

บทที่ 2

การก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป



2.1 แนวคิดในการก่อสร้างคานขวางกึ่งสำเร็จรูป

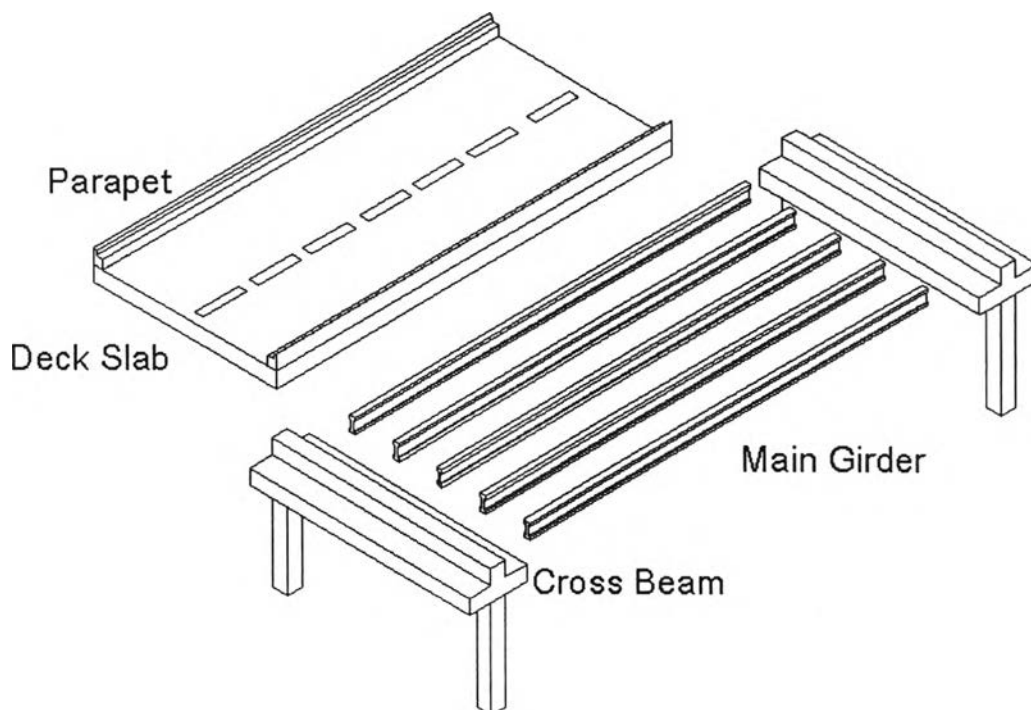
ในงานวิจัยนี้จะศึกษาพฤติกรรมของคานขวางรูปตัวทีที่นึ่งสำเร็จรูป คานขวางเมื่อประกอบกับเสาที่ปลายคานขวางเป็นโครงข้อแข็งของโครงสร้างทางยกระดับนี้จัดเป็นโครงสร้างส่วนล่าง (substructure) ทำหน้าที่ในการรองรับคานหลัก (main girder) และถ่ายแรงจากโครงสร้างส่วนบน (superstructure) ลงสู่เสาตอม่อและฐานราก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 คานขวางที่ทำการศึกษาคำหนดให้มีขนาดรองรับช่องทางจราจรในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 6 ช่องทางจราจร และรองรับคานหลักที่มีความยาวช่วง (span length) ตั้งแต่ 20 ถึง 45 เมตร โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของหน้าตัดคานหลัก ทั้งนี้ได้กำหนดลักษณะของหน้าตัดของคานหลักที่พิจารณาไว้ 4 รูปแบบ คือ คานหล่อสำเร็จรูปตัวไอ ชนิดที่ 4 (precast I girder type IV), คานหล่อสำเร็จรูปตัวที (precast T girder), คานหล่อสำเร็จรูปตัวยู (precast U girder), และคานหล่อสำเร็จรูปแบบกล่อง (precast Box girder) ซึ่งคานหลัก ดังกล่าวกำหนดให้เป็นคานที่ตั้งอยู่บนฐานรองรับแบบธรรมดา (simple supported beam) ดังนั้นน้ำหนักที่ถ่ายมาจากคานหลักลงบนคานขวางจึงมีเพียงน้ำหนักในแนวตั้งเท่านั้น

โดยทั่วไปขนาดหน้าตัดของคานขวางจะพิจารณาให้มีกำลังรับแรงเฉือนและกำลังรับแรงดัดเพียงพอ โดยทฤษฎีการคำนวณกำลังรับแรงเฉือนและกำลังรับแรงดัดจะกล่าวถึงในบทต่อไป การกำหนดขนาดหน้าตัดสรุปไว้ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.2 ประกอบ)

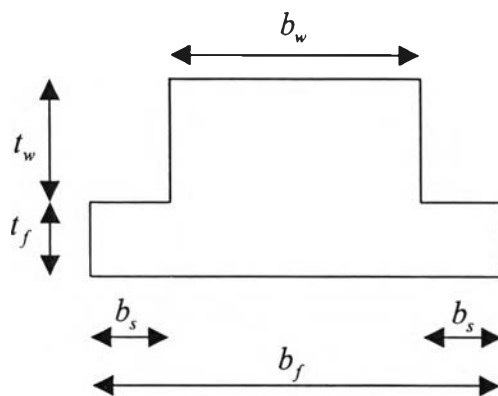
- ความหนาของบารองรับ (t_f) ของหน้าตัดคานขวางต้องเพียงพอที่จะสามารถต้านทานแรงเฉือนซึ่งเกิดจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ถ่ายแรงมาจากคานหลัก ส่วนความยาวของบ่าที่ยื่นออกมา (b_f) ต้องเพียงพอที่จะรองรับคานหลักได้

- การหาความลึกในส่วนเอว (t_w) ของคานขวางจะถูกกำหนดด้วยความลึกของคานหลัก ดังนั้นความกว้างของส่วนเอว (b_w) จะต้องกว้างพอที่จะทำให้หน้าตัดคานขวางมีกำลังรับโมเมนต์ดัดสูงกว่าโมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำหนักกระทำที่สภาวะใช้งาน

- ความยาวช่วงของคานขวางจะถูกกำหนดจากจำนวนช่องทางจราจรและระยะห่าง (spacing) ระหว่างคานหลัก



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางยกระดับที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

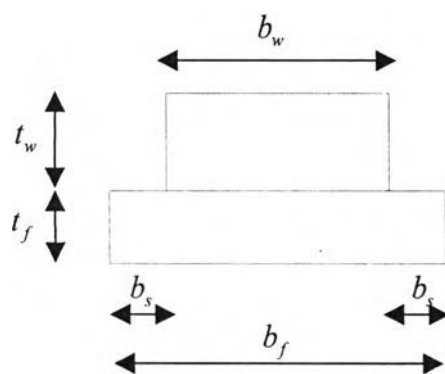


รูปที่ 2.2 ขนาดหน้าตัดของคานตัวที่หยาย

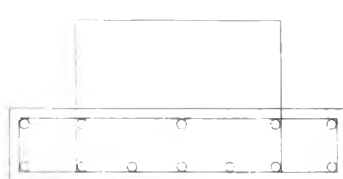
แนวคิดของการก่อสร้างคานขวางรูปตัวที่หยายก็สำเร็จรูปคือการก่อสร้างซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการใช้บางส่วนของคานขวางซึ่งทำการหล่อหรือผลิตมาจากสถานที่อื่นซึ่งไม่ใช่บริเวณที่ทำการก่อสร้างโดยเรียกชิ้นส่วนของโครงสร้างลักษณะนี้ว่า *ชิ้นส่วนสำเร็จรูป* และเมื่อติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับเสาเรียบร้อยแล้วจะทำการหล่อส่วนที่เหลือของคานขวางโดยใช้ประโยชน์จากชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ได้ติดตั้งไว้แล้วให้เป็นส่วนหนึ่งของแบบหล่อซึ่งเรียกส่วนที่หล่อในที่ว่า *ชิ้น*

ส่วนหล่อในที่ เมื่อทำการหล่อในที่เสร็จแล้วจะได้โครงสร้างที่ต้องการซึ่งเรียกชิ้นส่วนของโครงสร้างนี้ว่า ชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป

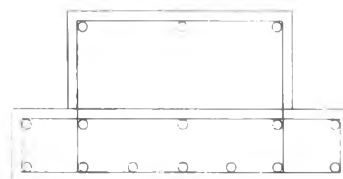
การออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การออกแบบหน้าตัดคานขวางและปริมาณเหล็กเสริมให้มีกำลังรับแรงเฉือนและกำลังรับแรงดัดเพียงพอในการต้านทานแรงกระทำจากภายนอกทั้งหมดในสภาวะใช้งานจริง หลังจากนั้นจึงจะออกแบบคานขวางสำเร็จรูปให้มีขนาดที่เพียงพอที่จะรับน้ำหนักของตัวคานขวางสำเร็จรูปเอง และน้ำหนักภายนอกในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง ดังนั้นการก่อสร้างคานขวางในระบบกึ่งสำเร็จรูปนี้มีลักษณะพิเศษที่ขนาดของหน้าตัดและพฤติกรรมของคานขวางจะเปลี่ยนแปลงไปตามขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการก่อสร้างนั้นคานขวางจะต้องมีกำลังต้านทานต่อแรงภายนอกที่มากระทำในแต่ละขั้นตอนของการก่อสร้างได้ อีกทั้งเมื่อเสร็จสิ้นการก่อสร้างแล้วคานขวางจะต้องมีกำลังต้านทานต่อแรงภายนอกที่เกิดขึ้นและมีสมรรถนะตามข้อกำหนดที่ใช้อ้างอิงได้



ก. รูปหน้าตัดของคานขวางแบ่งส่วนคานสำเร็จรูปและส่วนหล่อในที่



ข. การเสริมเหล็กในขั้นตอนการทำคานสำเร็จรูป



ค. การเสริมเหล็กเมื่อหล่อส่วนในที่แล้วเสร็จ

รูปที่ 2.3 หน้าตัดคานขวางกึ่งสำเร็จรูปตามขั้นตอนการก่อสร้าง

2.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง

หลังจากที่ได้ออกแบบขนาดคานขวางกึ่งสำเร็จรูปและปริมาณเหล็กเสริมเพื่อให้มีกำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงเฉือนเพียงพอแล้ว ในการดำเนินงานก่อสร้างจะแบ่งขั้นตอนการก่อสร้างคานขวางกึ่งสำเร็จรูปเป็น 4 ขั้นตอนหลัก โดยหน้าตัดของคานขวางและรูปแบบโครงสร้างและน้ำหนักที่กระทำจะเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละขั้นตอนในการก่อสร้าง ซึ่งแบ่งขั้นตอนต่างๆ ออกเป็นดังต่อไปนี้

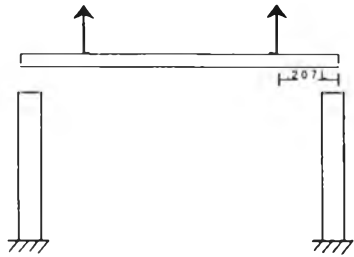
1. ขั้นตอนการเตรียมคานขวางสำเร็จรูป ในการศึกษานี้จะพิจารณาส่วนที่ใช้เป็นบารองรับเป็นส่วนของคานขวางสำเร็จรูป โดยในขั้นตอนนี้ปริมาณเหล็กเสริมล่างและเหล็กปลอกที่ได้ออกแบบไว้จะต้องจัดเรียงให้ครบถ้วนในขั้นตอนนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

2. ขั้นตอนการยก (lifting) โดยพิจารณาน้ำหนักของชิ้นส่วนของคานขวางสำเร็จรูปซึ่งส่งผลให้จุดยกต้องถูกกำหนดเพื่อป้องกันไม่ให้โมเมนต์ดัดเกินโมเมนต์ดัดแตกร้าของคอนกรีต อีกทั้งน้ำหนักของคานขวางคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องถูกจำกัดไว้เช่นกัน โดยไม่ให้เกินน้ำหนักที่รถยก (mobile crane) สามารถจะยกได้ดังแสดงในรูปที่ 2.4(ก) สิ่งสำคัญในขั้นตอนนี้คือการระบุตำแหน่งของจุดยกเพื่อให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการยกไม่เกินหน่วยแรงแตกร้า

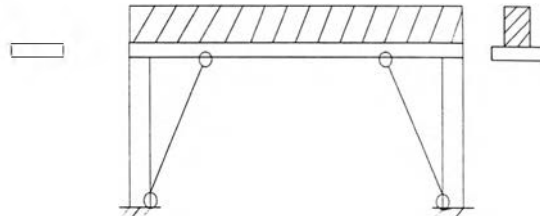
3. ขั้นตอนการหล่อในที่ หลังจากการติดตั้งคานขวางสำเร็จรูปและทำการหล่อในที่บริเวณส่วนเอวของคานขวาง หน้าตัดที่รับแรงในขั้นตอนนี้คือหน้าตัดของคานขวางสำเร็จรูป เพื่อระมัดระวังไม่ให้คานสำเร็จรูปเกิดการแตกร้าในขณะรับแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ของคอนกรีตสดและน้ำหนักบรรทุกจรในขณะการก่อสร้างจึงจำเป็นต้องมีการค้ำยันคานสำเร็จรูปนี้ไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4(ข) ซึ่งพฤติกรรมของโครงสร้างจะเป็นคานต่อเนื่อง 3 ช่วง ซึ่งเรียกระบบโครงสร้างในขั้นตอนนี้ว่า ระบบโครงสร้างชั่วคราว ในกรณีที่เป็นคานขวางเสริมเหล็กอัดแรงอาจมีความจำเป็นต้องทำการอัดแรงให้แก่คานขวางสำเร็จรูปก่อนที่จะมีการหล่อในที่ของบริเวณส่วนเอวของคานขวางเพื่อให้คานขวางสำเร็จรูปมีกำลังต้านทานเพียงพอต่อน้ำหนักภายนอกที่มากระทำขณะทำการก่อสร้างและลดปัญหาจากการโก่งตัวของโครงสร้าง

4. ขั้นตอนการติดตั้งคานหลัก เมื่อทำการหล่อส่วนเอวของคานขวางสำเร็จรูปแล้ว คานขวางที่ทำการหล่อเสร็จแล้วจะกลายเป็นคานขวางเชิงประกอบซึ่งพร้อมสำหรับการติดตั้งคานหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.4(ค) โดยพฤติกรรมของคานขวางเชิงประกอบซึ่งติดตั้งอยู่บนเสารองรับมีพฤติกรรมเสมือนเป็นโครงข้อแข็ง (Portal Frame)

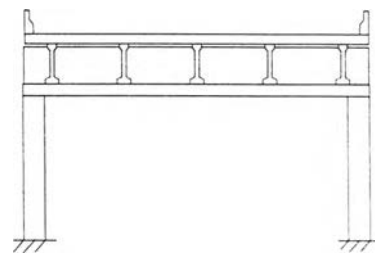
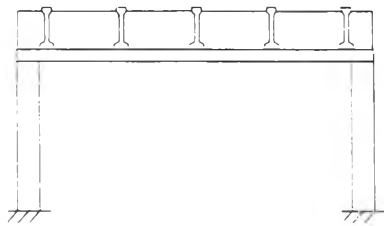
ขั้นตอนติดตั้งแผ่นพื้นและแผงกั้นริมทาง ซึ่งเมื่อเสร็จขั้นตอนนี้ โครงสร้างทางยกระดับก็จะแล้วเสร็จดังแสดงในรูปที่ 2.4(ง) ซึ่งสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุก HS-20-44 ตามมาตรฐานของ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) ได้



ก. ขั้นตอนการยกคานสำเร็จรูป



ข. โครงสร้างชั่วคราวขณะทำการหล่อส่วน
เอวของคานขวาง



ค. การติดตั้งคานหลักบนคานขวางเชิงประกอบ ง. โครงสร้างแล้วเสร็จเมื่อทำการติดตั้งพื้นถนน
และแผงริมทาง

รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการก่อสร้างคานขวาง