การศึกษาแนวทางการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูปแบบยื่นสำหรับทางยกระดับ

นาย ปิติพงศ์ ศีลาเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-1985-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY FOR DESIGN GUIDELINES OF SEMI-PREFABRICATED CANTILEVER CROSSHEADS FOR ELEVATED HIGHWAYS

Mr. Pitipong Seelacharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-14-1985-6

481674

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาแนวทางการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูปแบบยื่นสำหรับทางยกระดับ
โดย	นาย ปิติพงศ์ ศีลาเจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ สิ้มสุวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วัฒนชัย สมิทธากร)

ปิติพงศ์ ศีลาเจริญ : การศึกษาแนวทางการออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูปแบบยื่น สำหรับทางยกระดับ (THE STUDY FOR DESIGN GUILDELINES OF SEMI-PREFABRICATED CANTILEVER CROSSHEAD FOR ELEVATED HIGHWAYS) อ.ที่ปรึกษา: ศ.ดร เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ 56หน้า ISBN 974-14-1985-6

การศึกษาเพื่อนำระบบก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปของคานขวางรูปตัวทีหงายแบบยื่นสำหรับทางยกระดับ พิจารณาเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ขนส่งยกขึ้นติดตั้งให้เป็นแบบหล่อของชิ้นส่วนโครงสร้างหล่อใน ที่โดยพิจารณาออกแบบคานขวางกึ่งสำเร็จรูปแบบยื่นรองรับคานหลักรูปตัวไอ,รูปตัวที, รูปตัวยู และรูปแบบกล่อง ที่กำหนดความยาวช่วงที่เหมาะสมที่สุด แต่ละหน้าตัดที่30,35,32 และ 45 เมตรตามลำดับ ตามสภาพการใช้งานภายใต้เงื่อนไขและข้อกำหนดทั้งระหว่างการก่อสร้างและเพื่อการใช้สอยระยะยาว แนวทางการศึกษาได้กำหนดความหนาชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากพฤติกรรมรับแรงเฉือนของบ่ารองรับคานหลัก กำหนดความกว้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากพฤติกรรมการดัดของคานขวางที่แล้วเสร็จมีความสูงเท่าเทียมกับคานหลักที่สามารถเสริมเหล็กหรืออัดแรงให้รับแรงและน้ำหนักบรรทุกการใช้งานได้โดยสมบูรณ์ ส่วนจุดยกและการจัดระบบค้ำยันระหว่างการก่อสร้าง จะควบคุมให้หน้าตัดวิกฤติไม่เกินพิกัดของโมดูลัสแตกร้าว จากการศึกษาพฤติกรรมของคานขวางส่วนสำเร็จรูปพบว่าความหนาของส่วนสำเร็จรูปถูกควบคุมโดยพฤติกรรมการรับแรงเฉือน ที่เป็นพฤติกรรมร่วมของแรงเฉือนแบบทะลุ แรงเฉือนแบบบ่าคาน และ แรงเฉือนจากแบบจำลองแรงอัดและแรงดึงภายใน ได้ความหนาที่40 ซม. สำหรับคานหลักรูปตัวไอ 50 ซม.สำหรับคานหลักรูปที และรูปยู และได้ความหนา 80 ซม.สำหรับคานหลักรูปแบบกล่อง การกำหนดจุดยกของชิ้นส่วนสำเร็จรูปพิจารณาน้ำหนัก,ความยาวช่วงยกโดยที่หน่วยแรงไม่เกินพิกัดของโมดูลัสแตกร้าวพบว่าคานขวางสำหรับ 1-4 ช่องทางจราจรสามารถใช้ 2 จุดยก การจัดระบบโครงสร้างชั่วคราวให้ตำแหน่งค้ำยันรองรับน้ำหนักบรรทุกระหว่างก่อสร้างและควบคุมพิกัดการแตกร้าวพบว่า ตำแหน่งค้ำยันชั่วคราวอยู่ที่ระยะจากเสา 0.15- 0.25 ของความยาวของคานขวางสำหรับ 2 ช่องจราจรและ0.4-0.5ของความยาวคานขวางสำหรับ3 และ0.5-0.7 ของความยาวคานขวางสำหรับ 4 ช่องจราจร

ในการออกแบบคานขวางของระบบโครงสร้างที่แล้วเสร็จเป็นคานยื่น ให้เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก สำหรับ 1-3 ช่องจราจรอาจใช้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปริมาณเหล็กเสริมอยู่ในพิกัด $\rho \sim 1.3\%$ และสำหรับ 4 ช่องจราจรใช้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปริมาณเหล็กเสริมอยู่ในพิกัด $\rho \sim 1.8\%$ การการตรวจสอบ ความสามารถการใช้งานทางด้านกำลังการแอ่นตัว และ การแตกร้าวด้วยการวิเคราะห์หน้าตัดโครงสร้างพบว่า คานขวางกึ่งสำเร็จรูปยังคงให้กำลังได้ดีเทียบเท่าการก่อสร้างตามปกติ ส่วนการแอ่นตัวและรอยแตกร้าวมีปรากฏบ้างในบางจุด แต่น้อยกว่าพิกัดมากๆจนสามารถสรุปได้ว่าการก่อสร้างในระบบกึ่งสำเร็จรูป ให้สมรรถนะการใช้งานได้เท่ากันทุกประการ

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2548

457 04200 21 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: CROSSHEAD BEAMS / SEMI-PREFABRICATED CONSTRUCTION / PRECAST CONCRETE/ TEMPORARY STRUCTURES

PITIPONG SEELACHAROEN : THE STUDY FOR DESIGN GUIDELINEs OF SEMI-PREFABRICATED CANTILEVER CROSSHEAD FOR ELEVATED HIGHWAYS. THESIS ADVISOR : PROFESSOR EKASIT LUMSUWAN, Ph.D.,56 pp. ISBN 974-14-1985-6

This study has introduced a semi-prefabricated cantilever crosshead of inverted T precast sections here been design to be utilized as formwork and temporary support of the cast-in-situ portion of the cross head structures. The structural behaviors of strengths and serviceability both must be satisfied the structural performance for short and long term. Typical highway girders as I,T,U and Box along with their appropriate span lengths of 30, 35,32 and 45 m., respectively. The study of structural behavior of precast portion has been controlled by thickness of the members as which shear subjected to beam shear, punching shear and shear as strut-tie model to determine the thickness of 40cm for I- Girder , 50 cm. for T and U girder , and 80 cm. for Box-Girder. For lifting the precast, weight and height of the member are controlled by overall height of the highway girders as which the width of the member must be designed to accommodate utilizing loads and structural performance. Numbers of lifting have found to be 2 points for 1-3 lane crosshead. As far as the temporary supports are concerned with precast performance under its own weight and the weight of cast-in-situ portion with out crack, then the temporary supports must be located at 0.15-0.20 , 0.4-0.5,and 0.5-0.7of total length from the columns for those of 2,3,and 4 lanes, respectively.

Structural design of cantilever crossheads are considered as reinforced structures with the maximum reinforcement of $\rho \sim 1.3\%$ for 1-3 lanes and the maximum reinforcement of $\rho \sim 1.8\%$ for 4 lanes. To evaluate the performance of sectional analysis, $M - \phi$ diagram verifies the structural performance as strengths, deformation and cracks under service loads. It is shown that the strengths are satisfied with the one of conventional construction; on the other hand, the serviceability such as cracks and deformations occurring in the critical section may do big margin. So it is of proved that the semi-prefabricated construction can be performed as well as those of the conventional ones.

Department CIVIL ENGINEERING Student's signature .....

Field of study CIVIL ENGINEERING Advisor's signature .....

Academic year 2005 .

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือสนับสนุนอย่างดียิ่งจากท่านอาจารย์ ได้แก่ ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี และอาจารย์ ดร.วัฒนชัย สมิทธากร ที่ได้ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งได้ให้ความกรุณาในการตรวจแก้และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้า ของกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน โดยเฉพาะในการให้ การศึกษาตั้งแต่เด็กจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งได้ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า และหากวิทยานิพจน์ฉบับนี้เป็นประโยชน์ทางการศึกษาอยู่บ้าง ข้าพเจ้าของอุทิศให้แก่ คุณปู่ คุณย่า คุณตา และคุณยายของข้าพเจ้าผู้ล่วงลับไปแล้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 วัตถุประสงค์ 3

1.4 การดำเนินงานวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย 4

บทที่ 2 การก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป 5

2.1 แนวคิดการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 5

2.2 ขั้นตอนการก่อสร้างและแนวคิดการออกแบบ 13

2.3 ตัวแปรที่พิจารณาออกแบบ 14

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 15

3.1 กำลังรับแรงเฉือนของบ่ารองรับ 15

3.2 พฤติกรรมการรับแรงดัดในขั้นตอนการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป(บ่ารองรับ) 22

3.3 พฤติกรรมการรับแรงดัดของคานขวางรูปตัวทีกึ่งสำเร็จรูป 23

3.4 การแอ่นตัวของคานคอนกรีต 30

3.5 ขนาดของรอยร้าวจากการดัด 31

บทที่ 4 พฤติกรรมการดัดของคานขวางกึ่งสำเร็จรูป 33

4.1 ชิ้นส่วนสำเร็จรูป 33

4.2 การจัดระบบโครงสร้างชั่วคราว 41

4.3 ระบบโครงสร้างแล้วเสร็จ 43

บทที่ 5 แนวทางการออกแบบ 48

5.1 การกำหนดขนาดคานขวางกึ่งสำเร็จรูป 48

5.2 การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป 48

หน้า

5.3 การจัดระบบโครงสร้างชั่วคราว 50
5.4 กำลังของคานขวางแล้วเสร็จและสภาวะใช้งาน 51
บทที่ 6 บทสรุป 53
รายการอ้างอิง 55
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 56

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 มิติความลึกและความยาวช่วงของคานสำเร็จรูป 8

ตารางที่ 4.1 ความลึกประสิทธิผลของบ่าคานขวาง 36

ตารางที่ 4.2 ขนาดคานขวางกึ่งสำเร็จรูป 40

ตารางที่ 4.3 หน่วยแรงดึงขณะยกเมื่อใช้จุดยก 2 จุด 41

ตารางที่ 4.4 การแอ่นตัวของคานขวางกึ่งสำเร็จรูปตามขั้นตอนการก่อสร้าง 45

ตารางที่ 4.5 ความกว้างของรอยร้าวของคานขวางกึ่งสำเร็จรูป 47

ตารางที่ 5.1 ขนาดคานขวางกึ่งสำเร็จรูป 49

ตารางที่ 5.2 หน่วยแรงดึงขณะยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยใช้จุดยก 2 จุด 50

ตารางที่ 5.3 ค่าการแอ่นตัวและความกว้างของรอยแตกร้าวที่สภาวะใช้งาน 52

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างคานขวางและรูปตัดขวางของทางยกระดับ	6
รูปที่ 2.2 หน้าตัดคานขวางชิ้นส่วนสำเร็จรูป	7
รูปที่ 2.3 หน้าตัดคานสำเร็จรูป	8
รูปที่ 2.4 การเสริมเหล็กคานขวางสำเร็จรูป	9
รูปที่ 2.5 การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัด	10
รูปที่ 2.6 การจัดตำแหน่งจุดยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป	10
รูปที่ 2.7 การยกติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป	11
รูปที่ 2.8 ระบบโครงสร้างชั่วคราว	12
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการก่อสร้างคานขวางกึ่งสำเร็จรูป	14
รูปที่ 3.1 การวิบัติที่แผ่นรองรับตัวใน เนื่องจากแรงเฉือนแบบทะลุ	16
รูปที่ 3.2 ระยะการติดตั้งแผ่นยางรองรับ	16
รูปที่ 3.3 ความกว้างประสิทธิผลของบ่าภายใต้แรงเฉือน	19
รูปที่ 3.4 แบบจำลองสตัทและไทของบ่ารองรับ	20
รูปที่ 3.5 ขนาดความกว้างของชิ้นส่วนคอนกรีตสตรัทเมื่อมีการเสริมเหล็กในชิ้นส่วนรับแรงดึง 1 ชั้น	21
รูปที่ 3.6 การกระจายของค่าความเครียดในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง	23
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการหาขนาดความกว้างของส่วนเอวคานขวางคอนกรีตเสริมเหล็ก	27
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการหาขนาดความกว้างของส่วนเอวคานขวางคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรง	28
รูปที่ 3.9 ค่าตัวคูณสำหรับการแอ่นตัวระยะยาว	31
รูปที่ 3.10 การกระจายความเครียดในหน้าตัดแตกร้าวและค่าที่ใช้ในการคำนวณความกว้างรอยร้าว	32
รูปที่ 4.1 ชิ้นส่วนสำเร็จรูปของคานขวาง (แสดงในภาพแรเงา)	34
รูปที่ 4.2 หน้าตัดของคานขวาง และ ส่วนที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป	35
รูปที่ 4.3 ความลึกประสิทธิผลของบ่าคานขวางที่รองรับคานหลักรูปตัวไอ	36
รูปที่ 4.4 ความลึกประสิทธิผลของบ่าคานขวางที่รองรับคานหลักรูปตัวที	37
รูปที่ 4.5 ความลึกประสิทธิผลของบ่าคานขวางที่รองรับคานหลักรูปตัวยู	37
รูปที่ 4.6 ความลึกประสิทธิผลของบ่าคานขวางที่รองรับคานหลักรูปแบบกล่อง (D2)	37
รูปที่ 4.7 ความลึกประสิทธิผลของบ่าคานขวางที่รองรับคานหลักรูปแบบกล่อง (D3)	38
รูปที่ 4.8 ตำแหน่งจุดยกแบบ 2 จุด และ 4 จุด	39

รูปภาพ หน้า

รูปที่ 4.9 ระบบค้ำยันชั่วคราว 42
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างหัวเสาตอม่อ กับ ค่าสัดส่วน l_2/L 42
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดและความโค้งของคานขวางที่โครงสร้างแล้วเสร็จ เมื่อเป็นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูป และเมื่อก่อสร้างแบบหล่อในที่ทั้งหน้าตัด (Conventional RC) 43
รูปที่ 4.12 การกระจายตัวของความเครียดตามขั้นตอนการก่อสร้าง 44
รูปที่ 5.1 โครงสร้างค้ำยันชั่วคราว 50
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างหัวเสาตอม่อ กับ ค่าสัดส่วน l_2/L 51