หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๑
บทนำ

๑.๑ ความเป็นมาของปัญหา

การก่อสร้างอาคารทั่วไป ส่วนสำคัญของอาคารที่ใช้รับน้ำหนัก ได้แก่ พื้น คาน เสาและฐานราก สำหรับระบบพื้นอาคารส่วนมากจะเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ซึ่งระบบพื้นดังกล่าวนี้มีน้ำหนักตัวเองมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักจรที่พื้นรับน้ำหนัก เป็นเหตุให้โครงสร้างอื่น ๆ ของอาคาร เช่น คาน เสา และฐานรากต้องรับน้ำหนักมากขึ้นด้วย เวลาหล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กก็จำเป็นต้องใช้ไม้แบบและไม้ค้ำยันจำนวนมาก สิ้นเปลืองวัสดุและค่าก่อสร้าง เพื่อเป็นการประหยัดวัสดุและลดค่าก่อสร้าง จึงควรหาระบบพื้นชนิดอื่นที่มีน้ำหนักตัวเองเบา ไม่ต้องใช้ไม้แบบจำนวนมาก แต่มีความแข็งแรงและความปลอดภัยเหมือนระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก อิฐโปร่งจึงเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่เหมาะแก่การใช้งาน เพราะสามารถรับแรงอัดได้ดี เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย สามารถผลิตขึ้นเองภายในประเทศ มีจำหน่ายตามท้องตลาด เป็นฉนวน ป้องกันเสียง และมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีต

ปัจจุบันนี้ มีผู้นิยมใช้ระบบพื้นคอนกรีตกึ่งสำเร็จรูปภายในประเทศที่ใช้บางส่วนของพื้นเป็นคอนกรีตที่หล่อสำเร็จจากโรงงาน และบางส่วนของพื้นใช้วิธีเทคอนกรีตเติมลงไปให้มีรูปร่างและขนาดที่จะรับน้ำหนักจรได้เต็มที่ ระบบพื้นดังกล่าวนี้กำลังนิยมแพร่หลายภายในประเทศ แบ่งได้ตามลักษณะ ดังนี้

๑. ระบบคานซอยประกอบวัสดุแซม (Ribbed Floor with Infilling) ดังรูปที่ ๑.๑(ก) คานซอยเป็นรูปร่างต่าง ๆ เช่นตัวที ตัวไอ เป็นต้น ส่วนมากมักจะเป็นการผลิตแบบคอนกรีตอัดแรง สำหรับวัสดุแซมนิยมใช้คอนกรีตบล๊อค อิฐบล๊อคหรือแผ่นคอนกรีตบางรูปร่างต่าง ๆ เป็นต้น

๒. แผ่นคอนกรีตรูปร่างต่าง ๆ (Tray or Pan) ดังรูปที่ ๑.๑(ข) มีลักษณะเป็นแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเสริมเหล็กธรรมดา มีรูปร่างต่าง ๆ หลายแบบ เช่น รูปตัวยูคว่ำ รูปตัวที เป็นต้น

ระบบพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กที่ทำการวิจัยนี้ เป็นระบบพื้นอีกระบบหนึ่งที่จะนำมาพิจารณาศึกษาถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการใช้งาน ระบบพื้นประกอบดังกล่าวนี้เป็นการนำอิฐโปร่งมาเรียงประสานกันเป็นคาน โดยมีเหล็กเสริมอยู่ภายในตัวอิฐโปร่ง ดังรูปที่ ๑.๒ เมื่อนำมาเรียงประกอบเป็นแผ่นพื้น ทำให้ใต้ท้องคานราบเรียบไม่เป็นสันคานซอย และมีน้ำหนักเบา ส่วนดีอีกประการหนึ่งคือระบบพื้นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องผลิตในโรงงาน สามารถที่จะทำการผลิตในบริเวณก่อสร้าง ทำให้สะดวก รวดเร็วในการขนส่งและติดตั้ง ทำให้สามารถประหยัดราคาค่าก่อสร้าง

๑.๒ การสำรวจและการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว

งานก่อ เป็นงานก่อสร้างที่ประกอบด้วยอิฐ และปูนสอ ซึ่งในสมัยก่อนใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่นกำแพง ปล่องไฟ ผนังกำแพง เขื่อน เสา และอื่น ๆ แต่เป็นงานก่อที่ไม่มีการเสริมเหล็ก ต่อมามีการศึกษาปรับปรุงวัสดุให้ดีขึ้น มีการนำเหล็กมาเสริมเพื่อทำให้รับน้ำหนักได้มากและดียิ่งขึ้น

ปี ๑๙๒๓ กรมโยธาธิการของอินเดีย ได้พิมพ์ "Note on Reinforced Brick" ของ A. Brebner ใน Technical Paper No.38 ซึ่ง Brebner ได้รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบพื้นอิฐก่อเสริมเหล็กที่มีความหนาต่าง ๆ และคานอิฐก่อเสริมเหล็ก โดยสรุปว่าแผ่นพื้นอิฐก่อเสริมเหล็กและคานอิฐก่อเสริมเหล็ก อาจจะออกแบบได้เช่นเดียวกับทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็ก

ปี ๑๙๓๒ John W.Whittemore, and Panl S.Dear ได้ทำการทดลอง แผ่นพื้นอิฐก่อเสริมเหล็ก จำนวน ๓๐ ตัว ที่ Virginia Polytechnic Institute พื้นที่ใช้ในการทดลองหนา $3\frac{3}{4}$ นิ้ว ปูนสอประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ทราย เท่ากับ ๑ : ๑ : ๖ โดยปริมาตร เหล็กเสริมประกอบด้วยเหล็กกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว ๔ เส้น เสริมในพื้นกว้าง ๑๔ นิ้ว ทำการทดลองพื้นแบบกระทำเป็นจุด (Third-point Loading) ผลจากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

๑. แรงยึดตัวของปูนก่อกับอิฐและเหล็กเสริมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมาก คุณลักษณะที่ผิวและโครงสร้างของอิฐแต่ละก้อนเป็นส่วนประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อแรงยึดตัวของปูนก่อตรงรอยต่อของอิฐแต่ละก้อน นอกจากนี้ เปอร์เซนต์การดูดซึมของอิฐมีผลต่อแรงยึดตัวปูนก่อกับอิฐ อิฐที่มีเปอร์เซนต์การดูดซึมสูงจะทำลายแรงยึดตัวมากกว่าอิฐที่มีเปอร์เซนต์การดูดซึมต่ำดังนั้น อิฐที่ใช้ในงานอิฐก่อควรทำให้อิ่มน้ำก่อนที่จะนำมาใช้งาน

๒. หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในเหล็กเสริมและงานอิฐก่อ ซึ่งได้มาจากการทดลองจะมีค่าต่ำกว่าที่คำนวณได้จากสูตรคำนวณออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จากการทดลองหาค่า k, j และ **n** จะได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากทฤษฎีมาก

ในปีต่อมา ทั้งสองท่านได้ทำการวิจัยทดลองพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน ๔ ตัว ซึ่งมีขนาด ชนิด และปริมาณเปอร์เซนต์ของเหล็กเสริม และความลึกประสิทธิผล ตลอดจนวิธีการบ่มและการทดลองพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเช่นเดียวกับพื้นอิฐก่อเสริมเหล็กที่ได้ทำการทดลองวิจัยมาแล้ว ทั้งนี้เพื่อที่จะเปรียบเทียบคุณลักษณะและพฤติกรรมของแผ่นพื้นดังกล่าวทั้งสอง จากการทดลองและเปรียบเทียบ สรุปได้ว่า

๑. ในช่วงน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการคำนวณระบบพื้นดังกล่าวกระทำเหมือนคานเอกพันธ์ (homogeneous beam) ซึ่งความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกและแรงดัดต่อระยะโก่งและหน่วยการยืดตัวเป็นเส้นตรง

๒. ระบบพื้นดังกล่าวทั้งสองมีตัวประกอบปลอดภัยมากพอเมื่อใช้ทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นพื้นฐานในการคำนวณ

๓. สูตรของการคำนวณคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถดัดแปลงใช้กับการคำนวณแผ่นพื้นอิฐก่อเสริมเหล็ก

๔. คุณลักษณะและพฤติกรรมของพื้นอิฐก่อเสริมเหล็กมีลักษณะคล้ายคลึงกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กมากทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

ปี ๑๙๕๕ ที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน Jesse C Saemann ได้ทำการทดลองคานคอนกรีตวัสดุก่อเสริมเหล็ก ๑๙ ตัว โดยเทคอนกรีตลงในบล๊อครูปรางน้ำ (lintel blocks) ซึ่งทำด้วยทรายและกรวด มีเหล็กข้ออ้อยเป็นเหล็กเสริมเอก ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน แบ่งคานทดลองออกเป็น ๒ กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นคานสั้น ออกแบบควบคุมโดยแรงเฉือน กลุ่มหลังเป็นคานยาว ออกแบบควบคุมโดยแรงอัด ในการคำนวณออกแบบ ใช้หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของวัสดุก่อและคอนกรีต มีค่า ๐.๓๓ f'_m และ ๐.๔๕ f'_c ตามลำดับ หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ในวัสดุก่อและคอนกรีตมีค่า ๐.๐๒ f'_m และ ๐.๐๓ f'_c ตามลำดับ และในการทดลองใช้น้ำหนักบรรทุกกระทำเป็นจุด (Quarter-point Loading)

ผลการทดลอง ปรากฏว่าค่าความปลอดภัยที่คำนวณได้จากอัตราส่วนของน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ทดลองได้ (บวกน้ำหนักบรรทุกของคาน) ต่อน้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบไว้นั้น จะมีค่าเมื่อความปลอดภัยเฉลี่ย ๔.๕ สำหรับคานที่ถูกควบคุมโดยแรงเฉือน ๓.๐ สำหรับคานที่ถูกควบคุมโดยแรงดัดที่มีเปอร์เซนต์เหล็กที่ออกแบบสมดุลย์ และ ๔.๐ สำหรับคานที่ถูกควบคุมโดยแรงดัดที่มีเปอร์เซนต์เหล็กสูงกว่าเปอร์เซนต์เหล็กที่ออกแบบสมดุลย์ ค่าระยะโก่งที่ทดลองได้ที่น้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบไว้จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าระยะโก่งที่คำนวณได้ เมื่อคิดว่าคานนั้นเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็กประมาณ ๒๕% ค่าที่มากกว่านี้เนื่องจากจุดอ่อนที่ระนาบรอยเชื่อมต่อปูนสอ

เขาสรุปว่า โดยทั่ว ๆ ไปพฤติการของคานคอนกรีตวัสดุก่อเสริมเหล็ก มีลักษณะคล้ายกับคานคอนกรีตเสริมเหล็ก การคำนวณออกแบบคานคอนกรีตวัสดุก่อเสริมเหล็กสามารถที่จะใช้ทฤษฎีคำนวณออกแบบของคานคอนกรีตเสริมเหล็กได้โดยปลอดภัย

ปี ๑๙๗๕ วุฒิพันธ์ เตชัญญวรากูล ได้ศึกษาทำการทดลองคานอิฐโปร่งอัดแรง ซึ่งประกอบโดยนำอิฐโปร่งมาเรียงก่อกันเป็นคาน และมีเหล็กเสริมอัดแรงอยู่ภายในคานอิฐโปร่งนำมาประกอบเป็นแผ่นพื้นสำเร็จรูปโดยเรียงต่อกันบนคานรองรับแล้วเทคอนกรีตทับหน้า และได้สรุปผลการวิจัยไว้ดังนี้

๑. ความต้านโมเมนต์ของหน้าตัดคานขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กเสริมอัดแรง

๒. การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนของคานไม่เป็นปัญหาสำคัญที่นำมาพิจารณา

๓. การคืนตัว (Recovery) ของคานอิฐโปร่งอัดแรง เมื่อลดน้ำหนักเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเหมือนกับคานคอนกรีตอัดแรง

ปี ๑๙๗๖ ภูวไนย เกียรติชนก ได้ศึกษาทำการทดลองคานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก ๑๔ ตัว โดยเปลี่ยนแปลงขนาดรูปหน้าตัด ปริมาณเหล็กเสริมและความยาวช่วงคาน การทดลองการรับน้ำหนักบรรทุกของคานประกอบ ใช้วิธีบรรทุกน้ำหนักกระทำเป็นจุด (Third-poind Loading) และได้สรุปผลการวิจัยไว้ดังนี้

๑. ในการคำนวณออกแบบคานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กสามารถที่จะใช้ทฤษฎีของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

๒. คานประกอบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกประลัยได้เท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักบรรทุกประลัยที่คำนวณได้จากเมื่อคิดว่าเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

๓. คานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กสามารถใช้สูตรแรงเฉือนของทฤษฎีคานคอนกรีตเสริมเหล็กได้

๑.๓ <u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

การวิจัยนี้จะพิจารณาตัวคานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กซึ่งนำมาประกอบเป็นแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปโดยเรียงต่อกันบนคานรองรับแล้วเทคอนกรีตทับหน้า และวัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

๑.๓.๑ เพื่อที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบพื้นดังกล่าวนี้ในการก่อสร้างอาคาร เช่น บ้านพักอาศัย และอาคารตึกแถว เป็นต้น โดยพยายามหลีกเลี่ยงการใช้ไม้แบบ และคำนึงถึงน้ำหนักของระบบพื้นและราคาค่าก่อสร้างของอาคารนั้น

๑.๓.๒ เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมของระบบพื้นดังกล่าว

๑.๓.๓ เพื่อนำความรู้ที่ได้จากข้อ ๑.๓.๑ และข้อ ๑.๓.๒ มาใช้ประโยชน์ในการคำนวณออกแบบพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กโดยมีการควบคุมดังนี้

(ก) ควบคุมน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

(ข) ควบคุมระยะโก่งมากที่สุดที่ยอมให้ โดยจะไม่เป็นเหตุให้เกิดการแตกร้าวในส่วนประกอบของอาคาร

๑.๓.๔ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของระบบพื้นดังกล่าวกับระบบพื้นอื่น ๆ

๑.๔ ขอบข่ายของการวิจัย

ขอบข่ายของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

๑.๔.๑ พยายามใช้อิฐโปร่งที่มีขายในท้องตลาด โดยนำมาดัดแปลงบ้างเล็กน้อยเพื่อความเหมาะสม

๑.๔.๒ การทดลองจะเปลี่ยนแปลงช่วงความยาวคานที่จะนำมาประกอบเป็นแผ่นพื้น

๑.๔.๓ ทำการทดลองคานประกอบอิฐ-คอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของคานประกอบดังกล่าว

๑.๔.๔ การหดตัวและการคืนตัวในคอนกรีต อิฐ และปูนสอ จะไม่นำมาพิจารณา

๑.๔.๕ เปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของการก่อสร้างระบบพื้นดังกล่าวกับระบบพื้นอื่น ๆ ที่มีลักษณะการบรรทุกน้ำหนักและระยะช่วงพื้นที่เท่ากัน โดยพิจารณาราคาวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงาน และเวลาที่ใช้

๑.๕ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้

ในโครงสร้างอาคารโดยทั่วไป พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นโครงสร้างที่มีน้ำหนักตัวเองมาก เมื่อเทียบกับการรับน้ำหนักจรของพื้น ในการหล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กในที่ ต้องใช้ไม้แบบและไม้ค้ำยันจำนวนมากทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูง จากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพิจารณาถึงการใช้ระบบพื้นในอาคารทั่วไป ทำให้ทราบถึงความเหมาะสมของการนำระบบพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กไปใช้ในงานอาคาร พิจารณาจากผลการทดลอง ทำให้ทราบถึงพิกัดน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ และมีระยะโก่งเป็นไปตามกำหนด ระยะช่วงคานที่เหมาะสมกับการใช้พื้นระบบดังกล่าวนี้ ผลจากการเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของราคาค่าก่อสร้างระหว่างพื้นระบบนี้กับพื้นระบบอื่น ๆ จะเป็นแนวทางช่วยในการพิจารณาเลือกใช้ระบบพื้นที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ

๑.๖ วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยคานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

๑.๖.๑ ศึกษาและเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

๑.๖.๒ ทดลองหาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้

(ก) กำลังอัดประลัยและโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐโปร่ง

(ข) คุณสมบัติการดูดซึมของอิฐโปร่ง

(ค) กำลังอัดประลัยของปูนสอ

(ง) กำลังอัดประลัยและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

(จ) กำลังดึงคลากและโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม

๑.๖.๓ กำหนดออกแบบคานประกอบอิฐ-คอนกรีตเสริมเหล็กแล้วทำการก่อสร้างคานประกอบดังกล่าวนี้ ติดเกจวัดความเครียดที่เหล็กเสริมเอก คอนกรีตและอิฐ

๑.๖.๔ ทดลองการบรรทุกน้ำหนักของคานประกอบในข้อ ๑.๖.๓

๑.๖.๕ วิเคราะห์และเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของราคาค่าก่อสร้างระหว่างระบบพื้นดังกล่าวกับระบบพื้นอื่น ๆ

๑.๖.๖ สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ