บทที่ 2

การวิเคราะห์การกระจายการแบกรับน้ำหนักของแผ่นพื้น

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาน้ำหนักขณะการก่อสร้างที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นและค้ำยัน ทำโดยการจำลองแบบโครงสร้างให้สอดคล้องกับขั้นตอนการก่อสร้าง แล้วนำมาคำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงแผ่นพื้นและค้ำยันในภายหลัง

2.1 ขั้นตอนการก่อสร้าง

2.1.1 วิธีการก่อสร้างแผ่นพื้นไร้คาน

แผ่นพื้นไร้คานแบ่งออกเป็นสองชนิดคือแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก และแผ่นพื้นไร้คานอัดแรงภายหลัง วิธีการก่อสร้างของแผ่นพื้นทั้งสองชนิดมีลักษณะต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น กล่าวคือแผ่นพื้นไร้คานแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจะใช้เหล็กเสริมธรรมดารับแรงดัดให้สอดคล้องตามแรงดัดของแผ่นพื้นแต่ละส่วน และขบวนการก่อสร้างจะเสร็จสิ้นในแต่ละชั้นเมื่อการเทคอนกรีตและการบ่มได้ตามกำหนด ส่วนแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรงจะมีการอัดแรงหลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้วโดยให้ลวดอัดแรงเสริมรับแรงดัดด้วยการจัดลวดอัดแรงให้สอดคล้องกับแรงดัดที่เกิดในแผ่นพื้น แต่การอัดแรงจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตได้พัฒนากำลังได้ตามกำหนดเสียก่อน ขั้นตอนการก่อสร้างจึงเพิ่มมากกว่าแบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็กเพียงเฉพาะการอัดแรง

การก่อสร้างแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละชั้นอาจพิจารณาขั้นตอนการก่อสร้าง ด้วยการทำเสาอาคารก่อนและการทำพื้นตามมาจนแล้วเสร็จ กล่าวคือจะเริ่มจากการผูกเหล็กเสาก่อนแล้วตั้งแบบหล่อคอนกรีตและหล่อคอนกรีตเสาตามลำดับ หลังจากนั้นจึงเริ่มตั้งค้ำยันรับท้องแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ตั้งแบบหล่อแผ่นพื้น แล้วปรับระดับให้ถูกต้องด้วยการปรับขาค้ำยัน แล้วจึงผูกเหล็กเสริมในแผ่นพื้นตามแบบ ในระหว่างนี้อาจมีการบล็อกช่วงหรือฝังเหล็กพิ

เศษเพื่อการยึดอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อตรวจสอบทุกอย่างครบแล้วจึงจะมีการเทคอนกรีตตามความหนาที่กำหนดไว้ การบ่มคอนกรีตจะเป็นขั้นตอนหลังสุดในการก่อสร้างแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก การถอดแบบจะกระทำเมื่อครบอายุตามกำหนด ส่วนค้ำยันที่อยู่ชั้นล่างสุดจะถอดออกมาใช้ในชั้นบนสุด โดยขั้นตอนการถอดออกจะต้องสอดคล้องกับการให้จำนวนชั้นของค้ำยันรองรับพอเพียงกับน้ำหนักการก่อสร้างแต่ละชั้น โดยแผนงานการก่อสร้างที่แสดงในตารางที่ 2.1 จะเป็นการก่อสร้างแผ่นพื้นแต่ละชั้นและมีอัตราการก่อสร้าง 10 วันต่อชั้น ซึ่งในการก่อสร้างแต่ละโครงการจะมีอัตราการก่อสร้างที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสม โดยขึ้นอยู่กับความพร้อมของเครื่องมือในการก่อสร้าง แรงงานในการก่อสร้าง ปริมาณงานและวิธีการก่อสร้าง

2.1.2 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตตามอายุ

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมักจะยึดถือกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วันเป็นเกณฑ์ แต่ในขณะการก่อสร้างนั้นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตหรือเสาจะถ่ายน้ำหนักลงสู่โครงสร้างส่วนที่รองรับทันที ซึ่งความสามารถในการต้านทานของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับกำลังของคอนกรีต โดยจะพัฒนาตามอายุหลังการหล่อโครงสร้าง กล่าวคือถ้าอายุยังน้อยกำลังอัดของคอนกรีตยังมีค่าน้อยเช่นกัน และนำไปสู่การที่ความต้านทานของโครงสร้างหรือแผ่นพื้นที่รองรับจะมีค่าน้อยด้วย เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตจะค่อยๆพัฒนาตามอายุ และการเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร ที่สำคัญคือส่วนผสมของน้ำต่อซีเมนต์ วิธีการบ่มคอนกรีต อุณหภูมิในการบ่มคอนกรีต และชนิดของซีเมนต์ที่ใช้

Neville (6) ได้ทำการทดสอบและแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตกับสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยใช้กำลังของคอนกรีตที่ 7 วันกับสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่ส่วนผสมต่างกันคือ 0.4 0.5 0.7 0.9 และ 1.1 พบว่า เมื่อใช้น้ำในส่วนผสมของคอนกรีตมากขึ้นก็ยิ่งทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง

วิธีการบ่มคอนกรีตที่ดีก็จะทำให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตได้ดีขึ้น เพราะการบ่มคอนกรีตจะเป็นการป้องกันไม่ให้น้ำที่อยู่ภายในคอนกรีตระเหยออกมาสู่ภายนอก เพื่อทำให้การเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำภายในคอนกรีตกับซีเมนต์ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ Price (7) ได้ทำ

การทดสอบวิธีการบ่มคอนกรีตในความชื้น 0 3 7 14 28 และ 180 วันแล้วบ่มต่อในอากาศ โดยทำการทดสอบกับคอนกรีตที่มีสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.50 และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้เวลาในการบ่มแตกต่างกันกับอายุของคอนกรีตดังในรูปที่ 2.2 พบว่า เมื่อคอนกรีตมีอายุเท่ากัน เวลาที่ใช้ในการบ่มด้วยความชื้นนานขึ้นจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าสูงขึ้น

อุณหภูมิในการบ่มคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเช่นกัน ซึ่ง Price (7) ได้ทำการทดสอบการบ่มคอนกรีตภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับกำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วันเมื่อบ่มด้วยอุณหภูมิ 21 °C กับอายุของคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 2.3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการบ่มคอนกรีตสูงขึ้นทำให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าสูงขึ้น และมีค่าแตกต่างกันมากเมื่อคอนกรีตมีอายุน้อย และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ส่วนการบ่มคอนกรีตภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำมากๆที่ 4 °C จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลงจากอุณหภูมิปกติมาก

เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตพัฒนาตามอายุของคอนกรีต โดยกำลังอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออายุของคอนกรีตยังมีค่าน้อยและเพิ่มขึ้นช้าลงเมื่ออายุของคอนกรีตมากขึ้น หลังจากคอนกรีตมีอายุมากกว่า 28 วันการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดของคอนกรีตมีค่าน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วันกับอายุของคอนกรีต โดยกราฟชนิด C เป็นการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตแบบปกติ ส่วนชนิด B และ A เป็นการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตแบบต้องการกำลังอัดสูงๆเมื่ออายุคอนกรีตยังมีค่าน้อยๆ ซึ่งจะใช้กันในงานที่ต้องการกำลังอัดของคอนกรีตสูงๆหลังจากการหล่อคอนกรีตไม่นานนัก โดยงานประเภทนี้จะเป็นงานโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงภายหลัง ส่วนรูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของกำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน และเปอร์เซ็นต์ของโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ 28 วันกับอายุของคอนกรีต ซึ่งเป็นกราฟที่ใช้ในการวิจัยนี้

2.2 แบบจำลองโครงสร้าง

ในการวิเคราะห์เพื่อหาน้ำหนักที่ถ่ายลงแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็กในขณะการก่อสร้าง ซึ่งเป็นโครงสร้างจริง 3 มิติ จะถูกจำลองออกเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ โดยความกว้างของโครงข้อแข็งมีค่าเท่ากับระยะกึ่งกลางระหว่างศูนย์กลางของเสาด้านสั้น และความยาวของโครงข้อแข็งมีค่าเท่ากับระยะกึ่งกลางระหว่างศูนย์กลางของเสาด้านยาว ส่วนค้ำยันที่ใช้ในการก่อสร้างจะถูกจำลองเป็นโครงข้อหมุนรับแรงในแนวแกนได้อย่างเดียว

รูปที่ 2.6. แสดงถึงการจำลองโครงสร้าง 3 มิติเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ ในรูปที่ 2.6.ก ได้แสดงขนาดความกว้างและความยาวของโครงข้อแข็งในขอบเขตที่พิจารณา ส่วนในรูปที่ 2.6.ข แสดงด้านยาวและส่วนสูงของโครงข้อแข็ง โดยมีค้ำยันซึ่งถูกจำลองเป็นโครงข้อหมุนรวมอยู่ด้วย

ในการคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของแผ่นพื้นไร้คานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นโมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างเสาทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 2.7.ข ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2-1) อีกส่วนเป็นโมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่บริเวณเสา ดังแสดงในรูปที่ 2.7.ค ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2-2)

$$I_{ss} = L_2 H^3/12 \qquad (2\text{-}1)$$

$$I_{sc} = I_{ss}/(1 - C_2/L_2)^2 \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ I_{ss} = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ช่วงกลางแผ่น

I_{sc} = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่หัวเสา

L_2 = ความกว้างของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของเสา

H = ความหนาของแผ่นพื้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C_2 = ความลึกของหน้าตัดเสาในแนวด้านกว้างของโครงข้อแข็ง

ดังนั้นการหาสติฟเนสของแผ่นพื้น จะต้องคำนวณจากแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างกึ่งกลางของเสาโดยวิธี Column Analogy ซึ่งเปลี่ยนแผ่นพื้นที่ต้องการหาสติฟเนสดังแสดงในรูปที่ 2.8.ก มาเป็น analogous column ดังแสดงในรูปที่ 2.8.ข แล้วคำนวณหาสติฟเนสของแผ่นพื้นได้คือ

$$K_s = \frac{E_F}{\frac{(L_1-C_1)}{I_{ss}} + \frac{C_1}{I_{sc}}} + \frac{3\,L_1^{\,2}\,E_F}{\frac{L_1^{\,3}}{I_{sc}} + \frac{(I_{sc}-I_{ss})(L_1-C_1)^3}{I_{ss}\,I_{sc}}} \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่ K_s = สติฟเนสของแผ่นพื้น

E_F = โมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นพื้น

I_{ss} = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างเสา

I_{sc} = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่อยู่ในเสา

L_1 = ความยาวของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางเสา

C_1 = ความยาวของหน้าตัดของเสาในแนวยาวของโครงข้อแข็ง

สมการที่ (2-3) จะให้ค่าสติฟเนสของแผ่นพื้น ดังนั้นโมเมนต์ความเฉื่อยของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของเสา จะหาได้จาก

$$I_s = L_1\,K_s/4\,E_P \qquad (2\text{-}4)$$

โดยที่ I_s = โมเมนต์ความเฉื่อยของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของเสา

การวิจัยนี้จะหาโมเมนต์ความเฉื่อยของแผ่นพื้นที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของเสา ได้จากการแทนค่าสมการที่ (2-1) ,(2-2) ลงในสมการที่ (2-3) และ (2-4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของเสา แบ่งเป็นสองส่วนคือ โมเมนต์ความเฉื่อยของเสาที่อยู่ระหว่างแผ่นพื้น ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2-5) อีกส่วนหนึ่งเป็นโมเมนต์ความเฉื่อยของเสาที่อยู่ในแผ่นพื้นมีค่าอนันต์

$$I_{cs} = C_2 C_1^3/12 \qquad (2\text{-}5)$$

โดยที่ I_{cs} = โมเมนต์ความเฉื่อยของเสาที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของแผ่นพื้น

C_1 = ความยาวของหน้าตัดเสาในแนวยาวของโครงข้อแข็ง

C_2 = ความลึกของหน้าตัดเสาในแนวกว้างของโครงข้อแข็ง

ดังนั้นการคำนวณหาสติฟเนสของเสา จะต้องคำนวณจากเสาที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของแผ่นพื้น โดยใช้วิธี Column Analogy ซึ่งเปลี่ยนเสาที่ต้องการหาสติฟเนสดังแสดงในรูปที่ 2.9.ก มาเป็น analogous column ดังแสดงในรูปที่ 2.9.ข แล้วคำนวณหาสติฟเนสของเสาที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของแผ่นพื้นคือ

$$K_c = \frac{E_c I_{cs}}{L_c - H} + \frac{3 E_c I_{cs} L_c^2}{(L_c - H)^3} \qquad (2\text{-}6)$$

โดยที่ K_c = สติฟเนสของเสาที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของแผ่นพื้น

E_c = โมดูลัสยืดหยุ่นของเสา

L_c = ความสูงของเสาที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของแผ่นพื้น

H = ความหนาของแผ่นพื้น

I_{cs} = โมเมนต์ความเฉื่อยของเสาที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของแผ่นพื้น

ดังนั้นโมเมนต์ความเฉื่อยของเสาทั้งหมดหาได้จาก

$$I_c = L_c K_c/4 E_c \qquad (2\text{-}7)$$

การวิจัยนี้จะหาโมเมนต์ความเฉื่อยของเสาได้จากสมการที่ (2-7)

เมื่อค้ำยันที่ใช้ในการก่อสร้างถูกจำลองเป็นโครงข้อหมุนรับแรงในแนวแกนได้อย่างเดียว ดังนั้นสติฟเนสของโครงข้อหมุนหาได้จาก

$$K_P = N_P A E_P / L_C \qquad (2\text{-}8)$$

โดย K_P = สติฟเนสของโครงข้อหมุน

N_P = จำนวนค้ำยันในแถวความกว้างของโครงข้อแข็ง

E_P = โมดูลัสยืดหยุ่นของค้ำยัน

A = พื้นที่หน้าตัดของค้ำยัน 1 ตัว

ถ้า A_P = พื้นที่หน้าตัดของโครงข้อหมุน

ดังนั้น $A_P = N_P A \qquad (2\text{-}9)$

2.3 การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองโครงสร้าง

2.3.1 คุณสมบัติของแบบจำลองโครงสร้าง

ในการวิเคราะห์หาน้ำหนักที่แบกรับโดยแผ่นพื้นจากแบบจำลองโครงสร้าง เมื่อใช้ค้ำยันในโครงสร้างเป็น 1 2 3 4 หรือ 5 ชั้น จะใช้แบบจำลองโครงสร้างในรูปที่ 2.10 2.11 2.12 2.13 และ 2.14 มาทำการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยแบบจำลองการก่อสร้างจะเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนการก่อสร้าง ในการวิเคราะห์นี้จะใช้แบบจำลองวิเคราะห์ตามขั้นตอนการก่อสร้าง โดยมีสมมติฐานคือ

1. ไม่คิดการคืบตัว (creep) และการหดตัว(shrinkage) ในคอนกรีต

2. น้ำหนักบรรทุกจรขณะการก่อสร้างมีค่า 10 เปอร์เซ็นต์ของแผ่นพื้นหนึ่งชั้น

3. น้ำหนักขณะการก่อสร้างที่ถ่ายลงสู่แผ่นพื้นและค้ำยันจะคำนวณเป็นจำนวนเท่าของผลรวมของน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ค้ำยันที่รองรับแผ่นพื้นเมื่อเทคอนกรีตชั้นบนสุด

โดยทั่วไปน้ำหนักที่ถ่ายระหว่างการก่อสร้างอาคารสูงระบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก มี 2 ขั้นตอนซึ่งเป็นตัวควบคุมน้ำหนักขณะการก่อสร้างที่จะถ่ายลงสู่แผ่นพื้นและค้ำยันคือ

ก. เมื่อเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นบนสุด น้ำหนักของแผ่นพื้นที่เทใหม่จะกระจายลงสู่แผ่นพื้นชั้นล่างตามสติฟเนสของแผ่นพื้น โดยผ่านค้ำยันในโครงสร้าง แผ่นพื้นชั้นบนสุดจะยังไม่สามารถแบกรับน้ำหนักได้ ส่วนแผ่นพื้นชั้นล่างจะแบกรับน้ำหนักสะสมเนื่องจากการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นบนสุด ตามขั้นตอนการก่อสร้างแผ่นพื้น และแรงสะสมในค้ำยันที่เพิ่มขึ้นจะคำนวณได้จาก

$$\bar{P}_{I,J} = P_{I,J} + DFN_{I,J} \qquad (2\text{-}10)$$

โดยที่ $\bar{P}_{I,J}$ = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ I หลังการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ J

$P_{I,J}$ = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ I ก่อนการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ J

$DFN_{I,J}$ = สัดส่วนการกระจาย (distribution factor) ของค้ำยันชั้นที่ I เมื่อเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ J

ข. เมื่อถอดค้ำยันชั้นล่างสุดออก น้ำหนักในค้ำยันที่ถอดออกไปก็จะกระจายกลับขึ้นสู่แผ่นพื้นชั้นสูงขึ้นไป โดยผ่านทางค้ำยันตามสติฟเนสของแผ่นพื้นในขณะนั้น และจะทำให้แรงสะสมในค้ำยันมีค่าลดลง ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\bar{P}_{I,K} = P_{I,K} - DFR_{I,K} * P_L \qquad (2\text{-}11)$$

โดยที่ $\bar{P}_{I,K}$ = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ I หลังการถอดค้ำยันชั้นที่ K

$P_{I,K}$ = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ I ก่อนการถอดค้ำยันชั้นที่ K

$DFR_{I,K}$ = สัดส่วนการกระจาย (distribution factor) ของค้ำยันชั้นที่ I เมื่อถอดค้ำยันชั้นที่ K

P_L = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ K

จากสมการ (2-10) และ (2-11) ทำให้สามารถหาค่าของแรงสะสมในค้ำยันในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง และนำแรงสะสมในค้ำยันมาคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงแผ่นพื้นในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้างคือ

$$F(N) = C + P(N+1) - P(N) \qquad (2\text{-}12)$$

โดยที่ $F(N)$ = น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อแผ่นพื้นชั้นที่ N

$P(N+1)$ = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ N+1

$P(N)$ = แรงสะสมในค้ำยันชั้นที่ N

C = 1 - เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา

2.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้าง จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกจะคำนวณหาแรงในค้ำยันตามขั้นตอนการก่อสร้าง โดยใช้โปรแกรมโครงข้อแข็ง 2 มิติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม SAP4 ทำการวิเคราะห์ ส่วนที่สองนำแรงในค้ำยันในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้างมาคำนวณหาค่าสัดส่วนการกระจายน้ำหนักของค้ำยัน(distribution factor) และใช้สมการที่ (2-10), (2-11), (2-12) คำนวณหาน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้น

2.4 พฤติกรรมการถ่ายแรงในค้ำยันและแผ่นพื้น

การศึกษาพฤติกรรมของแรงในเสา ค้ำยันและแผ่นพื้น จะกระทำโดยการวิเคราะห์โครงสร้างแผ่นพื้นไร้คาน ที่มีความหนา 20 ซม. ช่วงเสายาว 6 เมตร ทำการก่อสร้างในอัตรา

7 วันต่อชั้น การใช้ค้ำยันห่าง 1.50 เมตรทั้งสองทิศทาง และสัดส่วนของหน้าตัดเสาต่อหน้าตัดค้ำยันรวมทั้งหมดมีค่า 0.0108 ในการวิเคราะห์ จะแยกเป็นสองกลุ่มการกระจายของน้ำหนักที่ถ่ายลงพื้น เสา และค้ำยันตามพฤติกรรมทางโครงสร้าง ดังรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ผลจากการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นบนสุด

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในรูปที่ 2.15 - 2.18 เป็นแผนภูมิแสดงการกระจายของน้ำหนักจากการเทคอนกรีตชั้นบนสุดผ่านค้ำยันลงสู่แผ่นพื้น และมีบางส่วนถ่ายลงสู่เสาโดยตรง ทั้งนี้ได้พิจารณาให้มีระบบค้ำยันรองรับแปรจาก 1 ชั้นถึง 5 ชั้นดังรายละเอียดที่แสดง จะเห็นว่า น้ำหนักของคอนกรีตชั้นบนสุดจะถ่ายลงค้ำยันเป็นจำนวน 75 % สำหรับระบบค้ำยันที่มี 4 ช่วง ตามแนวความยาวของแผ่นพื้น ส่วนอีก 25 % จะถ่ายลงเสาโดยตรง

เมื่อมีระบบค้ำยันเกินกว่า 2 ชั้น การกระจายของน้ำหนักในค้ำยันจะแตกต่างกันตามจำนวนชั้นของค้ำยันรองรับ มีอัตราเรียงตามลำดับคือ 0.75 , 0.29 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 0.75 , 0.33 และ 0.13 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 0.75 , 0.34 , 0.16 และ 0.08 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับ 0.75 , 0.34 , 0.17 , 0.10 และ 0.06 สำหรับกรณีของห้าชั้นรับตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อจำนวนค้ำยันรองรับเกินกว่า 4 ชั้น ชั้นล่างๆจะรับแรงที่ถ่ายจากชั้นบนเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักชั้นบนสุดที่ถ่ายลงมา

อนึ่งน้ำหนักที่ถ่ายลงค้ำยันจะถ่ายลงแผ่นพื้นเพื่อกระจายเข้าสู่เสา พื้นชั้นบนสุดจะรับน้ำหนักที่ถ่ายจากค้ำยันสูงสุดแล้วค่อยๆลดลงมาตามแต่ละชั้นรองรับลงมาในอัตรา 0.46 และ 0.29 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 0.42 , 0.20 และ 0.13 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 0.41 , 0.18 , 0.08 และ 0.08 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับ 0.41 , 0.17 , 0.07 , 0.04 และ 0.06 สำหรับกรณีของห้าชั้นรับตามลำดับ มีข้อสังเกตว่าเมื่อค้ำยันเกินกว่า 3 ชั้น พื้นชั้นล่างๆจะรับแรงไม่ถึง 10 % ของน้ำหนักคอนกรีตชั้นบนสุดที่เท

ส่วนน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เสานั้นส่วนหนึ่งจะถ่ายลงมาโดยตรงและอีกส่วนหนึ่งจะกระจายเข้าสู่เสาโดยผ่านแผ่นพื้น จึงทำให้น้ำหนักที่ถ่ายลงเสานั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเสาชั้นล่างๆ โดยมี

014315

อัตรา 0.25 , 0.71 และ 1.00 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 0.25 , 0.67 , 0.87 และ 1.00 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 0.25 , 0.66 , 0.84 , 0.92 และ 1.00 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับ 0.25 , 0.66 , 0.83 , 0.90 , 0.94 และ 1.00 สำหรับกรณีของห้าชั้นรับตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการกระจายของแรงในค้ำยันชั้นเดียวกันพบว่า น้ำหนักของแผ่นพื้นที่ถ่ายผ่านค้ำยันจะกระจายเข้าสู่ค้ำยันตัวกลางช่วงจะรับแรงมากที่สุดและค่อยๆมีค่าลดลงเมื่อตำแหน่งของค้ำยันเข้าใกล้เสามากขึ้น โดยอัตราการกระจายของแรงในค้ำยันแต่ละชั้นก็มีค่าแตกต่างกันไปตามจำนวนชั้นของค้ำยันที่รองรับ ในระบบที่มีค้ำยัน 3 ตัวต่อช่วงเสา สัดส่วนของแรงในค้ำยันตัวกลางคานต่อค้ำยันข้างเสาของแต่ละชั้นมีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.44 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 1.44 และ 1.33 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 1.44 , 1.44 และ 1.62 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับตามลำดับ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.23 - 2.25

2.4.2 ผลจากการถอดค้ำยันชั้นล่างสุดออก

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในรูปที่ 2.19 - 2.23 เป็นแผนภูมิแสดงการกระจายของน้ำหนักจากถอดค้ำยันชั้นล่างสุดออกผ่านค้ำยันกลับขึ้นสู่แผ่นพื้นชั้นบน ทั้งนี้ได้พิจารณาให้มีระบบค้ำยันรองรับตั้งแต่ 1 ชั้นจนถึงสูงสุด 5 ชั้นดังรายละเอียดที่แสดง จะเห็นว่า แรงในค้ำยันที่ถอดออกไปทำให้น้ำหนักถ่ายลงแผ่นพื้นมีค่าสูงขึ้นจากเดิม ส่วนแรงในค้ำยันจะมีค่าลดลงกว่าเดิม

เมื่อมีระบบค้ำยันเกินกว่า 2 ชั้น การกระจายของน้ำหนักในค้ำยันจะแตกต่างกันตามจำนวนชั้นของค้ำยันรองรับ มีอัตราเรียงตามลำดับจากค้ำยันชั้นล่างขึ้นไปจนถึงชั้นบนสุดคือ 0.30 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 0.36 และ 0.11 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 0.37 , 0.13 และ 0.04 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับ 0.37 , 0.14 , 0.05 และ 0.02 สำหรับกรณีของห้าชั้นรับตามลำดับ จะเห็นว่าที่ค้ำยันชั้นล่างสุดจะรับแรงสูงสุด และมีค่าประมาณ 36 - 37 % ของน้ำหนักในค้ำยันของชั้นล่างสุดที่ถูกถอดไป

อนึ่งน้ำหนักที่กระจายเข้าค้ำยันจะถ่ายลงแผ่นพื้นเพื่อกระจายเข้าสู่เสา พื้นชั้นล่างสุดจะรับน้ำหนักที่ถ่ายจากค้ำยันสูงสุดแล้วค่อยๆลดลงมาตามแต่ละชั้นรองรับสูงขึ้นไปในอัตรา 0.70 และ 0.30 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 0.64 , 0.25 และ 0.11 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 0.63 , 0.24 , 0.09 และ 0.04 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับ 0.63 , 0.23 , 0.09 , 0.03 และ 0.02 สำหรับกรณีของห้าชั้นรับตามลำดับ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแผ่นพื้นล่างสุดจะแบกรับน้ำหนักในค้ำยันชั้นล่างสุดที่ถอดออกไปถึง 63 % และถ่ายเข้าสู่เสาในที่สุด

ส่วนน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เสานั้นจะกระจายเข้าสู่เสาโดยผ่านแผ่นพื้น จึงทำให้น้ำหนักที่ถ่ายลงเสานั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเสาชั้นล่างๆ โดยมีอัตรา 0.30 และ 1.00 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 0.11 , 0.36 และ 1.00 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 0.04 , 0.13 , 0.37 และ 1.00 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับ 0.02 , 0.05 , 0.14 , 0.37 และ 1.00 สำหรับกรณีของห้าชั้นรับตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการกระจายของแรงในค้ำยันชั้นเดียวกันพบว่า น้ำหนักของค้ำยันที่ถูกถอดไปจะกระจายเข้าสู่ค้ำยันตัวกลางช่วงจะรับแรงมากที่สุดและค่อยๆมีค่าลดลงเมื่อตำแหน่งของค้ำยันเข้าใกล้เสามากขึ้น โดยอัตราการกระจายของแรงในค้ำยันแต่ละชั้นก็มีค่าแตกต่างกันไปตามจำนวนชั้นของค้ำยันที่รองรับในระบบที่มีค้ำยัน 3 ตัวต่อช่วงเสา สัดส่วนของแรงในค้ำยันตัวกลางต่อค้ำยันข้างเสาของแต่ละชั้นมีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.70 สำหรับกรณีของสองชั้นรับ 1.84 และ 1.64 สำหรับกรณีของสามชั้นรับ 1.84 , 1.84 และ 1.70 สำหรับกรณีของสี่ชั้นรับตามลำดับ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.23 - 2.25

2.4.3 <u>แรงสะสมในค้ำยัน แผ่นพื้นและเสาจากขั้นตอนการก่อสร้าง</u>

เมื่อได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแรงในเสา ค้ำยัน และแผ่นพื้นในขั้นตอนการเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นบนสุด หรือการถอดค้ำยันชั้นล่างสุดแล้ว ทำให้สามารถคำนวณหาแรงสะสมในค้ำยัน แผ่นพื้นและเสาในทุกขั้นตอนการก่อสร้างได้ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันออกไปตามขั้นตอนการก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.26 - 2.30

รูปที่ 2.26 แสดงถึงแรงในค้ำยันและน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อมีระบบค้ำยันรองรับ 1 ชั้น พบว่า น้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นจะเกิดในแผ่นพื้นทุกๆชั้นในขั้นตอนการเทคอนกรีตแผ่นพื้นทุกๆชั้น เมื่ออายุของคอนกรีตแผ่นพื้นมีค่าเท่ากับอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้น มีค่า 1.50 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด ส่วนแรงในค้ำยันจะเกิดขึ้นมากที่สุดในขั้นตอนเดียวกันกับเกิดขึ้นในแผ่นพื้นซึ่งมีค่า 0.75 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด

รูปที่ 2.27 แสดงถึงแรงในค้ำยันและน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อมีระบบค้ำยันรองรับ 2 ชั้น พบว่า น้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นจะเกิดในแผ่นพื้นชั้นที่ 2 เมื่ออายุของคอนกรีตแผ่นพื้นมีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้นในการก่อสร้างขั้นตอนเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ 4 มีค่า 1.58 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด ส่วนแรงในค้ำยันจะเกิดขึ้นมากที่สุดในขั้นตอนเดียวกันกับเกิดขึ้นในแผ่นพื้น โดยเกิดขึ้นในค้ำยันชั้นที่ 3 ซึ่งมีค่า 0.83 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด

รูปที่ 2.28 แสดงถึงแรงในค้ำยันและน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อมีระบบค้ำยันรองรับ 3 ชั้น พบว่า น้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นจะเกิดในแผ่นพื้นชั้นที่ 3 เมื่ออายุของคอนกรีตแผ่นพื้นมีค่าเป็นสามเท่าของอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้นในการก่อสร้างขั้นตอนเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ 6 มีค่า 1.60 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด ส่วนแรงในค้ำยันจะเกิดขึ้นมากที่สุดในขั้นตอนเดียวกันกับเกิดขึ้นในแผ่นพื้น โดยเกิดขึ้นในค้ำยันชั้นที่ 4 ซึ่งมีค่า 0.85 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด

รูปที่ 2.29 แสดงถึงแรงในค้ำยันและน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อมีระบบค้ำยันรองรับ 4 ชั้น พบว่า น้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นจะเกิดในแผ่นพื้นชั้นที่ 4 เมื่ออายุของคอนกรีตแผ่นพื้นมีค่าเป็นสี่เท่าของอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้นในการก่อสร้างขั้นตอนเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ 8 มีค่า 1.65 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด ส่วนแรงในค้ำยันจะเกิดขึ้นมากที่สุดในขั้นตอนเดียวกันกับเกิดขึ้นในแผ่นพื้น โดยเกิดขึ้นในค้ำยันชั้นที่ 5 ซึ่งมีค่า 0.90 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด

รูปที่ 2.30 แสดงถึงแรงในค้ำยันและน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อมีระบบค้ำยันรองรับ 5 ชั้น พบว่า น้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นจะเกิดในแผ่นพื้นชั้นที่ 5 เมื่ออายุของคอนกรีตแผ่นพื้นมีค่าเป็นห้าเท่าของอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้นในการก่อสร้างขั้นตอนเทคอนกรีตแผ่นพื้นชั้นที่ 10 มีค่า 1.65 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด ส่วนแรงในค้ำยันจะเกิดขึ้นมากที่สุดในขั้นตอนเดียวกันกับเกิดขึ้นในแผ่นพื้น โดยเกิดขึ้นในค้ำยันชั้นที่ 6 ซึ่งมีค่า 0.90 เท่าของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด

จากการวิเคราะห์แรงสะสมในค้ำยันและแผ่นพื้น จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อมีระบบค้ำยันมากกว่า 2 ชั้น น้ำหนักบรรทุกสะสมจะมีค่าประมาณ 1.60 - 1.65 เท่าของน้ำหนักบรรทุกชั้นบนสุด และน้ำหนักในค้ำยันจะมีค่าสูงสุด ประมาณ 0.83 - 0.90 เท่าของน้ำหนักบรรทุกของน้ำหนักชั้นบนสุด

2.5 ผลกระทบต่อน้ำหนักที่ถ่ายลงแผ่นพื้นจากเทคนิคการก่อสร้าง

จากการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างตามขั้นตอนการก่อสร้างตามรูปที่ 2.10 ถึง 2.14 โดยทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้น ซึ่งน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างจะมีค่าเปลี่ยนไปตามขั้นตอนการก่อสร้าง แต่น้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดที่กระทำต่อโครงสร้างจะเป็นตัวบ่งชี้ความปลอดภัยหรือความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในแต่ละโครงสร้าง

2.5.1 อัตราการก่อสร้าง

น้ำหนักบรรทุกสะสมที่มากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นตามอัตราการก่อสร้าง ที่วิเคราะห์แปรจาก 3 วันไปจนถึง 15 วันจากรูปที่ 2.31 จะเห็นว่าทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกสะสมมากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าลดลงในอัตราที่ช้าลง กล่าวคือในช่วงแรกอัตราการก่อสร้างจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงที่อัตราการก่อสร้างน้อยกว่า 7 วัน และมีค่าคงที่เมื่ออัตราการก่อสร้างมีค่าสูงกว่า 7 วัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการก่อสร้างมีค่าไม่เกิน 4 % ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอัตราการก่อสร้างแผ่นพื้นต่อชั้นมีผลกระทบน้อยมากต่อน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้น

2.5.2 พื้นที่หน้าตัดของค้ำยัน

พื้นที่หน้าตัดของค้ำยันมีอิทธิพลต่อการแบกรับน้ำหนักของค้ำยันและเสา ตามที่แสดงในรูปที่ 2.32 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกสะสมมากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นกับพื้นที่หน้าตัดของค้ำยัน จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของค้ำยันจาก 0.5 ซม^2 ไปจนถึง 30 ซม^2 จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพื้นที่หน้าตัดของค้ำยันมีค่าน้อยกว่า 12 ซม^2 หรือเป็นสัดส่วน 0.0144 เท่าของหน้าตัดเสาจะทำให้การถ่ายแรงลงสู่ค้ำยันและแผ่นพื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของหน้าตัด แต่เมื่อพื้นที่หน้าตัดของค้ำยันมีค่าเกินกว่า 12 ซม^2 จะทำให้การกระจายน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างได้ดีขึ้น แต่การกระจายน้ำหนักลงสู่ค้ำยันและแผ่นพื้นมีผลน้อยลง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงขนาดของค้ำยันจะมีผลต่อการถ่ายน้ำหนักเข้าสู่ค้ำยันและแผ่นพื้นต่างกันประมาณ 8 % จึงถือว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของค้ำยันมีผลกระทบไม่มากนักต่อน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้น

2.5.3 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

ถ้ากำหนดให้การพัฒนากำลังของคอนกรีตยังคงเป็นไปตามกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนกำลังอัดของคอนกรีตต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วันกับอายุของคอนกรีตดังแสดงในรูปที่ 2.4 และเมื่อกำหนดให้กำลังประลัยของคอนกรีตที่ 28 วันแตกต่างออกไป ผลแสดงในรูปที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกสะสมมากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นกับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วัน จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วันจาก 250 กก/ ซม^2 ไปจนถึง 400 กก/ซม^2 จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอ โดยมีค่าลดลงน้อยกว่า 1 % ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดประลัยมีผลกระทบต่อน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นน้อยมาก

2.5.4 ความหนาของแผ่นพื้นไร้คาน

ความหนาของแผ่นพื้นไร้คานจะมีผลกระทบโดยตรงกับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำในขณะที่เทชั้นบนสุดดังแสดงในรูปที่ 2.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อ

แผ่นพื้นเปรียบเทียบกับความหนาของแผ่นพื้น โดยที่ยังคงความยาวช่วงของค้ำยันและตัวแปรอื่นๆ ไว้เช่นเดิม จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความหนาของแผ่นพื้นจาก 15 ซม. ไปจนถึง 30 ซม. จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าลดลง และมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 % ทั้งนี้เพราะการเพิ่มความหนาของแผ่นพื้นเป็นการเพิ่มสติฟเนสของระบบไปด้วยเมื่อคอนกรีตแข็งตัว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความหนาของแผ่นพื้นไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นแต่อย่างใด

2.5.5 <u>ช่วงยาวของแผ่นพื้น</u>

ช่วงยาวของแผ่นพื้นจะมีผลในการถ่ายแรงของแผ่นพื้นโดยเฉพาะเมื่อถอดค้ำยันชั้นล่างสุด ส่วนชั้นบนๆจะมีผลน้อย เพราะเมื่อมีการเพิ่มช่วงยาวของแผ่นพื้นจะมีการเพิ่มจำนวนค้ำยัน จึงอาจมีผลน้อยต่อสติฟเนสของแผ่นพื้นในระหว่างการก่อสร้าง รูปที่ 2.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นกับความยาวช่วงคาน จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความยาวช่วงคานจาก 400 ซม. ไปจนถึง 700 ซม. โดยที่ยังคงความยาวช่วงของค้ำยัน จะทำให้สัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอ และมีค่าแตกต่างกันประมาณ 1 % ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความยาวช่วงคานไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นเลย

2.5.6 <u>ชนิดของคอนกรีต</u>

คอนกรีตอาจแยกตามชนิดของการพัฒนากำลังดังแสดงในรูปที่ 2.4 คือคอนกรีตทั่วไปจะพัฒนากำลัง 50 % ที่อายุ 7 วัน และเพิ่มเป็น 75 % ที่ 14 วัน และเป็น 100 % ที่อายุ 28 วัน ในขณะที่การพัฒนากำลังของคอนกรีตแบบแข็งตัวเร็วตามแบบที่ 3 จะให้กำลัง 70 % ที่ 3 วันและ 80 % ที่ 7 วัน แต่มาในปัจจุบันในการก่อสร้างสามารถทำคอนกรีตให้แข็งตัวเร็วโดยสามารถพัฒนากำลังได้ถึง 80 % ภายใน 3 วันโดยใช้สารเคมีผสมเพิ่ม ตามที่แสดงในรูปที่ 2.36 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นกับชนิดของคอนกรีตที่ใช้ แยกเป็นคอนกรีตชนิด A, B และ C ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตจะมีผลกระทบอย่างมากต่อน้ำหนักบรรทุกสะสมที่ถ่ายลงแผ่นพื้น กล่าวคือถ้าคอนกรีตที่พัฒนากำลังเร็ว จะทำให้น้ำหนักบรรทุกสะสมที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าน้อยลง และถ้าใช้อัตราการ

ก่อสร้างเกินกว่า 7 วันต่อชั้นก็ยิ่งจะมีผลน้อยลงอีก

2.5.7 ระยะห่างของระบบค้ำยัน

ระยะห่างของระบบค้ำยันจะมีผลกระทบโดยตรงต่อค่าสติฟเนสของแผ่นพื้นในการวิเคราะห์ รูปที่ 2.38 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นเปรียบเทียบกับระยะห่างของค้ำยัน ตามที่วิเคราะห์ใช้ระยะ 60 120 180 และ 240 ซม. จะพบว่าเมื่อระยะห่างของค้ำยันเพิ่มขึ้นทั้งด้านกว้างและด้านยาวของแบบจำลองโครงสร้าง ทำให้จำนวนของค้ำยันที่ใช้น้อยลง การกระจายของน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นคอนกรีตที่เทชั้นบนสุดจะกระจายเข้าสู่เสาของโครงสร้างมากขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสัดส่วนน้ำหนักสะสมสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นพื้นมีค่าลดลงตามระยะห่างที่ใช้ ค่าความเปลี่ยนแปลงมีค่าประมาณถึง 9 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย