



ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

---

## เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ

บทความที่ วศ.แผ่นดินไหว 58/01

# รายงานการสำรวจทางวิศวกรรม กรณีแผ่นดินไหวประเทศเนปาล

โดย

รศ.ดร.สุทธศักดิ์ ศรีสัมพันธ์

หน่วยวิจัยธรณีวิศวกรรมแผ่นดินไหว

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤษภาคม 2558

## คำนำ

เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์ด้านงานวิศวกรรมปฐพีทั้งงานสำรวจ ออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งานตามแต่วัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ซึ่งเป็นนโยบายประการหนึ่งของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก และยังเป็นเอกสารที่ใช้อ้างอิงทางวิชาการเพื่องานศึกษาวิจัยต่อไป การอ้างอิงเอกสารฉบับนี้สามารถทำได้ดังนี้

หน่วยวิจัยธรณีวิศวกรรมแผ่นดินไหว ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก 2558. “รายงานการสำรวจทางวิศวกรรม: กรณีแผ่นดินไหวประเทศเนปาล”. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

# รายงานการสำรวจทางวิศวกรรม กรณีแผ่นดินไหวประเทศเนปาล

รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์

หน่วยวิจัยธรณีวิศวกรรมแผ่นดินไหว, ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## 1. ความนำ

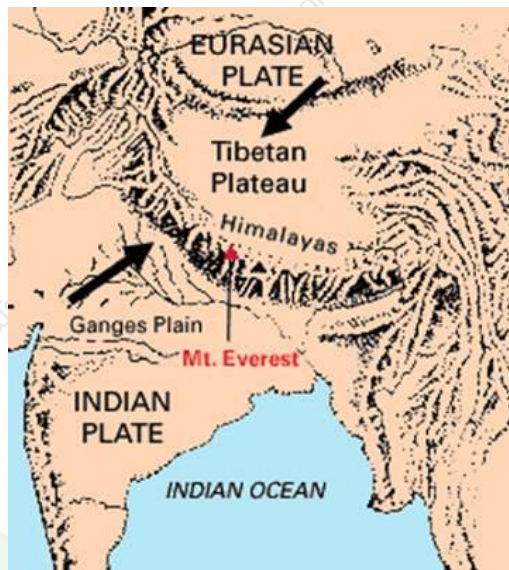
เมื่อวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2558 ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.8 ที่ประเทศเนปาล โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ไปทางตะวันตกของกรุงกาฐมาณฑุ ประมาณ 80 กม. จากนั้นตามด้วยแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กกว่าอีกหลายเหตุการณ์โดยมีตำแหน่งอยู่ทางด้านตะวันออกของกรุงกาฐมาณฑุ (รูปที่ 1) แผ่นดินไหวในขนาดดังกล่าวถือว่าเป็นแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ และได้สร้างความเสียหายที่รุนแรงกับบ้านเรือนประชาชนเป็นอย่างมาก ดังนั้น รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ ในฐานะนักวิจัยด้านธรณีวิศวกรรมแผ่นดินไหว จึงได้เข้าไปสำรวจในพื้นที่ความเสียหายในระหว่างวันที่ 4-6 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 โดยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากหน่วยงานและมูลนิธิในพื้นที่ โดยในทีมสำรวจประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการภัยธรรมชาติจากประเทศญี่ปุ่น, นักข่าวในพื้นที่และทีมข่าวสถานีไทย พีบีเอส โดยได้ทำการสำรวจทั้งในและนอกเมืองหลวง



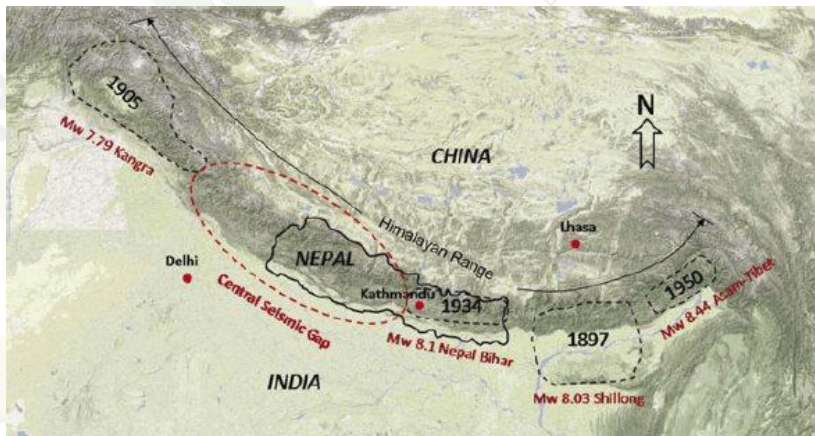
รูปที่ 1 จุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวหลักและตาม จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประเทศเนปาล 25 เมษายน พ.ศ.2558 (ภาพจาก USGS)

## 2. ลักษณะธรณีฐานและประวัติการเกิดแผ่นดินไหว

ประเทศเนปาลตั้งอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก 2 แผ่นที่ชนและมุดยกตัว ทำให้เกิดเทือกเขาหิมาลัย (รูปที่ 2) ซึ่งลักษณะการชนกันของแผ่นเปลือกโลกลักษณะนี้มักจะเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ในอดีตพื้นที่นี้ได้เคยเกิดแผ่นดินไหวมาอย่างต่อเนื่อง แต่เว้นพื้นที่ที่เกิดแผ่นดินไหวครั้งนี้อย่างชัดเจนในรูปที่ 3 ซึ่งนักวิชาการต่างประเทศเรียกพื้นที่นี้ว่า Seismic gap หรือพื้นที่ที่เป็นช่องว่างที่ยังไม่เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งจะมีความเสี่ยงสูงมากในการเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่พื้นที่นี้ (รูปที่ 3)



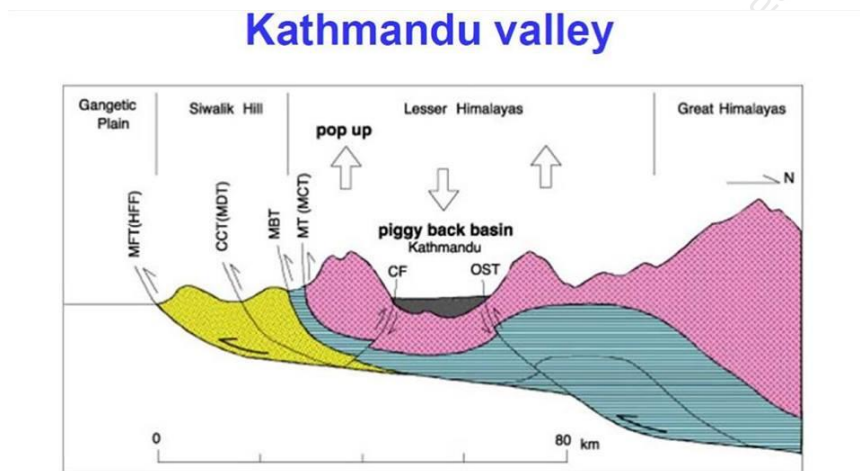
รูปที่ 2 การชนกันของแผ่นเปลือกโลกทำให้เกิดเทือกเขาหิมาลัย (USGS)



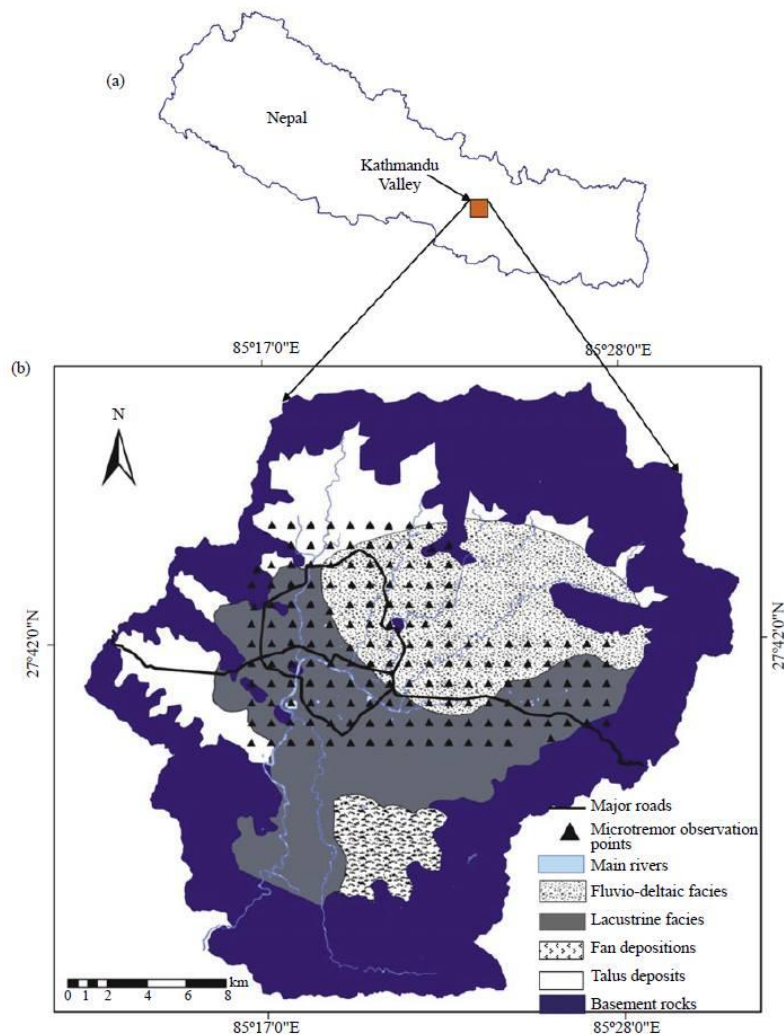
รูปที่ 3 พื้นที่ Seismic Gap (Paudyal et al., 2012)

นอกจากนั้นหากสังเกตแผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Earthquake intensity) จะพบว่าความรุนแรงที่กรุงกาฐมาณฑุนั้นมีความรุนแรงมาก ทั้งที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงกว่า 80 กม. ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงลักษณะภูมิประเทศจะพบว่าพื้นที่ของเมืองหลวงนั้นตั้งอยู่ในพื้นที่แอ่งตะกอนที่อยู่ท่ามกลางพื้นที่ภูเขา (รูปที่ 4) ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีโอกาสที่จะทำให้เกิดการขยายความรุนแรงได้ โดยชั้นดินตะกอนทับในพื้นที่

ประกอบด้วยดินที่พัดพาลงไปในแอ่งที่เป็นทะเลสาบโบราณ, ดินตะกอนน้ำพา และดินตะกอนเชิงเขา เป็นต้น (รูปที่ 5) ซึ่งชั้นดินตะกอนแต่ละประเภทน่าจะมีพฤติกรรมการตอบสนองต่อแรงแผ่นดินไหวที่ต่างกัน



รูปที่ 4 พื้นที่แอ่งตะกอน (USGS)



รูปที่ 5 ประเภทของดินตะกอนในพื้นที่เมืองหลวง (Paudyal et al., 2012)

### 3. การสำรวจความเสียหาย

การสำรวจความเสียหายได้ดำเนินการทั้งในและนอกพื้นที่เมืองหลวง เพื่อให้เห็นภาพความเสียหายได้ทั้งหมดเพื่อที่จะได้นำความช่วยเหลือในด้านต่างๆรวมทั้งในด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมไปให้ การสำรวจในพื้นที่ประกอบด้วยพื้นที่ Gongabu, Balaju, Sitapaila, Narayanhiti, Naya Sadak และ Patan Dhoka โดยจะขอสรุปรูปแบบความเสียหายทางวิศวกรรมที่สำคัญเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

#### 3.1 การพิบัติที่ชั้นล่างอาคาร (Base shear failure)

อาคารในเมืองหลวงที่เกิดการพิบัติมีประมาณ 30% โดยในจำนวนดังกล่าวพบว่ามึลักษณะการพิบัติของเสาอาคารชั้นล่างในลักษณะ Base shear เป็นส่วนใหญ่ และยังพบอีกว่าอาคารที่พิบัติหรือเสียหายรุนแรงมักจะเป็นโรงแรมหรือร้านค้าที่ชั้นล่างเปิดโล่ง หรือมีความสูงของชั้นล่างสูงกว่าชั้นอื่น ส่งผลให้ชั้นล่างนั้นเป็นชั้นที่มี Stiffness ต่ำหรือเป็นชั้นอ่อน (Soft Story) เมื่อเทียบกับชั้นบนถัดๆไป ที่มักจะก่อกำแพงเติมจึงทำให้มี Stiffness หรือความแข็งที่สูงกว่า เมื่อถูกแรงแผ่นดินไหว เสาชั้นหนึ่งจะถูกโยกอย่างรุนแรงเพราะอ่อนกว่าชั้นอื่นๆ จนทำให้จุดต่อหัวเสาชั้นล่างวิบัติ อาคารจึงล้มพับลงมา ดังแสดงในรูปที่ 6 สำหรับอาคารที่ไม่สูงนักและชั้นล่างทึบ ความเสียหายก็จะลดลง (รูปที่ 7) พื้นที่ที่พบการพิบัติลักษณะนี้มากที่สุดเป็นย่านการค้าใกล้สถานีขนส่งประจำเมือง (Gongabu) เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก และบางอาคารที่ถล่มเป็นอาคารที่เพิ่งก่อสร้างเสร็จใหม่ เมื่อสอบถามข้อมูลเบื้องต้นพบว่าดินในพื้นที่ดังกล่าวนั้นเป็นดิน Black cotton soil ซึ่งคาดว่าจะเป็ดินอ่อน โดยเป็นพื้นที่ดินตะกอนที่ตกตะกอนในสิ่งแวดล้อมที่เป็นบึงหรือบ่อน้ำเค็ม (Lacustrine) โดยลักษณะดินดังกล่าวน่าจะสามารขยายความรุนแรงของแรงแผ่นดินไหวได้มากกว่าบริเวณอื่น



รูปที่ 6 อาคารที่เสียหายเพราะ Base shear



รูปที่ 6 (ต่อ) อาคารที่เสียหายเพราะ Base shear



รูปที่ 6 (ต่อ) อาคารที่เสียหายเพราะ Base shear



รูปที่ 7 อาคารที่ไม่เกิดการพิบัติ



### 3.2 ความเสียหายจากการสั่นไหว (Vibration damage)

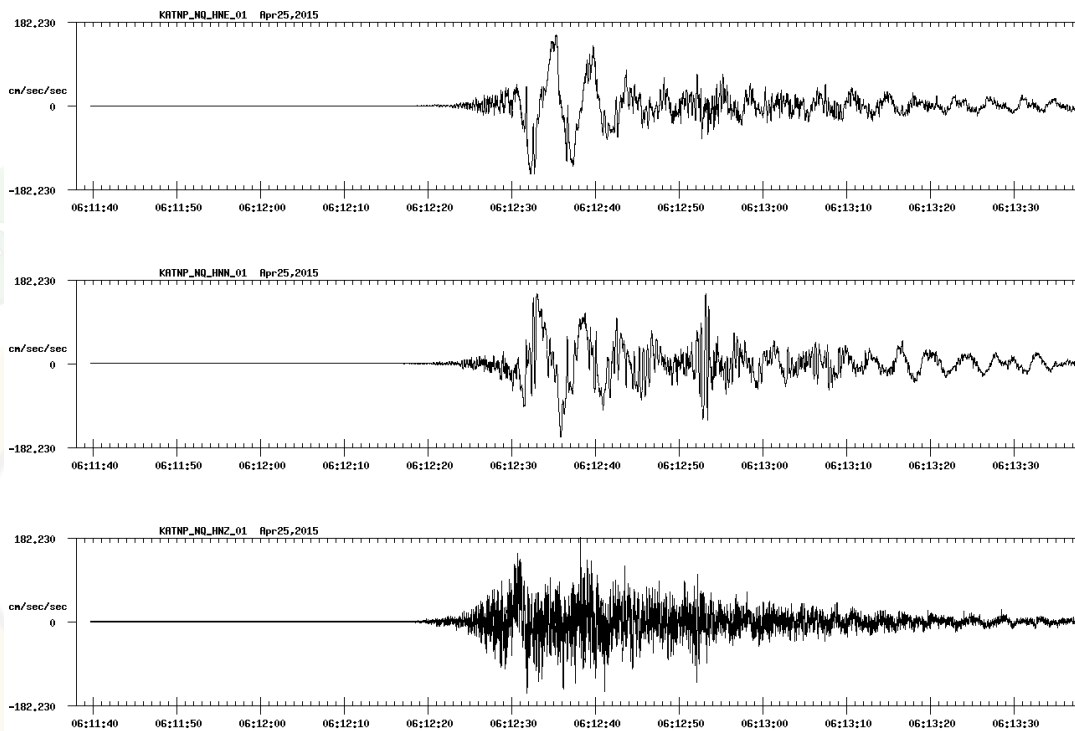
เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่ในเมืองหลวงมีความสูงไม่มาก จึงมีอาคารไม่มากนักที่จะเสียหายในลักษณะที่ผนังแตกเป็นตัว X ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งการแตกของกำแพงในลักษณะดังกล่าวบ่งบอกถึงการโยกไปมาของอาคาร ทำให้กำแพงแตกจากแรงทั้งสองทิศทาง และเมื่อพิจารณาลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวที่วัดได้จาก Accelerometer ในเมืองหลวง สถานีวัด Kanti Path ดังรูปที่ 9 พบว่าค่าความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.16g ซึ่งถือว่าค่อนข้างแรง แต่ไม่ถึงกับแรงมาก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคาบการสั่น พบว่ามีคาบเด่นที่ค่อนข้างสูง นั่นหมายความว่าอาคารที่มีความสูงน่าจะตอบสนองได้มากกว่า ซึ่งโชคดีว่าในพื้นที่นั้นไม่ได้มีอาคารสูงจำนวนมากนัก ซึ่งการสรุปดังกล่าวเป็นการสรุปเบื้องต้นโดยผู้เขียนจะได้วิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียดต่อไป



รูปที่ 8 ผนังของอาคารแตกเป็นกากบาท อย่างชัดเจน



รูปที่ 8 (ต่อ) ผนังของอาคารแตกเป็นกากบาท อย่างชัดเจน



รูปที่ 9 Acceleration-time histories สถานี Kanti Path ในเมืองหลวง (ข้อมูลจาก USGS)

### 3.3 อาคารโบราณสถาน

จากการสำรวจพบว่าอาคารโบราณสถานหลายแห่งได้เกิดการพังทลายลงหรือเกิดความเสียหายอย่างหนัก หลายแห่งน่าจะเสียหายอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นมรดกโลก (World heritage) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในเรื่องของโครงสร้างพบว่าส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างกำแพงก่ออิฐรับแรง (Bearing wall) และใช้โครงสร้างไม้เป็นพื้นหรือกันสาดยื่น โดยบางกรณีเห็นได้ชัดว่ามีรูปร่างที่ง่ายต่อความเสียหาย เช่นด้านบนรับน้ำหนักหลังคามากหรือมีส่วนยื่นของชายคาหรือกันสาดที่ยื่นออกมามาก ดังจะเห็นได้จากอาคารพระราชวังบริเวณ Kathmandu Dubar square ที่มีหลังคาและกันสาดที่ยื่นออกมามากหรือมีขนาดด้านบนใหญ่กว่าขนาดด้านล่าง (รูปที่ 10) ส่งผลให้เกิดแรงเหวี่ยงจากมวลด้านบนที่มาก กำแพงด้านข้างจึงพังลงมาหรือส่วนล่างอาจจะเสียหายอย่างหนัก นอกจากนี้ยังพบอาคารที่เสียหายบริเวณรอยต่อของอาคารสองอาคารที่วางตัวตั้งฉากกัน ทำให้เกิดการสั่นที่ต่างจังหวะกันและยันกันจนผนังอาคารแตกและจะล้มดังรูปที่ (รูปที่ 11)



รูปที่ 10 ลักษณะอาคารที่มีส่วนบนใหญ่และชายคายื่น



รูปที่ 10 (ต่อ) ลักษณะอาคารที่มีส่วนบนใหญ่และชายคายื่น



รูปที่ 11 ความเสียหายของส่วนต่อของอาคารที่วางตั้งฉากัน

นอกจากนั้นยังมีหอคอยโบราณสูงประมาณ 62 เมตรชื่อ Dharahara ได้ล้มพังทลายลง โดยหอคอยแห่งนี้ก่อสร้างโดยอิฐก่อและได้เคยได้รับความเสียหายจากเหตุแผ่นดินไหวเมื่อปี ค.ศ. 1934 มาก่อน แต่ไม่ถึงกับล้มพังลงมา แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ครั้งนี้ได้ล้มพังลงเกือบจะทั้งหมด (รูปที่ 12) จึงเกิดคำถามว่าแผ่นดินไหวในครั้งก่อน ( $M = 8.3$ ) ดังกล่าวนั้น อาจจะมีผลต่อการสั่นไม่สอดคล้องกันกับความถี่ธรรมชาติของตัวหอคอยดังในครั้งนี้ หรืออาจจะมีตำแหน่งที่กลออกไป ทั้งนี้คงจะต้องทำการศึกษาต่อในรายละเอียดต่อไป

โดยสรุปแล้วพบว่าอาคารโบราณสถานส่วนใหญ่นั้นได้รับความเสียหายมากกว่าอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างชัดเจน และหลายอาคารอาจจะไม่สามารถสร้างใหม่กลับมาให้เหมือนเดิมได้ จึงเป็นข้อคิดสำหรับอาคารโบราณสถานที่สำคัญในประเทศไทยที่อาจจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้และหาทางป้องกันไว้ก่อน โดยอาจใช้ Base isolator ติดตั้งใต้ฐานอาคาร เพื่อช่วยในการลดความเสียหาย



รูปที่ 12 หอคอย Dharahara

### 3.3 สภาพความเสียหายของอาคารในพื้นที่ชนบท

นอกพื้นที่เมืองหลวงส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขา ประชาชนอยู่อาศัยตามแนวสันเขาและตามทีลาดชัน ลาดชันภูเขาจะถูกตัดเป็นขั้นบันไดเพื่อทำการเกษตร (รูปที่ 13) สภาพความเสียหายในพื้นที่ชนบทนั้นมีความรุนแรงไม่ต่างกับในเมืองหลวงและดูเหมือนจะเสียหายมากกว่ามาก(รูปที่ 14) เนื่องจากอาคารบ้านเรือนนั้นปลูกสร้างโดยระบบโครงสร้างกำแพงหินหรืออิฐก่อรับแรง (Bearing wall) ที่แม้จะมีความสามารถในการรับแรงในแนวตั้งได้ดี แต่ก็ไม่สามารถรับแรงด้านข้างได้ โดยการสร้างอาคารลักษณะนี้?โดยการนำหินมาก่อเรียงขึ้นมาและประสานด้วยดินจากนั้นจะฉาบปิดด้วยดินผสมฟางหรือดินล้วนๆดังรูปที่ 15 ภายในอาคารจะทำการตั้งเสาไม้เพื่อค้ำพื้นและคานชั้นบนโดยคานชั้นบนจะเสียบฝังเข้าไปในกำแพง ซึ่งเป็นวิธีในการก่อสร้างบ้านดินตามชนบททั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย โดยของประเทศไทยจะทำการสร้างอิฐสอดจากดินผสมฟางตากให้แห้งแล้วนำมาก่อ หรืออาจใช้อิฐบล็อกก่อเป็นกำแพงรับแรงโดยไม่มีเสาคอนกรีตเสริมเหล็กแต่อย่างใด ลักษณะอาคารประเภทนี้ถือเป็นโครงสร้างที่อันตรายที่สุดสำหรับการรับแรงด้านข้าง ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีอาคารดังกล่าวเสียหายและถึงขั้นถล่มลงมาทั้งหลังจำนวนมาก (รูปที่ 16)



รูปที่ 13 สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ชนบท



รูปที่ 14 สภาพความเสียหายของบ้านในพื้นที่ชนบท



รูปที่ 15 ลักษณะอาคารกำแพงอิฐหรือหินก่อ



รูปที่ 16 การพังทลายของอาคารอิฐหรือหินก่อ



นอกจากนี้จากการสำรวจพื้นที่เป็นบริเวณกว้างในพื้นที่ภูเขา พบพฤติกรรมการขยายความรุนแรงตามลักษณะภูมิประเทศ (topographic effect) โดยหมู่บ้านที่อยู่บริเวณสันเขาที่สูงขึ้นไปจะมีความเสียหายอย่างรุนแรงเกือบจะทั้งหมู่บ้านแต่หมู่บ้านที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าลงมาพบว่ามี ความเสียหายลดลงตามลำดับ (รูปที่ 17) ยกเว้นแต่หมู่บ้านด้านล่างที่อยู่ในพื้นที่ราบต่ำซึ่งเป็นพื้นดินที่เป็นดินตะกอน ความเสียหายก็จะมากขึ้นเนื่องจากการขยายความรุนแรงของแผ่นดินไหว



รูปที่ 17 สภาพภูมิประเทศที่ส่งผลต่อการขยายความรุนแรง (Topographic effect)

#### 4. สรุปผลการสำรวจ

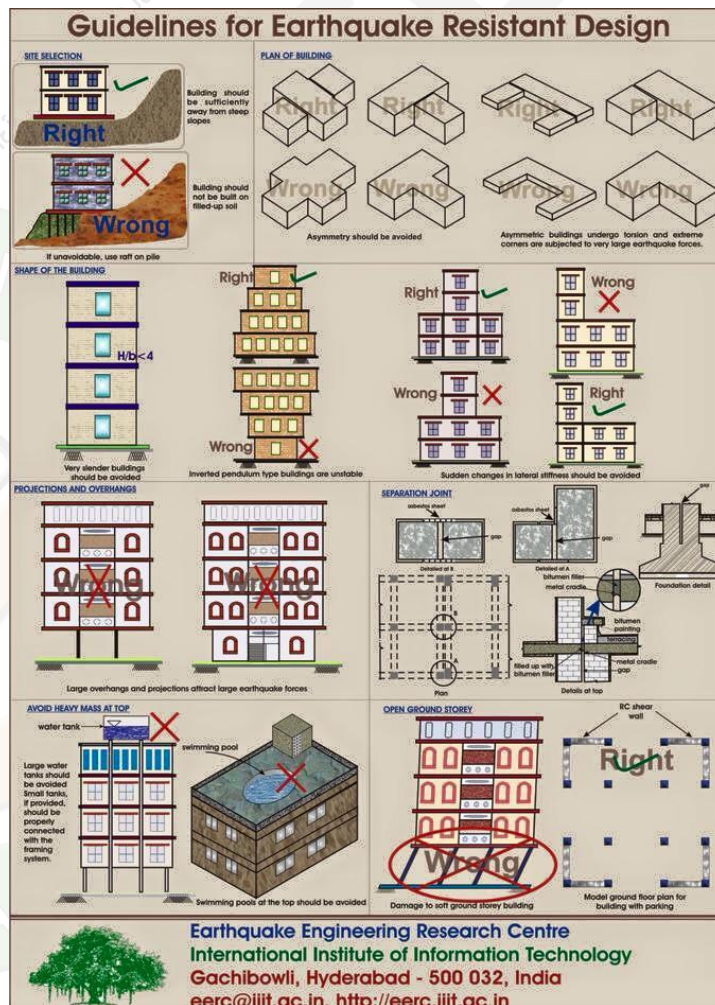
จากผลการสำรวจดังกล่าวข้างต้นพบว่าความเสียหายได้เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและกว้างขวาง การเข้าไปช่วยเหลือในระยะแรกนั้นจะเป็นเรื่องของการให้ที่หลบภัย เพราะการเข้าไปซ่อมแซมอาคารนั้นยังไม่สามารถทำได้ ในขณะที่ Aftershock ยังจะมีอยู่ ในระยะต่อไปที่จะช่วยได้คือการบริจาคเงินเพื่อการสร้างที่อยู่อาศัยที่มั่นคงต่อแผ่นดินไหวต่อไป โดยอาจจะต้องใช้วัสดุที่มีอยู่ในพื้นที่เป็นหลัก นอกจากนี้จากการสำรวจอาคารที่เสียหายพบว่าลักษณะการพิบัตินั้นเป็นไปตามทฤษฎีการเรียงการก่อสร้างอาคารดังที่สรุปในรูปที่ 18

บทเรียนที่สำคัญที่เราได้เรียนรู้จากเหตุการณ์ครั้งนี้สำหรับประเทศไทยคือเราคงจะต้องเตรียมพร้อมในเรื่องอาคารที่อยู่อาศัยให้ปลอดภัย ทั้งนี้หากจำแนกประเภทของอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันตามความปลอดภัยอาจจะประกอบด้วย 1. อาคารที่ไม่ได้สร้างตามหลักวิศวกรรม 2. อาคารที่สร้างตามหลักวิศวกรรมแต่ไม่ได้ ออกแบบต้านแผ่นดินไหว และ 3. อาคารที่ออกแบบตามหลักวิศวกรรมและต้านแผ่นดินไหว ซึ่งอาคารที่น่าเป็นห่วงคืออาคารประเภทที่ 1 และ 2 ซึ่งมีจำนวนมาก คำถามคือเราจะทำอย่างไรกัน ทั้งนี้ผู้เขียนมีข้อเสนอแนะทางในการดำเนินการที่เป็นรูปธรรม 2 ประการได้แก่

1. รัฐบาลจำเป็นต้องออกกฎหมายที่เกี่ยวกับอาคารที่ไม่ได้ควบคุมแต่อยู่ในพื้นที่แผ่นดินไหว ให้จะต้องเป็นอาคารที่อย่างน้อยไม่ใช่อาคารที่ไม่ได้เสริมแรงหรือเป็นอาคาร bearing wall แบบที่เป็นอิฐก่อ โดยควรให้เงินอุดหนุนสำหรับเจ้าของบ้านเป็นบางส่วนเพื่อดำเนินการปรับปรุงอาคารให้ปลอดภัย ดังตัวอย่างที่ประเทศญี่ปุ่นหลังแผ่นดินไหวที่โกเบ รัฐบาลได้ให้เงินสนับสนุนบางส่วนกับประชาชน เพื่อกระตุ้นให้มีการปรับปรุงความแข็งแรงของบ้านให้สามารถต้านแผ่นดินไหวได้

2. ควรมีกฎหมายกำหนดการทำประกันกับอาคารประเภทต่างๆที่เหมาะสม โดยเฉพาะอาคารสาธารณะและอาคารของราชการ เพื่อให้ระบบประกันเป็นตัวผลักดันให้อาคารปลอดภัยอีกทอดหนึ่ง

ทั้งนี้ภัยแผ่นดินไหวยังคงเป็นภัยที่ไม่สามารถคาดการณ์เวลาเกิดได้ แต่เราคาดการณ์ความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนั้นเราจึงไม่ควรมานั่งกังวลหรือถามว่าแผ่นดินไหวจะเกิดหรือไม่ อย่างไร แต่เราควรเตรียมตัวของเราให้พร้อมโดยการอยู่อาศัยในบ้านที่ปลอดภัย หรือมีระบบประกันที่จะช่วยแนะนำเราหรือประเมินความมั่นคงของอาคารเรา



รูปที่ 18 ข้อเสนอแนะในการทำหรือไม่ทำอาคารในลักษณะต่างๆที่เสี่ยงต่อแผ่นดินไหว (Earthquake Engineering Research Center)