บทความรับเชิญ

วิศวกรรมปฐพีกับธรณีภัย

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์
รองศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก (GERD) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
ประธานอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมปฐพี วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
E-mail: solalump_s@yahoo.com

บทคัดย่อ

ธรณีภัยเป็นภัยที่ต้องการหลายวิชาชีพในการเข้ามาช่วยป้องกันและลดผลกระทบรวมทั้งวิศวกรปฐพี บทความนี้กล่าวถึงลักษณะธรณีภัยในประเทศไทย โดยเน้นภัยที่การจัดการในปัจจุบันยังไม่สมบูรณ์และยังได้เปิดเผยข้อมูลสถานการณ์ความอันตรายของธรณีภัยบางประเภทที่อาจส่งผลกระทบสูงในปัจจุบันและอนาคต ภัยบางประเภทสามารถเกิดขึ้นได้อย่างฉับพลันเช่นการเกิด Liquefaction หรืออาจเป็นภัยที่ค่อยๆ เกิดเช่นการท่วมของแผ่นดินบริเวณแนวชายฝั่งตอนบนอ่าวไทยเป็นต้น นอกจากนั้นยังได้กล่าวถึงภัยที่เกิดจากงานวิศวกรรมปฐพี ซึ่งถือเป็นธรณีภัยเช่นกัน เช่นเขื่อนแตกหรือการพิบัติของฐานรากอาคารเป็นต้น

คำสำคัญ: ธรณีภัย, วิศวกรรปฐพี

Abstract

Geo-Hazard is the hazard that needs various fields of study in helping to prevent and reduce the consequences. Geotechnical engineering is also one of the filed that needed. This paper discusses about the Geo-Hazard in Thailand in which emphasize on the hazard that lack of management. Furthermore, the present dangerous situation of Geo-hazard is discussed. Some of the hazard can occur in flash such as Liquefaction phenomenon. Some of the hazard might happen slowly such as the flooding of the area near the shore line of upper gulf of Thailand. Furthermore, this paper also discusses about the hazard that come from the Geotechnical structures such as dam break or foundation failure

Keywords: Geo-Hazard, Geotechnical Engineering

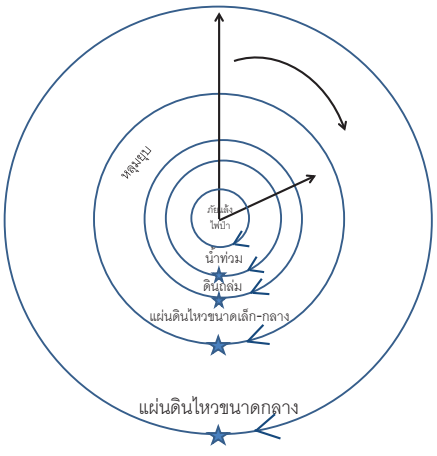
คำนำ

ธรณีภัยนั้นต่างจากคำว่าธรณีพิบัติภัยตรงที่มีความหมายกว้างขวางกว่า คำว่าธรณีภัยนั้นเกี่ยวข้องกับภัยที่มีผลขึ้นมาถึงพื้นโลกทั้งจากธรรมชาติและจากมนุษย์ ทั้งที่มีการพิบัติและไม่พิบัติ แต่ทั้งหมดเป็นภัยที่อาจส่งผลสูญเสียต่อมนุษย์ได้ เช่น แผ่นดินไหว ดินถล่ม เขื่อนพิบัติ และรวมถึงพื้นดินที่เป็นพิษอันเนื่องมาจากแร่ในพื้นที่เป็นต้น ธรณีภัยนั้นเกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายศาสตร์ที่จะต้องนำมาใช้เพื่อป้องกันและบรรเทาผลกระทบ ศาสตร์ที่สำคัญสองศาสตร์ที่มีการศึกษาใกล้เคียงและเอื้ออำนวยกันคือศาสตร์ด้านธรณีวิทยาและวิศวกรรมปฐพี ศาสตร์แรกแสดงภาพพฤติกรรมตามความเป็นจริงของภัยให้เห็นทั้งการกำเนิดและผล ศาสตร์อย่างหลังนั้นเน้นการอธิบายกลไกที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างรวมทั้งการแนะนำโครงสร้างทางวิศวกรรมที่เหมาะสมในการต้านทานหรือป้องกันการสูญเสียที่อาจจะเกิดกับชีวิตและทรัพย์สิน ในบทความนี้จะขออธิบายถึงศาสตร์ด้านวิศวกรรมปฐพีที่มีบทบาทในการจัดการธรณีภัยให้มีผลกระทบต่อเราให้น้อยที่สุด

ภาพรวมธรณีภัยในประเทศไทย

ธรณีภัยในประเทศไทยนั้นมีทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและจากมนุษย์ กรณีที่เกิดจากธรรมชาติได้แก่ ดินถล่ม น้ำท่วม-ดินถล่ม ตลิ่งพัง หลุมยุบ และแผ่นดินไหว เป็นต้น สำหรับกรณีที่เกิดจากมนุษย์นั้นมักเกิดต่องานทางวิศวกรรมได้แก่ การพิบัติของฐานราก ถนนบนดินอ่อน การพิบัติของลาดตัดไหล่เขา ฐานรากอาคารพิบัติ แผ่นดินทรุดจากการสูบน้ำบาดาล หลุมยุบจากการสูบเกลือ หรือแม้กระทั่งแผ่นดินไหวจากการเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาการเกิดธรณีภัยในประเทศไทยนั้นดูเหมือนจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่า ความถี่ของการเกิดธรณีภัยตามสภาพธรรมชาตินั้นมีความถี่การเกิดที่ไม่แตกต่างจากในอดีต แต่ผลกระทบต่อมนุษย์นั้นกลับมีมากขึ้นเนื่องจากเกิดการขยายการใช้ประโยชน์ที่ดินไปยังพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัย ด้วยเหตุผลเดียวกันนั้นได้ทำให้สถิติความถี่ของธรณีภัยที่เกิดจากมนุษย์นั้นได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ความรุนแรงของภัยธรรมชาตินั้นขึ้นอยู่กับกฎความสมดุลระหว่างขนาดความรุนแรงและความถี่การเกิด หากภัยใดมีความถี่การเกิดสูง ความรุนแรงมักจะต่ำ แต่ภัยใดที่นานๆเกิดครั้ง ความรุนแรงมักจะสูง ทั้งนี้ประเด็นดังกล่าวเกี่ยวข้องกับความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับธรณีภัยของมนุษย์นั่นเอง เมื่อภัยใดเกิดบ่อยเราย่อมจะมีวิธีจัดการที่เหมาะสมและยอมรับความสูญเสียได้ในระดับหนึ่ง รูปที่ 1 แสดงรอบการเกิดของภัยธรรมชาติต่างๆในประเทศไทย

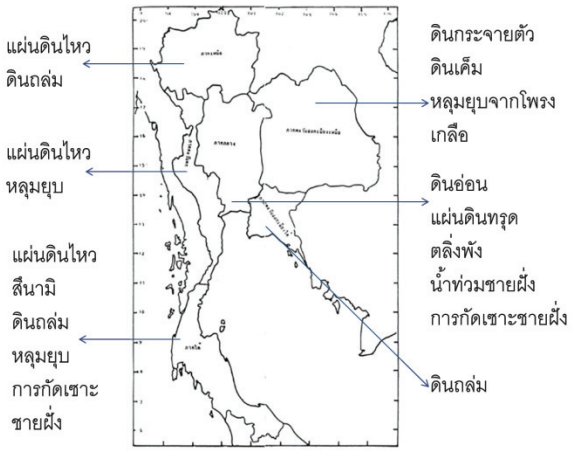


รูปที่ 1 รอบการเกิดภัยพิบัติในประเทศไทย

เมื่อพิจารณาธรณีภัยประเภทต่างๆในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย จะพบว่ามีปัจจัยที่เป็นเหตุของความแตกต่างกันหลายปัจจัยซึ่งหลักๆแล้วประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ลักษณะภูมิประเทศและธรณีสัณฐาน ได้แก่ระดับความสูง ความลาดชันของพื้นที่ ลักษณะพื้นที่ราบหรือพื้นที่ภูเขาประเภทต่างๆ การแปรสัณฐานแผ่นธรณีภาค และลักษณะของพื้นที่รับน้ำ เป็นต้น
2. ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณี ได้แก่ ชนิดของหินและกลุ่มหิน ตำแหน่งและการกระจายตัวของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา และการไหลของน้ำใต้ดินเป็นต้น
3. สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณฝนทั้งความเข้มและระยะเวลาการตก แนวร่องมรสุม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นต้น
4. คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินตะกอนได้แก่ ขนาดความลึกและการกระจายตัวของชั้นดินตะกอนประเภทต่างๆ คุณสมบัติด้านการรับแรง การไหลซึมในสภาวะต่างๆ และการเปลี่ยนรูปเป็นต้น

รูปที่ 2 แสดง ธรณีภัยประเภทต่างๆเฉพาะที่มีโอกาสเกิดขึ้นสูงที่มีอยู่ตามภูมิภาคต่างๆของประเทศไทยซึ่งประกอบด้วย ภาคเหนือได้แก่ แผ่นดินไหว ดินถล่ม น้ำท่วม-ดินถล่ม การพิบัติของตลิ่ง(ภาคเหนือตอนล่าง) ภาคตะวันตกได้แก่ แผ่นดินไหวและหลุมยุบจากหินปูน ภาคกลางตอนบนได้แก่ ตลิ่งพัง ภาคกลางตอนล่างได้แก่ การพิบัติของฐานรากดินอ่อน แผ่นดินทรุดจากการสูบน้ำบาดาล ตลิ่งพัง การท่วมของน้ำทะเลบริเวณริมชายฝั่งทะเล การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดินที่พื้นที่เมือง การกัดเซาะชายฝั่ง ภาคตะวันออกได้แก่ ดินถล่ม ตลิ่งพัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ ฐานรากดินกระจายตัว ดินเค็ม หลุมยุบจากโพรงเกลือ ภาคใต้ สึนามิ แผ่นดินไหว การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม ฐานรากดินอ่อน(เฉพาะบางพื้นที่) และหลุมยุบ(เฉพาะบางพื้นที่)



รูปที่ 2 ธรณีภัยที่สำคัญในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

เมื่อพิจารณาสถิติการเสียชีวิตจากภัยพิบัติธรรมชาติทั่วโลกตลอด 20 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1992-2012) (Science illustration, 2013) โดยกล่าวถึงทุกประเภทของภัยพิบัติธรรมชาติไม่ใช่เฉพาะธรณีภัยพบว่ามีสถิติแสดงดังตารางที่ 1 จากสถิติดังกล่าวจะพบว่ามีผู้เสียชีวิตทั่วโลกจากภัยพิบัติธรรมชาติจำนวนกว่า 1.3 ล้านคน โดยแผ่นดินไหวเป็นภัยธรรมชาติที่ทำให้มีผู้เสียชีวิตมากที่สุด สำหรับในประเทศไทยลำดับการเสียชีวิตคงจะไม่สามารถเรียงลำดับตามตารางดังกล่าวเพราะระดับความรุนแรงของภัยนั้นต่างกัน โดยเฉพาะภัยแผ่นดินไหวที่ที่ตั้งของประเทศไทยไม่ได้มีความรุนแรงดังในบางพื้นที่ในโลก ในประเทศไทยดูเหมือนว่าภัยจากพายุและน้ำท่วมได้สร้างความเสียหายอย่างมากตลอดทุกปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเฉพาะธรณีภัยที่อาจส่งผลกระทบในประเทศไทยจะพบว่าภัยดินถล่มและแผ่นดินไหวเป็นธรณีภัยที่มีนัยสำคัญที่ควรกล่าวถึงในบทความนี้

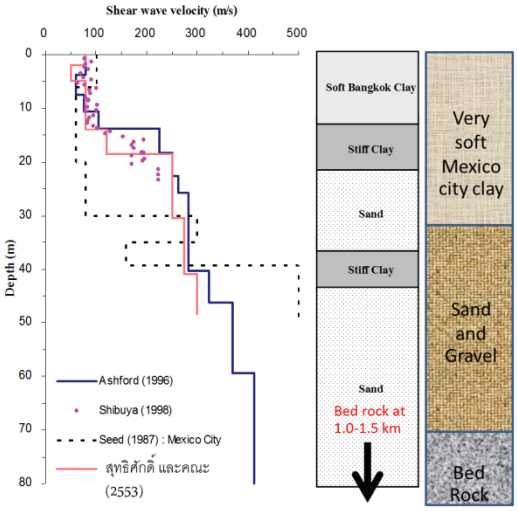
ตารางที่ 1 จำนวนผู้เสียชีวิตจากภัยพิบัติทั่วโลกระหว่างปี ค.ศ. 1992-2012 (Science illustration, 2013)

ภัยธรรมชาติ	จำนวนผู้เสียชีวิต
แผ่นดินไหว	759,708
เฮอร์ริเคน	237,268
อุณหภูมิร้อนจัดและหนาวจัด	156,770
น้ำท่วม	155,799
แผ่นดิน-โคลนถล่ม	17,688
ภัยแล้ง	2,472
ไฟป่า	1,549
ภูเขาไประเบิด	821

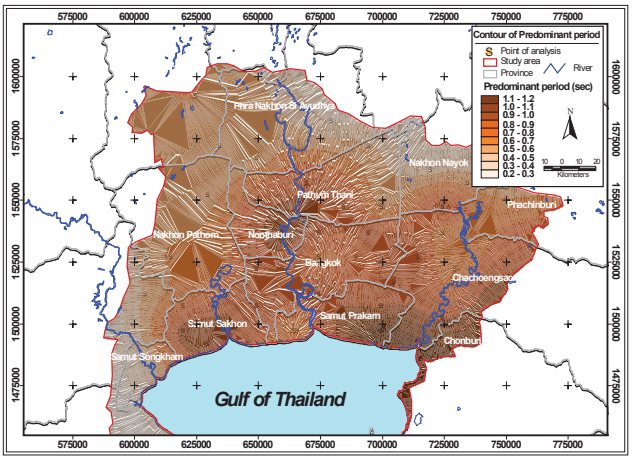
ความจริงปัจจุบันเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย

- ปัจจุบันพื้นที่ของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวตั้งแต่ระดับต่ำถึงระดับปานกลาง (zone 0-2) ตามการจำแนกของ Universal Building Code (UBC) ซึ่งมีระดับตั้งแต่ 0-4 โดยระดับ 3 และ 4 จะอยู่ในประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตใกล้รอยต่อของแผ่นเปลือกโลก
- ในรอบ 100 ปีที่ผ่านหรืออาจมากกว่า พบว่ามีผู้เสียชีวิตจากแผ่นดินไหว 1 คน เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 โดยเกิดจากกำแพงผนังล้มทับ
- มีหลักฐานการเกิดดินถล่มจากเหตุแผ่นดินไหวในประเทศไทยที่ยืนยันได้เพียง 1-2 เหตุการณ์
- ไม่พบการพิบัติของเขื่อนเนื่องจากเหตุแผ่นดินไหวในประเทศไทย และทั่วโลกมีเขื่อนที่พิบัติจากเหตุแผ่นดินไหวเพียงร้อยละ 1 จากสถิติการพิบัติของเขื่อนทั่วโลกจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้ถ้าเป็นเขื่อนที่ก่อสร้างโดยมาตรฐานการก่อสร้างสมัยใหม่ภายใน 50 ปีที่ผ่านมา ยังไม่พบว่ามีเขื่อนใดเลยที่พิบัติเพราะเหตุแผ่นดินไหว นอกจากนั้น สุทธิศักดิ์และคณะ (2549) พบว่าเขื่อนในประเทศไทยที่ออกแบบลาดเขื่อนโดยวิธีเสมือนสถิตและก่อสร้างตามมาตรฐานกรมชลประทานนั้นมีความเพียงพอต่อความมั่นคงของลาดเขื่อนและจะมีการเคลื่อนตัวต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าองค์ประกอบของคลื่นแผ่นดินไหวในด้านระยะเวลาประสิทธิผล (effective duration) ของความเร่งแผ่นดินไหว จะมีผลให้เกิดความเสียหายต่อเขื่อนมากกว่าค่าความเร่งสูงสุดและความถี่การสั่นพ้อง

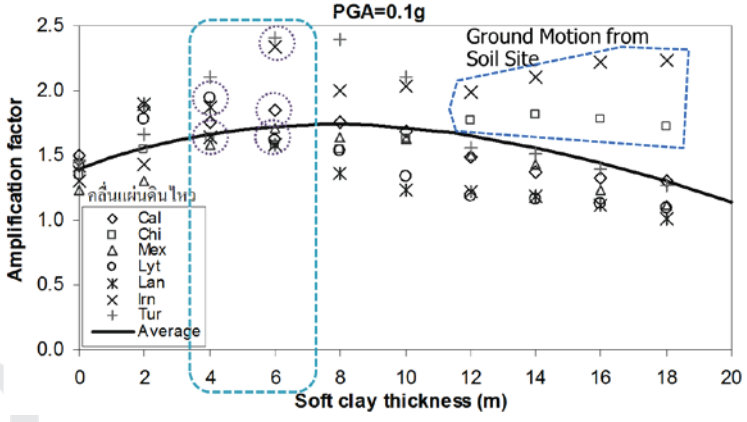
- โดยทั่วไปวัสดุดินถมหรือหินถมบดอัดจะมีค่ากำลังรับแรงคงค้างที่สูง (Residual strength) ทำให้ความเสียหายของโครงสร้างดินหรือหินถมเมื่อรับแรงแผ่นดินไหวจึงอยู่ในรูปแบบของการเคลื่อนตัวที่สร้างรอยแตกของดินถมมากกว่าที่จะเกิดการพิบัติแบบทันทีทันใด (ยกเว้นในกรณีที่เกิด Liquefaction) ระยะเวลาประสิทธิผลจึงมีความสำคัญมากกว่าค่าสูงสุดของความเร่ง ทั้งนี้ต่างจากวัสดุคอนกรีตหรือเหล็กไม่มีค่ากำลังคงค้าง
- ในมุมมองทางวิศวกรรมปฐพี กรุงเทพมหานครฯไม่ได้มีความเสี่ยงจากแผ่นดินไหวที่รุนแรงเท่ากรุง Mexico City ทั้งนี้เนื่องจากรูปร่างลักษณะธรณีสัณฐานของแอ่งตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างที่มีดินเหนียวอ่อนในยุค Holocene มีลักษณะภายออกไปทางอ่าวไทยทำให้ไม่เกิดการสะท้อนคลื่นแผ่นดินไหวในแอ่ง ซึ่งแตกต่างจากแอ่งตะกอนดินเถ้าภูเขาไฟของเมือง Mexico ที่มีลักษณะเป็นแอ่งปิดคล้ายถ้วยทำให้เกิดการสะท้อนของพลังงานอยู่ภายใน นอกจากนั้นความหนาและคุณสมบัติของชั้นดินของทั้งสองที่นั้นแตกต่างกันมาก เช่นเดียวกัน โดยแอ่งตะกอนกรุงเทพฯมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 1-1.5 กม ในขณะที่เมือง Mexico มีความหนาของชั้นดินตะกอนส่วนที่หนาที่สุด 70 ม. การที่แอ่งกรุงเทพฯมีชั้นดินตะกอนที่หนากว่าส่งผลให้เกิดการหน่วงและสลายพลังงานไปได้มากก่อนที่จะเกิดการขยายความถี่อีกครั้งเมื่อเข้าสู่ชั้นดินอ่อนด้านบนสุด อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบความอ่อนของชั้นดินจะพบว่าดินอ่อนที่เมือง Mexico มีความอ่อนตัวมาก มีค่า Vs น้อยกว่า 75 เมตรต่อวินาที ตลอดความลึก 30 ม. (รูปที่ 3, ดัดแปลงจาก Warnitchai et al.,2001) และมีปริมาณน้ำในมวลดินสูงถึงร้อยละ 400 ในขณะที่ชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ มีความหนา 8-12 ม. มีค่า Vs เฉลี่ยประมาณ 75-100 เมตรต่อวินาที และมีปริมาณน้ำในมวลดินโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 80 อย่างไรก็ตามแผ่นดินไหวระยะไกลจะส่งผลให้อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 6 ชั้นขึ้นไปเกิดการสั่นไหวได้ดังผลการวิเคราะห์การตอบสนองของชั้นดินกรุงเทพฯของอำนาจและสุทธิศักดิ์ (2553) ในรูปที่ 4
- ชั้นดินเหนียวอ่อนยิ่งหนาไม่จำเป็นต้องเกิดการขยายความเร่งมากขึ้นเสมอไปดังแสดงในรูปที่ 5 ทั้งนี้เพราะเมื่อชั้นดินหนามากขึ้นถึงระดับหนึ่ง พฤติกรรมการสั่นของชั้นดินจะเปลี่ยนจาก First mode ไปเป็น Multi-mode



รูปที่ 3 ลักษณะชั้นดินและค่าความเร็วคลื่นเฉือนของชั้นดินกรุงเทพฯและชั้นดินเมือง Mexico (ดัดแปลงจาก Warnitchai et al., 2001)



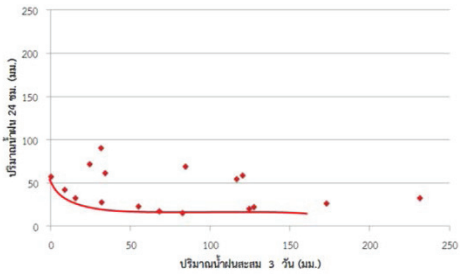
รูปที่ 4 คาบการสั่นไหวของชั้นดินกรุงเทพฯจากแผ่นดินไหวระยะไกล (อำนาจและสุทธิศักดิ์, 2553)



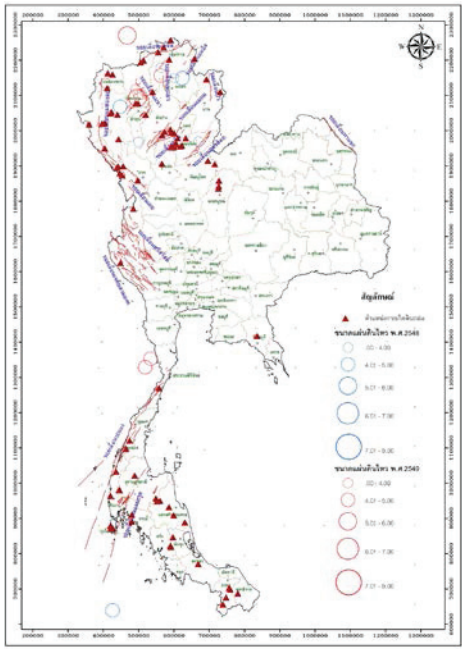
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายความเร่งกับความหนาของชั้นดินดินอ่อน (อำนาจและสุทธิศักดิ์, 2553)

ความจริงปัจจุบันเกี่ยวกับดินถล่มในประเทศไทย

- ดินถล่มในประเทศไทยมีสองประเภท (จำแนกตามลักษณะการเกิดและศักยภาพของผลกระทบ) คือดินถล่มขนาดใหญ่ที่มาพร้อมน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มขนาดจำกัดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความลาดชันของพื้นที่เช่นการตัดไหล่เขา ดินถล่มขนาดใหญ่มักเกิดจากเหตุการณ์ฝนตกหนักเกินปกติ โดยสถิติแล้วจะเกิดทุกๆรอบ 5 ปีต่างๆพื้นที่กันไป ดินถล่มลักษณะนี้เมื่อเกิดการถล่มไปแล้ว หน้าดินหรือหินผุจะถูกชะล้างไปทำให้ต้องรอการสะสมตัวอีกเป็นเวลานาน ดังนั้นจะเห็นว่าดินถล่มมักจะไม่เกิดซ้ำบริเวณร่องพื้นที่รับน้ำเดิม แต่จะมีแนวโน้มที่จะเกิดน้ำป่าไหลหลากซ้ำเติมและเพิ่มขึ้นได้ในหน้าฝนของทุกๆปีถัดๆไป อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่เดียวกันพบว่าในหน้าแล้ง จะมีโอกาสเกิดภัยแล้งได้มากเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในช่วงปีแรกๆหลังภัยพิบัติ ทั้งนี้เนื่องจากร่องน้ำได้ถูกขยายให้ไหลออกจากลุ่มน้ำเร็วขึ้นและพืชซับน้ำได้ถูกทำลาย
- พื้นที่หินแกรนิตภาคใต้มีความถี่ต่อหน่วยพื้นที่สูงสุดในการเกิดดินถล่ม ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยคุณสมบัติของดินผุ สภาพธรณีสัณฐานและแนวร่องมรสุมและพายุที่พาดผ่าน
- จากข้อมูลสถิติพบว่าดินถล่มที่เกิดจากการตัดไหล่เขานั้นสามารถเกิดได้กับทุกประเภทของชนิดหินในอัตราที่เท่าๆกัน และสามารถเกิดได้ด้วยปริมาณฝนที่น้อยกว่ากรณีดินถล่มตามธรรมชาติมาก (รูปที่ 6)
- จากการศึกษาของผู้เขียนและคณะพบว่าตำแหน่งดินถล่มมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 7 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ตำแหน่งดินถล่มในการทำนายตำแหน่งรอยเลื่อนมีพลัง แต่ประเด็นนี้ยังต้องการการวิจัยเพิ่มเติมอีกมาก
- การจัดการดินถล่มที่มาพร้อมน้ำป่าไหลหลากโดยการจัดระบบ Zoning ห้ามประชาชนอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยตามแผนที่โอกาสเกิดดินถล่มนั้น ยังไม่ประสบความสำเร็จในประเทศไทย ดังนั้นการเตือนภัยประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น
- ไหล่เขาที่ถูกตัดเพื่อก่อสร้างถนนหรือวางอาคารโดยไม่มีระบบป้องกันดิน ถึงแม้ว่าจะถูกออกแบบลาดชันตามหลักวิศวกรรมพบว่าจะมีอายุการใช้งานที่จำกัด ไม่ถาวร โดยจะมีโอกาสเกิดการพิบัติได้มากเมื่อมีอายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากงบประมาณในการก่อสร้างรวมทั้งพื้นที่การก่อสร้างมีจำกัด ดังนั้นปัญหาการพิบัติของดินไหล่เขาลงมาปิดถนนหรือทับบ้านเรือนยังคงจะมีให้เห็นต่อไป



รูปที่ 6 ค่าปริมาณน้ำฝนรายวันและน้ำฝนสะสมสำหรับดินถล่มของลาดดินตัด



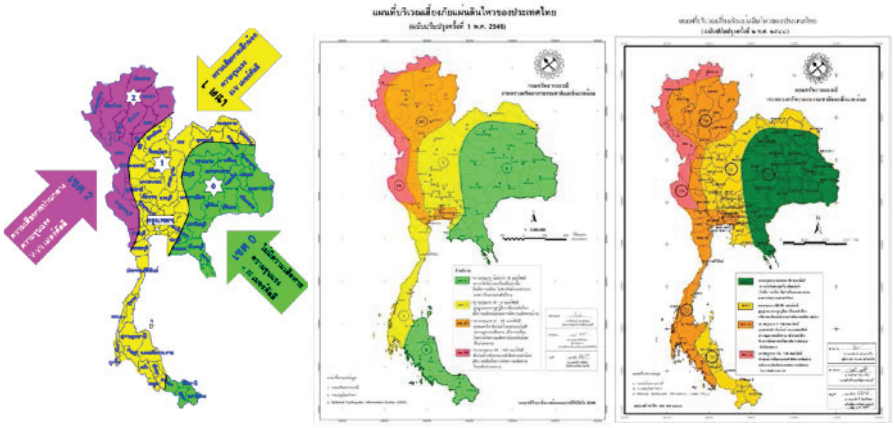
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งดินถล่มกับรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย (สุทธิศักดิ์, 2555)

สถานการณ์อันตรายของประเทศไทยจากธรณีภัย

ในปัจจุบันสถานการณ์ของธรณีภัยหลายประเภทได้ถูกจัดการและพัฒนาการรับมือได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้มีทั้งงานวิจัยและมาตรฐานที่รองรับปัญหาที่จะมาจากจากธรณีภัยในสถานการณ์ต่างๆ อย่างไรก็ตามผู้เขียนพบว่ายังมีธรณีภัยอีกหลายประการที่ยังไม่มีการจัดการที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความปลอดภัยของสาธารณะ และมีความสุ่มเสี่ยงสูงต่อความสูญเสีย ดังนั้นจึงขอนำเสนอเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์อันตรายของประเทศไทยจากธรณีภัยที่วิศวกรปฐพีสามารถที่จะยื่นมือเข้ามาช่วยแก้ไขหรือระวังภัย ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Liquefaction: เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.8 ริกเตอร์ขึ้นที่ประเทศพม่าห่างจากพรมแดนไทยที่อำเภอแม่สายประมาณ 30 กิโลเมตร เหตุการณ์ครั้งนั้นได้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ Liquefaction ที่มีหลักฐานชัดเจนขึ้นครั้งแรกในประเทศไทย บริเวณอำเภอแม่สายนั่นเอง (รูปที่ 8) (สุทธิศักดิ์, 2555) Liquefaction นั้นเกิดจากปรากฏการณ์ที่ชั้นทรายหลวมที่อิ่มตัวด้วยน้ำเกิดการยุบตัวขึ้นพร้อมกันจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ส่งผลทำให้เกิดแรงดันน้ำส่วนเกินที่ทำให้ชั้นดินทรายมีกำลังรับแรงเฉือนลดลงอย่างฉับพลัน จนมีสภาพคล้ายของเหลว พฤติกรรมดังกล่าวสามารถส่งผลที่รุนแรงอย่างมากต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้าง ทำให้อาคารเกิดการเอียงหรือล้มลงเนื่องจากดินฐานรากไม่สามารถรับน้ำหนักได้ โชคดีที่ครั้งนั้น Liquefaction ได้เกิดที่ทุ่งนาเป็นส่วนใหญ่ทำให้ไม่มีความเสียหาย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณามาตรฐานหรือ

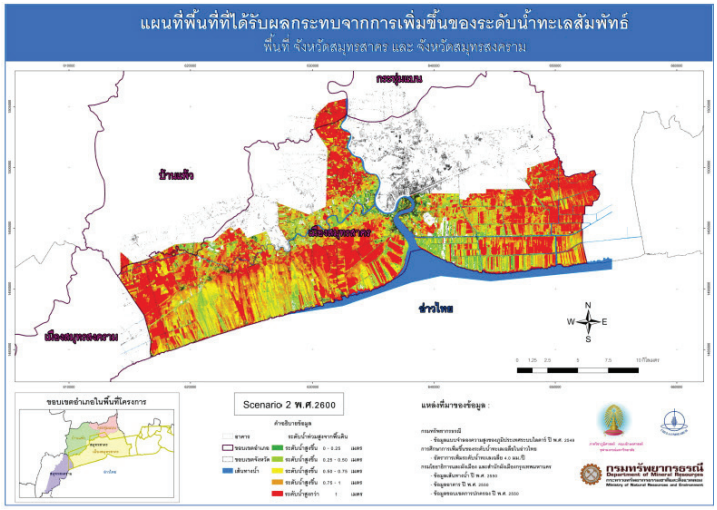
รูปที่ 8 ปรากฏการณ์ Liquefaction ที่ อ.แม่สาย จ.เชียงราย จากแผ่นดินไหว ณ วันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 (สุทธิศักดิ์, 2555)



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในรอบทศวรรษที่ผ่านมา (กรมทรัพยากรธรณี, 2546, 2548)

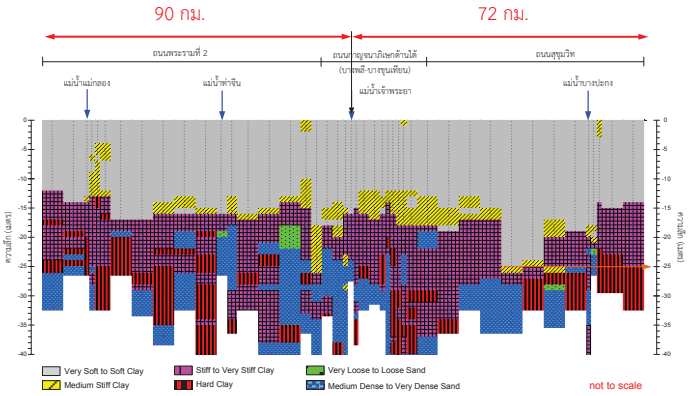
กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบฐานรากเพื่อต้านทานการเกิด Liquefaction พบว่ายังไม่มีข้อบังคับหรือมาตรฐานที่ชัดเจนที่ท้าทายมากกว่านั้นคือการหาวิธีที่จะปรับปรุงดินฐานรากของอาคารที่ก่อสร้างไปแล้วให้สามารถต้านทานการพิบัติจากการเกิด Liquefaction ได้

2. การจัดทำแผนที่ zone เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวและการสำรวจรอยเลื่อนมีพลัง: รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลง zone ความเสี่ยงภัยของแผ่นดินไหวในรอบกว่า 20 ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ zone พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งและขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นและตำแหน่งรอยเลื่อนมีพลังที่สำรวจพบใหม่ การที่ zone ความเสี่ยงภัยเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้จะทำให้สิ่งปลูกสร้างที่สร้างไปแล้วตาม zone เดิมอาจจะมีความเสี่ยงมากขึ้นถ้าพื้นที่นั้นมี zone แผ่นดินไหวที่รุนแรงขึ้น กรณีนี้วิศวกรจะต้องร่วมกันสนับสนุนให้มีการสำรวจรอยเลื่อนมีพลังให้ครบถ้วนให้เร็วที่สุด โดยวิศวกรปฐพีจะต้องนำข้อมูลดังกล่าวมาประเมินผลของขั้นดินที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสั่นสะเทือนที่ผิวดิน
3. น้ำท่วมชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน: จากข้อมูลการเพิ่มระดับน้ำทะเลและการทรุดตัวของชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นการศึกษาของหลายหน่วยงานรวมทั้งล่าสุดโดยกรมทรัพยากรธรณี พบว่าในอีก 50 ปีข้างหน้าจะเกิดระดับน้ำท่วมสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น 1.914 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) จากระดับพื้นดินปัจจุบัน โดยพื้นที่ที่คาดว่าจะเกิดน้ำท่วมได้แก่จังหวัดชายฝั่งทะเลดังแสดงดังรูปที่ 10 ซึ่งการประเมินดังกล่าวเป็นกรณีที่แย่ที่สุดของการศึกษา จากผลการศึกษาดังกล่าวทำให้ผู้เขียนและคณะผู้วิจัยร่วมกับกรมทรัพยากรธรณีได้ทำการศึกษาต่อยอดและพบว่าปัจจุบันระดับน้ำท่วมได้เริ่มส่งผลให้เห็นอย่างชัดเจนขึ้นโดยเฉพาะในช่วงเวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด ส่งผลให้น้ำไหลข้ามประตูระบายน้ำของกรมชลประทาน เกิดน้ำทะเลท่วมถนนพระราม 2 และถนนสุขุมวิทในบางช่วงที่อยู่ใกล้ทะเล ทั้งนี้คณะผู้ศึกษาได้เสนอแนวทางการป้องกันในเชิงวิศวกรรมโดยเน้นโครงสร้างทางวิศวกรรมปฐพีโดยประกอบด้วย (รูปที่ 11) การยกระดับถนนริมชายฝั่งให้ทำหน้าที่เป็นคันกั้นน้ำ การถมทะเลกลับตามแนวชายฝั่งโดยสร้างเป็น Super levees และการสร้างประตูระบายน้ำปิดกั้นปากอ่าวไทย อย่างไรก็ตามผลกระทบจากกรณีนี้จะค่อยๆเกิดแทนที่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้อาจจะไม่ชัดเจนพอที่จะผลักดันการป้องกันได้ทันเวลา เพราะทุกแนวทางจำเป็นต้องการเวลาในการศึกษาและก่อสร้างโดยเฉพาะการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
4. การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่กรุงเทพมหานครฯ: ในอดีตพื้นที่กรุงเทพมหานครฯและปริมณฑลมีการใช้น้ำบาดาลมากทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลง ส่งผลให้หน่วยแรงประสิทธิผลในชั้นดินมีค่ามากขึ้น ทำให้ชั้นดินเกิดการทรุดตัวและเกิดน้ำท่วมขังรวมถึง

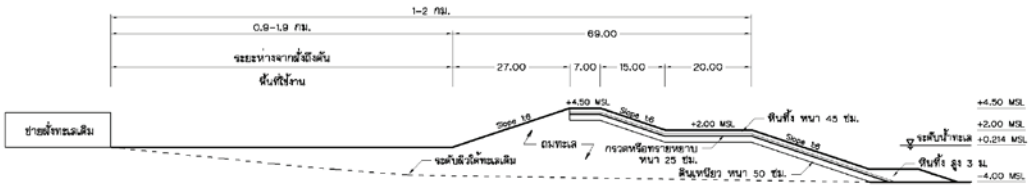


รูปที่ 10 แผนที่พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)

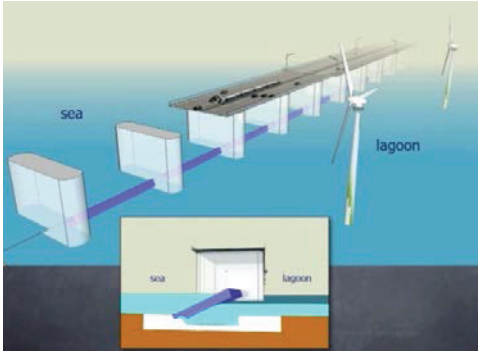
ก.) แนวการยกถนนเป็นคันกั้นน้ำ

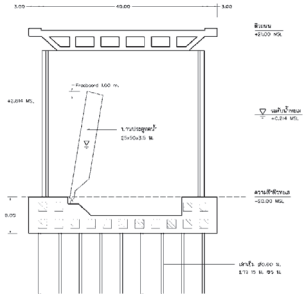


ข.) ลักษณะชั้นดินตลอดแนวการยก



ค.) Super Levees





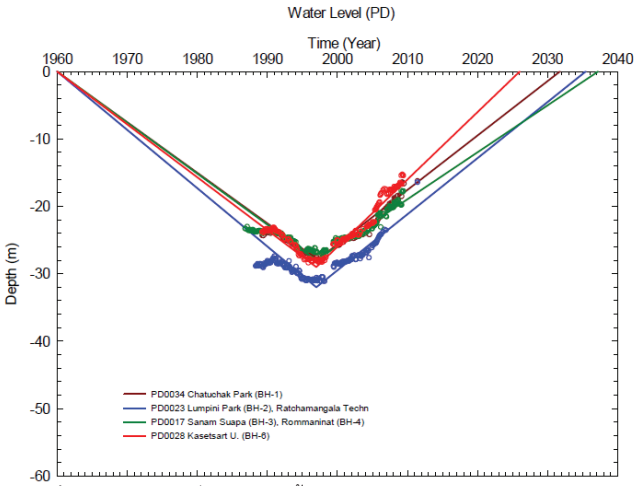
ง.) ประตูน้ำปิดกั้นอ่าวไทย

รูปที่ 11 แนวทางทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมพื้นที่อ่าวไทยตอนบน

ปัญหาฐานรากอื่นๆ ดังนั้นตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมาหลายหน่วยงานโดยเฉพาะกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงได้พยายามแก้ปัญหาโดยทำการควบคุมการใช้น้ำบาดาลและทดแทนด้วยการขยายการให้บริการน้ำประปา จากการดำเนินการดังกล่าวได้ส่งผลให้ระดับน้ำบาดาลหยุดลดระดับลงและปรับตัวสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 12 (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555) ผลดังกล่าวทำให้การทรุดตัวหยุดลง แต่อาจส่งผลให้เกิดการทรุดตัวของฐานรากเสาเข็มหรือเกิดการยกตัวขึ้นของโครงสร้างใต้ดิน โดยเฉพาะที่ออกแบบและก่อสร้างในช่วงเวลาที่ระดับน้ำลดต่ำลง ผู้ออกแบบฐานรากในขณะนั้นหากวิเคราะห์กำลังรับแรงของเสาเข็มโดยวิธีหน่วยแรงประสิทธิผลและใช้ประโยชน์จากการที่ระดับน้ำลดต่ำลงจะได้ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงหรือคำนวณด้วยวิธีหน่วยแรงรวม นอกจากนั้นผู้รับเหมาที่ประเมินกำลังรับแรงของเสาเข็มตอกโดยวิธีคำนวณจากค่าการทรุดตัวและจำนวนครั้งการตอกเสาเข็ม จะได้ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่สูงเช่นกัน อย่างไรก็ตามการที่ระดับน้ำบาดาลสูงขึ้นอาจจะไม่ส่งผลด้านลบดังที่กล่าวมาก็ได้ เนื่องจากเมื่อเสาเข็มเริ่มรับน้ำหนักของอาคารหลังการก่อสร้างเสร็จแรงดันน้ำส่วนเกินในดินรอบเสาเข็มจะเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปแรงดันน้ำส่วนเกินนี้จะลดลง และจะส่งผลให้กำลังรับน้ำหนักของดินรอบเสาเข็มเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกัน กรณีปัญหานี้ยังต้องอาศัยการวิจัยและเก็บข้อมูลอีกมากเพื่อให้เกิดความชัดเจนต่อไป อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำบาดาลได้เริ่มส่งผลแล้ว ซึ่งดูได้จากการก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินระดับลึกในกรุงเทพฯที่เริ่มดำเนินการยากเพราะจะมีน้ำใต้ดินไหลเข้ามาในบ่อก่อสร้าง

5. ปัญหาการจัดการภัยดินถล่ม: ดินถล่มที่เกิดจากฝนตกหนักมักจะเกิดเป็นบริเวณกว้างและมักจะมาพร้อมกับน้ำป่าไหลหลาก การจัดการภัยดินถล่มที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งคือการจัด zoning เพื่อจำกัดการอยู่อาศัยในพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากดินถล่ม อย่างไรก็ตามปัจจุบันต้องยอมรับว่าเราไม่สามารถที่จะ zone พื้นที่เสี่ยงดังกล่าวได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางกฎหมายและการเมือง ดังนั้นหลายหน่วยงานจึงเน้นการเตือนภัยเพื่ออพยพประชาชนในพื้นที่เสี่ยงออกเมื่อถึงเวลาวิกฤติ โดยอาศัยการติดตั้งอุปกรณ์การเตือนภัยต่างๆในพื้นที่เสี่ยง ทั้งนี้ขบวนการการจัดการดินถล่มดังกล่าวถือว่าเริ่มมีแนวโน้มที่ดี เว้นแต่การพัฒนาที่สวนทางกับความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ไหล่เขาหรือบนที่สูงชันโดยไม่มีการควบคุม ประเด็นนี้เป็นประเด็นที่อันตรายยิ่งเพราะการดำเนินการดังกล่าวย่อมสวนทางการป้องกันภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ทำให้ความพยายามในการเตือนภัยจะต้องแผ่กว้างตามออกไปให้ทัน ซึ่งดูเหมือนเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นการใช้ระบบเศรษฐศาสตร์และระบบภาษีมาควบคุมหรือมาใช้ในการจำกัดการขยายตัวหรือการชดเชยที่ถูกจุดจึงน่าจะเป็นงานวิจัยที่ควรทำควบคู่ไปกับการศึกษาของวิศวกรปฐพีเพื่อเตือนภัยและป้องกันภัยดินถล่ม

6. ความเข้าใจในเรื่องการจัดสรรงบประมาณสำหรับการเจาะสำรวจ: ความเข้าใจเรื่องการจัดสรรงบประมาณเป็นประเด็นหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของโครงสร้างทางวิศวกรรมปฐพี ประเด็นที่สำคัญที่ขอยกมาในที่นี้คือ เรื่องงบประมาณในการเจาะสำรวจ ทั้งนี้การเจาะสำรวจถือเป็นหัวใจสำคัญของความปลอดภัยของโครงสร้าง แต่พบว่าหลายหน่วยงานไม่ได้มีงบประมาณในการเจาะสำรวจดิน ทั้งๆที่ราคาของการเจาะสำรวจนั้นต่ำมากเมื่อเทียบกับราคาโครงการ ในการดำเนินงานด้านวิศวกรรมโยธานั้นเราจะหลีกขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังที่จะกล่าวนี้ไปไม่ได้ ได้แก่ การสำรวจ ออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งาน ขั้นตอนไหนบกพร่องจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อโครงการ ทั้งนี้จะเห็นว่า การสำรวจนั้นเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องให้ความใส่ใจ ความอันตรายในประเด็นนี้ในปัจจุบันพบว่าหลายหน่วยงานโดยเฉพาะหน่วยงานราชการ ไม่มีงบการเจาะสำรวจดินให้สำหรับการออกแบบ ทำให้ผู้ออกแบบต้องออกแบบไปโดยความประมาท หลายหน่วยงานแก้ไขโดยการไปเจาะสำรวจภายหลังโดยใช้งบประมาณในส่วนของผู้รับจ้างหลังจากได้ผู้รับจ้างแล้ว เพื่อดูว่าผลการเจาะสำรวจดินสอดคล้องกับที่ใช้ในการออกแบบหรือไม่ ถ้าไม่สอดคล้องในทางไม่ปลอดภัยก็จะทำการปรับแบบ ทำให้เกิดความล่าช้าและหลายกรณีเกิดการเสียงบประมาณที่ซ้ำซ้อน บางหน่วยงานไม่มีการปรับแบบเพราะระเบียบไม่เอื้อให้ทำได้ ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการพิบัติโดยไม่จำเป็น



Location	Rate of Recovery m / year
BH-1 PD0034	0.80
BH-2 PD0023	0.83
BH-3 PD0017	0.70
BH-4 PD0017	0.70
BH-5 PD0023	0.83
BH-6 PD0028	1.00

รูปที่ 12 การลดและเพิ่มของระดับน้ำใต้ดินในบริเวณแอ่งตะกอนกรุงเทพฯ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

รูปที่ 13 การเอียงของอาคารเนื่องจากปลายเสาเข็มไม่ได้หยั่งถึงชั้นดินแข็ง

รูปที่ 13 แสดงการเอียงตัวของอาคารในโครงการหนึ่งที่ จ.พระนครศรีอยุธยา โดยในโครงการนี้มีบ้านทั้งหมด 103 หลัง แต่เกิดการเอียงถึง 34 หลัง สาเหตุนั้นมีหลลายประการ แต่หนึ่งในนั้นที่สำคัญคือการที่ไม่ได้มีการเจาะสำรวจดินก่อนดำเนินโครงการ ทำให้ความยาวของเสาเข็มที่กำหนดนั้นยาวไม่ถึงชั้นดินแข็ง บ้านจึงเอียงไปยังฐานที่มีน้ำหนักอาคารลงมาก กรณีนี้ต้องดำเนินการแก้ไขโดยการดีดบ้านทั้งหมดที่เอียง ส่งผลให้เสียงบประมาณอย่างมาก

7. ความปลอดภัยเขื่อน: ในประเทศไทยมีเขื่อนกักเก็บน้ำทั้งสิ้นจำนวนกว่า 5000 เขื่อน ปัจจุบันเขื่อนขนาดเล็กส่วนใหญ่ได้ถูกถ่ายโอนไปยังหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น เขื่อนขนาดกลางและขนาดใหญ่ได้ถูกดูแลโดย กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กรมทรัพยากรน้ำ และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เขื่อนจำนวนมากดังกล่าวต้องการการดูแลด้านความปลอดภัยอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสาธารณะ จากข้อมูลการพิบัติของเขื่อนทั่วโลกพบว่าการพิบัตินั้นเกิดจากสาเหตุหลักๆ 2 ประการอันได้แก่ การไหลล้นข้าม และการเกิด piping กรณีแรกนั้นจะขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ การออกแบบทางชลศาสตร์ และการบำรุงรักษาอาคารบังคับน้ำ กรณีหลังนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบกรองและการใช้งาน แต่ทั้งนี้ความเข้าใจในเรื่องpipingนั้นยังถือว่ายากต่อการจำลองพฤติกรรมทำให้มีเขื่อนจำนวนมากที่พิบัติหรือเสียหายจากกรณีดังกล่าวไม่เว้นแม้ในประเทศไทย สำหรับกรณีแผ่นดินไหวที่อาจมีผลกระทบต่อเขื่อนนั้น พบว่าเขื่อนที่พิบัติเพราะเหตุดังกล่าวมีเพียงร้อยละ 1 ยิ่งถ้านับว่าเป็นเขื่อนที่สร้างโดยมาตรฐานทางวิศวกรรมในยุคใหม่นั้นถือว่ายังไม่มีเขื่อนที่มีการพิบัติเกิดขึ้น ดังนั้นเราจะยังถือได้ว่าเรื่องความปลอดภัยเขื่อนนั้นเป็นเรื่องที่สามารถควบคุมได้ เพียงแต่ถ้าเรามีการตรวจสอบเขื่อนด้วยการตรวจสอบโดยสายตา ร่วมกับการตรวจสอบข้อมูลพฤติกรรมเขื่อนที่ติดตั้งภายในตัวเขื่อน โดยปัจจุบันหน่วยงานที่เป็นเจ้าของเขื่อนเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินงาน อย่างไรก็ตามจะพบว่ายังมีอีกหลายเขื่อนโดยเฉพาะเขื่อนขนาดกลางและขนาดเล็กที่ยังขาดการดูแลรักษาเนื่องด้วยข้อจำกัดของกำลังคน ภารกิจนโยบายและงบประมาณ เขื่อนดังกล่าวเหมือนเป็นระเบิดเวลาที่รอการพิบัติหากไม่ได้รับการดูแล ดังนั้นรัฐบาลจึงควรมีหน่วยงานกลางที่ไม่ใช่เจ้าของเขื่อนเพียงฝ่ายเดียวมาช่วยในการดูแลความปลอดภัยหรือตั้งภารกิจให้กับหน่วยงานที่สามารถสร้างบุคคลากรที่จะตรวจสอบเขื่อนให้ได้มีประสิทธิภาพ

บทสรุป

ในอนาคตการพัฒนาโครงการโครงสร้างพื้นฐานในประเทศจะเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพื่อรองรับการขยายการเจริญเติบโตของประเทศจากแหล่งทุนภายนอกและการเจริญของเศรษฐกิจภายใน ดังนั้นการทราบถึงสถานการณ์ด้านธรณีภัยที่แท้จริงจะช่วยให้การพัฒนาประเทศเป็นไปได้โดยปลอดภัยและมั่นคง เราคงไม่สามารถห้ามการเกิดภัยพิบัติตามธรรมชาติได้ แต่ทำอย่างไรที่เราจะสามารถฟื้นตัวได้เร็วหลังจากเกิดภัย หรือสามารถหลบหลีกภัยพิบัติได้ สิ่งสำคัญคือเราต้องสามารถที่จะคาดการณ์ไปล่วงหน้าได้เพื่อที่จะได้เตรียมจัดการได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้การจัดการที่มีประสิทธิภาพและประหยัดจำเป็นที่จะต้องประเมินขนาดความรุนแรง ความถี่ และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากธรณีภัยได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี, “การจัดทำข้อมูลและการประเมินผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลสัมพันธ์ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสาครและกรุงเทพมหานคร”, ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554

กรมทรัพยากรธรณี, แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว, 2546 และ 2548

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, “โครงการศึกษาผลกระทบต่อโครงสร้างใต้ดินเนื่องจากการคืนตัวของแรงดันน้ำในชั้นน้ำบาดาลบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล”, รายงานฉบับสมบูรณ์, ดำเนินการโดย บริษัท เซเว่น แอสโซซิเอต คอนซัลแตนส์ จำกัด , 2555

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์, “ธรณีภัย” สารคดีภาพวิศวกรรมปฐพี, 2555

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์และคณะ, “การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของเขื่อนเพื่อการชลประทานในประเทศไทย”, คณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2549

อำนาจและสุทธิศักดิ,“อิทธิพลความหนาของชั้นดินกรุงเทพฯ ต่อพฤติกรรมการตอบสนองเนื่องจากแรงกระทำแผ่นดินไหว” ,การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15, ระหว่างวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2553. สุนีย์ แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี

Science illustration, Science update, Feb, 2013

Warnitchai, P., Sangarayakul, C. and Ashford, S. A., “Seismic hazard in Bangkok due to distant earthquake”, Urban Safety Engineering, 2001.