

การวิเคราะห์โอกาสการเกิด Liquefaction สำหรับชั้นทรายกรุงเทพฯ ชั้นแรก

AN ANALYSIS OF LIQUEFACTION POTENTIAL FOR BANGKOK FIRST SAND LAYER

บุญชัย อุกฤษฏาชน (Boonchai Ukritchon)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร. 0-2218-6695, 0-2218-6460-2 โทรสาร 0-2251-7304

fcebuk@eng.chula.ac.th

ธวัชชัย สังขะวิไล (Tawatchai Sangkhawilai)

นิสิตปริญญาโท และผู้ช่วยสอน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ts_mrta@chula.com

บทคัดย่อ : บทความนี้นำเสนองานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์โอกาสการเกิด Liquefaction สำหรับชั้นทรายกรุงเทพฯ ชั้นแรก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อที่จะประมาณหาค่าสัดส่วนความปลอดภัยสำหรับการเกิด Liquefaction ของชั้นทรายชั้นแรกของชั้นดินกรุงเทพฯ อันเนื่องมาจากแรงกระทำจากแผ่นดินไหว การวิเคราะห์ใช้ข้อมูลจากการทดสอบ SPT (Standard Penetration Test) และสูตรปรับปรุงล่าสุดจากการประชุม NCEER (1996) และ NCEER/NSF (1998) พารามิเตอร์หลักในการศึกษานี้ประกอบด้วย ค่า SPT ของชั้นทราย ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน และผลของการสูบน้ำบาดาล กรณี SPT เท่ากับ 25 ครั้ง/ฟุต และอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน 0.015g– 0.050g สำหรับระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ -2.0 เมตรจากผิวดิน ค่าสัดส่วนความปลอดภัยด้านการเกิด Liquefaction มีค่าอยู่ประมาณ 3.3–11.9 สำหรับชั้นทรายชั้นที่ 1 ที่ระดับความลึก -32.0 เมตร ผลของการสูบน้ำบาดาล ทำให้ค่าสัดส่วนความปลอดภัยด้านการเกิด Liquefaction มีค่าสูงขึ้น คือ 3.7-12.2 เนื่องจากผลของการเพิ่มของความเค้นประสิทธิผล

ABSTRACT : This paper presents a research entitled as an analysis of liquefaction potential for Bangkok first sand layer. The objective of this research is to evaluate factor of safety against liquefaction of the first sand layer in Bangkok soil profile subjected to earthquake. The evaluation is based on the Standard Penetration Test (SPT) method and follows the latest recommendation of liquefaction resistance of soils from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops. In this study, the major parameters consist of SPT value, peak ground acceleration (PGA), and deep well pumping effect. For the piezometric level at -2.0 m., the case where SPT = 25 Blows/ft. and PGA = 0.015g-0.050g results in factor of safety (F.S.) against liquefaction as F.S. = 3.3-11.9 for the first sand layer at depth -32.0 m. The effect of deep well pumping increases F.S. significantly as F.S. = 3.7-12.2 due to an increase in effective stress.

KEYWORDS : EARTHQUAKE, LIQUEFACTION, DEEP WELL PUMPING, BANGKOK SOIL PROFILE

1. บทนำ

แผ่นดินไหวที่ผ่านมาในปี 2546 ที่เกาะสุมาตรา และในพม่า มีขนาดความรุนแรง 6.7 ตามมาตราริกเตอร์ และจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 855 กิโลเมตร ทำให้เกิดความเสียหายเล็กน้อยกับผนังของอาคารสูง 28-53 ชั้นในกรุงเทพฯ จากการตรวจสอบแรงสั่นสะเทือนโดยติดตั้งเครื่องมือวัดที่ฐานของอาคารไอบหยก 1 ในกรุงเทพฯ (อาคารนี้มีขนาด 43 ชั้น และชั้นใต้ดินอีก 1 ชั้น ความสูง 152.7 เมตร) พบว่ามีอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดิน 0.5%g; g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก [5] สภาพดินเหนียวอ่อนในกรุงเทพฯ สามารถขยายคลื่นได้ซึ่งอาจจะทำให้ ค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินเพิ่มขึ้นเป็น 2.5%g-5%g หรืออาจจะมากกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะทาง และขนาดของแผ่นดินไหวที่มากกระทำ

Liquefaction คือ การเปลี่ยนแปลงสถานะของวัสดุจำพวกกรวดหรือทราย จากสภาพของแข็ง (Solid State) ไปเป็นสภาพคล้ายของเหลว (Liquefied State) ผลที่ตามมาคือ ความดันน้ำเพิ่มสูงขึ้นและค่าความเค้นประสิทธิผลลดลง ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนของดินเนื่องจากผลของการเพิ่มขึ้นของความดันน้ำส่วนเกินในขณะที่ดินก็จะมีการเคลื่อนตัว

เมื่อมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาพไม่ระบายน้ำของชั้นทรายเป็นผลลง จนอาจจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Liquefaction ทำให้กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง แต่โดยทั่วไปแล้วถ้าชั้นทรายมีค่า SPT-N สูง ทรายชั้นนั้นๆ จะด้านการเกิด Liquefaction ได้ดี เนื่องจากมีความเค้นประสิทธิผลในแนวตั้งสูง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะตรวจสอบโอกาสที่จะเกิด Liquefaction ในชั้นทรายชั้นแรก ของชั้นดินกรุงเทพฯ พารามิเตอร์หลักๆ ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ : 1) ค่า SPT-N (ครั้งต่อฟุต) ของชั้นทราย; 2) ค่าอัตราเร่งสูงสุดที่พื้นดิน (PGA); และ 3) ผลของการสูบน้ำบาดาล วิธีการที่ใช้ในการประเมินโอกาสที่จะเกิด Liquefaction จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ SPT เป็นหลักซึ่งจะสรุปไว้ในหัวข้อถัดไป

2. วิธีการตรวจสอบค่าสัดส่วนความปลอดภัยต้านทานการเกิด Liquefaction

ในงานวิจัยนี้ การวิเคราะห์ Liquefaction จะใช้วิธี Simplified Method เสนอโดย [2] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการประเมินการเกิด Liquefaction และใช้ข้อมูลล่าสุดจากสรุปการ

ประชุมเชิงปฏิบัติการที่ NCEER ปี 1996 [7] ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ #1 : คำนวณหาค่า CSR

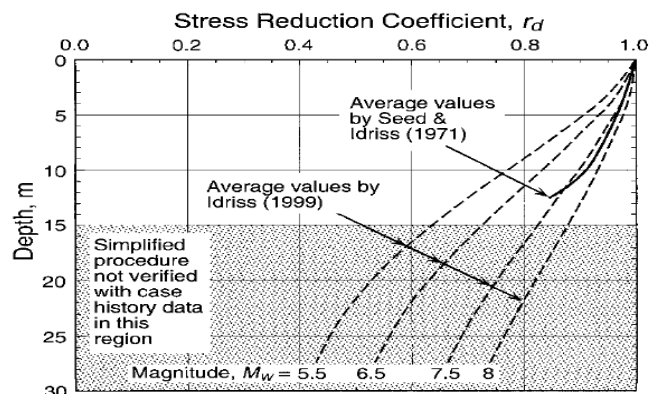
ขั้นตอนแรกคือ การคำนวณค่าแรงกระทำจากแผ่นดินไหวต่อชั้นดิน ซึ่งแสดงในเทอมของค่า CSR (Cyclic Stress Ratio) ค่าที่มีความสำคัญในการคำนวณ คือ ค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดิน หรือ ค่า a_{max} สมการสำหรับคำนวณหาค่า CSR หาได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$CSR = (\tau_{av}/\sigma'_{vo}) = 0.65(a_{max}/g)(\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})r_d \quad (1)$$

โดยที่ a_{max} คือ ค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินตามแนวราบ; g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก; σ_{vo} และ σ'_{vo} คือ ความเค้นรวม และความเค้นประสิทธิผลตามแนวดิ่ง ณ จุดที่พิจารณาตามลำดับ; และ r_d คือ Stress Reduction Coefficient ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (2) หรือหาจากรูปที่ 1 ดังนี้

$$r_d = \frac{(1.000 - 0.4113.z^{0.5} + 0.04052.z + 0.001753.z^{1.5})}{(1.000 - 0.4177.z^{0.5} + 0.05729.z - 0.006205.z^{1.5} + 0.001210.z^2)} \quad (2)$$

โดยที่ z คือ ความลึกจากผิวดินจนถึงจุดที่พิจารณาในหน่วย เมตร เทอม r_d จะเป็นสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้ความเค้นของชั้นดิน



รูปที่ 1 r_d - Curves [7]

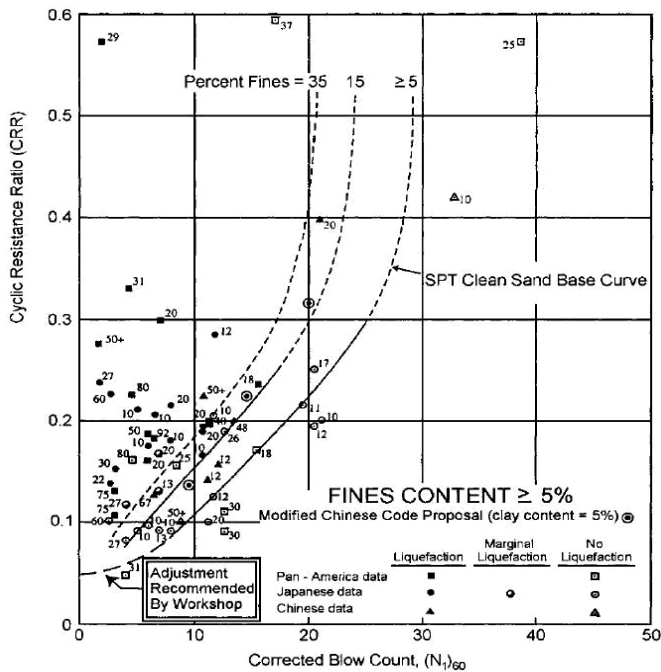
ขั้นตอนที่ #2 : คำนวณหาค่า CRR

ขั้นตอนที่ 2.1: ความสามารถในการต้านทานการเกิด Liquefaction ของดินจะแสดงในเทอมของค่า CRR (Cyclic Resistance Ratio) ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีการทดสอบในสนาม วิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ การทดสอบ Standard Penetration Test (SPT), Cone Penetration Test (CPT), Becker Penetration Test (BPT) หรือหาจาก Shear Wave Velocity (V_s) โดยวิธีการทดสอบ Standard Penetration Test (SPT) เป็นวิธีที่นิยมมากใน

ประเทศไทยและมีการทดสอบโดยทั่วไป รูปที่ 2 แสดงกราฟการหาค่า $CRR_{7.5}$ จากค่าปรับแก้ของ Blow Count, $(N_1)_{60}$ ซึ่งจะใช้เฉพาะแผ่นดินไหวที่มีขนาด $M_w = 7.5$ ริกเตอร์ เท่านั้น โดยจะแบ่งที่ Percent Fines ที่ 5%, 15% และ 35% ตามลำดับ ถ้าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจริงมีขนาดไม่เท่ากับ 7.5 ริกเตอร์ จะต้องคูณด้วยค่าปรับแก้ Magnitude Scaling Factors (MSF) ในสมการที่ (5) สำหรับค่าปรับแก้ของ Blow Count, $(N_1)_{60}$ หาได้จากสูตรใน สมการที่ (3) ดังนี้

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (3)$$

โดยที่ N_m คือ ค่า SPT (ครั้งต่อฟุต) ที่วัดได้ในสนาม; C_N คือ ค่าปรับแก้ของ overburden stress; C_E คือ ค่าปรับแก้สำหรับ hammer energy ratio (ER); C_B คือ ค่าปรับแก้สำหรับ borehole diameter; C_R คือ ค่าปรับแก้สำหรับ rod length; และ C_S คือ ค่าปรับแก้สำหรับ samplers with or without liners.



รูปที่ 2 กราฟหา $CRR_{7.5}$ จากค่า $(N_1)_{60}$ [7]

เนื่องจากค่า SPT-N นี้จะแปรผันตาม Effective Overburden Stress ดังนั้น จึงต้องมีการปรับแก้ผลกระทบจาก Overburden Stress โดยหาได้จากสมการที่ (4) ซึ่งเสนอโดย [3] ดังนี้

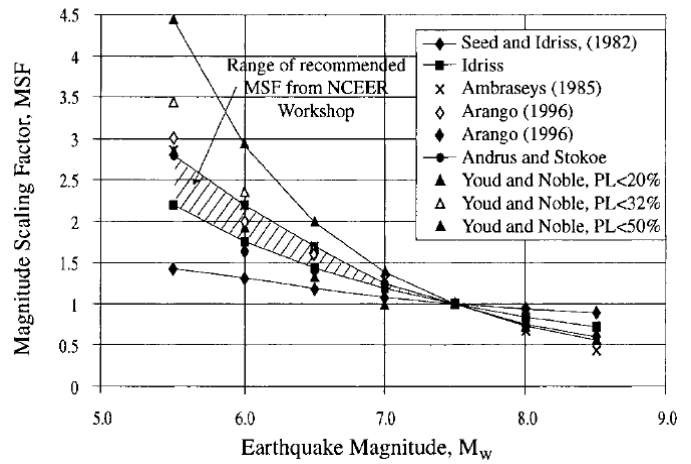
$$C_N = \frac{2.2}{\left(1.2 + \frac{\sigma'_{vo}}{P_a}\right)} \quad (4)$$

โดยที่ P_a คือ ค่าความดันบรรยากาศ, หน่วย kPa ($1 \text{ atm} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ tsf} = 10 \text{ t/m}^2$), σ'_{vo} ให้แทนค่าในหน่วยเดียวกับค่าของ P_a ; สำหรับค่าปรับแก้อื่นๆ (C_E, C_B, C_R, C_S) สามารถประมาณได้กรณีดินเหนียวกรุงเทพฯ คือค่าจะอยู่ประมาณ 0.7 - 0.8

ขั้นตอนที่ 2.2: ถ้าขนาดของแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude, M_w) มีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่า 7.5 ให้ใช้ค่าปรับแก้ Magnitude Scaling Factors (MSF) [6] คูณเพิ่มเข้าไป โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5) ดังนี้

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (5)$$

ค่าที่ได้จากสมการที่ (5) เป็นค่าขบล่างของ MSF หรือหาได้จากกราฟดังรูปที่ 3

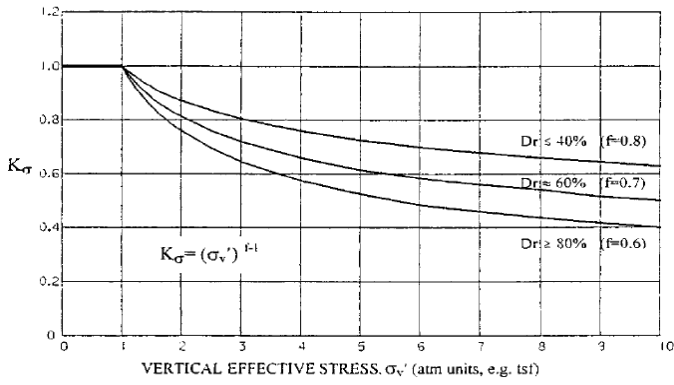


รูปที่ 3 ค่าปรับแก้ MSF [7]

ขั้นตอนที่ 2.3: ค่าปรับแก้ตัวสุดท้ายสำหรับค่า CRR คือ K_σ ซึ่งเป็นผลของความเค้นที่กระทำโดยรอบ และความแน่นของทรายที่พิจารณา สำหรับในทางปฏิบัติแล้ว แนะนำให้ค่า K_σ จากรูปที่ 4 หรือจากสมการที่ (6) ดังนี้

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{vo}}{P_a}\right)^{(f-1)} \quad (6)$$

สำหรับทรายที่มีค่าความแน่นสัมพัทธ์ $D_r = 40-60\%$, $f = 0.7-0.8$; $D_r = 60-80\%$, $f = 0.6-0.7$ ค่านี้เป็นค่าที่แนะนำให้ใช้อย่างน้อยที่สุด หรือเป็นค่าที่มีความปลอดภัยสูง เสนอไว้โดย [1]



รูปที่ 4 ค่าปรับแก้ K_σ [7]

ระดับผิวดิน	γ _t	S _u
0.00 Crust		
- 2 ดินเหนียวอ่อน	γ _t = 1.6 t/m ² W = 50 - 80%	S _u = 0.5 - 1.8 t/m ² SPT = 4 - 8 Blow/ft
- 15 ดินเหนียวแข็ง	γ _t = 1.9 t/m ² W = 25 - 40%	S _u = 12 - 15 t/m ² SPT = 8 - 15 Blow/ft
- 25 ทรายชั้นที่ 1	γ _t = 1.9 t/m ²	SPT = 25 - 40 Blow/ft
- 35 ดินเหนียวแข็งมาก	γ _t = 2.0 t/m ² W = 15 - 25%	S _u = 16 t/m ² SPT = 15 - 30 Blow/ft
- 48 ทรายชั้นที่ 2	γ _t = 2.0 t/m ²	SPT = > 45 Blow/ft
- 60		

รูปที่ 5 รูปตัดของชั้นดินกรุงเทพฯ ที่ใช้ในการศึกษา

ขั้นตอนที่ 2.4: เมื่อได้คำนวณค่าต่างๆ เสร็จแล้ว สามารถหาค่า CRR (Cyclic Resistance Ratio) ได้จากสมการที่ (7) ดังนี้

$$CRR = CRR_{7.5} \cdot MSF \cdot K_{\sigma} \quad (7)$$

ขั้นตอนที่ #3: คำนวณหาค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) ค่าสัดส่วนความปลอดภัยด้านการเกิด Liquefaction สามารถหาได้จากอัตราส่วนของ CRR ต่อ CSR ได้จากสมการที่ (8) ดังนี้

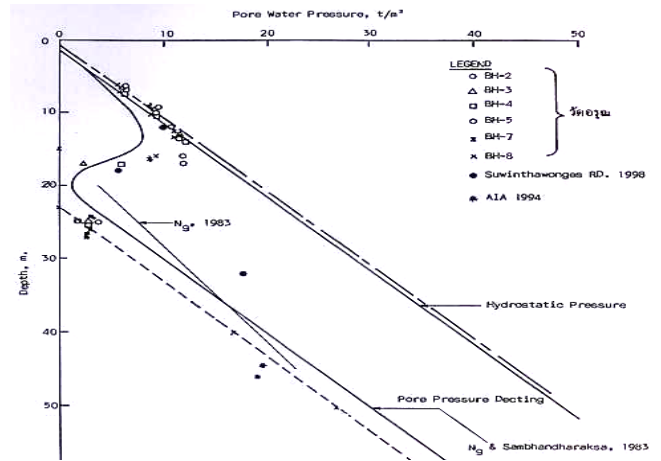
$$F.S. = \frac{CRR}{CSR} \quad (8)$$

ถ้าค่า CSR ที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวมีค่ามากกว่าค่า CRR ที่พิจารณาจากวิธี SPT ค่าสัดส่วนความปลอดภัยด้าน Liquefaction มีค่าน้อยกว่า 1.0 ซึ่งแสดงว่าชั้นทรายมีโอกาสเสี่ยงสูงต่อการเกิด Liquefaction ดังนั้นจึงควรทำการปรับปรุงคุณภาพดินซึ่งมีอยู่หลายวิธี เพื่อป้องกันหรือลดการสูญเสียกำลังของชั้นทรายเมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น

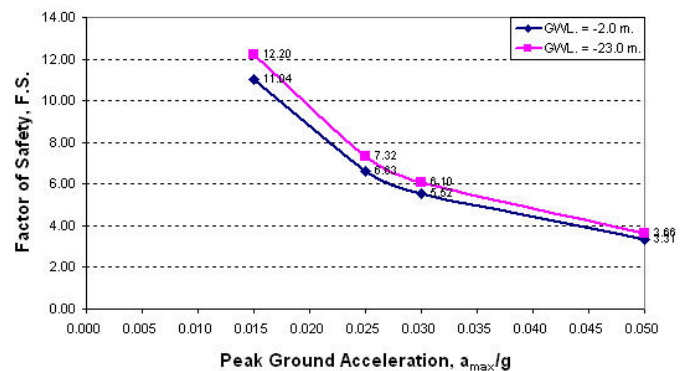
3. ผลการศึกษา

ในงานวิจัยนี้จะใช้รูปตัดของชั้นดินกรุงเทพฯ ซึ่งประกอบไปด้วย ชั้นดินเหนียวอ่อนที่เกิดการตกตะกอนจากน้ำทะเล หนาประมาณ 14-16 เมตร ถัดลงมาจะเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง จากนั้นจะเป็นชั้นทรายชั้นที่ 1 ที่มีค่า SPT-N ประมาณ 25-40 ครั้งต่อฟุต ดังรูปที่ 5 นอกจากนั้นการศึกษายังจะพิจารณาผลของ กรณีระดับน้ำอยู่ในสภาพปกติ (GWL. = -2.0 ม.) และผลของการสูบน้ำบาดาลทำให้ระดับน้ำลดลง (GWL. = -23.0 ม.) [4]

รูปที่ 6 แสดงระดับน้ำใต้ดินซึ่งไม่ได้อยู่ในสภาวะสถิตย์ ซึ่งมีผลมาจากการสูบน้ำบาดาลจากชั้นน้ำใต้ดิน และทำให้ระดับความดันน้ำลดลงไปอยู่ที่ระดับ -23.0 เมตร จากผิวดิน ทำให้ค่าความเค้นประสิทธิผลในดินเพิ่มมากขึ้น



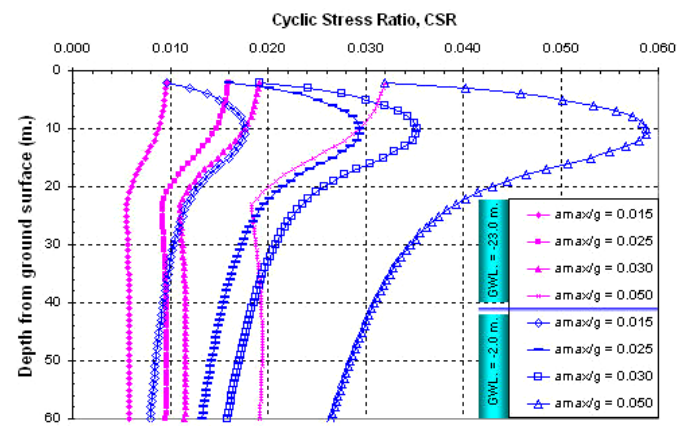
รูปที่ 6 แรงดันน้ำใต้ดินในดินกรุงเทพฯ [4]



รูปที่ 7 ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) เทียบกับ a_{max}/g ของทรายชั้นที่ 1 ที่มีค่า SPT-N = 25 Blows/ft. เปรียบเทียบระหว่างกรณีแรงดันน้ำในสภาพปกติ (GWL. = -2.0) และผลของการสูบน้ำบาดาล (GWL. = -23.0)

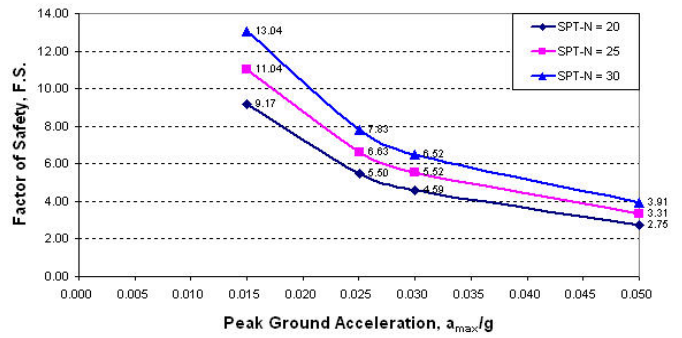
รูปที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) ด้านการเกิด Liquefaction ซึ่งพล็อตระหว่างค่า F.S. กับค่าอัตรา

เร่งสูงสุดที่ผิวดิน (a_{max}/g) ระหว่าง 1.5% - 5% ของชั้นทรายชั้นที่ 1 ของชั้นดินกรุงเทพฯ ที่ระดับความลึก -32.0 ม. จากผิวดิน และมีค่า SPT-N = 25 ครั้ง/ฟุต ในรูปที่ 7 ได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ 1.) พิจารณาระดับน้ำใต้ดินในสภาพสถิตย์ โดยจะอยู่ต่ำกว่าผิวดิน -2.0 ม. และ 2.) พิจารณาผลของการสูบน้ำบาดาลทำให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงไปอยู่ที่ -23.0 ม. เมื่อพิจารณาค่า $a_{max}/g = 1.5\% - 5\%$ ผลการคำนวณค่า F.S. ทั้ง 2 กรณีพบว่าได้ F.S. = 11.04 - 3.31 และ 12.20 - 3.66 ตามลำดับ นั้นแสดงว่าทั้ง 2 กรณีของชั้นทรายจะไม่เกิด Liquefaction ขึ้น ผลของการสูบน้ำบาดาลทำให้ค่า F.S. มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความเค้นโดยรอบมีค่าเพิ่มสูงขึ้น



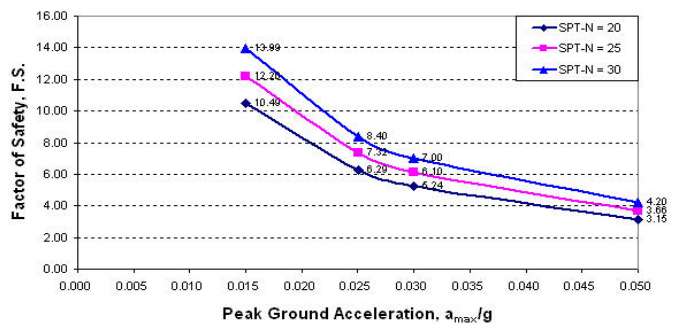
รูปที่ 8 การกระจายของค่า CSR เทียบกับความลึก (เมตร) ที่มีค่า a_{max}/g ต่างๆ กัน เปรียบเทียบระหว่างกรณีระดับน้ำอยู่ในสภาพสถิตย์ (GWL. = -2.0) และผลของการสูบน้ำบาดาล (GWL. = -23.0)

รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบการกระจายของค่า CSR เทียบกับความลึก โดยแปรเปลี่ยนค่า $a_{max}/g = 1.5\%, 2.5\%, 3\%, 5\%g$ กรณีที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ในสภาพสถิตย์ (GWL. = -2.0 ม.) ค่า CSR จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แบบไม่เชิงเส้น (Non-linear) จนกระทั่งมีค่า CSR สูงสุดอยู่ที่ประมาณ -10.0 ม. จากผิวดิน แล้วค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ แบบไม่เชิงเส้นเช่นเดียวกัน จนเข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า CSR มีการเปลี่ยนแปลงมากเมื่อเทียบกับความลึก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดิน ส่วนกรณีพิจารณาผลของการสูบน้ำบาดาล (GWL. = -23.0 ม.) ค่า CSR จะลดลงทันทีในช่วงแรกจนถึงระดับประมาณ -23.0 ม. จากผิวดิน จากนั้นค่า CSR จะเข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง และเมื่อค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินมีค่าสูงขึ้น เช่น 5%g จะเห็นได้ว่าเมื่อค่า CSR ลดลงจนถึงระดับ -23.0 ม. แล้วค่า CSR จะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 9 ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) เทียบกับ a_{max}/g ที่มีค่า SPT-N = 20,25,30 ครั้งต่อฟุตโดยพิจารณา แรงดันน้ำในสภาพสถิตย์ (GWL. = -2.0)

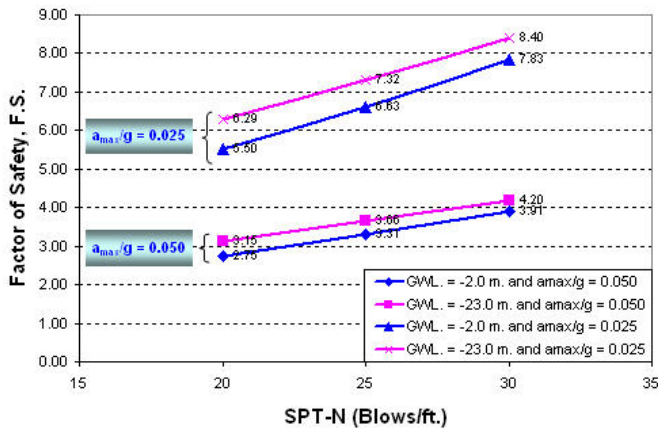
รูปที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนความปลอดภัย ที่มีค่า SPT-N แตกต่างกัน จำนวน 3 ค่า คือ 20,25 และ 30 ครั้งต่อฟุต สำหรับกรณีระดับน้ำใต้ดินในสภาพสถิตย์ (GWL. = -2.0 ม.) ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า 1.) ที่ค่า SPT-N ค่าหนึ่งๆ เมื่ออัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) จะมีค่าลดลง เช่น กรณีชั้นทรายชั้นที่ 1 ในชั้นดินกรุงเทพฯ ที่มีค่า SPT=25 ครั้งต่อฟุต และมีค่า $a_{max}/g = 1.5\%-5\%$ พบว่าค่า F.S. จะอยู่ในช่วง 11.04-3.31 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 นั้นแสดงว่า ชั้นทรายชั้นที่ 1 ของชั้นดินกรุงเทพฯ จะไม่เกิด Liquefaction ขึ้นถ้ามีแรงแผ่นดินไหวมากระทำ; 2.) เมื่อค่า SPT มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า F.S. เพิ่มมากขึ้น เช่น ที่ SPT = 30 ครั้งต่อฟุต จะเห็นว่าค่า F.S. จะเพิ่มขึ้นเป็น 13.04-3.91 ซึ่งเป็นการยืนยันว่า ถ้าชั้นดินที่มีค่า SPT-N สูงขึ้น ก็จะมีความสามารถในการต้านทานการเกิด Liquefaction สูงมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 10 ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) เทียบกับ a_{max}/g ที่มีค่า SPT-N = 20,25,30 ครั้งต่อฟุตโดยพิจารณา ผลของการสูบน้ำบาดาล (GWL. = -23.0)

รูปที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนความปลอดภัย ที่มีค่า SPT-N แตกต่างกัน จำนวน 3 ค่า คือ 20,25 และ 30 ครั้งต่อฟุต สำหรับกรณีการสูบน้ำบาดาล (GWL. = -23.0 ม.) ผลการวิเคราะห์มีลักษณะเหมือนกับกรณี GWL. = -2.0 ม. กล่าวคือ ค่า

สัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) มีค่าลดลง เมื่อค่า a_{max}/g เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นค่า SPT=25 ครั้งต่อฟุต พบว่าค่า F.S. จะอยู่ในช่วง 12.20-3.66; ผลของการสูบน้ำบาดาลจะทำให้ค่า F.S. เพิ่มสูงขึ้น เช่น ทรายชั้นที่ 1 ค่า F.S. จะเพิ่มขึ้นจาก 11.04-3.31 เป็น 12.20-3.66 สำหรับกรณี GWL.= -2.0 ม. และ GWL.= -23.0 ม. ตามลำดับ



รูปที่ 11 ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) กับ SPT-N (Blows/ft.) ที่มีค่า $a_{max}/g = 0.025$ และ 0.050 เปรียบเทียบระหว่างกรณีแรงดันน้ำในสภาพสถิตย์ (GWL. = -2.0) และผลของการสูบน้ำบาดาล (GWL. = -23.0)

รูปที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนความปลอดภัย พิจารณา ค่า $a_{max}/g = 2.5\%$ และ 5% , SPT-N = 20-30 ครั้งต่อฟุต การเปลี่ยนแปลงค่า SPT-N ในช่วงดังกล่าวสามารถทำให้ค่า F.S. จะลดลงอย่างมาก นอกจากนั้น อัตราการลดลงของค่า F.S. ของกรณีที่มี a_{max}/g มีค่าน้อย จะมีค่าสูงกว่าของกรณีที่มี a_{max}/g มีค่ามาก

4. สรุป

บทความนี้นำเสนองานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์โอกาสการเกิด Liquefaction สำหรับชั้นทรายกรุงเทพฯ ชั้นแรก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาและประเมินโอกาสการเกิด Liquefaction ของชั้นทรายชั้นแรกของชั้นดินกรุงเทพฯ จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าสัดส่วนความปลอดภัยในการต้าน Liquefaction สำหรับชั้นทรายชั้นแรกที่มีระดับความลึกจากผิวดิน -32.0 ม. ค่าพารามิเตอร์หลัก คือค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดิน (a_{max}/g) ค่า SPT-N (ครั้งต่อฟุต) ของชั้นทราย ระดับน้ำใต้ดินในสภาพสถิตย์ และผลของการสูบน้ำบาดาล ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ชั้นทรายชั้นแรกของชั้นดินกรุงเทพฯ มีค่าสัดส่วนความปลอดภัยเพียงพอในการต้านทานการเกิด Liquefaction ได้ทั้ง 2 กรณี ทำให้ลดความกังวลในเรื่องการลดลงของกำลังรับ

น้ำหนักของเสาเข็มถ้ามีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น นอกจากนั้น ค่า SPT-N ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ชั้นทรายมีความสามารถในการต้านการเกิด Liquefaction ได้ดีขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินด้วย กล่าวคือ ถ้าค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินมีค่าสูงขึ้น จะทำให้ค่า F.S. มีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงค่า SPT-N มีผลอย่างมากต่อการลดลงของค่าสัดส่วนความปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) หมายเลข RTA/10/2544 “Research and Development on Natural Disaster Reduction for Sustainable Development”. ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hynes, M. E., and Olsen, R. S. (1999). “Influence of confining stress on liquefaction resistance.” *Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction*, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [2] Seed, H. B., and Idriss, I. M. (1971). “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential.” *Journal Soil Mech. and Found. Div., ASCE* 97(9), 1249-1273.
- [3] Seed, H. B., and Idriss, I. M.(1982). “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes.” *Earthquake Engineering Research Institute Monograph*, Oakland, Calif.
- [4] Training course : “Significant of Soil Investigation” organized by The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King’s Patronage(E.I.T.). on 26-27, April 2001, (In Thai)
- [5] Training course : “Structural Designs for Earthquake Resistance” organized by *Earthquake Engineering and Vibration Research Laboratory, Chulalongkorn University (CU-EVR) cooperation with The Continuted Education Center, C.U.* on 6-7, November 2003, (In Thai)
- [6] Youd, T. L., and Noble, S. K.(1997a) .”Magnitude scaling factors.” *Proc. NCEER Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of soils*, National Centre For Earthquake Engineering. Res., State Univ. of New York at Buffalo, 149 -165.
- [7] Youd, T. L., and Idriss, I. M. (2001). “Liquefaction resistance of soils:Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils” *J. Geotech. and Geoenviron. Engrg. Div., ASCE* 127(4), 297-313.