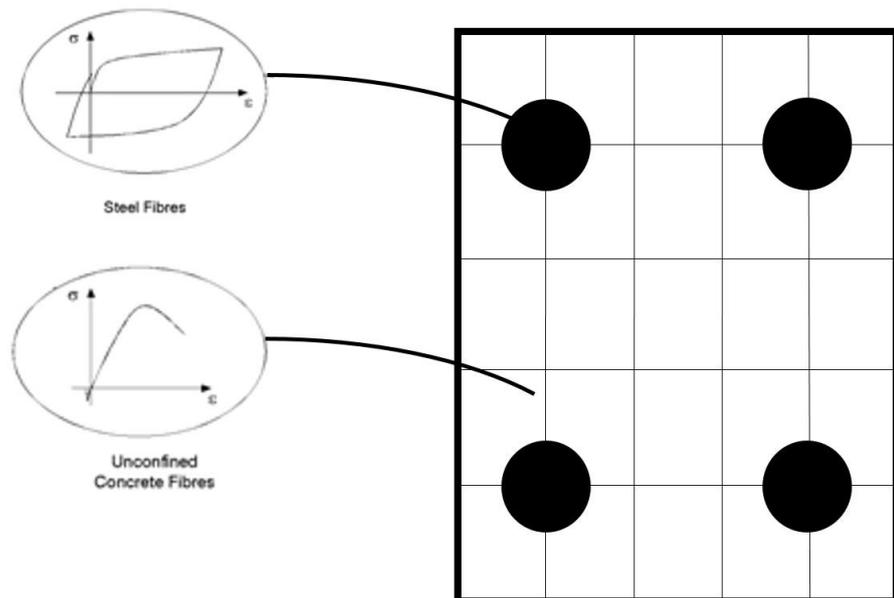


บทที่ 4 การวิเคราะห์โครงสร้าง

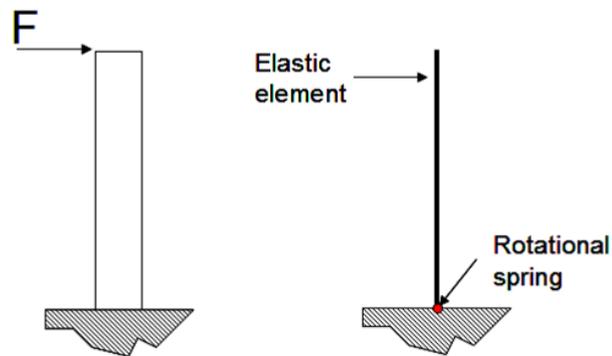
4.1 การจัดทำแบบจำลองชิ้นส่วนโครงสร้าง

การศึกษานี้แบ่งวิธีการจำลองชิ้นส่วน โครงสร้างออกเป็น 3 แบบ แบบแรกคือแบบจำลองแบบไฟเบอร์ (Fiber Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่แบ่งหน้าตัดของโครงสร้างออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ ในหน้าตัดหนึ่งๆ อาจจะแบ่งเป็นชิ้นส่วนย่อย (Fiber) จำนวนมาก ดังรูปที่ 4.1-1 แต่ละชิ้นส่วนจะจำลองความสัมพันธ์ของวัสดุที่ตำแหน่งนั้นๆ เช่น ค่าหน่วยแรงและความเครียด (Stress-Strain Relationship) หรือค่าแรงต่อการเสียรูป (Force-Deformation Relationship) ทำให้การจำลองวัสดุมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดสอบ แบบจำลองนี้สามารถประเมินพฤติกรรมการรับแรงของโครงสร้างได้อย่างละเอียดสมจริง โดยสามารถแสดงลักษณะการวิบัติของคอนกรีตและเหล็กเสริมในรูปแบบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นได้ แบบจำลองนี้จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์แบบประวัติเวลาไม่เชิงเส้น (Nonlinear Time-History Analysis) ซึ่งเป็นวิธีการที่ถือว่าให้ผลการวิเคราะห์ที่ตรงกับพฤติกรรมของโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหวมากที่สุด



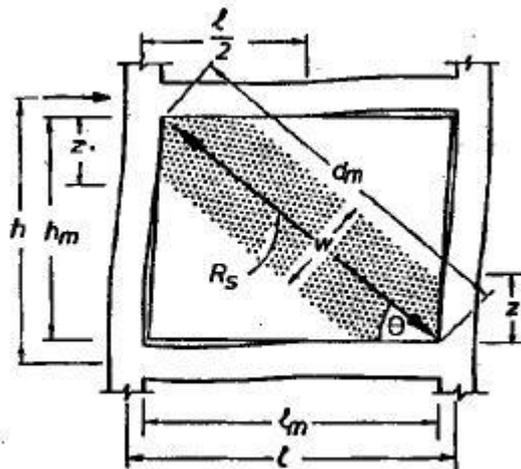
รูปที่ 4.1-1 พฤติกรรมของวัสดุซึ่งเป็นส่วนประกอบของหน้าตัด

สำหรับแบบที่สอง คือแบบจำลองแบบรวมพฤติกรรมพลาสติก (Lumped Plasticity Model) แบบจำลองที่รวมการเสียดรูปแบบอินเลาสติกไว้ที่จุดๆเดียวที่ปลายองค์อาคารดังรูปที่ 4.1-2 แบบจำลองนี้มีความซับซ้อนน้อยกว่าแบบจำลองแบบไฟเบอร์ จึงคำนวณได้เร็ว เป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างที่ให้ผลดี และใช้เวลาในการคำนวณไม่นาน



รูปที่ 4.1-2 แบบจำลองแบบ Lumped Plasticity Model

แบบที่สาม คือแบบจำลองค้ำยันแนวทแยงที่รับแรงอัดได้เพียงอย่างเดียว (Equivalent Diagonal Compression Strut) ซึ่งมีลักษณะเป็นค้ำยันและด้านทานเฉพาะแรงอัดตามแนวแกน จัดวางเป็นรูปแบบแบบเดี่ยว (Single strut) ใช้จำลองพฤติกรรมของผนังอิฐก่อ รูปที่ 4.1-3

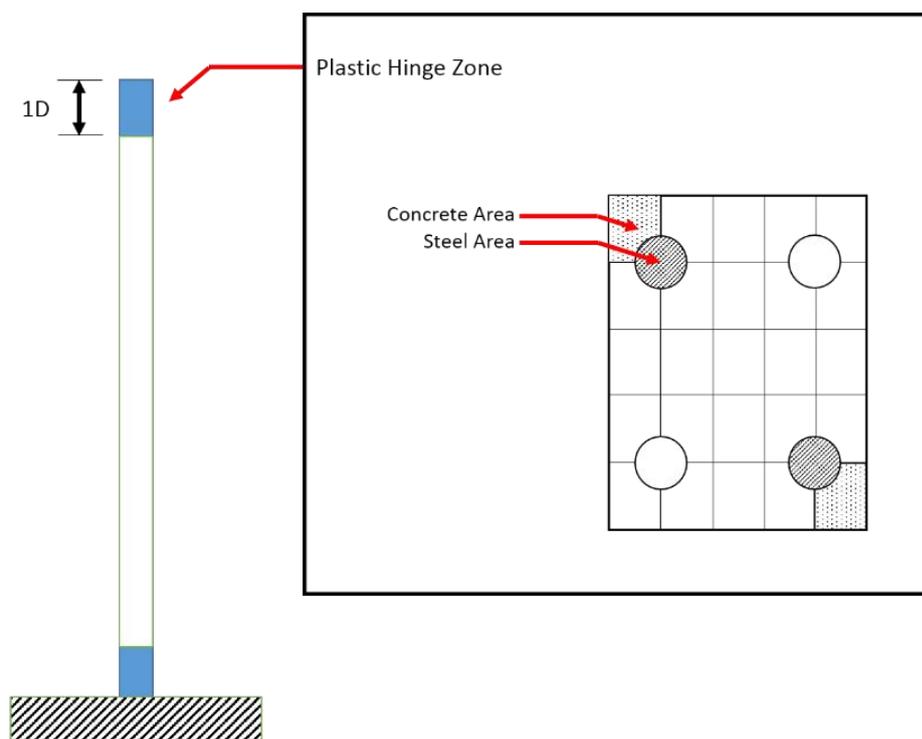


รูปที่ 4.1-3 พฤติกรรมของผนังอิฐก่อภายใต้แรงกระทำทางด้านข้าง (Paulay and Priestley 1992)

4.2 การกำหนดพฤติกรรมการเสียรูปสำหรับแบบจำลองเสา-คาน

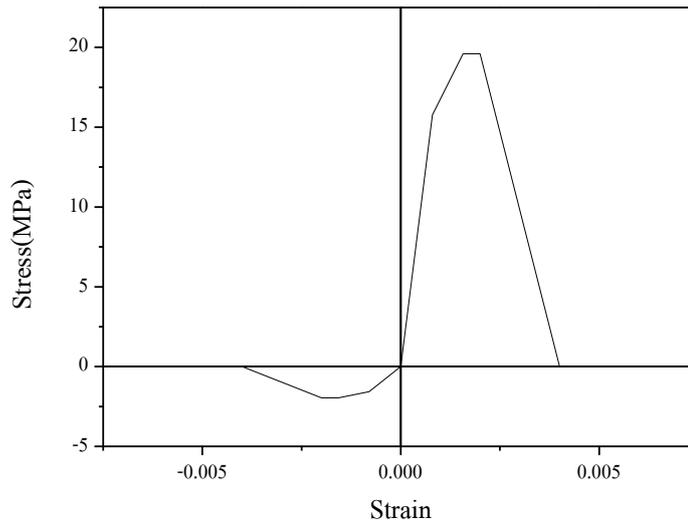
โดยทั่วไปเสาที่ไม่ได้ทำการออกแบบให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหวจะมีปริมาณเหล็กเสริมตามขวางหรือเหล็กปลอกที่ต่ำ เนื่องจากใช้ปริมาณเหล็กเสริมขั้นต่ำตามที่มาตรฐานการออกแบบแนะนำไว้ นอกจากนี้ในการก่อสร้างมักจะนิยมต่อทาบเหล็กขึ้นในเสาในตำแหน่งที่วิกฤติ หรือบริเวณจุดหมุนพลาสติก เช่น ที่โคนเสา หรือ บริเวณตำแหน่งเหนือพื้นเล็กน้อย เนื่องจากง่ายต่อการปฏิบัติงาน หรือไม่ได้เพิ่มระยะเรียงของเหล็กเสริมดังกล่าวในบริเวณที่เกิดจุดหมุนพลาสติก ทำให้เสาเหล่านี้ไม่ได้คุณภาพตามที่มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวกำหนดไว้ (Substandard Structures) และไม่สามารถพัฒนากำลังและความเหนียวได้อย่างเต็มที่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือการวิบัติอย่างฉับพลันได้หลายรูปแบบ เช่น การวิบัติเฉือน การวิบัติเนื่องจากการโอบรัดไม่พอเพียงหรือเพียงพอและไม่มีประสิทธิภาพ และ การวิบัติที่เกิดจากการครูดออกของเหล็กเสริม

การจำลองโครงสร้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในการวิเคราะห์ใช้วิธีการจำลองแบบไฟเบอร์ (Fiber) โดยแบ่งหน้าตัดออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของคอนกรีต และเหล็กเสริม ตามรูปที่ 4.2-1 ไม่มีการพิจารณาเหล็กปลอกเสา เนื่องจากการแบบอาคารไม่ได้มีการออกแบบเพื่อให้อาคารสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหว และระยะเรียงของเหล็กปลอกเสามีระยะที่ห่าง การกำหนดพฤติกรรมการเสียรูป ทำโดยกำหนดจุดหมุนพลาสติก (Plastic hinge) บริเวณปลายทั้งสองด้าน ซึ่งเป็นจุดที่เกิดโมเมนต์ตัดสูงกว่าจุดอื่น และเป็นจุดที่เกิดการวิบัติ โดยกำหนดที่ระยะเท่ากับ 1 เท่าของความลึกของหน้าตัด



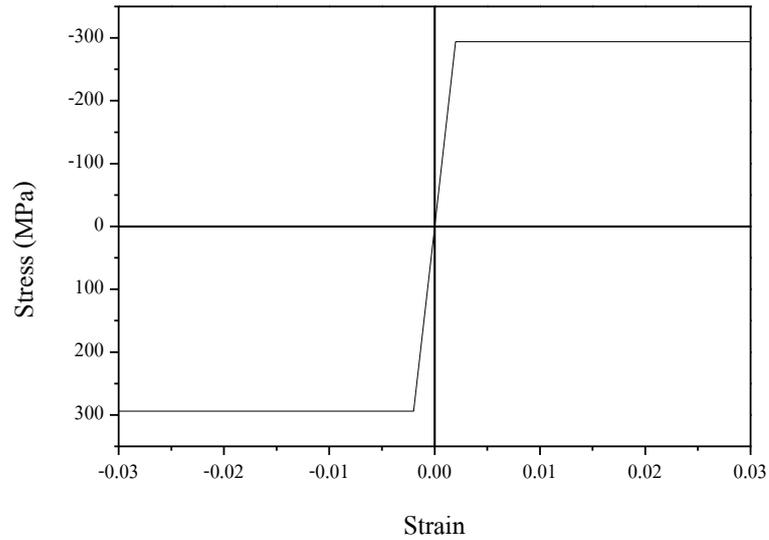
รูปที่ 4.2-1 การจำลองหน้าตัด

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริมสำหรับแต่ละไฟเบอร์ คอนกรีตจะสมมุติให้มีลักษณะเป็นคอนกรีตที่ไม่มีการโอบรัด (Unconfined Concrete) เนื่องจากปริมาณเหล็กปลอกที่มีค่อนข้างน้อยในอาคารตัวอย่าง ในการศึกษาได้นำผลงานวิจัยของ Mander และ Park [3] มาใช้ในการประเมินหาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตที่ไม่มีการโอบรัดโดยสมมุติให้มีลักษณะเป็นเส้นตรงหลายเส้น (Multi Linear) ดังรูปที่ 4.2-2



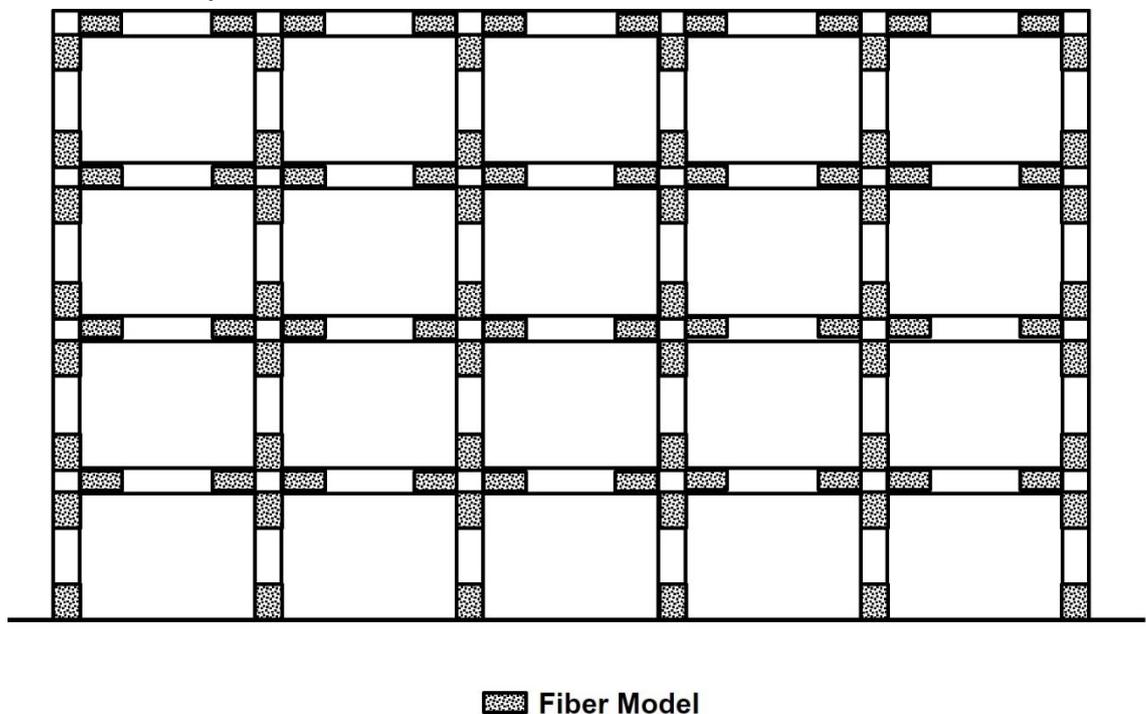
รูปที่ 4.2-2 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง-ความเครียดของคอนกรีต
ตามแบบจำลองของ Mander และ Park

ในการสร้างแบบจำลองของเหล็กเสริม เนื่องจากเป็นอาคารที่มีการสร้างมาแล้ว ประกอบคุณสมบัติของเหล็กเสริมที่ใช้เป็นเหล็กเกรด SD30 สำหรับการศึกษา เนื่องจากเป็นการประเมินอาคารที่มีการก่อสร้างแล้ว จะใช้ค่าแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริม (f_y) มาใช้ในการสร้างแบบจำลองของเหล็กเสริม โดยในการวิเคราะห์โครงสร้างในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะสร้างความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างได้ตามรูปที่ 4.2-3



รูปที่ 4.2-3 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง-ความเครียดของเหล็กเสริม

ในการจัดทำแบบจำลองโครงสร้าง จะจำลองเสาคานเป็นองค์อาคารผสม (Compound Component) ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นอิลาสติกช่วงกลางคาน และส่วนที่เป็นพลาสติกช่วงปลายคานทั้งสองด้าน โดยในส่วนของความยาวพลาสติก สำหรับแบบจำลองเสาและคานจะกำหนดให้เป็นแบบจำลองไฟเบอร์ (Fiber model) ดังรูปที่ 4.2-4



รูปที่ 4.2-4 แบบจำลองคานและเสาในโครงสร้าง

4.3 แบบจำลองผนังอิฐก่อ

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่พบเห็นทั่วไปในประเทศ ส่วนใหญ่จะเป็น โครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีผนังอิฐก่อ การออกแบบอาคารจะไม่ให้ผนังก่ออิฐไม่ได้รับแรงใดๆ เป็นเพียงน้ำหนักบรรทุกคงที่และส่วนประกอบในด้านความสวยงามของโครงสร้างเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงเมื่อเกิดแผ่นดินไหว ผนังอิฐก่อในโครงสร้างมีส่วนช่วยให้โครงสร้างสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้ดีขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์โครงสร้างจำเป็นต้องจำลองผนังอิฐก่อในแบบจำลอง เพื่อให้พฤติกรรมของแบบจำลองใกล้เคียงกับโครงสร้างจริง

4.3.1 แบบจำลองคุณสมบัติไร้เชิงเส้นของผนังอิฐก่อ

ถึงแม้ว่าจะมีผู้ทำการศึกษาวิจัย โครงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีผนังก่ออิฐ (Masonry infilled walls) แล้วเป็นจำนวนมาก แต่เป็นเพียงผนังก่ออิฐปกติทั่วไป แตกต่างจากผนังอิฐก่อในประเทศไทยที่ก่อสร้างจริงในปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วย เสาเอ็น ทับหลัง และเหล็กเสริมระหว่าง โครงอาคารกับผนัง รวมทั้งคุณสมบัติของวัสดุ เช่น กำลังอัดของอิฐ กำลังอัดของมอร์ตาร์สำหรับก่ออิฐ และอื่น ๆ

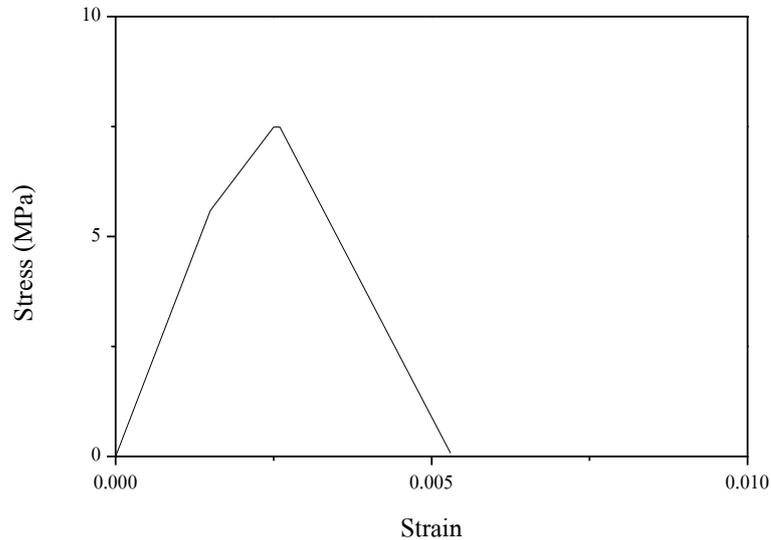
การศึกษานี้จะจำลองให้กำแพงอิฐก่อมีลักษณะเป็นค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่าที่รับแรงอัดได้เพียงอย่างเดียว (Equivalent Diagonal Compression-only Strut) การจำลองจะทำการกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของวัสดุผนัง จากนั้นจึงนำคุณสมบัติไปกำหนดพฤติกรรมค้ำยันเทียบเท่า

การสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ไร้เชิงเส้นของผนังอิฐก่อ ใช้แบบจำลองของ Kaushil, H.B., Rai, D.C. และ Jain, S.K. [7] ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของปริซึมอิฐก่อที่ควบคุมด้วยค่าความแข็งแรง (Strength) ของมอร์ตาร์ที่ใช้ในการก่ออิฐ ดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 2

การจำลองกำลังรับแรงอัดของผนังอิฐก่อจะใช้ค่าจากการทดสอบของเกริกฤทธิ พรหมดวง [4] ในการกำหนดคุณสมบัติของผนังอิฐก่อ และหาความสัมพันธ์ของวัสดุที่เหมาะสมจากการเปรียบเทียบแบบจำลองกับผลการทดสอบตัวอย่างอาคาร ซึ่งจะอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.4

ผลการศึกษาดังกล่าว สามารถสร้างแบบจำลองไร้เชิงเส้นของกำแพงอิฐก่อ เพื่อใช้ในแบบจำลองค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่าที่รับแรงอัดได้เพียงอย่างเดียว (Equivalent Diagonal Compression Strut) ในการวิเคราะห์โครงสร้าง โดยค่าอิลาสติกโมดูลัส (Modulus of Elasticity) ของกำแพงอิฐก่อที่คำนวณจากสมการ $E_m \approx 550f'_m$ และความสัมพันธ์ไร้เชิงเส้นของผนังอิฐก่อ ใช้รูปแบบตามผลการศึกษาของ Kaushil, H.B., Rai, D.C. และ Jain, S.K. [7] ซึ่งได้ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของหน่วยแรง

และความเครียดของผนังอิฐก่อ โดยความสัมพันธ์จะถูกควบคุมด้วยกำลัง (Strength) ของมอร์ต้าที่ใช้ ในการก่ออิฐหรือปูนก่ออิฐ สำหรับการศึกษานี้จะใช้อัตราส่วน 1:0:3 ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราส่วนผสม ปูนก่อของประเทศไทย ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของผนังอิฐก่อเป็นดังรูปที่ 4.3-1



รูปที่ 4.3-1 แบบจำลองไม่เชิงเส้นของกำแพงอิฐก่อ

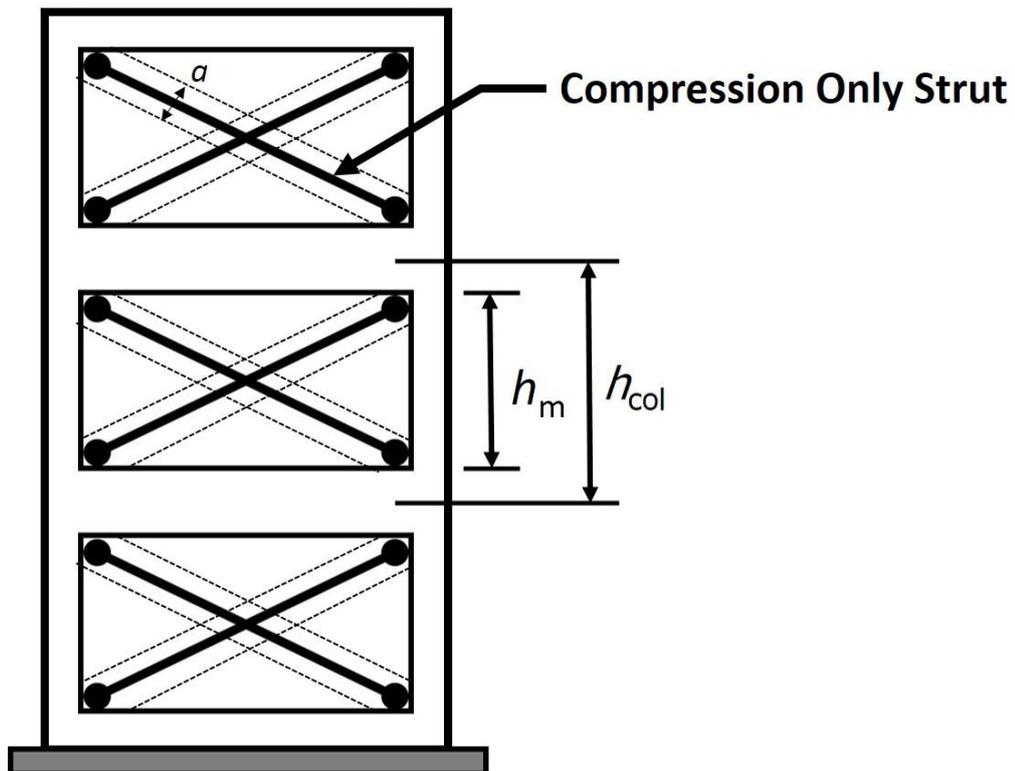
4.3.2 การจำลองสติฟเนสค้ำยันของผนังอิฐก่อ

ในการศึกษานี้จะจำลองสติฟเนสของค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่าที่รับแรงอัดได้เพียงอย่างเดียว (Equivalent Diagonal Compression Strut) จัดวางเป็นรูปแบบแบบกากบาท วางทแยงระหว่างมุมหัวเสาด้านบนกับ มุมโคนเสาด้านล่าง ดังรูปที่ 4.3-2 ในการจำลองค่าสติฟเนสจะจำลองตามวิธีของ FEMA356 [8] คือใช้ การค้ำยันแนวทแยงตัวเดียวที่มีความกว้างเท่ากับ a คำนวณตามสมการที่ 2.2 และ 2.3 โดยรายละเอียด ตัวแปรต่างๆ จะอธิบายไว้ในบทที่ 2

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} f_{int} \quad (\text{in}) \quad (2.2)$$

และ

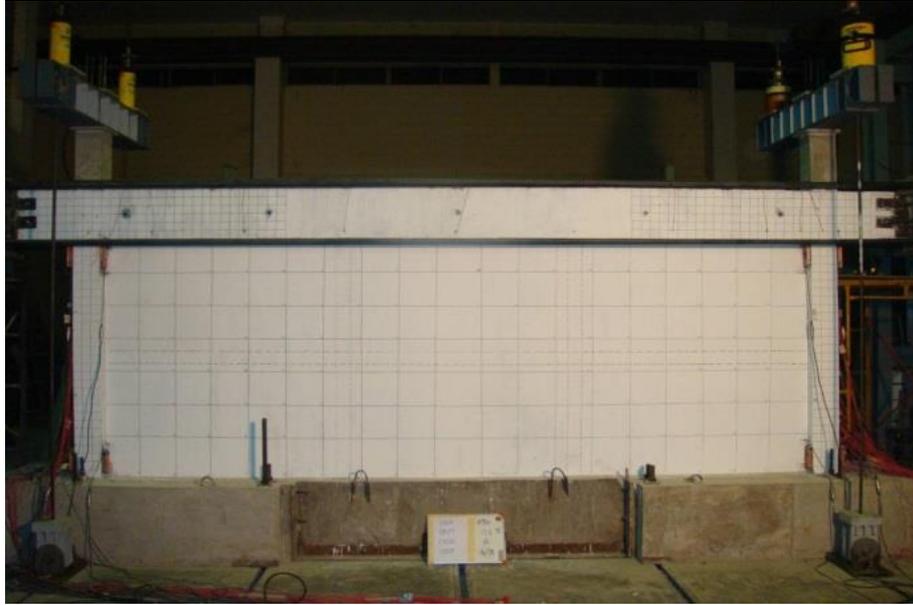
$$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{E_t t \sin(2\theta)}{4E_f I_c h_m}} \quad (2.3)$$



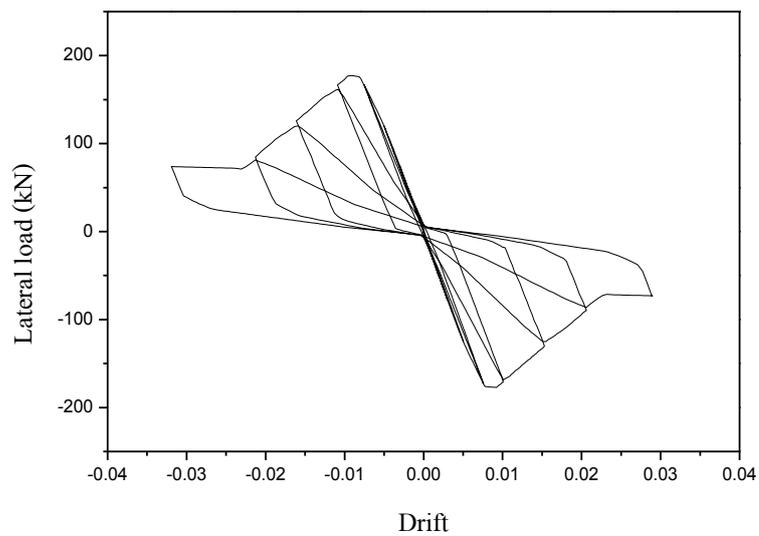
รูปที่ 4.3-2 ค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่ารับแรงอัดเพียงอย่างเดียว (Equivalent compression strut)

4.4 การปรับแก้แบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคารในการวิเคราะห์ จำเป็นที่จะต้องทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลองวัสดุและโครงสร้าง เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำถูกต้อง การศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองจากผลการทดสอบโครงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีผนังอิฐก่อภายใต้แรงสลับทิศ [4] อาคาร 1 ชั้น ซึ่งเป็นตัวแทนของโครงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างจริงในเขตกรุงเทพมหานคร ดังรูปที่ 4.4-1 และได้ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 4.4-2

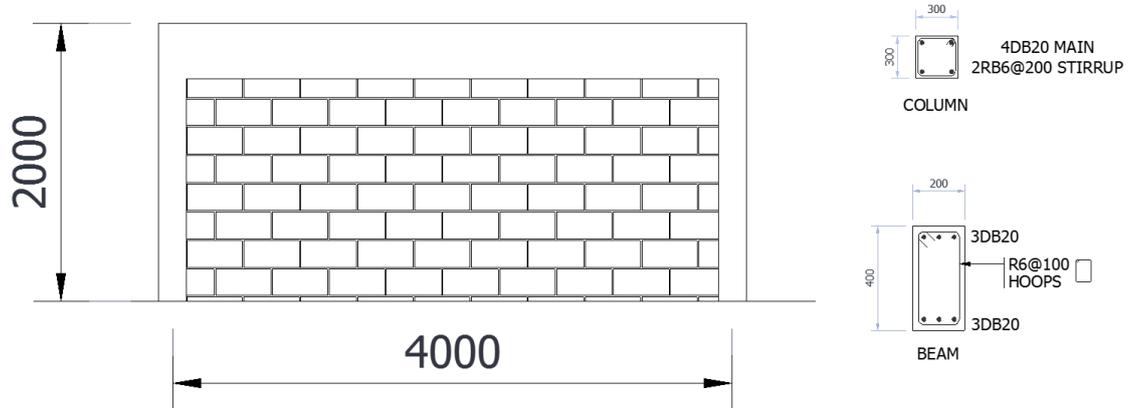


รูปที่ 4.4-1 ตัวอย่างการทดสอบ [4]

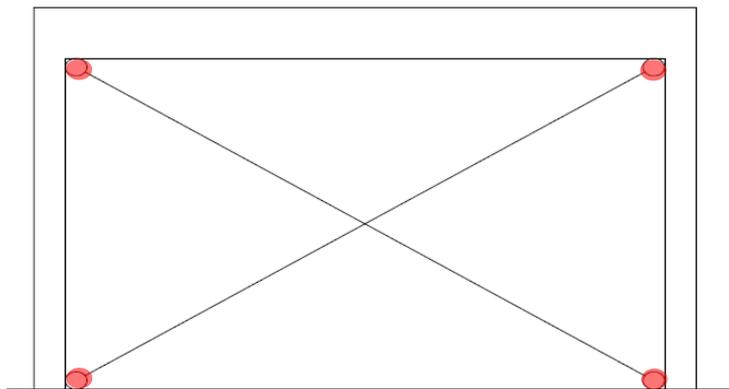


รูปที่ 4.4-2 ผลการทดสอบ โครงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีผนังอิฐก่อภายใต้แรงสลับทิศ

ในการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์จะทำการสร้างแบบจำลอง โครงสร้าง ดังรูปที่ 4.4-3 มีลักษณะเป็น โครงเสา-คาน และมีกำแพงอิฐก่อ โดยที่กำแพงอิฐก่อจะจำลองค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่าที่รับแรงอัดได้เพียงอย่างเดียว (Equivalent Diagonal Compression Strut) และใช้เป็นค้ำยันเดี่ยว (single Strut) รูปที่ 4.4-4

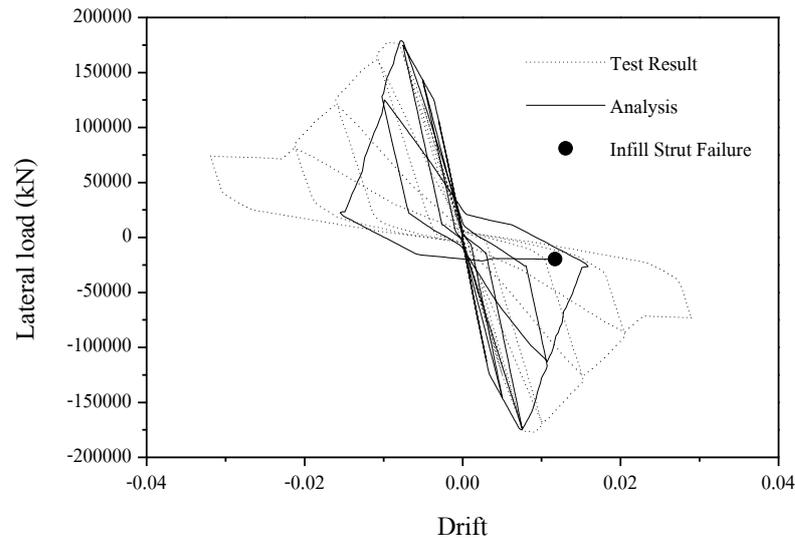


รูปที่ 4.4-3 การทดสอบ โครงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีผนังอิฐก่อภายใต้แรงสลับทิศ



รูปที่ 4.4-4 แบบจำลองค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่าที่รับแรงอัดได้เพียงอย่างเดียวแบบค้ำยันเดียว

ในการศึกษานี้ จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยอาศัยผลการวิเคราะห์แบบจำลองในรูปที่ 4.4-4 และปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของแบบจำลองจนได้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับค่าจากการทดสอบ ผลการเปรียบเทียบพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองพฤติกรรมกรรมการรับแรงได้ใกล้เคียงกับผลทดสอบ ในช่วงการรับแรงตั้งแต่เริ่มจนถึงจุดที่เกิดการวิบัติขึ้น แต่ความสามารถในการเสีรूपจากแบบจำลองจะน้อยกว่าผลจากการทดสอบ ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองนี้ จะให้ผลทางการวิเคราะห์ไปทางด้านที่ เกิดความเสียหายมากกว่าความเป็นจริง ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.4-5



รูปที่ 4.4-5 การเปรียบเทียบค่าระหว่างผลการทดสอบกับค่าจากแบบจำลอง

4.5 คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ

การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การตอบสนองของโครงสร้างไม่เชิงเส้นแบบประวัติเวลา (Nonlinear Response History Procedure) แบบ 3 มิติ จะต้องใช้คู่ของคลื่นแผ่นดินไหวกระทำที่ฐานของโครงสร้างใน 2 ทิศทางที่ตั้งฉากกันพร้อมๆ กัน การคัดเลือกแผ่นดินไหวจะใช้ข้อมูลที่บันทึกได้จากเหตุการณ์จริง ทำการปรับค่าให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น การวิเคราะห์โครงสร้างจะทำที่ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวสามระดับ คือ ระดับรุนแรงน้อยถึงปานกลาง อาศัยตัวอย่างที่ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ระดับรุนแรงปานกลางถึงสูง อาศัยตัวอย่างที่ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี และระดับรุนแรงสูงถึงสูงมาก อาศัยตัวอย่างที่ อ.วังชิ้น จ.แพร่ โดยแต่ละกรณีจะใช้คลื่นแผ่นดินไหว 7 คลื่น ข้อมูลของคลื่นแผ่นดินไหวที่นำมาจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยแต่ละกรณีจะมาจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6 ถึง 7 ริกเตอร์ ซึ่งมีกราฟผลตอบสนองเชิงสเปกตรัม (Response Spectrum) ที่ได้จากการประเมินภัยแผ่นดินไหวเฉพาะบริเวณ (Site Specific Hazard Analysis) ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่คัดเลือกมาสำหรับการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 และมีสเปกตรัมผลตอบสนองจะแสดงในรูปที่ 4.5-1 สำหรับคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะแสดงในรูปที่ 4.5-2 ถึง 4.5-4

เนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวเหล่านี้ประกอบด้วยคู่ของความเร่งของพื้นดินที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน การปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวทั้งคู่จึงควรใช้ค่าคงที่ค่าเดียวกัน

ตารางที่ 4.1 รายการคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีประวัติเวลาไม่เชิงเส้น แบบ 3 มิติ
ระดับรุนแรงน้อยถึงปานกลาง ตัวอย่างที่ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

Controlling Scenario Earthquake Range	
Source	Strike Slip
M	7.1-7.9
R	10 km - 60 km
Vs	180m/s - 360m/s (D)
Record Type	Any
Scaling Period	0.1s-0.5s

No.	NGA#	MSE	ScaleF	D5-95 (s)	Event	Year	Station	Mag
1	882N	0.0102	1.66	37.0 36.3	Landers	1992	North Palm Springs	7.28
2	882P							
3	884N	0.0121	2.9426	35.8 39.4	Landers	1992	Palm Springs Airport	7.28
4	884P							
5	1149N	0.0124	1.9421	35.9 31.7	Kocaeli- Turkey	1999	Atakoy	7.51
6	1149P							
7	1762N	0.0144	1.2208	24.0 27.9	Hector Mine	1999	Amboy	7.13
8	1762P							
9	1636N	0.0332	1.3197	20.2 24.7	Manjil- Iran	1990	Qazvin	7.37
10	1636P							
11	1602N	0.048	0.4252	8.5 9.9	Duzce- Turkey	1999	Bolu	7.14
12	1602P							
13	1177N	0.0613	2.4002	39.3 38.9	Kocaeli- Turkey	1999	Zeytinburnu	7.51
14	1177P							

ตารางที่ 4.2 รายการคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีประวัติเวลาไม่เชิงเส้น แบบ 3 มิติ
ระดับรุนแรงปานกลางถึงสูง ตัวอย่างที่ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี

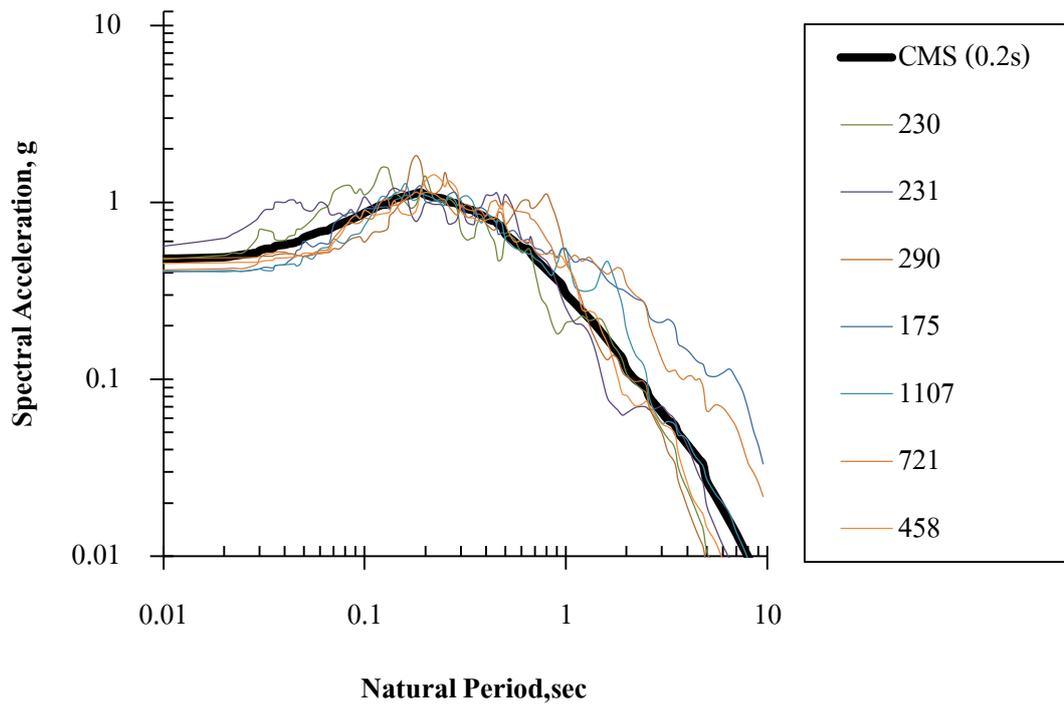
Controlling Scenario Earthquake Range	
Source	Strike Slip
M	6.5-7.1
R	0 km - 30 km
Vs	180m/s - 360m/s (D)
Record Type	Any
Scaling Period	0.1s-0.5s

No.	NGA#	Scale F	D5-95 (s)	Event	Year	Station	Mag
15	175N	2.4613	19.4 19.1	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #12	6.53
16	175P						
17	721N	1.2082	18.8 17.5	Superstition Hills-02	1987	El Centro Imp. Co. Cent	6.54
18	721P						
19	1107N	1.236	17.6 10.4	Kobe- Japan	1995	Kakogawa	6.9
20	1107P						
21	167N	2.2273	22.7 21.7	Imperial Valley-06	1979	Compuertas	6.53
22	167P						
23	728N	1.4121	15.2 20.2	Superstition Hills-02	1987	Westmorland Fire Sta	6.54
24	728P						
25	821N	0.9257	6.9 10.0	Erzican- Turkey	1992	Erzincan	6.69
26	821P						
27	1119N	0.553	5.1 3.4	Kobe- Japan	1995	Takarazuka	6.9
28	1119N						

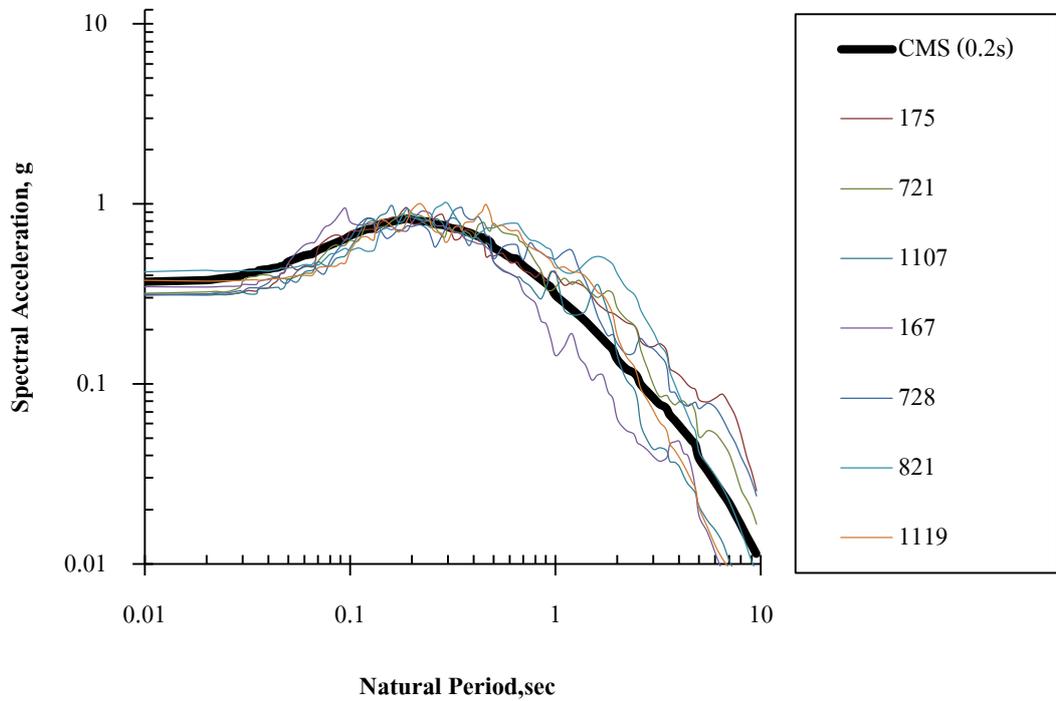
ตารางที่ 4.3 รายการคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีประวัติเวลาไม่เชิงเส้น แบบ 3 มิติ
ระดับรุนแรงสูงถึงสูงมาก ตัวอย่างที่ อ.วังชัน จ.แพร่

Controlling Scenario Earthquake Range	
Source	Normal/Oblique/Strike Slip
M	6-7
R	0 km - 30 km
Vs	180m/s - 360m/s (D)
Record Type	Any
Scaling Period	0.1s-0.5s

No.	NGA#	ScaleF	D5-95(s)	Event	Year	Station	Mag
29	1141N	1.353	16.7 15.7	Dinar-Turkey	1995	Dinar	6.4
30	1141P						
31	290N	2.9923	28.4 24.0	Irpinia-Italy-01	1980	Mercato San Severino	6.9
32	290P						
33	231N	2.0341	10.1 10.9	Mammoth Lakes-01	1980	Long Valley Dam (Upr L Abut)	6.06
34	231P						
35	169N	1.3935	54.9 49.7	Imperial Valley-06	1979	Delta	6.53
36	169P						
37	1119N	0.6121	5.1 3.4	Kobe-Japan	1995	Takarazuka	6.9
38	1119P						
39	170N	1.6154	14.9 8.3	Imperial Valley-06	1979	EC County Center FF	6.53
40	170P						
41	821N	0.9791	6.9 10.0	Erzican-Turkey	1992	Erzincan	6.69
42	821P						

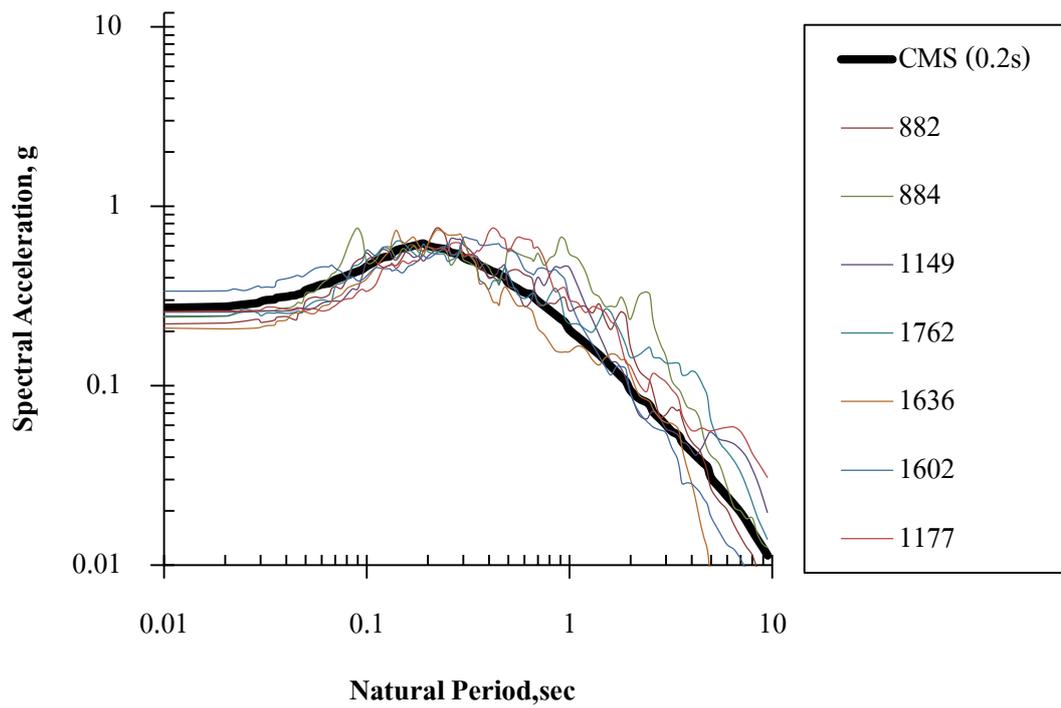


ก) อ.วังชัน จ.แพร่

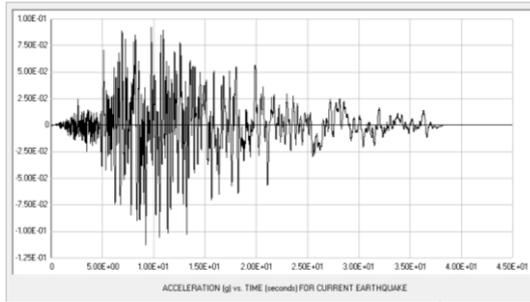


ข) อ.เมือง จ.กาญจนบุรี

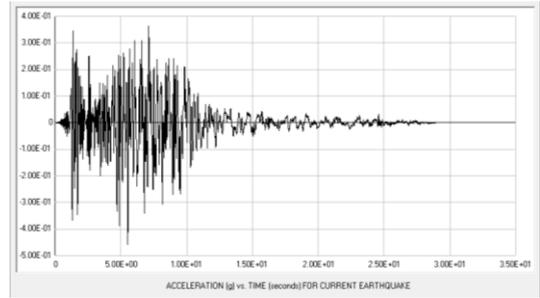
รูปที่ 4.5-1 สเปกตรัมผลตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารตัวอย่าง



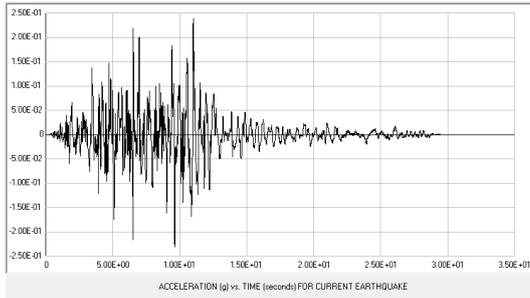
รูปที่ 4.5-1 สเปกตรัมผลตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารตัวอย่าง (ต่อ)



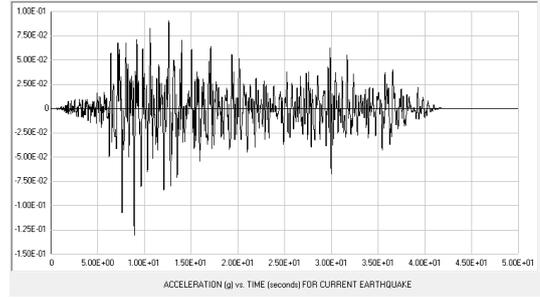
NGA175



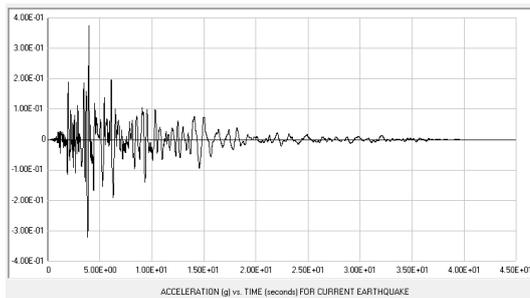
NGA230



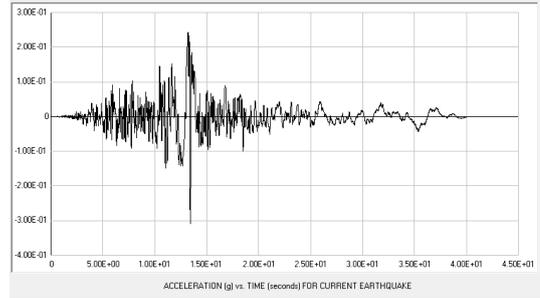
NGA231



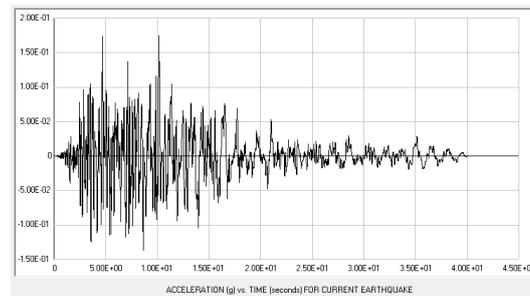
NGA290



NGA458

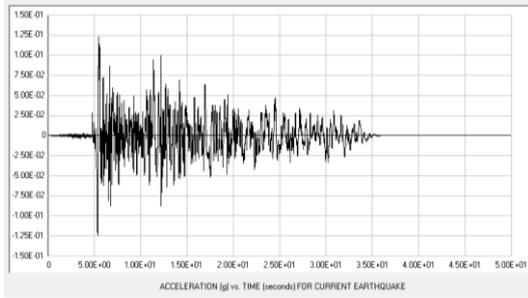


NGA721

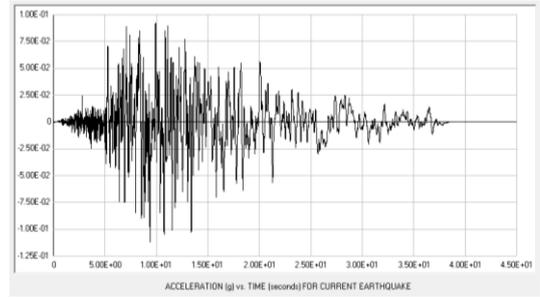


NGA1107

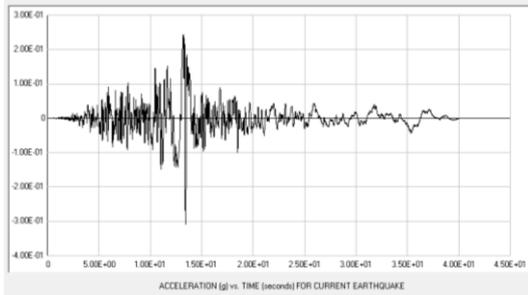
รูปที่ 4.5-2 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้สำหรับ อ.วังชิ้น จ.แพร่



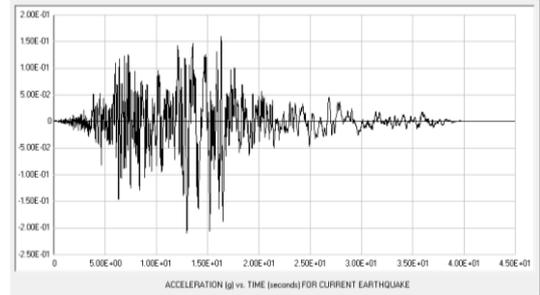
NGA167



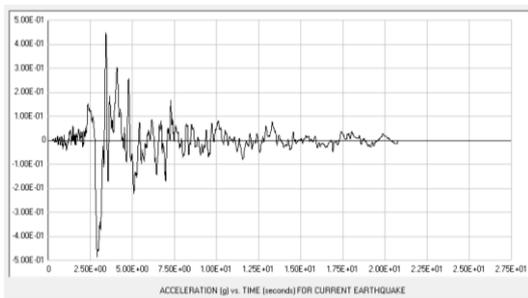
NGA175



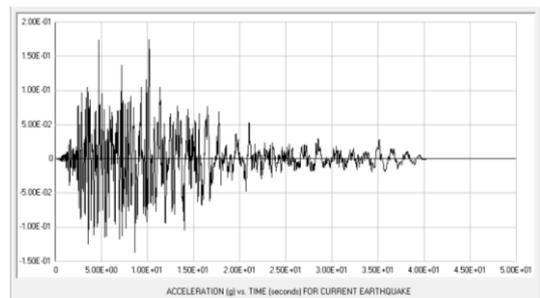
NGA721



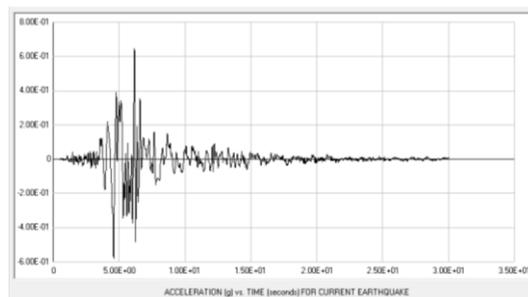
NGA728



NGA821

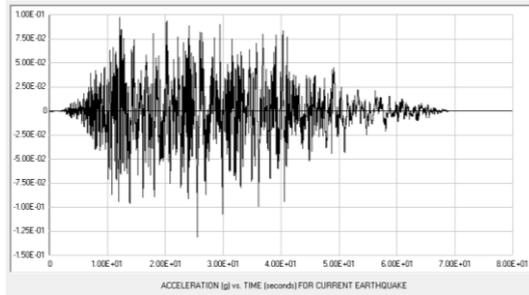


NGA1107

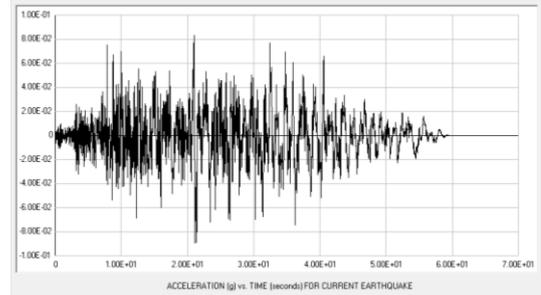


NGA1119

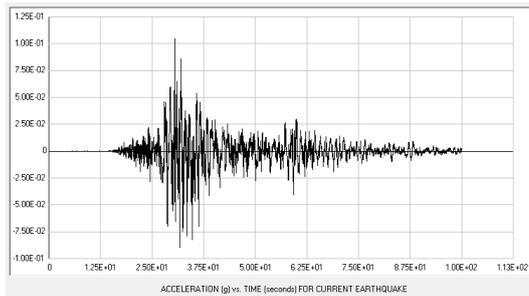
รูปที่ 4.5-3 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้สำหรับ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี



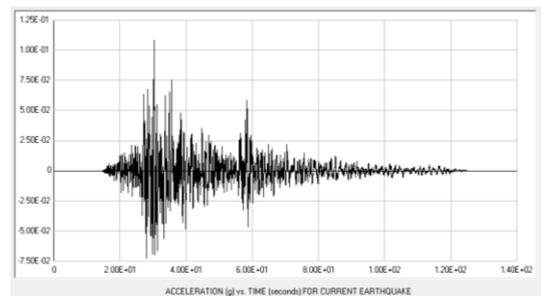
NGA882



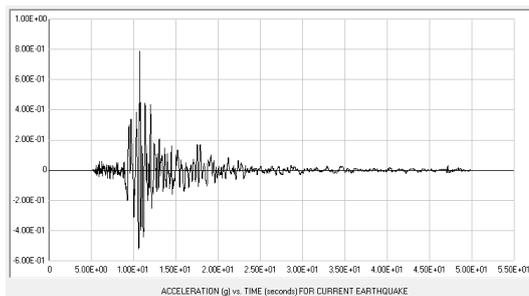
NGA884



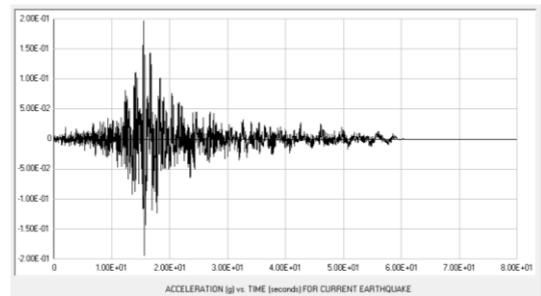
NGA1149



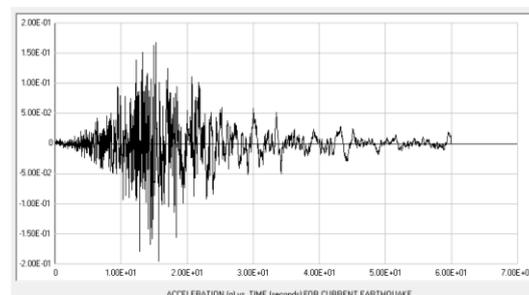
NGA1177



NGA1602



NGA1636



NGA1762

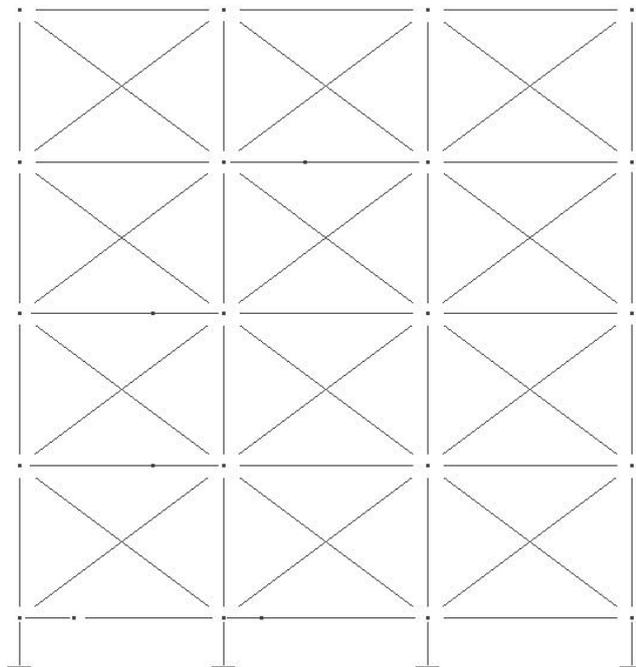
รูปที่ 4.5-4 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้สำหรับ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

4.6 แบบจำลองและการวิเคราะห์ผล

การจำลองอาคารตัวอย่างอาคารตึกแถวที่เป็นตัวแทนของกลุ่มอาคารที่ก่อสร้างจริงและสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในประเทศซึ่งเป็นอาคารขนาด 5 คูหา โดยมีความกว้าง 4 เมตรต่อคูหา ลึก 12 เมตร แบ่งเป็นช่วงเสา 3 ช่วง ช่วงละ 4 เมตร แต่ละคูหา มีผนังก่ออิฐมอญ โดยรอบตลอดทุกชั้นอาคาร ยกเว้น ด้านหน้าและหลังอาคารที่มีช่องเปิดสำหรับประตูและหน้าต่าง

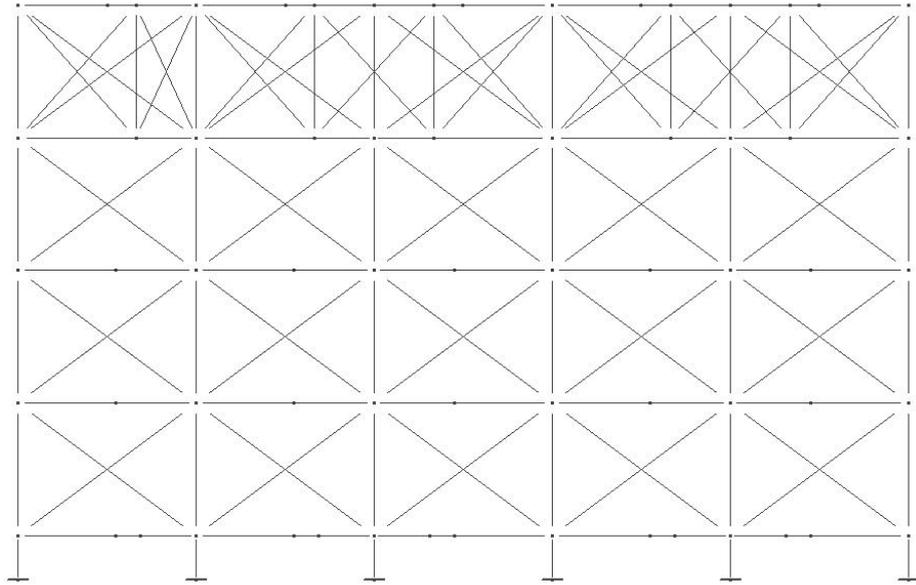
การจำลองโครงสร้างจะใช้แบบจำลองแบบไฟเบอร์ (Fiber Model) จำลองเสาและคาน โดยจะไม่มีการพิจารณาเหล็กปลอกในเสา และผลจากการต่อทาบของเหล็กเสริม (Lap Splice) แบบจำลองผนังก่ออิฐ จะใช้แบบจำลองเป็นค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่า (Equivalent Diagonal Compressive Strut)

การสร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคารจะใช้โปรแกรม PERFORM 3D แสดงในรูปที่ 5.1-1 โดยจะ กำหนดจุดตรึงของฐานรากให้เป็นแบบยึดแน่น (Fix Support) ในแต่ละชั้นของอาคารจะกำหนดให้มี ลักษณะเป็น ไดอะแฟรม (Diaphragm) คือพื้นและคานมีลักษณะยึดติดกัน ทำให้มีการเคลื่อนตัว เท่ากัน อาคารจึงมีพฤติกรรมเป็นแบบคานแข็ง เสาอ่อน (Strong Beam - Weak Column) ในส่วนของ น้ำหนักของอาคาร(Mass) จะแบ่งน้ำหนักอาคารแต่ละชั้นเข้าตามจุดตรงหัวเสา (Lump Mass)

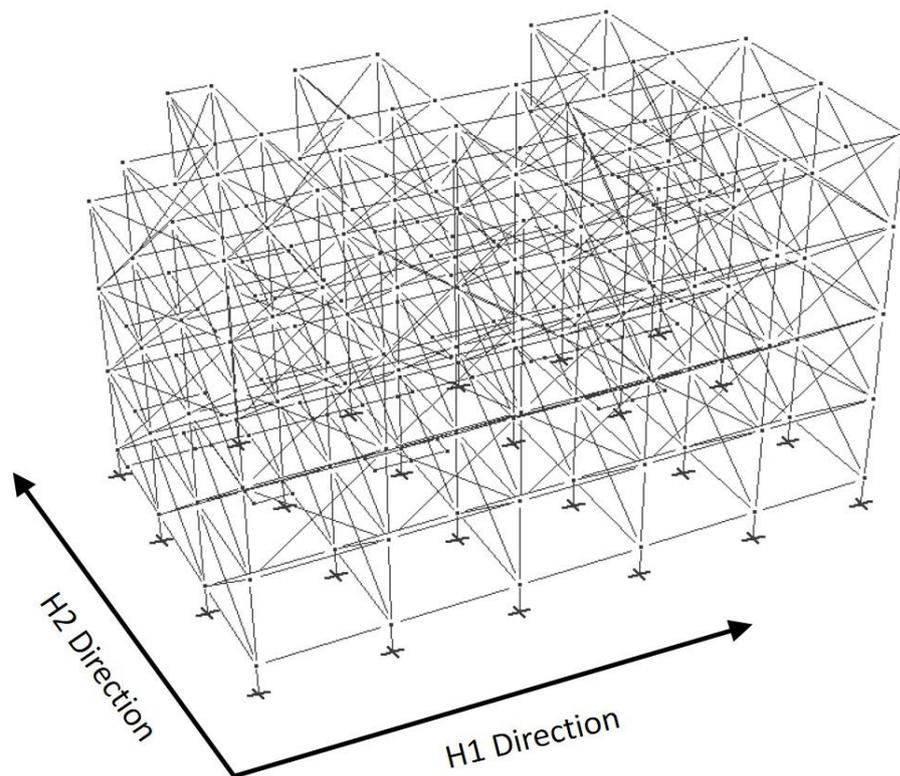


ก. รูปด้านสั้น

รูปที่ 4.6-1 แบบจำลองโครงสร้างของอาคารตัวอย่าง



ข. รูปด้านยาว



ค. แบบจำลอง 3 มิติ

รูปที่ 4.6-1 แบบจำลองโครงสร้างของอาคารตัวอย่าง (ต่อ)

การวิเคราะห์โครงสร้าง จะทำการวิเคราะห์โหมดการสั่นของโครงสร้าง (Mode Shape) เพื่อหารูปแบบการสั่นสะเทือนหรือรูปแบบการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง และหาค่าคาบการสั่นธรรมชาติ (Natural Period) ของโครงสร้าง จากนั้นจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีไม่เชิงเส้น ซึ่งจะประกอบไปด้วย

1) การวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตไม่เชิงเส้น (Nonlinear Static Pushover Analysis) เป็นการประมาณค่าผลตอบสนองของโครงสร้างที่เกิดขึ้น เพื่อประเมินความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหว ซึ่งจะสามารถแสดงพฤติกรรมแบบไม่เชิงเส้นของโครงสร้างได้ การวิเคราะห์จะทำการประมาณแรงในแนวราบที่กระทำต่อโครงสร้าง จากนั้นค่อยๆ เพิ่มขนาดแรงผลักดันไปเรื่อยๆ เพื่อให้โครงสร้างเกิดการคราก (Yield) จนกระทั่งชิ้นส่วนอาคารเกิดความเสียหาย และแสดงพฤติกรรมไม่เชิงเส้น (Nonlinear) จนอาคารเกิดการวิบัติขึ้น

2) การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นแบบประวัติเวลา (Nonlinear Time History Analysis) ใช้ข้อมูลประวัติเวลาของคลื่นแผ่นดินไหว ในรูปของความเร่งของพื้นดินที่เวลาต่างๆ กระทำที่ฐานของโครงสร้างอาคาร ในการศึกษาทำการวิเคราะห์ที่ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวสามระดับ คือ ระดับรุนแรงน้อยถึงปานกลาง อาศัยตัวอย่างที่ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ระดับรุนแรงปานกลางถึงสูง อาศัยตัวอย่างที่ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี และระดับรุนแรงสูงถึงสูงมาก อาศัยตัวอย่างที่ อ.วังชิ้น จ.แพร่ ซึ่งหลังจากทำการวิเคราะห์โครงสร้าง