต้น

คุณสมบัติของเสาเข็มที่กล่าวถึงนี้เหมาะสำหรับอาคารที่เกิดการทรุดตัวมากๆ อยู่ในภาวะที่ต้องรีบแก้ไข ซึ่งได้แก่เสาเข็มที่กดลงดินด้วยแม่แรงไฮดรอลิก เช่นเสาเข็มเหล็ก H-Beam เสาเข็มเหล็ก Pipe หรือเสาเข็ม FN-Pile (Segmented composite pile) เป็นต้น เสาเข็มที่ทำการกดโดยใช้แม่แรงไฮดรอลิกจะไม่ก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนขณะทำการติดตั้ง ทำได้ในพื้นที่คับแคบเพราะสามารถต่อเป็นท่อนๆได้ เมื่อทำเสร็จสามารถทำค้ำยันได้ทันทีทำให้อาคารที่กำลังเกิดการทรุดตัวอยู่นั้นชะลอการทรุดตัวลงจนหยุดการทรุดตัวได้ในที่สุด การใช้แม่แรงไฮดรอลิกกดเสาเข็มนั้นสามารถทราบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มแต่ละต้นได้จาก Pressure Gauge ที่ติดตั้งกับระบบขับเคลื่อนแม่แรงไฮดรอลิก

สำหรับอาคารที่เกิดการทรุดตัวไม่มากนักมีพื้นที่ในการทำงานกว้างเพียงพอและอาคารยังพอรับแรงสั่นสะเทือนได้ อาจนำเสาเข็มเจาะมาใช้เสริมได้ แต่อย่างไรก็ตามควรตรวจวัดค่าการทรุดตัวขณะทำเสาเข็มตลอดเวลาว่า อาคารเกิดการทรุดตัวเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด หากพบว่ามีความเสี่ยงควรปรับเปลี่ยนแปลงไปใช้เสาเข็มชนิดกดด้วยแม่แรงไฮดรอลิกแทน

ขั้นตอนการเสริมฐานราก

ลำดับขั้นตอนต่อไปนี้เป็น การเสริมฐานรากที่เกิดการทรุดตัวด้วยเสาเข็มใหม่

- เตรียมเสาเข็มชนิดที่จะใช้กดลงดินด้วยแม่แรงไฮดรอลิก ความยาวเสาเข็มประมาณ 1.00



- รูปที่ 9 เสาเข็มเหล็ก H-Beam -

- รูปที่ 10 เสาเข็ม FN-Pile -

- ขุดดินบริเวณฐานรากที่จะทำการเสริม เพื่อกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มให้ใกล้ตำแหน่งเสาเข็มเดิมหรือฐานรากมากที่สุด



- รูปที่ 11 -

- กัดเสาะเพิ่มลงดินโดยใช้อาคารเป็น Reaction load



- รูปที่ 12 -

- เมื่อกัดเสาะเพิ่มจนได้ความยาวตามที่ต้องการแล้ว ทำ transfer Beam เพื่อถ่ายน้ำหนักของอาคารลงเสาเข็มใหม่



- รูปที่ 13 -

- Preloading ให้เสาเข็มต้นใหม่รับน้ำหนัก



- รูปที่ 14 -

- ในกรณีที่น้ำหนักอาคารไม่มากนัก Transfer Beam สามารถรับน้ำหนักได้เพียงพอ อาจไม่จำเป็นต้องทำฐานรากใหม่เพราะนอกจากคอนกรีตที่เทปิดผิว จะไม่ช่วยรับน้ำหนักแล้วยังเป็นการเพิ่มน้ำหนักลงเสาเข็มอีกด้วย แต่ถ้าน้ำหนักของอาคารมากและต้องเสริมเสาเข็มจำนวนหลายต้นควร ทำฐานรากใหม่เพื่อยึดหัวเสาเข็มที่เสริม และเป็นตัวถ่ายน้ำหนักให้ลงเสาเข็มได้สม่ำเสมอ

วิธีการแก้ไขทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นการแก้ไขอาคารทรุดในภาพรวม ในรายละเอียดการแก้ไขอาคารแต่ละหลังจะขึ้นอยู่กับสภาพของปัญหาและผลการวิเคราะห์ ตัวอย่างแนวทางในการวิเคราะห์และการแก้ไขจะกล่าวถึงในตอนต่อไป.....ครับ

การแก้ไขอาคารทรุด และเทคนิคการยกอาคารที่ทรุดเอียง ตอนที่ 3

โดย คุณธนศ วีระศิริ บริษัท ฟิเนสส์ ซอยล์ เทสติ้ง จำกัด

<http://www.finessesoil.com>

ตอนที่ 3

เมื่อไม่นานมานี้ผู้เขียนได้ทำงานแก้ไขอาคารที่เกิดการทรุดตัวหลังหนึ่ง เป็นอาคารพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็ก 5 ชั้น ตั้งอยู่ใกล้ถนนรัชดาภิเษก กรุงเทพมหานคร อาคาร

ดังกล่าวก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2534 และผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นเวลาประมาณ 10 ปี เริ่มพบว่าอาคารมีปัญหาเรื่องการทรุดเอียงในช่วง 3 – 4 ปีหลัง และค่าการทรุดตัวยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อความปลอดภัยต่อการใช้งานต่อไปเจ้าของอาคารจึงให้ผู้เขียนทำการแก้ไขการทรุดตัวที่เกิดขึ้น และยกอาคารให้กลับตั้งตรงดังเดิม ซึ่งผู้เขียนได้เข้าเริ่มดำเนินการแก้ไขเมื่อเดือนกันยายน 2544 และยกอาคารแล้วเสร็จเดือนมกราคม 2545 รวมระยะเวลาในการทำงานทั้งสิ้นประมาณ 4 เดือน ในระยะแรกของการแก้ไขได้ทำการสำรวจสภาพการทรุดตัวของอาคารพบว่าอาคารไม่ได้ทรุดตัว เพียงทิศทางเดียวแต่เป็นการทรุดตัวสองทิศทางและค่าการทรุดตัวต่างระดับมากที่สุดมีค่าประมาณ 60 ซม. ค่าทรุดตัวต่างระดับขนาดนี้จะทำให้โครงสร้างของอาคารเกิดการแตกร้าวมาก แต่เมื่อสำรวจสภาพอาคารแล้วไม่พบโครงสร้างที่เกิดการแตกร้าวเลย แม้แต่ผนังก็มีรอยแตกร้าวน้อยมาก ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น?.. เพื่อตอบข้อสงสัยเหล่านี้ผู้เขียนจึงได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดเท่าที่จะจัดหาได้ ในระยะเริ่มต้นเช่นข้อมูลการทรุดตัว ข้อมูลสำรวจดิน ข้อมูลเสาเข็มเดิมและรายละเอียดจากแบบแปลน มาทำการวิเคราะห์เป็นขั้นตอนตามลำดับจนท้ายที่สุดได้คำตอบชัดเจนว่า

- เหตุใดอาคารจึงเกิดการทรุดตัวและทรุดตัวสองทิศทาง
- เหตุใดผนังและโครงสร้างของอาคารจึงไม่แตกร้าว
- เสาเข็มเดิมยังใช้งานได้หรือไม่
- ฐานรากตำแหน่งใดที่ควรทำการแก้ไขเป็นอันดับแรก

ผู้เขียนเห็นว่าแนวทางในการวิเคราะห์ตลอดจนวิธีการแก้ไขการทรุดตัวและเทคนิคในการยกอาคารหลังนี้ น่าจะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย จึงได้นำเนื้อหาทั้งหมดมาเขียนเป็นบทความตามรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้...

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอาคาร

อาคารพักอาศัย คสล.5 ชั้น กว้าง 15 ม. ยาว 21 ม. สูง 18.50 ม. ก่อสร้างแล้วเสร็จปีพ.ศ.2534 ใช้งานมาเป็นระยะเวลาประมาณ 10 ปี

ขนาดคาน : 0.25 x 0.40 ม. , 0.25 x 0.50 ม. และ 0.30x0.60 ม.

ขนาดเสา : 0.30 x 0.60 ม.

พื้น : พื้นสำเร็จรูปหนา 0.15 ม.

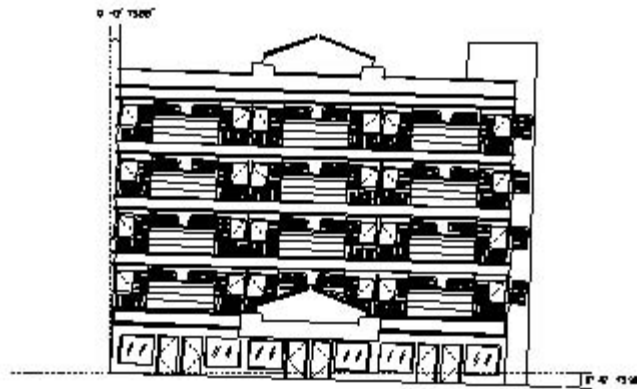
เสาเข็ม : แบบก่อสร้างระบุให้ใช้เสาเข็ม SPUN Pile ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 ม.
รับน้ำหนักบรรทุกทุก ปอดภัย 65 ตันต่อต้น แต่การก่อสร้างจริงได้เปลี่ยนเป็นใช้เสาเข็ม
เจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. ความลึก 20 – 21 ม. เพราะทางเข้าบริเวณที่
ก่อสร้างคับแคบและมีจุดหักเลี้ยวมากยากต่อการขนส่ง



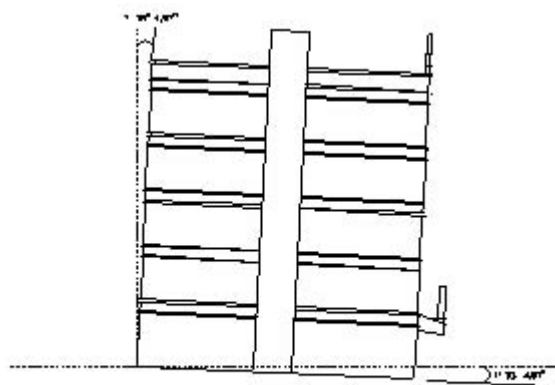
อาคาร คสล. 5 ชั้นที่ทรุดเอียง

ปัญหาที่เกิดขึ้นอาคาร

อาคารเกิดการทรุดเอียงโน้มลงด้านหน้าและด้านขวา



ด้านหน้าอาคาร



ด้านข้างอาคาร

สภาพอาคารก่อนการแก้ไข

ก่อนดำเนินการแก้ไขได้ทำการสำรวจสภาพอาคารพบว่าผนังมีการแตกร้าวเล็กน้อย ไม่พบการแตกร้าวที่คาน เสาและพื้น เมื่อตรวจวัดความต่างระดับพบว่าด้านหน้าอาคารทรุดตัวต่ำกว่าด้านหลังเฉลี่ย 31.6 ซม. ด้านขวาทรุดตัวต่ำกว่าด้านซ้ายโดยเฉลี่ย 25.8 ซม. ด้านทแยงมุมต่างระดับกันมากที่สุด 57.4 ซม. การตรวจวัดความต่างระดับต้องตรวจวัดที่ชั้นดาดฟ้าจึงจะให้ข้อมูลที่แน่นอนกว่าตรวจวัดที่พื้นชั้นล่าง ทั้งนี้เนื่องจากอาคารเมื่อเกิดการทรุดเอียงเจ้าของอาคารอาจทำการแก้ไข ด้วยการเทคอนกรีตปรับระดับพื้นชั้นล่างใหม่ไปบ้างแล้ว ซึ่งผลจากการตรวจวัดความต่างระดับของชั้นดาดฟ้ากับความต่างระดับของพื้นชั้นล่างได้ค่าที่แตกต่างกันมาก เมื่อสกัดพื้นตรวจวัดความหนาจึงทราบได้ว่าการเทคอนกรีตเพื่อปรับระดับพื้นชั้นล่างมาแล้วสองครั้ง

- อาคารทรุดเอียงโน้มไปทางด้านขวา 0°42'13.98"
- อาคารทรุดเอียงไปด้านหน้าจากแนวตั้ง 1°33'4.97"

Figure 1 is a technical drawing of a diamond-shaped mesh structure, likely a geogrid or reinforcement material. The drawing shows a perspective view of a grid of diamond-shaped cells. Dimensions are provided for various parts of the grid, including cell width, cell height, and overall dimensions. A legend at the bottom indicates that dashed lines represent 'เส้นทแยงมุม' (Diagonal lines) and solid lines represent 'เส้นขอบ' (Boundary lines).

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

- ข้อมูลสำรวจการทุจริต เป็นข้อมูลการทุจริตของอาคารที่เกิดขึ้นทั้งหมดเช่น ค่าความต่างระดับของพื้น ระดับการเอียงตัวจากแนวดิ่ง ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเหล่านี้

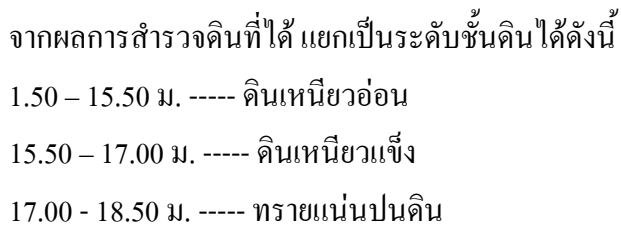
ได้ตั้งแต่เริ่ม เข้าดำเนินการแก้ไข นอกจากนั้นยังต้องตรวจวัดค่าการทรุดตัวที่เพิ่มขึ้น (Progressive settlement) ในขณะแก้ไขด้วย

- ข้อมูลสำรวจชั้นดิน เพื่อศึกษาสภาพชั้นดินโดยรอบเสาเข็มเดิม โดยเฉพาะสภาพดินที่อยู่ใต้ชั้นดินที่ปลายเสาเข็มเดิมนั่งอยู่
- น้ำหนักลงฐานรากทุกฐาน (Column Load) ทั้งในสถานะที่อาคารยังไม่ทรุดเอียง และในสถานะที่อาคารทรุดเอียง ตำแหน่งจุด CG (Center of gravity) ของอาคารและทิศทางของ Gravity load
- ข้อมูลเสาเข็มเดิม ชนิด ขนาดและความยาวเสาเข็มเดิม แบบแปลนแสดงตำแหน่งเสาเข็ม

การเก็บข้อมูลและผลข้อมูลที่ได้

ข้อมูลการทรุดตัว : ก่อนดำเนินการแก้ไขได้ทำการสำรวจสภาพการทรุดของอาคารที่เกิดขึ้นทั้งหมด เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์สาเหตุการทรุดตัวและ ใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นเพื่อเปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะทำการแก้ไข (ผลของข้อมูลการทรุดตัวได้แสดงไว้ในหัวข้อการตรวจสอบสภาพอาคารที่กล่าวมาแล้ว) นอกจากนั้นได้ทำการตรวจวัดค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Progressive settlement) ด้วยการติดตั้ง Staff gauge ที่เสาทุกเสาและอ่านค่าการทรุดตัวด้วยกล้องระดับชนิดที่อ่านค่าความละเอียดได้ 0.01 มม. ทำการสำรวจและบันทึกค่าการทรุดตัวทุกวันในช่วงเวลาทำการแก้ไข

ข้อมูลสำรวจดิน : เจาะสำรวจดินความลึก 40 ม. จำนวน 1 หลุม เพื่อพิจารณาสภาพดินโดยรอบเสาเข็มเดิม ผลการเจาะสำรวจดินแสดงดังในรูปข้างล่าง



17.00 - 18.50 ม. ----- ทรายแน่นปนดิน

18.50 - 20.00 ม. ----- ทราบแน่นมาก ***

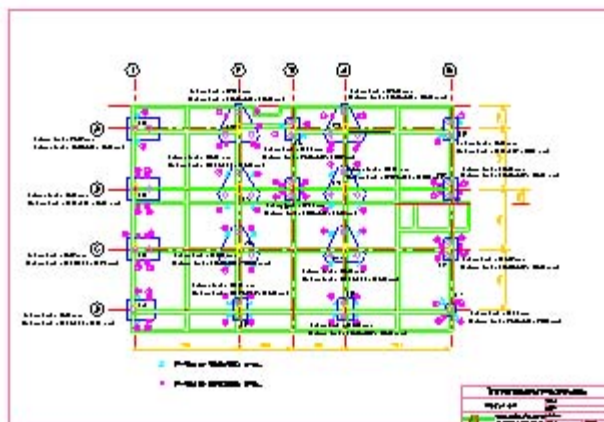
20.00 - 21.50 ม. ----- ดินเหนียวแข็งมาก

21.50 - 24.50 ม. ----- ทราบแน่นมาก

24.50 - 40.45 ม. ----- ทราบแน่น

ข้อสังเกต : ที่ระดับความลึก 18.50 – 20.00 ม. เป็นชั้นทรายที่ไม่มีดินเหนียวปน ดังนั้น การทำเสาเข็มเจาะระบบแห้งเมื่อขุดเจาะดินถึงชั้นนี้ น้ำใต้ดินจะไหลดันเข้าหลุมเจาะ

ข้อมูลน้ำหนักลงฐานราก : คำนวณน้ำหนักลงฐานรากจากแบบแปลนของอาคารทั้งในสถานะที่ยังไม่ทรุดและทรุดเอียงแล้ว น้ำหนักลงฐานรากในสถานะอาคารยังตั้งตรง เป็นข้อมูลที่วิศวกรจะหาสาเหตุการทรุดตัวของอาคาร สำหรับน้ำหนักลงฐานรากในสถานะที่ทรุดเอียงจะใช้เป็นข้อมูลในการทำค้ำยัน(Shoring) การถ่ายน้ำหนักในการตัดเสาตอม่อและขนาดของแม่แรงที่เลือกใช้ ถ้าน้ำหนักลงฐานรากแสดงไว้ในรูปข้างล่าง



ข้อมูลเสาเข็มเดิม : แบบแปลนการก่อสร้างระบุให้ใช้เสาเข็ม SPUN Pile

เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 ซม. รับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย 65 ตัน อัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2 แต่เมื่อทำการก่อสร้างได้เปลี่ยนเป็นใช้เสาเข็มเจาะ (Bored Pile) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 ซม. แทนเพราะไม่สามารถขนส่งเข็มตอกเข้าหน่วยงานได้ จากแบบการก่อสร้างเมื่อเปลี่ยนเสาเข็มตอกเป็นเสาเข็มเจาะยังคงใช้จำนวนเสาเข็มเท่าเดิม ตำแหน่งเสาเข็มยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง นั้นเท่ากับว่าเสาเข็มเจาะแต่ละต้นต้องรับ

น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย 65 ตัน มีอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2 ด้วย

เนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความยาวของเสาเข็มเจาะ ทำให้ผู้เขียนต้องพิจารณาจากผลการสำรวจดินประกอบ ซึ่งได้ข้อคิดดังนี้

- หากต้องการให้เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. รับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย 65 ตัน มีอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2 นั่นก็คือเสาเข็มต้องรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 130 ตันได้ หรือความหมายที่แท้จริงคือดินโดยรอบเสาเข็มและปลายเสาเข็มต้องรับน้ำหนักรวมได้ไม่น้อยกว่า 130 ตันนั่นเอง จากสภาพดินเมื่อคำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มแล้วพบว่าปลายเสาเข็มต้องอยู่ที่ระดับความลึกไม่น้อยกว่า 28 ม. เสาเข็มเจาะขนาดดังกล่าวจึงจะรับน้ำหนักได้ตามต้องการ

- จากสภาพดินพบว่าหากใช้เสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ทำด้วยสามขา จะขุดเจาะดินผ่านชั้นทรายที่ 18.00 ม. ได้ยากเว้นแต่จะลงปลอกเหล็กกันดิน(Temporary Casing) เพื่อป้องกันชั้นทรายพังก่อนจึงจะเจาะดินลึกลงไปได้ นั่นแสดงว่าต้องใช้เทคนิคในการทำงานมากขึ้น

- หากปลายเสาเข็มเจาะวางที่ชั้นทรายระดับความลึก 18 – 20 ม. เสาเข็มจะรับน้ำหนักบรรทุกไม่ได้ตามที่กำหนดในแบบ ทั้งนี้เพราะแรงดันน้ำใต้ดินจะดันให้ทรายพังและพังกระจายไม่อยู่ในสภาพแน่นตัวดั้งเดิม แรงต้านปลายเข็มจะต่ำลงหรืออาจไม่มีแรงต้านที่ปลายเสาเข็มเลย

ผลการคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเจาะ

1. เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. ระดับปลายเสาเข็ม – 18.00 ม.
กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (Ultimate bearing capacity) = 40.48 ตัน

2. เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. ระดับปลายเสาเข็ม – 19.50 ม.
กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (Ultimate bearing capacity) = 81.84 ตัน

หมายเหตุ : หากปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายแน่นที่ระดับ 19.50 ม.นี้ กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด = 81.84 ตัน แต่หากกระบวนการทำเสาเข็มทำให้ชั้นทรายเปลี่ยนสภาพจากแน่นเป็นหลวม ก็จะทำให้กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลงมาก

ข้อมูลที่กำลังมาทั้งหมดนี้ เป็นข้อมูลสำคัญที่นอกจากจะใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการทรุดตัวของอาคารแล้ว ยังใช้เป็นข้อมูลในการเสริมฐานรากเพื่อหยุดการทรุดตัว การทำค้ำยัน การสกัดเสาตอม่อที่ต้องคำนึงถึงการถ่ายน้ำหนักลงฐานรากใหม่และใช้คำนวณลำดับการยกอาคาร ซึ่งผู้เขียนจะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในตอนต่อไป...ครับ

ประสบการณ์งานยกอาคารที่ทรุดเอียงสองทิศทาง ตอนที่ 4

โดย คุณธนศ วีระศิริ บริษัท ฟิเนสส์ ซอยล์ เทสติ้ง จำกัด

<http://www.finessesoil.com>

.....ก่อนอื่นต้องขอภัยท่านผู้อ่านเป็นอย่างมากครับ ที่ส่งบทความล่าช้า เพราะช่วงเวลาที่ผ่านมามีติดภารกิจหลายอย่าง ตอนต่อไปนี้จะพยายามส่งอย่างต่อเนื่อง คาดว่าอีกประมาณหนึ่งหรือสองตอนก็น่าจะจบแล้วครับ.....

ตอนที่แล้วได้กล่าวถึงลักษณะของอาคาร สภาพการทรุดเอียง และรายละเอียดข้อมูลต่างๆที่จะนำมาใช้วิเคราะห์หาสาเหตุการทรุดตัว ในตอนนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการวิเคราะห์และข้อสังเกตอื่นๆ ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการแก้ไขและการยกอาคารในลำดับต่อไป

ข้อมูลโดยย่อ (จากตอนที่แล้ว)

ข้อมูลโครงสร้าง

ด้านกว้าง : 15 ม. แบ่งเป็นสี่ช่วงเสา

ด้านยาว : 21 ม. แบ่งเป็นสามช่วงเสา

ความสูง : 18.50 ม. แบ่งเป็น 5 ชั้น ชั้นคาดฟ้าเปิดโล่ง

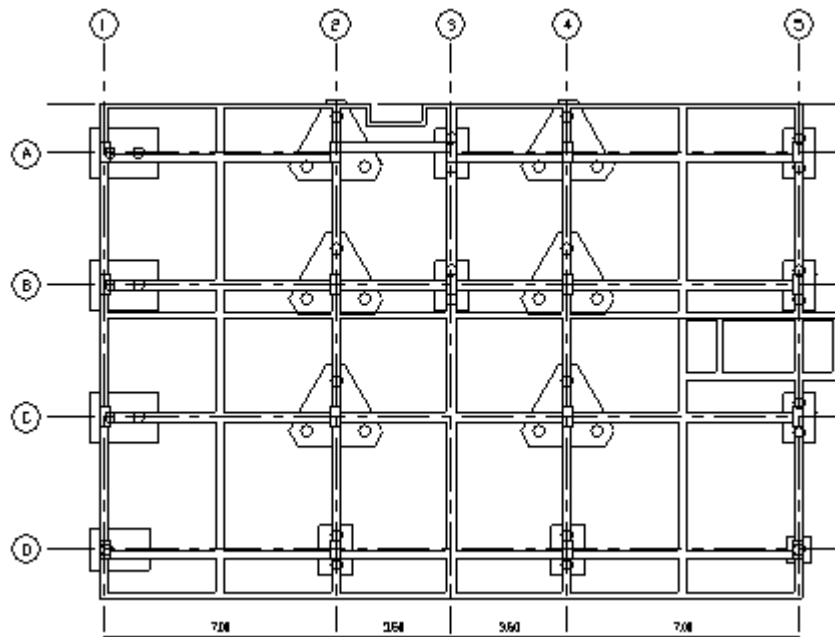
ขนาดคาน : 0.25x0.40 ม., 0.25x0.50 ม., 0.30x0.60 ม.

ขนาดเสา : 0.30x0.60 ม.

พื้น : หนา 0.15 ม.

จำนวนเสา : เสาที่ตรงตำแหน่งฐานรากมีจำนวน 18 เสา

ข้อมูลฐานรากและเสาเข็มเดิม เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 ซม. ความลึก 18 - 20 ม.



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของฐานรากและจำนวนเสาเข็มในแต่ละฐาน

ข้อมูลการทรุดตัว

- ** อาคารทรุดเอียงทั้งหลังและทรุดตัวสองทิศทางคือ ทรุดลงทางด้านหน้าและด้านขวาของอาคาร
- ** ด้านหน้าทรุดต่ำกว่าด้านหลังเฉลี่ย 34 ซม.
- ** ด้านขวาทรุดต่ำกว่าด้านซ้ายเฉลี่ย 25 ซม.
- ** ด้านทแยงมุมของอาคารทรุดต่างระดับกันมากที่สุด 57 ซม.
- ** อัตราการทรุดตัวของฐานรากด้านหน้า 0.01 มม./วัน

-- หากน้ำหนักลงเสาเข็มต่อดัน (Load/pile) มีค่าน้อยกว่า 50% ของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่คำนวณได้แต่ยังเกิดการทรุดตัวมาก

สาเหตุการทรุดตัวจะเกิดขึ้นจากอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- เกิดจากเสาเข็มมีความบกพร่อง เช่น แตกหักหรือขาดจากกัน ลักษณะเช่นนี้เสาเข็มเดิมจะไม่สามารถใช้งานได้อีก ควรแก้ไขด้วยการเสริมเสาเข็มใหม่เพื่อรับน้ำหนักแทนเสาเข็มเดิม และควรตัดเสาเข็มเดิมทิ้งเพื่อไม่ให้เป็นน้ำหนักถ่วงในภายหลัง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอาคารหลังหนึ่งจะมีเสาเข็มที่บกพร่องลักษณะเช่นนี้ไม่มากนัก สาเหตุเช่นนี้จะทำให้ฐานรากในอาคารเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันและเกิดการแตกร้าวชัดเจน

- เกิดจากสภาพชั้นดินเปลี่ยนแปลงไปขณะทำเสาเข็ม ยกตัวอย่างเช่น เสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ปลายเข็มอยู่ในชั้นทราย ขณะทำเสาเข็มมีน้ำใต้ดินไหลเข้าในรูเจาะผ่านชั้นทราย ทำให้ทรายพังและอยู่ในสภาพหลวมไม่แน่นตัวเหมือนที่เคยเป็นอยู่เดิม กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มที่แท้จริงจึง ไม่เท่ากับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่คำนวณได้จากข้อมูลดิน เมื่อพบว่ามีผลผิดพลาดลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นกับอาคารหลังใด มักจะพบว่าฐานรากเกือบทั้งหมดในอาคารหลังนั้นมีปัญหาในลักษณะเดียวกัน เพราะกรรมวิธีในการทำเสาเข็มเหมือนกันทั้งอาคาร ด้วยสาเหตุนี้อาคารจึงทรุดตัวทั้งหลังหรือทรุดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

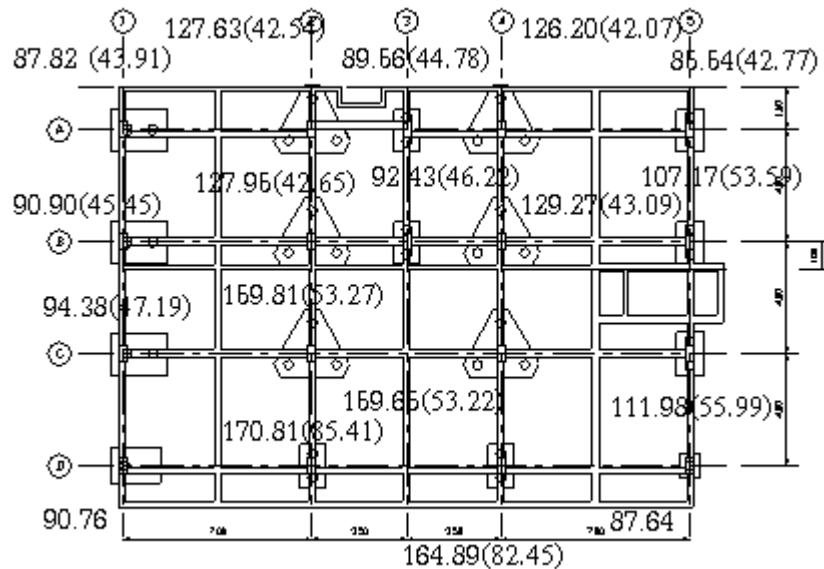
เมื่ออาคารเกิดการทรุดตัวเนื่องจากสาเหตุเช่นนี้ เสาเข็มเดิมอาจยังมีความสมบูรณ์และยังใช้งานได้ แต่ควรลดกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มลง กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มอาจเหลือเพียงแรงเสียดทานด้านข้างเท่านั้น การแก้ไขจะทำให้ได้ด้วยการเสริมเสาเข็มใหม่เข้าไปช่วยรับน้ำหนักบรรทุกส่วนเกิน

หมายเหตุ : แนวทางในการวิเคราะห์ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ใช้ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (Ultimate bearing capacity of pile) ของเสาเข็มในการพิจารณา ทั้งนี้เพราะค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเป็นขีดจำกัดที่จะบ่งบอกว่า ดินโดยรอบเสาเข็มเกิดการวิบัติแล้วหรือไม่ เสาเข็มที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกโก๊ต์เลยขีดจำกัดนี้จะเกิดการทรุดตัวมาก เพราะดินไม่สามารถแบกทานน้ำหนักได้ต่อไป

ผลการวิเคราะห์

ดำเนินการตามแนวทางวิเคราะห์ที่กล่าวข้างต้นและสรุปผล

** คำนวณน้ำหนักกดลงเสาเข็มต่อต้นในแต่ละฐานรากได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะพบว่าน้ำหนักกดลงเสาเข็มใน Line D อยู่ในช่วงประมาณ 80 - 90 ตัน มากกว่าเสาเข็มใน Line อื่นๆที่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่ในช่วง 40 -55 ตัน



รูปที่ 3. แสดงน้ำหนักบรรทุกของฐานรากและน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม(ในวงเล็บ)

** คำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มเจาะเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. ลึก 19.50 ม.ได้ 81.84 ตัน

** เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มกับกำลังความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม จะเห็นว่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในฐานราก Line D มากเกินกว่ากำลังเสาเข็มจะรับได้ ด้วยเหตุนี้ฐานราก Line D จึงทรุดตัวและเป็นสาเหตุที่ทำให้อาคารทรุดตัวโน้มมาด้านหน้า

ข้อสังเกตเพิ่มเติม

เมื่อทราบว่าเหตุใดอาคารจึงทรุดตัวลงทางด้านหน้ามากกว่าด้านอื่นแล้ว แต่ก็ยังมีข้อสงสัยเพิ่มเติมว่า

** เหตุใดด้านขวาของอาคารจึงทรุดตัวมากกว่าด้านซ้าย ทั้งๆที่น้ำหนักลงเสาเข็มต่อต้น (Load/pile) ในฐานรากด้านขวาอยู่ในช่วงประมาณ 45 - 55 ตัน ซึ่งใกล้เคียงกับเสาเข็มในฐานรากด้านซ้าย และน้ำหนักบรรทุกที่กดลงเสาเข็มนั้นยังน้อยกว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มที่คำนวณได้เกือบครึ่งหนึ่ง ซึ่งถ้ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (Ultimate bearing capacity) ของเสาเข็มจะเท่ากับ 81.84 ตัน แสดงว่าเสาเข็มยังมีส่วนของความปลอดภัยมากเพียงพอ ฐานรากไม่น่าจะเกิดการทรุดตัว

** ถึงแม้ว่าน้ำหนักที่ลงเสาเข็มด้านขวาจะมากกว่าด้านซ้ายแต่ก็ต่างกันไม่มากนัก (ไม่เกิน 10 ตัน) เมื่อฐานรากด้านขวาเกิดการทรุดตัว ฐานรากด้านซ้ายก็อาจจะทรุดตัวด้วย (เมื่อพิจารณาผลสำรวจการทรุดตัว พบว่าฐานรากด้านซ้ายก็เกิดการทรุดตัว)

** ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งก็คือ ทำไมจึงไม่เกิดรอยร้าวให้เห็นเด่นชัด เพราะความจริงแล้วเมื่อฐานรากของอาคารเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน จะทำให้โครงสร้างบิดตัวแตกร้าว โดยเฉพาะผนังที่เชื่อมต่อระหว่างฐานรากจะแตกร้าวให้เห็นชัดเจน แต่ผลการสำรวจไม่พบรอยแตกร้าวในอาคารเลย เมื่อเป็นเช่นนี้จะเป็นไปได้หรือไม่ว่าฐานรากทั้งหมดของอาคารเกิดการทรุดตัว โดยเฉพาะว่าเป็นฐานรากด้านหน้าหรือด้านขวาเท่านั้นที่ทรุดตัว หากปลายเสาเข็มไม่ได้อยู่ในชั้นทรายแน่น และน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มทุกต้นใกล้เคียงกับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม เสาเข็มในอาคารจะอยู่ในสภาพที่เคลื่อนไหวได้ง่าย บริเวณใดที่มีน้ำหนักบรรทุกกดลงมากก็จะเกิดการทรุดตัวมากกว่าบริเวณอื่น และดึงให้ฐานรากใกล้เคียงทรุดตามไปด้วย เมื่อฐานรากทรุดตามกันจะไม่ทำให้เกิดการแตกร้าวที่ผนังหรือส่วนโครงสร้างอื่น และนี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาคารเกิดการทรุดเอียง

จากข้อสังเกตที่กล่าวมาทั้งสามข้อนี้ พอจะสรุปสาเหตุการทรุดตัวของอาคารหลังนี้เพิ่มเติมได้ว่า เสาเข็มเดิมไม่น่าจะมีกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดตามที่คำนวณ ((81.84 ตัน) การทรุดเอียงของอาคารทางด้านขวาด้วยนั้น เป็นตัวบ่งชี้ว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มน่าจะอยู่ในช่วง 55 - 60 ตัน ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำหนักบรรทุกที่กดลงเสาเข็มส่วนใหญ่ในอาคาร และถ้าเป็นเช่นนี้ฐานรากในอาคารจะเกิดการทรุดตัว

ทุกฐาน บริเวณใดที่มีน้ำหนักบรรทุกมากก็จะทรุดตัวมากและดึงฐานรากอื่นให้ทรุด
โน้มตัวไปในทิศทางเดียวกัน นั่นจึงเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาคารเอียง

ปัญหาที่เกิดกับเสาเข็ม

อะไรเป็นสาเหตุ?...ที่ทำให้เสาเข็มเจาะไม่สามารถรับน้ำหนักได้ตามที่คำนวณไว้

สาเหตุที่พอจะเป็นไปได้คือ

- เสาเข็มมีความบกพร่อง เช่น แฉกหัก หรือ ขาดจากกัน
- กระบวนการทำเสาเข็มมีผลกระทบต่อดินโดยรอบ ดินถูกรบกวนจนสูญเสียสภาพ
ความแน่นตัว

สาเหตุประการแรกไม่น่าจะเป็นไปได้ เพราะถ้าเสาเข็มหัก หรือ ขาดจากกัน จะไม่
สามารถก่อสร้างอาคารจนสูงถึง 5 ชั้นได้ อาคารจะทรุดจมลงไปก่อนที่จะก่อสร้างแล้ว
เสร็จ นอกจากนั้นลักษณะความบกพร่องเช่นนี้มักจะเกิดเป็นเพียงบางต้น ไม่ใช่เกิด
ขึ้นกับเสาเข็มทุกต้นในอาคาร และเมื่อเกิดขึ้นกับเสาเข็มต้นใดแล้วฐานรากที่วางอยู่บน
เสาเข็มต้นนั้น จะทรุดตัวมากกว่าฐานรากอื่นๆ และจะทำให้เกิดการแตกร้าวในอาคาร

สำหรับสาเหตุประการที่สองเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับกระบวนการทำเสาเข็ม ที่ทำให้สภาพ
ชั้นดินมีความเปลี่ยนแปลง ทำให้กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มต่ำลงจากที่
คำนวณไว้

เมื่อกลับไปพิจารณาสภาพชั้นดิน จะพบว่าที่ระดับความลึก 18.50 ม. เป็นชั้นทราย ชั้น
ทรายชั้นนี้แม้จะมีความแน่นตัวที่ดี แต่ก็ยังเป็นชั้นดินที่น้ำสามารถไหลผ่านได้สะดวก
ดังนั้นการทำเสาเข็มเจาะด้วยระบบชุดเจาะแห้ง เมื่อชุดเจาะดินจนถึงชั้นนี้ จะมีน้ำไหล
ผ่านชั้นทรายเข้ามาในรูเจาะ และทำให้ทรายบริเวณดังกล่าวพังทลาย หากไม่ลงปลอก
เหล็กลงไปกั้นดินพังจะไม่สามารถขุดดินต่อลงไปจนถึงระดับความลึก 21 ม.ที่
ต้องการได้

เมื่อไม่สามารถทำเสาเข็มให้มีความลึกตามที่ต้องการได้ กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม
จะต่ำกว่าที่คำนวณไว้ในตอนแรก ประกอบกับเสาเข็มเจาะที่ชุดเจาะระบบแห้งเมื่อ
ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทราย ซึ่งมีน้ำไหลจะทำให้ทรายที่ปลายเข็มอยู่ในสภาพหลวม

แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มจึงต่ำ และหากปลายเสาเข็มอยู่ที่ระดับความลึก 18.50 ม.
กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มเจาะจะเหลือเพียง 40.48 ตัน (โดยประมาณ)

สรุปสาเหตุการทรุดตัว

จากแนวทางการวิเคราะห์ที่กล่าวมารวมถึงข้อสังเกตต่างๆ พอสรุปสาเหตุการทรุดตัวของ
อาคารหลังนี้ได้ดังนี้

** น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มต่อต้านในฐานราก Line D มีค่ามากที่สุด และเกินกำลัง
ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มไปมาก จึงทำให้ฐานรากด้านนี้ซึ่งเป็นฐาน
รากบริเวณด้านหน้าอาคารทรุดตัวมากที่สุด

** อาคารไม่เกิดการแตกร้าว เพราะฐานรากทั้งหมดของอาคารทรุดตัวตามกัน ฐานรากที่
เสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกมากจะทรุดตัวจนถึงฐานรากอื่นๆให้ทรุดตัวตามกัน และการทรุดตัว
เช่นนี้จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อเสาเข็มในฐานรากอื่นๆนั้นไม่มีแรงต้านทานเพียงพอ ซึ่งส่วนมากจะ
เป็นเพราะไม่มีแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม

** การที่ฐานรากด้านขวาทรุดตัวด้วยนั้น ทำให้ทราบว่าเสาเข็มเดิมมีกำลังรับน้ำหนักบรรทุก
สูงสุดไม่ถึง 81.84 ตันตามที่คำนวณไว้ และกำลังแบกทานสูงสุดอาจไม่เกิน 60 ตัน เพราะ
น้ำหนักบรรทุกที่ตกลงเสาเข็มต่อต้านบริเวณฐานรากด้านขวามีค่าไม่เกิน 55 ตัน แต่มีการทรุด
ตัวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง นั้นแสดงว่าใกล้ถึงจุดวิกฤติของดินโดยรอบเสาเข็มแล้ว

** กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มเจาะไม่ถึง 81 ตัน ตามที่คำนวณไว้ แสดงว่าปลาย
เสาเข็มไม่อยู่ที่ระดับความลึก 21 ม. และนั่นน่าจะเป็นเพราะขณะทำเสาเข็มอาจพบปัญหามีน้ำ
ไหลเข้าหลุมเจาะผ่านชั้นทรายที่ระดับความลึก 18.50 ม. ทำให้ไม่สามารถขุดเจาะดินต่อไป
จนถึงความลึกที่ต้องการได้ และเป็นเหตุให้เสาเข็มเจาะมีแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มต่ำด้วย

** เมื่อปลายเสาเข็มอยู่ที่ระดับความลึก 18.50 ม. (โดยประมาณ) กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด
จะเท่ากับ 40 ตัน (โดยประมาณ)

ดังนั้นฐานรากของอาคารทั้งหมดจะเกิดการทรุดตัว เพราะน้ำหนักที่ลงเสาเข็มต่อต้านใกล้เคียง

กับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม และอยู่ในสภาพที่พร้อมจะถูกดึงให้ทรุดตัวตามกันได้ง่าย

ข้อคิดเพิ่มเติม

จากข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากความเข้าใจที่ผิดพลาดในเรื่องของเสาเข็ม ปัญหาเช่นนี้อาจเกิดขึ้นได้กับอาคารหลายๆแห่ง และอาจจะยังคงเกิดขึ้นต่อไปถ้าไม่ทำความเข้าใจในเรื่องนี้ให้ดีเพียงพอ จึงมีข้อคิดเห็นฝากไว้ดังนี้

**** เสาเข็มตอกและเสาเข็มเจาะที่มีขนาดและความยาวเท่ากันจะรับน้ำหนักได้แตกต่างกันมาก ทั้งนี้เพราะกระบวนการในการติดตั้งเสาเข็มที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อดินต่างกัน โดยทั่วไปเสาเข็มเจาะจะรับน้ำหนักบรรทุกทุกได้น้อยกว่าเสาเข็มตอก ดังนั้นหากต้องเปลี่ยนเสาเข็มตอกมาเป็นเสาเข็มเจาะ ควรเลือกใช้เสาเข็มเจาะที่มีขนาดใหญ่กว่าเสาเข็มตอก หรือแนะนำให้เจาะสำรวจดินเพื่อพิจารณากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเจาะว่าควรใช้ขนาดเท่าใด**

**** การกำหนดให้ปลายเสาเข็มเจาะระบบชุดเจาะแห้งอยู่ในชั้นทรายนั้นไม่ใช่สิ่งที่ดี แม้ว่าชั้นทรายจะมีแรงต้านทานปลายเสาเข็มสูง แต่การชุดเจาะดินจะทำให้ชั้นทรายพังและมีน้ำไหลเข้าในรูเจาะ ทำให้แรงต้านทานปลายเสาเข็มต่ำหรืออาจไม่มีแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มเลย**

บทส่งท้าย.....

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าข้อมูลและผลการวิเคราะห์ทั้งหมดจะบ่งชี้ชัดเจนว่า เสาเข็มเจาะซึ่งเป็นเสาเข็มเดิมของอาคารหลังนี้มีกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่เกิน 60 ตัน และค่อนข้างจะเป็นเหตุผลที่ตอบปัญหาเรื่องการทรุดตัวได้อย่างแน่นอนแล้ว แต่เพื่อให้มีความมั่นใจและเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาสำหรับอาคารหลังอื่นๆต่อไป จึงได้ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเดิมด้วย ซึ่งวิธีการทดสอบและผลการทดสอบจะออกมาเป็นเช่นไรนั้น ขอนำไปกล่าวในตอนต่อไปนะครับ....สวัสดิ์ครับ