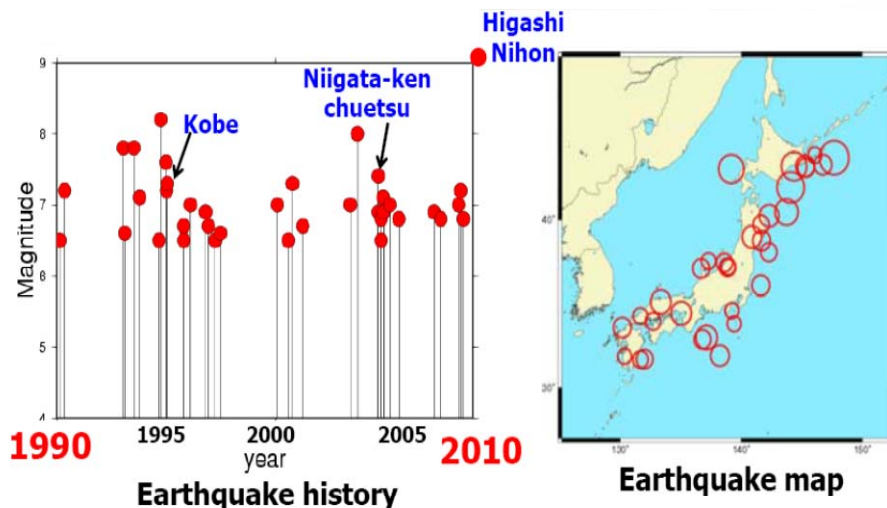


การซ่อมแซมและเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตที่เสียหายจากแผ่นดินไหว

อ.ดร.วรงค์ ศรีโสฬส

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากอดีตจนถึงปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นถือได้ว่าเป็นประเทศที่เกิดภัยธรรมชาติ เนื่องจากแผ่นดินไหวขึ้นบ่อยครั้งและเกิดขึ้นได้ทุกจุดในประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 1 เนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยาที่ตั้งอยู่บนขอบของแผ่นเปลือกโลกหลายแผ่น อีกทั้งประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีขนาดเศรษฐกิจใหญ่ติดอันดับ 1 ใน 3 ของโลก ด้วยเหตุนี้การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ตัวอย่างเช่น การเกิดแผ่นดินไหวขนาด 9 ริคเตอร์ ในวันที่ 11 มีนาคม 2011 ที่มีชื่อว่า Higashi-Nihon ทำให้เกิดการสูญเสียดังเศรษฐกิจประมาณ 6-10 ล้านล้านบาท ซึ่งมากกว่างบประมาณแผ่นดินของประเทศไทยประมาณ 3-5 เท่าตัว ด้วยเหตุนี้ในฐานะวิศวกรโยธา เราจะมีวิธีการใดที่จะช่วยลดความสูญเสียดังกล่าว



รูปที่ 1 ขนาดและตำแหน่งการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่น (ขนาดสูงกว่า 6 ริคเตอร์)

ภายหลังการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละครั้ง ผู้เชี่ยวชาญและวิศวกรชาวญี่ปุ่นได้สำรวจสภาพความเสียหายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น อาคารบ้านเรือน โครงสร้างต่างๆ รวมถึงสะพาน

คอนกรีตเสริมเหล็ก พบว่า รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเกิดขึ้นด้วยกัน 3 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2 คือ

1. การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือน (**Shear Failure**) ซึ่งสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงโครงสร้างด้วยการเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงเฉือน (**Shear Strength Enhancement**)
2. การวิบัติเนื่องจากการโก่งคดและการแตกหักของเหล็กเสริม (**Buckling and Fracture of Rebar**) ซึ่งสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงโครงสร้างด้วยการเพิ่มความเหนียวให้กับโครงสร้าง (**Ductility Enhancement or Confinement Effect**)
3. **Rebar Cur-Off Plane** ซึ่งสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงโครงสร้างด้วยการเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนและเพิ่มความเหนียวให้กับโครงสร้างควบคู่กัน (**Ductility and Shear Strength Enhancement**)



a) Shear failure

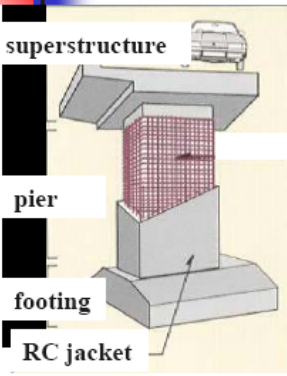
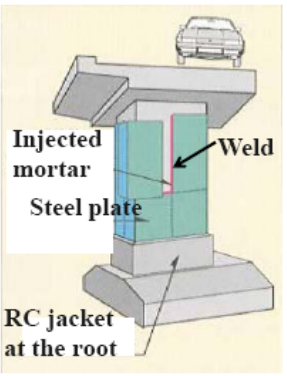
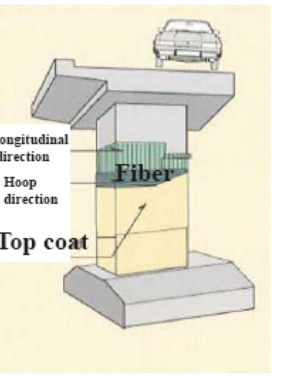
b) Buckling and fracture of rebar

c) Rebar cur-off plane

รูปที่ 2 รูปแบบการวิบัติในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเนื่องจากแผ่นดินไหว

โดยทั่วไปวิธีการซ่อมแซมและเสริมกำลังให้กับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กประกอบด้วย 3 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 3 คือ

1. **Reinforced Concrete Jacketing** เป็นการเสริมกำลังโครงสร้างด้วยวิธีการขยายขนาดหน้าตัดให้กับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ต้องการซ่อมแซม เช่น พื้น คาน เสาและฐานราก โดยอาศัยคอนกรีตและเหล็กเสริมเป็นตัวช่วยเพิ่มขยายหน้าตัด เพื่อให้ชิ้นส่วนดังกล่าวมีความสามารถในการรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือเพิ่มสติเฟเนสให้กับโครงสร้าง โดยจะทำการเพิ่มหน้าตัดหรือขยายหน้าตัดเฉพาะในตำแหน่งที่มีการรับแรงสูงสุด เพื่อไม่เป็นการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ให้กับโครงสร้างมากเกินไปและเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม ความหนาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นประมาณ 250 มม.

RC jacketing	Steel plate jacketing	FRP jacketing
		
t=250mm	t= 40mm	t= 10~20mm
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Cheep for construction and maintenance. ❑ Thick additional cross section is need for retrofitting. 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Additional cross section is thin. ❑ Retrofit materials is heavy. 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Additional cross section is thin. ❑ Retrofit materials is light (possible to transport by human power)

รูปที่ 3 วิธีซ่อมแซมและเสริมกำลังให้กับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

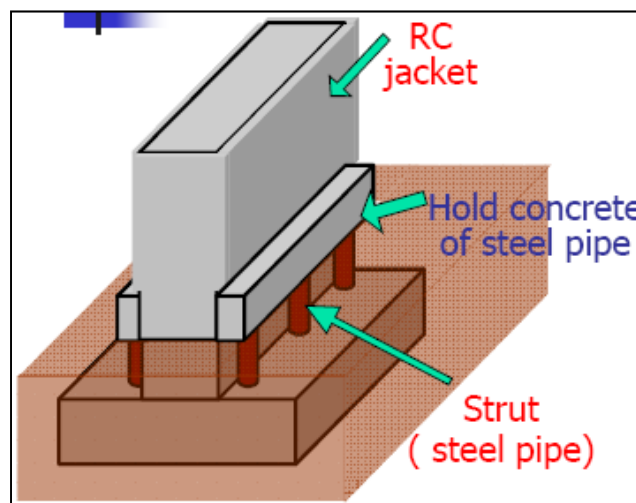
2. **Steel Plate Jacketing** เป็นการนำแผ่นเหล็กหรือเหล็กรูปพรรณ มายึดติดกับโครงสร้างเดิมที่ต้องการเสริมกำลัง เพื่อเสริมกำลังการรับแรงดัดและการรับแรงเฉือนให้กับชิ้นส่วนนั้นๆ การยึดติดกันระหว่างชิ้นส่วนเหล็กกับโครงสร้างเดิมซึ่งเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น นิยมใช้อีพ็อกซีหรือมอร์ต้าเป็นตัวประสาน นอกจากนั้น หากต้องการเพิ่มความสามารถในการประสานกันระหว่างโครงสร้างอาจใช้สลักร่วมด้วยก็ได้ แต่ต้องใช้ความระมัดระวังในการเจาะโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อฝังสลักไม่ให้กระทบกับเหล็กเสริมภายในที่มีอยู่เดิม โดยมีความหนาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นประมาณ 40 มม. อย่างไรก็ตามการเสริมกำลังด้วยวิธีนี้มีข้อเสียในเรื่องของรอยเชื่อมระหว่างแผ่นเหล็กที่นำมาต่อกัน ซึ่งจะเป็นจุดอ่อนที่จะทำให้เหล็กนั้นเกิดสนิม ดังนั้นหลังจากการเสริมกำลังให้กับโครงสร้างแล้ว ควรทำการป้องกันการสึกกร่อนให้กับโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในการเสริมกำลังด้วย

3. **Fiber Sheet Jacketing (Carbon/Aramid)** การเสริมกำลังโครงสร้างด้วยวิธีนี้ ในปัจจุบันนิยมใช้วัสดุที่เรียกว่า FRP (Fiber Reinforced Polymer) เป็นวัสดุเสริมกำลัง เนื่องจาก FRP เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการรับแรงดึงสูง มีน้ำหนักเบา โดยข้อดีของวิธีนี้คือ หน้าที่ดัดที่เพิ่มขึ้นนั้นบางมากเมื่อเทียบกับ 2 วิธีข้างต้น โดยมีความหนาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นประมาณ 10-20 มม. อีกทั้งวัสดุที่ใช้มีน้ำหนักเบาสามารถทำ

การติดตั้งโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรขนาดใหญ่ การเสริมกำลังโครงสร้างด้วย FRP นั้น สามารถเสริมกำลังได้ทั้งในชั้นส่วน คาน เสา พื้นและผนัง เป็นต้น

วิธีการพิเศษในการซ่อมแซมและเสริมกำลังเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

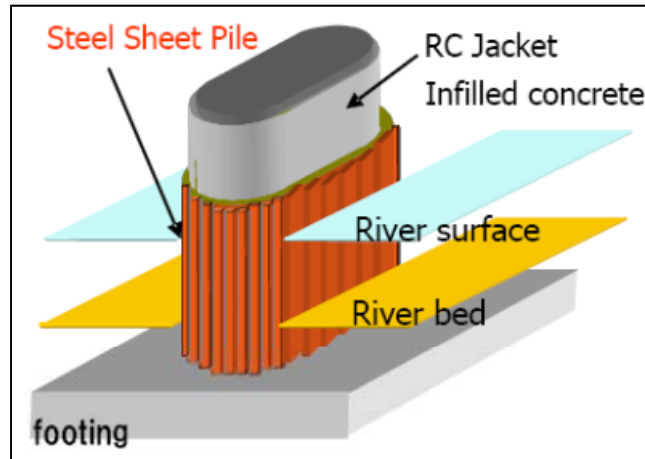
1. **Steel Pipe Strut Method** วิธีนี้เป็นการเสริมกำลังให้กับเสาในกรณีที่มีเสาอยู่ใต้ดินไม่มากนัก โดยไม่จำเป็นต้องสร้างผนังกันดินและขุดดินออกก่อน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและลดระยะเวลาในการก่อสร้าง โดยขั้นตอนการเสริมกำลังนั้นจะตอกท่อเหล็กลงไปใต้ดินรอบๆ เสาที่ต้องการเสริมกำลัง จากนั้นเทคอนกรีตลงไปในท่อเหล็กดังกล่าวและหล่อคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรัดท่อเหล็กแต่ละท่อรอบเสา โดยไม่ต้องถอนท่อเหล็กออก ในการตอกท่อเหล็กนั้นจะตอกให้ท่อเหล็กลงไปวางอยู่บนฐานรากพอดี การเสริมกำลังด้วยวิธีนี้เป็นการเพิ่มคุณสมบัติให้กับหน้าตัดเสา นอกจากนี้ส่วนของเสาที่อยู่เหนือพื้นดินจะทำการเสริมกำลังด้วยวิธี Reinforced Concrete Jacketing ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเสริมกำลังวิธี Steel Pipe Strut Method

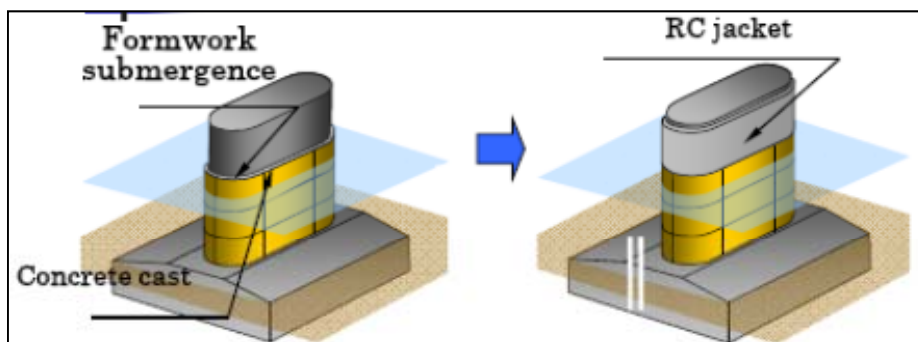
2. **Steel Sheet Pile Method** วิธีนี้เป็นการเสริมกำลังให้กับเสาในส่วนที่อยู่ใต้ดินหรือใต้น้ำที่มีความลึกปานกลาง โดยไม่จำเป็นต้องสร้างผนังกันดินและขุดดินหรือสูบน้ำออกก่อนเช่นเดียวกับวิธี Steel Pipe Strut Method โดยขั้นตอนการเสริมกำลังนั้นจะตอก Steel Sheet Pile ลงไปใต้ดินรอบๆ เสาที่ต้องการเสริมกำลังให้ต่อเนื่องกัน จากนั้นขุดดินหรือสูบน้ำออกจากช่องว่างระหว่างเสาและ Steel Sheet Pile ต่อจากนั้นเทคอนกรีต

ลงไปในช่วงว่างดังกล่าว โดยไม่ต้องถอน Steel Sheet Pile ออก บริเวณเสาที่อยู่เหนือพื้นดินจะทำการเสริมกำลังด้วยวิธี Reinforced Concrete Jacketing ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเสริมกำลังวิธี Steel Sheet Pile Method

3. **RC Formwork Unit Method** วิธีนี้เป็นการเสริมกำลังให้กับเสาในกรณีที่มีส่วนที่อยู่ใต้น้ำที่มีความลึกมากๆ โดยขั้นตอนการเสริมกำลังนั้นคล้ายกับวิธีการเสริมกำลังด้วยวิธี Steel Sheet Pile Method เพียงแต่เปลี่ยนจาก Steel Sheet Pile เป็น แบบหล่อคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Formwork) ที่มีลักษณะเป็นท่อนๆ และ เสาที่อยู่เหนือน้ำจะทำการเสริมกำลังด้วยวิธี Reinforced Concrete Jacketing เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเสริมกำลังวิธี RC Formwork Unit Method

อ้างอิง: Nakamura, H. เอกสารประกอบการอบรมแนวทางการออกแบบ ป้องกัน และซ่อมแซมโครงสร้างเพื่อการต้านทานแผ่นดินไหว และคลื่นยักษ์ ตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค 17 สิงหาคม 2554.