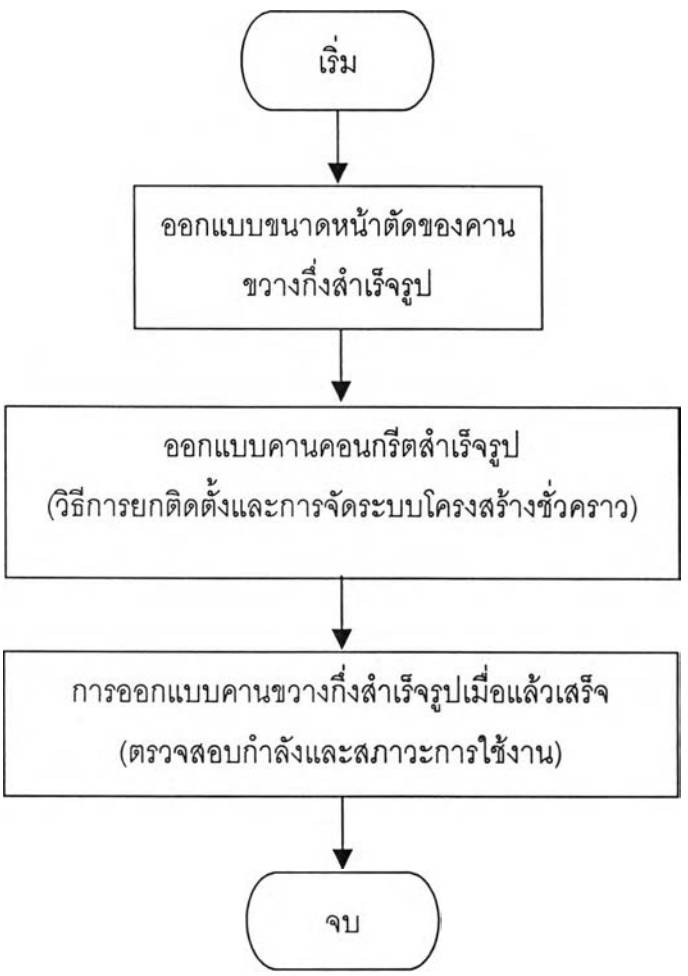
บทที่ 5
แนวทางการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูป

จากที่ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของคานขวางกึ่งสำเร็จรูปในบทที่ 4 สามารถนำมาสรุปเป็นแนวทางการออกแบบในบทนี้ รูปที่ 5.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูป โดยจะเริ่มจากการหาขนาดของคานขวางให้มีกำลังรับแรงเฉือนในส่วนของบ่ารองรับ และกำลังรับโมเมนต์ดัดของคานขวางเพียงพอต่อการต้านทานน้ำหนักกระทำทั้งหมด จากนั้นการออกแบบคานสำเร็จรูปซึ่งรวมถึงการออกแบบวิธีการยกติดตั้งและการออกแบบระบบโครงสร้างชั่วคราวขณะทำการหล่อในที่ เมื่อเป็นคานขวางกึ่งสำเร็จรูปที่แล้วเสร็จแล้วการแอ่นตัวในสภาวะการใช้งานจะต้องทำการประเมินเพื่อให้อยู่ในข้อกำหนดที่ยอมรับทั่วไป



รูปที่ 5.1 แผนผังการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูป

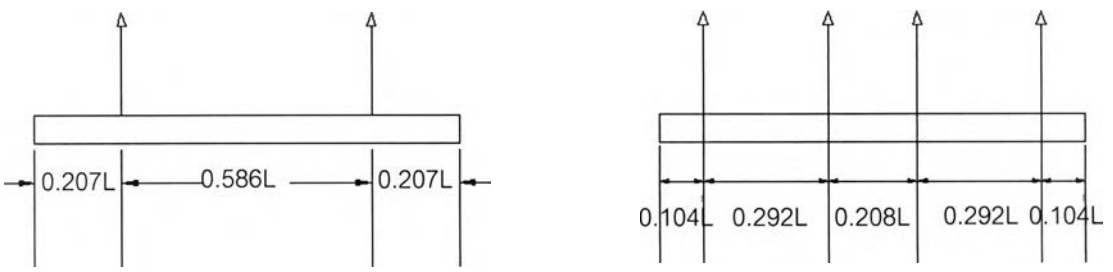
5.1 ขนาดคานขวางกึ่งสำเร็จรูป

ในการศึกษานี้จะกำหนดกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก (f'_c) ไว้เท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำหนดความหนาของบ่า(t_f)จากน้ำหนักที่คานขวางต้องต้านทานซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของคานหลักที่มีความยาวช่วงแตกต่างกัน และจำนวนช่องทางการจราจร ความกว้างของบ่า (b_s) จะถูกกำหนดโดยความกว้างของแผ่นยางที่รองรับคานหลัก ความสูงของเอว(t_w)จะถูกกำหนดโดยความสูงของคานหลัก และความกว้างของเอว(b_w)จะต้องเพียงพอที่จะรับโมเมนต์ดัด ขนาดของคานขวางที่รองรับคานหลัก I T U และ Box ซึ่งรองรับช่องจราจร 3,4 และ 6 ช่องแสดงในตาราง 5.1

5.2 คานขวางส่วนสำเร็จรูป

ในการศึกษานี้คานขวางส่วนสำเร็จรูป มีความหนาเท่ากับความหนาของส่วนบ่ารองรับ และมีความกว้างเท่ากับความกว้างส่วนบ่ารองรับ ปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานขวางทั้งหมดจะต้องเสริมเป็นเหล็กล่าง และเนื่องจากขณะทำการยกติดตั้งจะมีค่าโมเมนต์ลบเกิดขึ้น ดังนั้นในคานสำเร็จรูปนี้จะต้องทำการเสริมเหล็กบน ในการศึกษานี้จะกำหนดให้เสริมเหล็กบนด้วยปริมาณการเสริมเหล็กรับแรงดัดน้อยสุดที่มาตรฐาน ACI318-05 กำหนดไว้

สิ่งสำคัญในการออกแบบคานสำเร็จรูปคือการพิจารณาถึงการยกติดตั้ง และการจัดทำระบบโครงสร้างชั่วคราวเพื่อทำการเทคอนกรีตในที่ จากการศึกษานี้พบว่าต้องใช้จุดยก 2 จุด สำหรับในกรณีที่มี 3 ช่องจราจร และใช้ 4 จุด สำหรับในกรณีที่มี 4 และ 6 ช่องจราจร โดยตำแหน่งจุดยกที่เหมาะสมได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.2



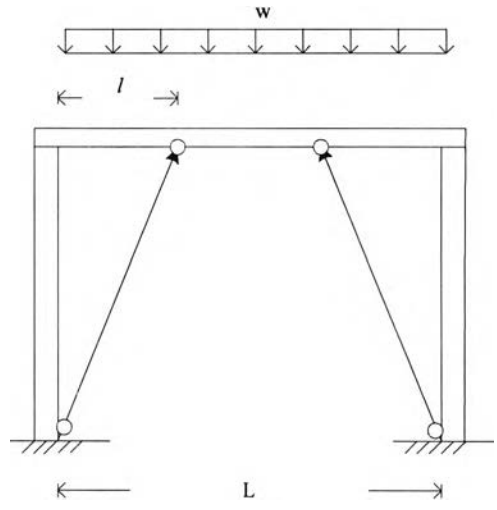
() กรณีที่มีจุดยก 2 จุด (ข) กรณีที่มีจุดยก 4 จุด

รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งจุดยกที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.1 การออกแบบขนาดหน้าตัดของคานขวางกึ่งสำเร็จรูป

ชนิดของคานหลัก	ความยาวช่วงคานหลัก (เมตร)	จำนวนช่องจราจร	แผ่นยางรองรับ (เมตร x เมตร)	ความหนาของบ่า (เมตร)	ความกว้างของบ่า (เมตร)	ความสูงของเอว (เมตร)	ความกว้างของเอว (เมตร)
I Type IV	30	3 4 6	0.40 x 0.25	0.40	0.50	0.90 0.90 1.30	1.5 2.5 2.5
U girder (t = 1.75 ม.)	32	3 4 6	0.60 x 0.30	0.50	0.60	0.90 1.70 1.70	0.75 1.25 1.80
T girder	35	3 4 6	0.40 x 0.40	0.50	0.80	1.70 1.70 1.70	0.75 1.00 1.50
Box girder (D2)	45	- 4 -	0.70 x 0.60	0.70	1.20	- 1.70 -	- 1.25 -
Box girder (D3)	45	3 - 6	0.85 x 0.60	0.80	1.20	1.60 - 1.60	1.00 - 2.00

สำหรับการจัดระบบโครงสร้างชั่วคราวเพื่อรับน้ำหนักระหว่างทำการเทคอนกรีตในที่ ในการศึกษานี้จะใช้ระบบดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ระบบโครงสร้างชั่วคราว

จากการศึกษาในบทที่ 4 จะได้อัตราส่วนระหว่างระยะค้ำยันต่อความยาวช่วงคานสำเร็จรูป (l/L) ที่ควบคุมไม่ให้เกิดหน่วยแรงเกินค่าโมดูลัสแตกร้าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนช่องการจราจร (ความยาวช่วงของคานขวาง) และ ชนิดคานหลัก โดยค่าอัตราส่วนระยะค้ำยัน(l/L)= 0.2 สามารถควบคุมโมเมนต์ดัดไม่ให้เกินโมเมนต์ดัดแตกร้าวได้สำหรับคานขวางรองรับ 3 ช่องจราจร (14.8เมตร) อัตราส่วน(l/L) = 0.3 สำหรับคานขวางที่รองรับ 4 และ 6 ช่องจราจรโดยคานขวางที่รองรับ 6 ช่องทางจราจรจะต้องมีการอัดแรงในคานขวางส่วนสำเร็จรูป สรุปของตำแหน่งค้ำยันชั่วคราวและจุดยกแสดงในตารางที่ 5.2

5.3 คานขวางกึ่งสำเร็จแล้วเสร็จ

ในการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูปจะพิจารณาจากค่าโมเมนต์ดัดกระทำที่หน้าตัดของคานขวาง ค่าโมเมนต์ดัดที่คานขวางจะต้องรองรับในช่วงการใช้งานแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าค่าโมเมนต์ดัดกระทำที่หน้าตัดของคานขวางซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนช่องจราจร ดังนั้นในการศึกษานี้จึงกำหนดให้คานขวางรองรับช่องจราจรน้อยกว่า 6 ช่อง สามารถออกแบบคานขวางให้เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก สำหรับคานขวางรองรับช่องจราจร 6 ช่อง จะต้องออกแบบเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงเพื่อให้มีกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดเพียงพอ

ตารางที่ 5.2 การออกแบบคานคอนกรีตสำเร็จรูป

ชนิดของคานหลัก	ความยาวช่วงคานหลัก (เมตร)	จำนวนช่องจราจร	ความหนาของคาน (เมตร)	ความกว้างของคาน (เมตร)	จำนวนจุดยก	ระยะค้ำยัน (l/L)
I Type IV	30	3 4 6	0.40	2.5 3.5 3.5	2 4 4	0.20 0.20 0.30
U girder (t = 1.75 ม.)	32	3 4 6	0.50	1.95 2.45 3.00	2 4 4	0.20 0.30 0.27
T girder	35	3 4 6	0.50	2.35 2.60 3.10	2 4 4	0.20 0.30 0.27
Box girder (D2)	45	- 4 -	0.70	- 3.65 -	- 4 -	- 0.30 -
Box girder (D3)	45	3 - 6	0.80	3.40 - 4.40	2 - 4	0.27 - 0.27

ตารางที่ 5.3 ค่าโมเมนต์ในช่วงใช้งานด้านทานโดยคานขวางกึ่งสำเร็จ

ชนิดของคานหลัก	จำนวนช่องทางจราจร	ความยาวช่วงของคานขวาง (เมตร)	ค่าโมเมนต์ดัดกระทำที่หน้าตัดคานขวาง (กก.- ม.)	กำลังรับโมเมนต์ดัดของหน้าตัดคานขวาง (กก.- ม.)	ลักษณะโครงสร้าง*
I	3	14.8	846168	1053349	RC
	4	21.4	1650333	1758911	RC
	6	29.6	3110394	5014968	PC
T	3	14.8	1146156	1600109	RC
	4	21.4	2047847	2266932	RC
	6	29.6	3702167	5092275	PC
U	3	14.8	988312	16601169	RC
	4	21.4	1950170	2213546	RC
	6	29.6	3159019	5092275	PC
Box D2	4	21.4	3078799	3074795	RC
Box D3	3	14.8	2563739	2564836	RC
	6	20.6	4552696	6270879	PC

*RC คือ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก, PC คือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรง

5.4 การตรวจสอบการแอ่นตัวและขนาดรอยแตกร้าวในสภาวะใช้งาน

จากหน้าตัดของคานขวางและการเสริมเหล็กดังได้กล่าวไว้ข้างต้น เมื่อทำการหล่อแล้วเสร็จจะต้องทำการตรวจสอบคานขวางในสภาวะใช้งาน ได้แก่ กำลังรับโมเมนต์สูงสุด การแอ่นตัว และการคำนวณความกว้างของรอยแตกร้าว ตารางที่ 5.4 สรุปค่าการแอ่นตัวและความกว้างของรอยแตกร้าวของคานขวางกึ่งสำเร็จรูปในสภาวะใช้งาน

ตารางที่ 5.4 ค่าการแอ่นตัวและความกว้างของรอยแตกร้าวที่สภาวะใช้งาน

ชนิดของคานหลัก	ความยาวช่วงคานหลัก (เมตร)	จำนวนช่องจราจร	ค่าการแอ่นตัว (มม.)	ความกว้างของรอยแตกร้าว (มม.)
I Type IV	30	3 4 6	10.0 17.0 15.5	0.2028 0.2030
U girder (t = 1.75 ม.)	32	3 4 6	6.0 14.1 12.6	0.1577 0.2160
T girder	35	3 4 6	4.5 9.8 5.8	0.1577 0.2160
Box girder (D2)	45	- 4 -	- 10.8 -	- 0.0204 -
Box girder (D3)	45	3 - 6	6.5 - 22.2	0.0208 - -