

บทที่ 3

การสำรวจและออกแบบ

1. ขั้นตอนการดำเนินงานสำรวจและออกแบบ

การดำเนินงานสำรวจและออกแบบสะพานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.1 เลือกตำแหน่งที่จะก่อสร้าง
- 1.2 การสำรวจพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.3 ออกแบบทางเรขาคณิต และจัดสัดส่วนสะพาน
- 1.4 ออกแบบโครงสร้างส่วนบน
- 1.5 ออกแบบโครงสร้างส่วนล่าง เชนลาดคอสะพาน และองค์ประกอบอื่นๆของสะพาน

2. การเลือกตำแหน่งที่จะก่อสร้าง

หลักทั่วไปของการสำรวจพื้นที่เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งโครงการได้แก่

- 2.1 พื้นที่ทำเลที่ตั้ง จะต้องได้รับคำยินยอมจากผู้มีอำนาจ หรือ ผู้มีกรรมสิทธิ์ในที่ดิน และไม่มีปัญหาในการก่อสร้าง
- 2.2 เป็นพื้นที่สาธารณะ หรือ พื้นที่ที่ได้มาเพื่อวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างและขยายเขตทาง และเป็นพื้นที่ที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชนและคนส่วนใหญ่ และไม่เป็นการเอื้อประโยชน์เฉพาะแก่บุคคลหรือ คณะบุคคลใด
- 2.3 การก่อสร้างในพื้นที่จะต้องไม่เป็นการรบกวนหรือกระทบต่อสิ่งก่อสร้างสาธารณะที่มีอยู่ เช่น วัด โบราณสถาน สถานที่สำคัญทางศิลปวัฒนธรรม เช่น การตอกเข็ม หรือ การสันตะเทือนเนื่องจากรถชนวัสดุ อาจทำให้อาคารที่เป็นโบราณสถาน หรือ วัดเกิดความเสียหายได้
- 2.4 ที่ตั้งโครงการจะต้องไม่ทำให้เกิดมลพิษทางเสียง ทางอากาศ หรือ ทางน้ำ หรือ ความเสียหายต่อทัศนียภาพ หรือ มีผลกระทบต่อระบบนิเวศของชุมชน
- 2.5 ตำแหน่งสะพานควรอยู่ที่บริเวณลำน้ำแคบที่สุด ตรงที่สุด และควรตั้งฉากกับแนวลำน้ำมากที่สุด ควรหลีกเลี่ยงแนวสะพานเฉียง (skew) เพื่อให้ได้ความยาวสะพานสั้นที่สุดโดยไม่ขัดต่อหลักวิศวกรรม

การสำรวจเพื่อการออกแบบก่อสร้าง มีวัตถุประสงค์ที่จะให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบก่อสร้าง ได้แก่ ความยาวสะพานทั้งหมด ความยาวช่วงสะพาน ระดับหลังสะพาน ชนิดของโครงสร้าง สะพานส่วนบน และโครงสร้างสะพานส่วนล่าง เป็นต้น

3. การสำรวจพื้นที่

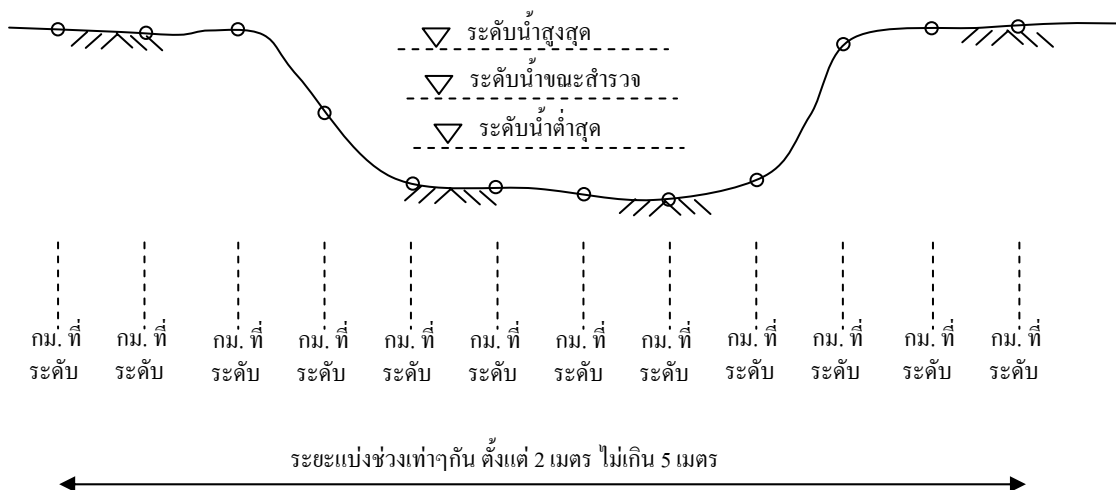
ข้อมูลที่จะต้องสำรวจได้แก่

3.1 ลักษณะลำน้ำ ได้แก่

ก. รูปตัดลำน้ำ การสำรวจรูปตัดลำน้ำทำได้โดยการหาตำแหน่งของท้องน้ำ โดยทำการเก็บค่าระดับทุกๆระยะประมาณ 2 เมตร ไม่ควรเกิน 5 เมตร ดังแสดงในรูป 3-1 ข้อมูลรูปตัดลำน้ำจะใช้เพื่อ

- กำหนดความยาวสะพาน สะพานจะต้องมีความยาวเพียงพอที่จะคร่อมลำน้ำได้ทั้งหมด แต่ต้องไม่เกินความยาวมากที่สุดที่อยู่ในขอบเขตอำนาจการดำเนินงานของท้องถิ่น โดยไม่ให้เกิดการรบกวน หรือ เปลี่ยนแปลงสภาพการไหลของน้ำ และเพื่อทำให้สะพานมีความปลอดภัยจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ

- กำหนดตำแหน่งตอม่อสะพาน ตำแหน่งตอม่อจะอยู่คร่อมร่องน้ำที่ลึกที่สุด ไม่นิยมวางตำแหน่งตอม่อที่จุดน้ำลึกที่สุด เนื่องจากจะเป็นการกีดขวางการไหลของน้ำ การสัญจรทางน้ำ และสิ่งลอยน้ำอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้สัญจรทางน้ำ หรือ อาจทำให้โครงสร้างสะพานเกิดความเสียหาย



รูป 3-1 รูปตัดลำน้ำ

ข. ผังแสดงแนวร่องน้ำ เป็นตัวบ่งชี้ว่าลักษณะลำน้ำเป็นกึ่งคเคี้ยวหรือไม่ การจัดทำผังแสดงแนวร่องน้ำจะมีประโยชน์ดังนี้

- กำหนดแนวตอม่อ แนวของตอม่อสะพานควรจะวางให้อยู่ในแนวขนานกับการไหลของน้ำเพื่อมิให้ตอม่อกีดขวางการไหลของกระแส

- กำหนดโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะ หรือ ปรับแก้ไขเปลี่ยนทางน้ำเพื่อป้องกันการกัดเซาะที่อาจเกิดกับสะพาน

ค. รายละเอียดบริเวณใกล้เคียง การสำรวจบริเวณใกล้เคียงจะทำให้ทราบว่า บริเวณนั้นเป็นย่านชุมชนหนาแน่นหรือไม่ มีลักษณะขุดยานที่สำคัญหรือไม่ และจะต้องออกแบบทางเดินเท้า กว้างมากน้อยเท่าใด

3.2 น้ำ ได้แก่

ก. ระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำสูงสุดใช้ในการกำหนดช่องลอด (ระยะจากระดับน้ำสูงสุดถึงใต้ท้องคาน) ของสะพาน ซึ่งจะทำการกำหนดระดับหลังสะพานได้ และทำการกำหนดความยาวทั้งหมดของสะพานได้ ระดับน้ำสูงสุดนั้นแปรผันตามฤดูกาล ช่วงที่น้ำขึ้นสูงสุดนั้นมักเป็นฤดูฝน แต่การสำรวจในฤดูฝนนี้เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน จึงนิยมทำการสำรวจในฤดูที่ทำงานได้สะดวก ค่าระดับน้ำสูงสุดนี้อาจได้จากคราบน้ำซึ่งเห็นเป็นรอยตามเสาหรือต้นไม้ หรือ อาจสอบถามจากชาวบ้านบริเวณใกล้เคียง แล้วนำเอาข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ประเมินอีกที ในกรณีที่เป็นลำน้ำขนาดใหญ่ซึ่งมักมีสถานีตรวจวัดระดับน้ำ ก็อาจใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดน้ำได้

ข. ระดับน้ำต่ำสุด ข้อมูลระดับน้ำต่ำสุดมีประโยชน์ในการพิจารณาการก่อสร้าง เช่น ถ้ำน้ำแห้งในฤดูแล้ง อาจเลือกอาคารระบายน้ำเป็นท่อเหลี่ยม เพราะสะดวกกับการก่อสร้าง นอกจากนี้ ข้อมูลระดับน้ำต่ำสุดอาจใช้เพื่อการหลีกเลี่ยงการเทคอนกรีตใต้น้ำในกรณีที่มีการก่อสร้างจำเป็นต้องใช้ระบบฐานรากแบบแผ่ ซึ่งต้องเทคอนกรีตฐานตอม่อบนชั้นดินแข็งที่ระดับท้องน้ำ

ค. ความเร็วของกระแสน้ำ เป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการป้องกันน้ำกัดเซาะเชิงลาด และตอม่อสะพาน กระแสน้ำที่มีความเร็วสูงทำให้เกิดการกัดเซาะของดินท้องน้ำและริมตลิ่ง เป็นอันตรายต่อโครงสร้างเชิงลาด และตอม่อสะพาน

ง. ความเค็มของน้ำ ควรตรวจสอบว่าน้ำเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม ในกรณีที่เป็นน้ำเค็มควรพิจารณามาตรการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก เช่น พิจารณาความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กให้พอเพียงตามมาตรฐานกำหนด ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ไม่มากกว่า 0.35 เพื่อเพิ่มความทึบน้ำให้กับคอนกรีต และในกรณีที่ความเค็มเกิดจากเกลือซัลเฟต ควรใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 5 ซึ่งเป็นปูนที่ทนซัลเฟต

3.3 ลักษณะของดินฐานราก

การสำรวจลักษณะดินฐานรากริมฝั่งและท้องน้ำ เป็นข้อมูลในการกำหนดชนิดและตำแหน่งของฐานราก ปริมาณความยาวของเสาเข็ม และกำแพงกันดิน การสำรวจดินทั่วไปจะสำรวจสภาพผิวดิน หรือ ขุดดินคูข้างล่างเท่าที่จะทำได้ รวมทั้งดูสภาพดินบริเวณข้างเคียง หากสะพานตั้งอยู่ในที่สภาพดินที่เป็นปัญหาควรจะสำรวจชั้นดินในระดับลึก (Boring log) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แน่นอนยิ่งขึ้น

3.4 สิ่งลอยน้ำ

สิ่งที่ลอยมากับน้ำได้แก่ เรือ ซึ่งอาจเป็นเรือประจำที่สัญจรไปมาทุกวัน หรือ เรือพิเศษซึ่งมีขนาดใหญ่มีการสัญจรไม่มากนัก แพซุง ขอนไม้ และสิ่งลอยน้ำอื่นๆ ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการกำหนดความสูงของสะพาน ความยาวช่วงสะพาน ชนิดของโครงสร้างส่วนบนและส่วนล่าง เช่น สะพานจะต้องมีความสูงมากพอให้เรือสัญจรผ่านไปมาได้แม้ในฤดูที่น้ำขึ้นสูงสุด การออกแบบตอม่อจะต้องพิจารณาแรงกระแทกของเรือ หรือ ซุงที่ลอยมา

3.5 โครงสร้างเดิมในลำน้ำ ปัญหาและอุปสรรคต่างๆในการก่อสร้าง

ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดชนิดและขนาดของการก่อสร้างสะพานใหม่ การพิจารณาก่อสร้างทางเบี่ยงหรือสะพานเบี่ยง การกำหนดระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด การออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงการเทคอนกรีตใต้น้ำ การออกแบบป้องกันเชิงลาดคอสะพาน เป็นต้น

4. องค์ประกอบของสะพาน

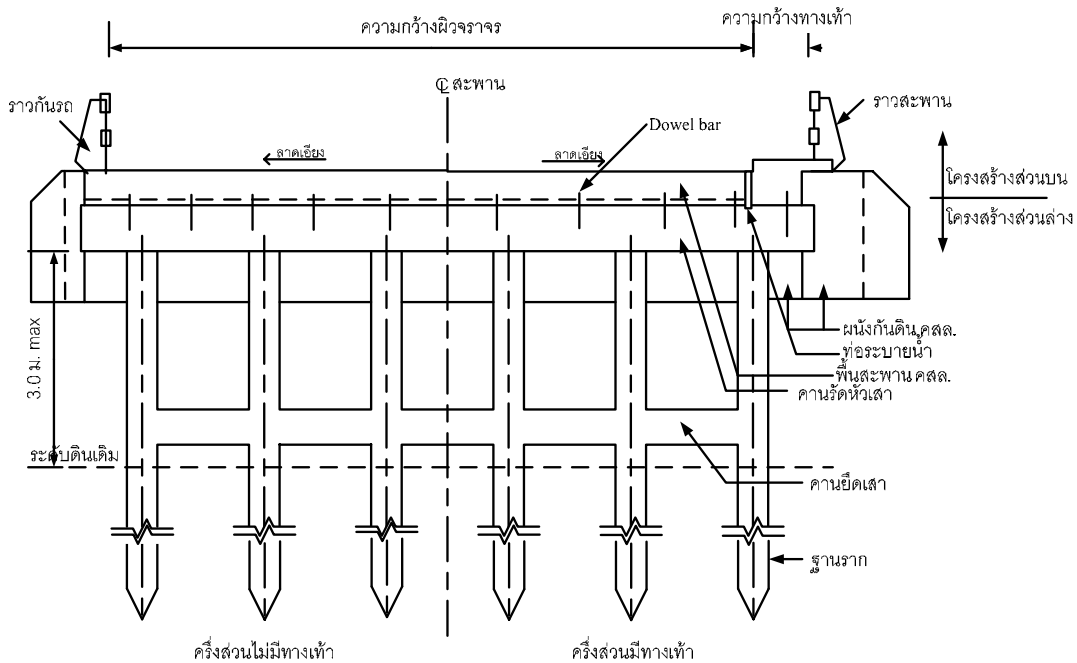
สะพานประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนดังนี้ ได้แก่ โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) และโครงสร้างสะพานส่วนล่าง (Substructure) และมีรายละเอียดดังนี้ (รูป 3-2)

4.1 โครงสร้างสะพานส่วนบนประกอบด้วย

- พื้นสะพาน ซึ่ง อาจจะเป็น พื้นเทในที่ หรือ พื้นสำเร็จเทพื้นหน้าด้วยคอนกรีต
- ทางเท้า (ในกรณีที่มี)
- ราว และเสาราว
- แผ่นยางรองพื้นสะพาน

4.2 โครงสร้างสะพานส่วนล่างประกอบด้วย

- ฐานราก ซึ่งแบ่งได้เป็น ฐานรากแผ่ และฐานรากบนเสาเข็ม
- ตอม่อ, เสา และคานยึดเสา
- คานรัดหัวเสา



รูป 3-2 องค์ประกอบของสะพาน

5. การออกแบบและคัดเลือกรูปแบบสะพาน

การออกแบบสะพาน ประกอบด้วย การออกแบบทางเรขาคณิต, การออกแบบโครงสร้าง สะพานส่วนบน, การออกแบบโครงสร้างสะพานส่วนล่าง, การออกแบบเชิงลาดสะพาน และการ ออกแบบองค์ประกอบอื่นๆ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 การออกแบบทางเรขาคณิต

การออกแบบทางเรขาคณิตหมายถึงการจัดสัดส่วน และรูปทรง ของสะพาน ซึ่ง ประกอบด้วย

5.1.1 การกำหนดความสูงของสะพาน

ความสูงของสะพาน สามารถกำหนดได้จากระดับผิวจราจรที่ตำแหน่งสูงสุดของ สะพาน สะพานจะต้องมีความสูงเพียงพอที่จะให้เรือ หรือสิ่งลอยน้ำสัญจรผ่านได้สะพานไปได้แม้จะอยู่ ในช่วงที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุดก็ตาม ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดความสูงสะพานได้แก่

- (1) ระดับน้ำสูงสุด

(2) ระยะช่องลอดทางโค้ง หมายถึง ระยะจากระดับน้ำสูงสุดถึงระดับบนหลังตอม่อช่วงกลางร่องน้ำที่ลึกที่สุด การกำหนดระยะช่องลอดทางโค้งให้ใช้ข้อกำหนดของหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบ เช่น กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี กรมชลประทาน หรือ ข้อกำหนดของท้องถิ่นเอง อย่างไรก็ตาม ระดับผิวจราจรที่ปลายสะพานทั้งสองฝั่งควรกำหนดให้อยู่สูงจากระดับน้ำสูงสุดไม่น้อยกว่า 1.0 ม.

ตัวอย่างการกำหนดความสูงของสะพาน

ข้อมูล

ระดับน้ำสูงสุดเฉลี่ย = 10.50 ม.

ช่องลอดทางโค้งใช้ = 1.50 ม. (กรณีมีเรือแจวหรือเรือเล็กสัญจรผ่าน)

ความกว้างผิวจราจร = 9.0 ม.

ความลาดผิวจราจร = 1.5 %

ความหนาพื้นสะพาน = 0.50 ม.

ความหนาของลาดผิวจราจร = $9.0/2 \times 1.5/100 = 0.07$ ม.

ความหนาของพื้นกลางผิวจราจร = $0.5 + 0.07 = 0.57$ ม.

ระดับผิวจราจรของสะพานที่ตำแหน่งตอม่อกลางน้ำ = $10.50 + 1.50 + 0.57 = 12.570$ ม.

5.1.2 การกำหนดความยาวของสะพาน

หลักเกณฑ์อย่างกว้างๆ ในการกำหนดความยาวสะพาน ก็คือ สะพานจะต้องมีความยาวพอที่จะคร่อมลำน้ำให้ได้ทั้งหมด และสะพานจะต้องปลอดภัยจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดความยาวสะพาน ได้แก่ ระดับผิวจราจรของสะพานที่ตำแหน่งตอม่อกลางน้ำ และลักษณะดินบริเวณคอสะพาน การกำหนดความยาวสะพานสามารถจำแนกได้เป็น 2 กรณีคือ

(1) ระดับสะพานอยู่ในแนวราบตลอดความยาว

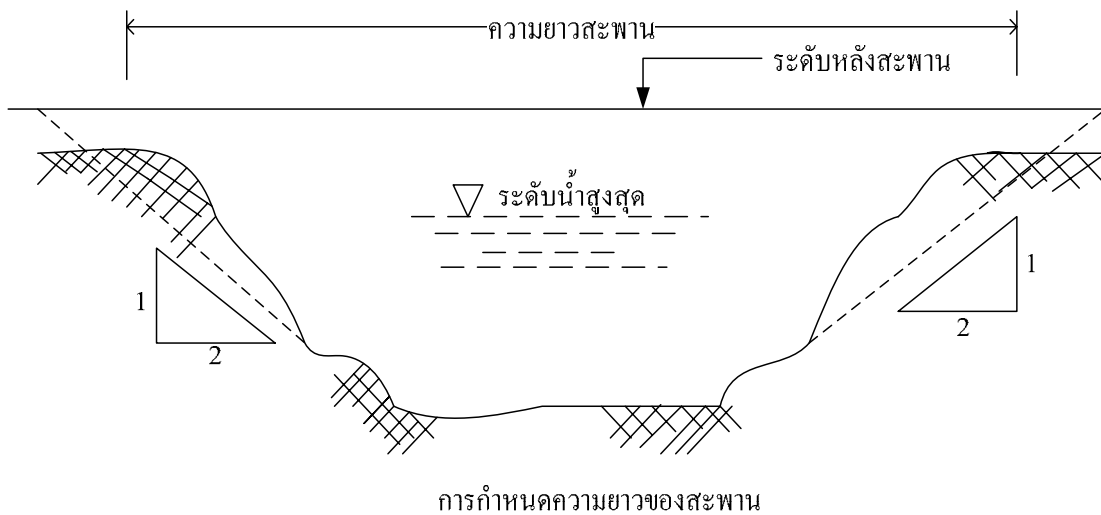
การกำหนดให้ระดับสะพานอยู่ในแนวราบ เป็นกรณีปกติที่ใช้เมื่อระดับสะพานมีความสูงไม่มาก โดยระดับของตอม่อตบริมสูงจากดินเดิมไม่เกิน 3.0 เมตร การกำหนดความยาวสะพานในกรณีนี้ให้ลากเส้นตรงมีความลาดคัง 1 ส่วน ต่อราบ 2 ส่วน ที่ริมตลิ่งทั้งสองด้าน ขึ้นไปตัดกับระดับหลังสะพาน ดังแสดงในรูป จากนั้น วัดจากจุดตัดทั้งสองเข้ามาด้านละ 2 เมตร จะได้ตำแหน่งของตอม่อตบริม ความยาวของสะพานเป็นระยะระหว่างตอม่อตบริมทั้งสองฝั่งของลำน้ำ ดังแสดงใน รูป 3-3 อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของตอม่อตบริมต้องอยู่ห่างจากริมตลิ่งเข้ามาในฝั่งพอเพียงที่จะป้องกันการกัดเซาะของดิน

(2) ระดับสะพานทำเป็นแนวโค้ง

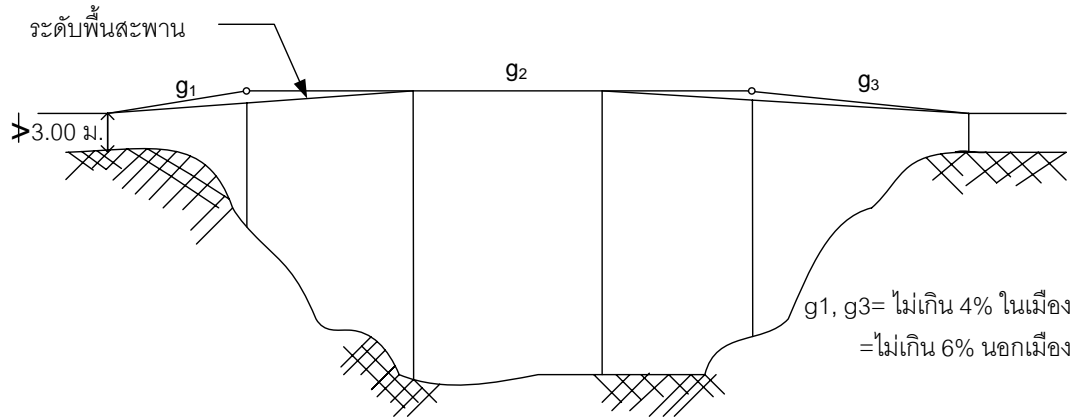
ในกรณีที่ระดับสะพานค่อนข้างสูงถึงสูงมาก หากออกแบบให้สะพานอยู่ในแนวราบ ก็จะได้สะพานที่มีความยาวมากเกิน ไป และอาจทำให้ตอม่อตัมบริมมีความสูงเกินกว่า 3 เมตร ได้ ในกรณีนี้อาจออกแบบให้ระดับสะพานเป็นแนวโค้ง ซึ่งสามารถทำได้ 3 แบบ ดังแสดงในรูป 3-4 ถึง 3-6 แต่ไม่ควรออกแบบให้สะพานมีมุมหักในความลาดของสะพาน เพื่อมิให้เกิดความสะดุดในการใช้รถยนต์ ในกรณีของสะพานที่ทำเป็นโค้งคิงคว่ำ หรือ โค้งคิงหงายนั้น ควรจะมีความลาดที่เหมาะสมดังแสดงในรูป เพื่อให้เกิดความเรียบและความต่อเนื่องในการใช้รถยนต์

(3) ข้อพิจารณาอื่นๆ ที่มีผลต่อความยาวสะพาน

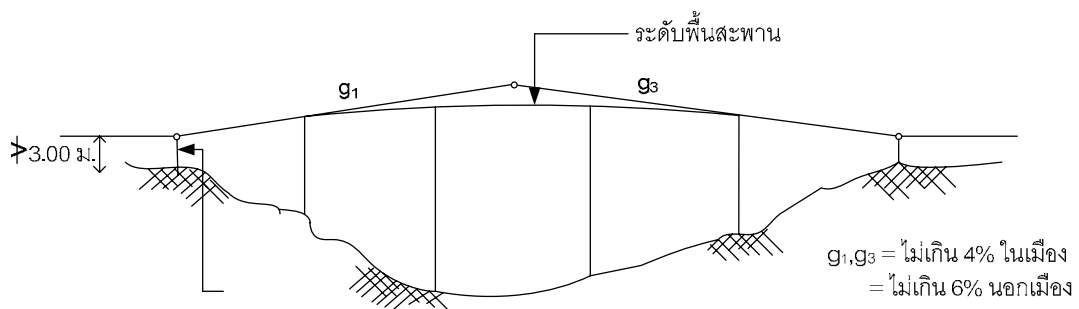
การกำหนดความยาวสะพานนั้น จะต้องพิจารณาจากลักษณะดินบริเวณคอสะพาน เช่น อาจจะต้องถมดินเพื่อลดความสูงของตอม่อตัมบริม หรือ หากดินริมตลิ่งมีความลาดชันมากไม่มีความมั่นคง และอาจถูกกระแสน้ำกัดเซาะ ก็อาจจะต้องเพิ่มความยาวสะพานให้มากขึ้น มิฉะนั้นก็ต้องออกแบบโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะด้วย วิธีการหาความยาวสะพาน แสดงดังรูป 3-3



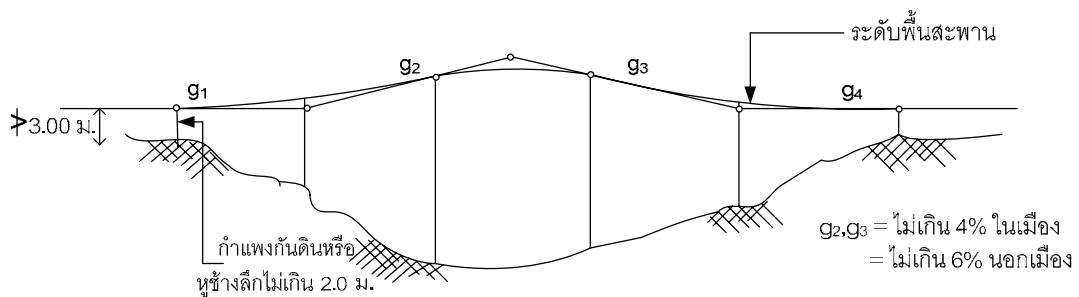
รูป 3-3 การกำหนดความยาวสะพาน



รูป 3-4 พื้นสะพานแบบโค้งกว่า 2 โค้ง (กรณีสะพานยาวมาก)



รูป 3-5 พื้นสะพานแบบโค้งกว่า



รูป 3-6 พื้นสะพานแบบโค้งกว่าและโค้งหาง

5.1.3 การกำหนดช่วงสะพาน และตำแหน่งตอม่อ

จำนวนช่วงสะพาน และตำแหน่งตอม่อ กำหนดจากความยาวทั้งหมดของสะพาน หลักเกณฑ์ทั่วไปในการกำหนดจำนวนช่วงสะพาน และตำแหน่งตอม่อได้แก่

- (1) จำนวนช่วงสะพานควรมีให้น้อยที่สุด เพื่อลดจำนวนตอม่อ
- (2) ควรจัดให้ตอม่อช่วงกลางคร่อมร่องน้ำที่ลึกที่สุด และให้มีความยาวช่วงมากที่สุด หลีกเลี่ยงการวางตอม่อที่กลางลำน้ำลึก เพื่อมิให้กีดขวางการไหลของน้ำ และการจราจรทางน้ำ

ตัวอย่างการแบ่งช่วงสะพาน

ในกรณีก่อสร้างสะพานขนาดเล็กที่มีความยาวช่วงไม่เกิน 10 เมตร อาจพิจารณาแบ่งช่วงตามความยาวสะพานรวมดังนี้

ความยาวสะพาน (เมตร)	การแบ่งช่วงสะพาน และความยาวช่วง
5-10	ช่วงเดียว
18	8 + 10 (กรณีร่องน้ำลึกไม่อยู่กลางลำน้ำ)
16	5 + 6 + 5
20	6 + 8 + 6
26	8 + 10 + 8
30	10 + 10 + 10

5.1.4 การกำหนดความกว้างสะพาน

การกำหนดความกว้างของสะพาน จะต้องพิจารณาจากความกว้างของทางที่มีอยู่ และปริมาณการสัญจรที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต แต่จะต้องมีความความกว้างผิวจราจรไม่น้อยกว่า 7 เมตร ในกรณีที่เป็นสะพานข้ามระหว่างชุมชน และมีผู้สัญจรมากอาจจัดให้มีทางเท้าทั้งสองด้านของสะพาน โดยมีความกว้าง 1.0 หรือ 1.5 เมตร

5.2 การออกแบบโครงสร้างสะพานส่วนบน

รูปแบบโครงสร้างสะพานส่วนบนจะขึ้นอยู่กับความยาวช่วงสะพาน ซึ่งอาจแบ่งเป็น

- สะพานความยาวช่วง 10 เมตร
- สะพานความยาวช่วง 20 เมตร
- สะพานความยาวช่วง 30 เมตร

สำหรับสะพานที่มีความยาวช่วงมากกว่า 20 เมตร ขึ้นไปอาจมีรูปแบบสะพานที่เหมาะสมหลายรูปแบบ จำเป็นต้องปรึกษาวิศวกรที่ปรึกษาที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบสะพาน

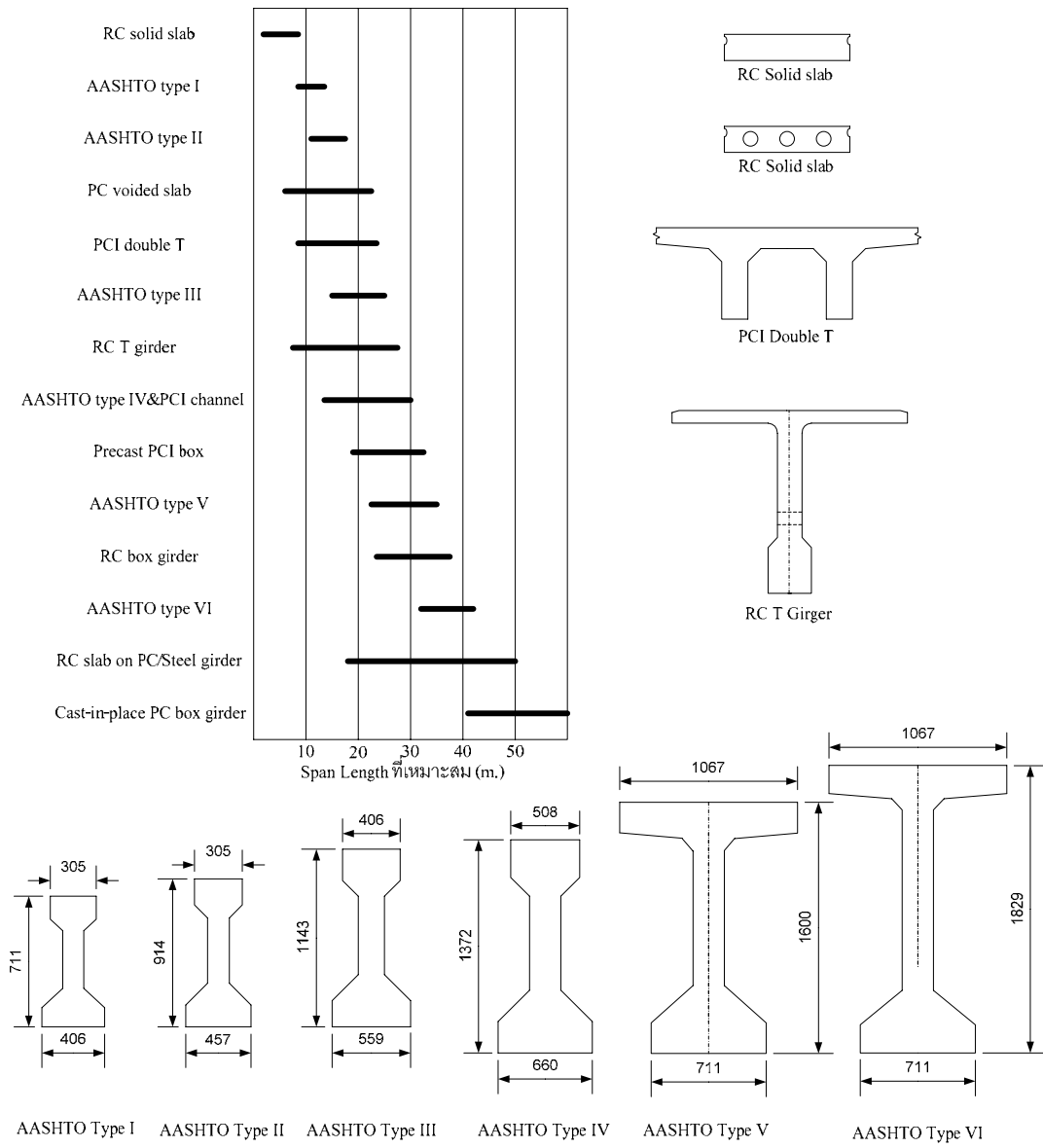
การกำหนดรูปแบบสะพาน ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม ดังแสดงใน รูป 3-7 ความสามารถในการก่อสร้าง ฝีมือแรงงาน ความพร้อมของแบบหล่อในโรงงานผลิตที่มีอยู่แล้ว ตลอดจนถึงความสวยงาม ซึ่งสามารถสรุปออกมาได้ดังนี้

สะพานความยาวช่วง 10 เมตร

รูปแบบที่เหมาะสมได้แก่ พื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กเทในที่ หรือ พื้นสะพานคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป มีพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเททับหน้า

รูปแบบโครงสร้างสะพานส่วนบนที่เหมาะสมสำหรับสะพานที่มีความยาวช่วงไม่เกิน 10 เมตร ได้แก่ สะพานแบบแผ่นพื้น (slab type bridge) ซึ่งอาจเป็นแบบพื้นเทในที่ (cast-in-place) หรือแบบพื้นสำเร็จมีคอนกรีตเททับหน้า (precast plank) โดยมีความยาวช่วงให้เลือกคือ 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 เมตร รูปแบบสะพานลักษณะนี้เหมาะสำหรับสะพานที่ต้องการช่องลอดไม่กว้างนัก พื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ใช้เหล็กเส้นธรรมดา ไม่มีการเสริมด้วยลวดเหล็กอัดแรง การก่อสร้างต้องอาศัยการตั้งไม้แบบและตั้งนั่งร้านในน้ำ ลักษณะพื้นสะพานเป็นชิ้นส่วนเดียวกันหมดโดยสมบูรณ์ การรับโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุกอาศัยเหล็กเสริมด้านล่างเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การเสริมเหล็กด้านล่างจะมากกว่าเหล็กเสริมด้านบนมาก เหล็กเสริมด้านบนใช้สำหรับต้านทานการยึดหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิ การหดตัวของคอนกรีต และเพื่อช่วยทำให้การกระจายน้ำหนักบรรทุกทุกดีขึ้น ลักษณะพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่เหมาะสำหรับสถานที่ที่ขาดอุปกรณ์ในการดึงลวดอัดแรง หรือไม่สะดวกในการขนส่งพื้นสำเร็จจากโรงงานผลิตเข้าสู่ที่ตั้งโครงการ

ส่วนระบบพื้นสำเร็จ (precast plank girder) นั้นมีลักษณะเป็นคานคอนกรีตอัดแรงตรงต้นมีความหนาประมาณ 35 ซม. มีคอนกรีตเททับหน้าอีก 10 ซม. พื้นสำเร็จอาศัยการดึงลวดอัดแรงชนิดดึงก่อน (pre-tension) รับโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุก การก่อสร้างไม่จำเป็นต้องอาศัยการตั้งไม้แบบใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเร็วขึ้นกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเทในที่ ลักษณะการติดตั้งพื้นสะพานจะทำให้พื้นสำเร็จทุกแผ่นยึดเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน โดยการวางพื้นให้ติดกัน จากนั้นเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือนระหว่างพื้นให้ติดกันแล้วอัดช่องว่างด้วยคอนกรีตก่อนเทคอนกรีตทับหน้าหนา 10 ซม. โดยคอนกรีตทับหน้านี้จะทำให้พื้นสำเร็จติดกันเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน ทำให้การกระจายน้ำหนักบรรทุกทุกดีขึ้น



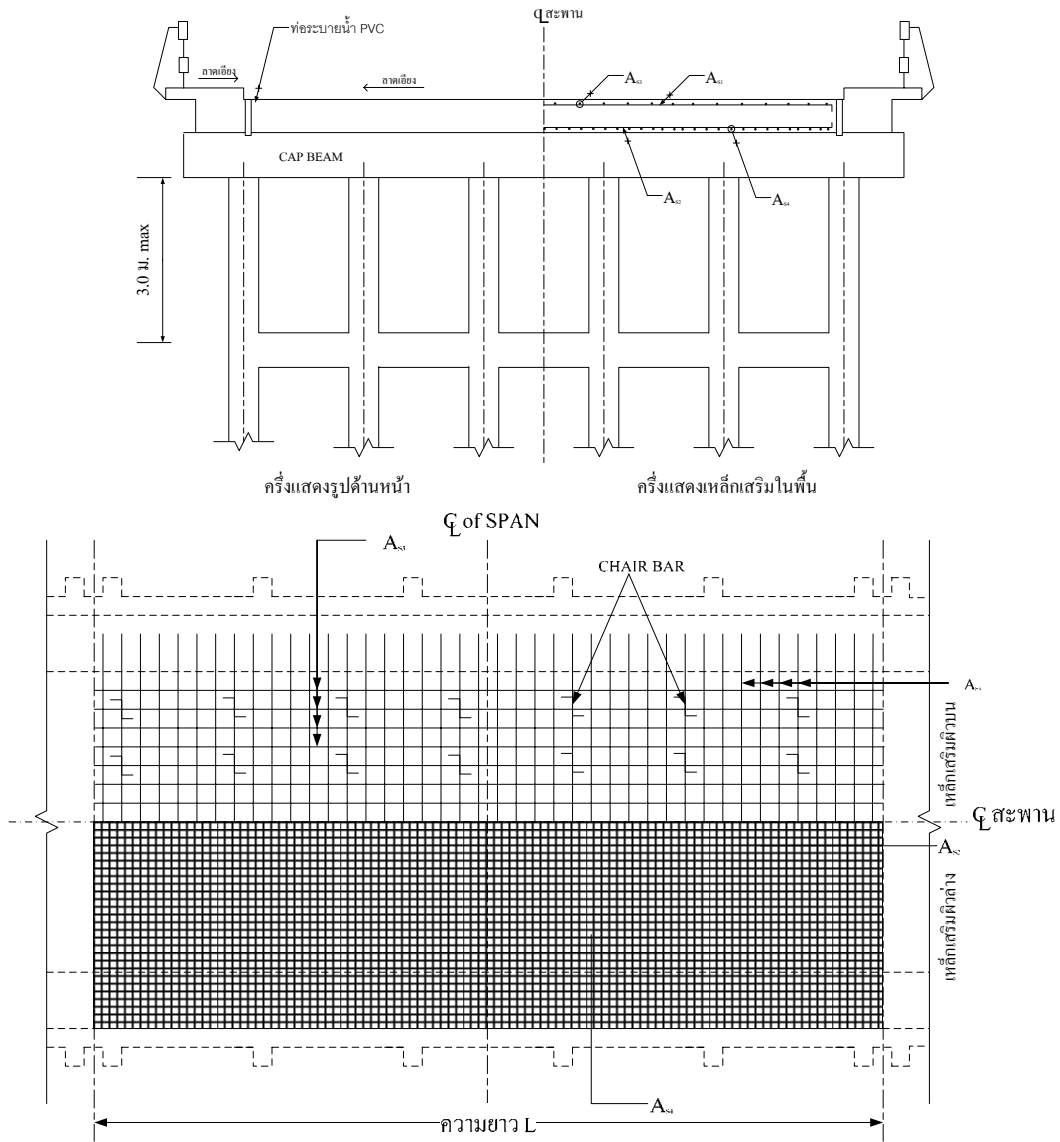
รูป 3-7 ความเหมาะสมของ Girder รูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละความยาวช่วง (Span)

ตัวอย่างแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กของสะพานแบบแผ่นพื้นเทในที่ และพื้นสำเร็จ แสดงใน รูป 3-8 การออกแบบสะพานเหล่านี้จะต้องมีสามัญวิศวกรลงชื่อรับรองเป็นอย่างน้อย นอกจากนี้ ส่วนราชการหลายแห่ง อาทิ กรมทางหลวงชนบท ได้จัดทำแบบมาตรฐานซึ่งแสดงรายละเอียด ขนาด การเสริมเหล็ก และข้อกำหนดการก่อสร้างของพื้นที่ทั้งสองประเภท แบบมาตรฐานของส่วนราชการเช่น กรมทางหลวงชนบทสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างสะพานได้ อย่างไรก็ตาม ท้องถิ่นควรพิจารณาว่ามีข้อกำหนดเพิ่มเติมอีกหรือไม่ เช่น ในบริเวณที่มีการกีดคร่อนสูง อาจจะต้องใช้คอนกรีตหุ้มหนากว่าที่กำหนดไว้ในแบบ ในกรณีเช่นนี้ควรต้องทำการออกแบบเป็นกรณีไป และต้องปรึกษาสามัญวิศวกรขึ้นไป แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ไม่ควรใช้แบบที่มาตรฐานต่ำกว่าแบบมาตรฐานของส่วนราชการที่มีอยู่

การเลือกรูปแบบสะพานส่วนบนเป็นแบบพื้นเทในที่ หรือ แบบพื้นสำเร็จมีคอนกรีตทับหน้า มีข้อพิจารณาดังนี้

การเลือกใช้พื้นชนิดเทในที่

1. ดินท้องคลอง เป็นดินแข็ง เช่น ดินทราย หิน ที่มีกำลังเพียงพอสามารถตั้งนั่งร้านรองรับพื้นสะพานระหว่างเทคอนกรีตได้
2. ในระหว่างที่ทำการก่อสร้าง ไม่มีการสัญจรทางน้ำ เพื่อให้สามารถตั้งนั่งร้านได้
3. มีเวลาในการทำงานเพียงพอ ไม่มีความเร่งด่วนในการเปิดใช้งาน
4. วัสดุในการทำนั่งร้าน และแบบพื้นหาง่ายหรือมีพร้อมอยู่แล้ว
5. มีแรงงานเพียงพอ มีความชำนาญในการทำงาน



รูป 3-8 ตัวอย่าง หน้าตัด และแปลนแสดงการเสริมเหล็กในพื้นที่สะพาน

การเลือกใช้พื้นที่หน้าตัดสำเร็จ

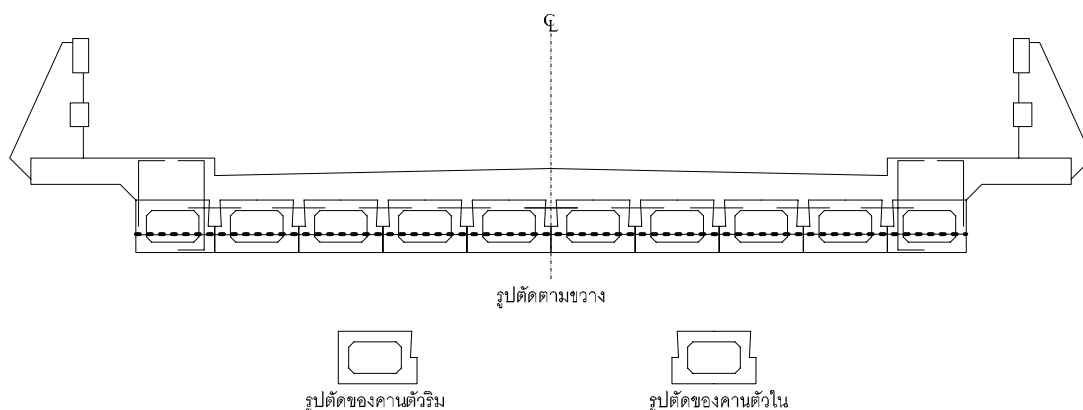
1. ดินต้องคล่องเป็นดินอ่อน มีกำลังรับน้ำหนักไม่เพียงพอที่จะตั้งนั่งร้านรองรับน้ำหนักคอนกรีตเหลว ในระหว่างเทพื้นสะพานได้
2. ถ้าน้ำมีเรือแพผ่านเป็นประจำ ไม่สามารถตั้งนั่งร้านได้เป็นเวลานาน
3. มีเวลาในการทำงานน้อย จำเป็นต้องเปิดการใช้งานจราจรโดยเร่งด่วน

4. ไม่มีปัญหาในการขนส่งแผ่นพื้นสำเร็จจากโรงงานผลิต
 5. มีอุปกรณ์ในการยกติดตั้ง เช่น เครน รถยก
 6. มีสถานที่กว้างขวางเพียงพอที่จะใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการทำงานได้อย่างสะดวก
- สะพานความยาวช่วง 20 เมตร**

เหมาะสำหรับสะพานที่ต้องการช่องลอดมากขึ้น รูปแบบที่เหมาะสมได้แก่ คานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box girder) มีพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเทพื้นหน้า หรือ คานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-girder) มีพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเทพื้นหน้า ใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปหนา 5 ซม. เป็นไม้แบบ

ตัวอย่าง คานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องกลวง แสดงในรูป 3.9 คานคอนกรีตนี้เป็นคานสำเร็จรูปผลิตในโรงงาน อาศัยการดึงลวดอัดแรงโดยวิธีดึงลวดก่อน (Pre-tension) ความหนาของคานจะมากกว่าความหนาของพื้นสำเร็จที่ใช้สำหรับความยาวช่วง 10 เมตร เช่นเดียวกัน การก่อสร้างพื้นสะพานไม่จำเป็นต้องอาศัยการตั้งไม้แบบพื้น วิธีการติดตั้งพื้นสะพานจะทำให้คานทั้งหมดเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน โดยการวางคานสำเร็จรูปติดกันแล้วเชื่อมเหล็กกับแรงเฉือนระหว่างคาน จากนั้นเทคอนกรีตทับหน้าหนา 10 ซม. เป็นตัวกระจายน้ำหนักบรรทุกจากทางด้านบนลงสู่คาน

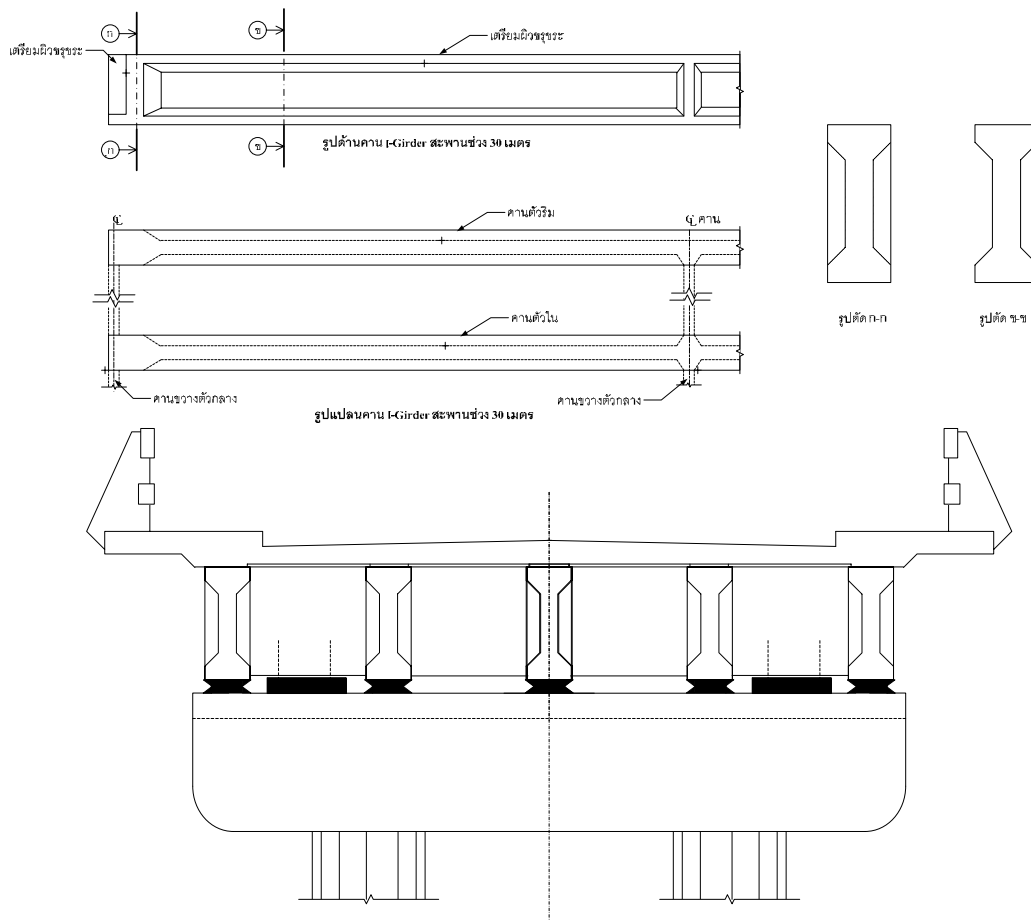
คานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I girder) เป็นคานสำเร็จรูป ใช้การดึงลวดอัดแรงรับน้ำหนักบรรทุก ซึ่งมีทั้งระบบ ดึงลวดก่อน (Pretension) และดึงลวดทีหลัง (Posttension) ตัวอย่างพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตรูปตัวไอแสดงดังในรูป 3-10 การก่อสร้างพื้นสะพานโดยใช้คานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ จะใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปหนา 5 ซม. วางพาดบนคานรูปตัวไอที่ได้ติดตั้งแล้ว เพื่อเป็นไม้แบบรองรับคอนกรีตทับหน้า คอนกรีตเสริมเหล็กเทพื้นหน้าจะเป็นตัวกระจายน้ำหนักจากแผ่นพื้นลงสู่คานรูปตัวไอ



รูป 3-9 คานคอนกรีตอัดแรงรูป Box-Girder ช่วง 20 เมตร

สะพานความยาวช่วง 30 เมตร

รูปแบบที่เหมาะสมได้แก่ คานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-girder) (รูป 3-10) มีพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเททับหน้า ใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปหนา 5 ซม. เป็นไม้แบบ เช่นเดียวกับพื้นสะพานความยาวช่วง 20 เมตร แต่ความลึกของคาน และปริมาณลวดอัดแรงที่ใช้มีปริมาณมากกว่า



รูป 3-10 พื้นสะพานบนคานรูปตัวไอ

5.3 การออกแบบโครงสร้างสะพานส่วนล่าง

ฐานรากเป็นส่วน โครงสร้างที่ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจาก โครงสร้างส่วนบนลงสู่พื้นดิน โดยปกติแล้วการออกแบบฐานรากสะพานจะเริ่มด้วยการเจาะสำรวจชั้นดินตามแนวสะพาน แล้วทำการทดสอบทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ ผลการเจาะสำรวจและการทดสอบดังกล่าววิศวกรผู้ออกแบบ

จะพิจารณาคำนวณออกแบบฐานรากให้เหมาะสมกับสภาพข้อมูลดินแห่งนั้นๆ โดยฐานรากอาจแบ่งออกได้เป็นฐานรากแผ่ และฐานรากบนเสาเข็ม

การเจาะสำรวจดิน และการทดสอบอย่างน้อยจะต้องได้ข้อมูลเพื่อการออกแบบดังต่อไปนี้

ชั้นดิน

- ความลึก ความหนา และการเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน
- ชนิด และการจำแนกประเภท
- คุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรม เช่น ความชื้น ระดับน้ำใต้ดิน หน่วยน้ำหนัก ความหนาแน่น กำลังต้านทานแรงเฉือน การอัดตัวได้ การซึมผ่านของน้ำ การพองตัวหรือการยุบตัวเมื่อมีความชื้น

ชั้นหิน

- ความหนาของชั้นหิน
- ชนิด และการจำแนกประเภท
- คุณสมบัติทางกายภาพ และทางวิศวกรรม เช่น ความแข็ง รอยแตก ความต้านทานต่อการกัดกร่อน เป็นต้น

การเลือกชนิดฐานรากให้พิจารณาจาก

1. ขนาดและทิศทางของน้ำหนักที่กระทำต่อฐานราก
2. ความลึกของชั้นดินที่มีกำลังรับน้ำหนักเพียงพอ
3. ระดับน้ำท่วมถึง
4. โอกาสที่ชั้นดินรับน้ำหนักจะเหลวอ่อนตัว
5. การกัดเซาะได้ฐานราก
6. ความยากง่ายในการก่อสร้าง
7. ราคาค่าก่อสร้าง

ฐานรากแผ่

ฐานรากแผ่หมายถึงฐานรากที่วางอยู่บนดินในระดับตื้นๆ ซึ่งดินใต้ฐานรากจะต้องมีกำลังรับน้ำหนักเพียงพอซึ่งอาจเป็นหินหรือดินแข็ง เช่น ดินปนกรวด ดินลูกรัง ชั้นดินที่มีความแข็งนี้จะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความกว้างฐานราก เพราะอาจพบกรณีชั้นดินแข็งบางวางอยู่บนชั้นดินอ่อนที่อยู่ข้างใต้ ตามปกติแล้วเมื่อเจอชั้นดินที่มีกำลังพอเพียงในระดับที่ไม่ลึกมาก จะใช้ฐานแผ่ได้เพราะไม่สามารถตอกเสาเข็มลงไป หรือตอกได้ลึกลงไปไม่เกิน 3 เมตร เนื่องจากอาจทำให้เสาเข็มแตก หรือหักได้ นอกจากนี้ฐานแผ่จะใช้เมื่อระดับน้ำไม่ลึกมาก พอที่จะกั้นน้ำขณะก่อสร้างได้

การเลือกใช้ฐานรากแผ่นนั้น จะต้องมั่นใจว่าดินชั้นบนมีกำลังรับน้ำหนักพอเพียง จะต้องเจาะสำรวจสภาพดิน และทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดินใต้ฐานที่ระดับใต้ฐานรากด้วยวิธี Plate bearing loading test โดยดินต้องรับน้ำหนักปลอดภัยได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบ ไม่น้อยกว่า 20 ตันต่อตารางเมตร และมีการทรุดตัวไม่เกินค่าที่กำหนด

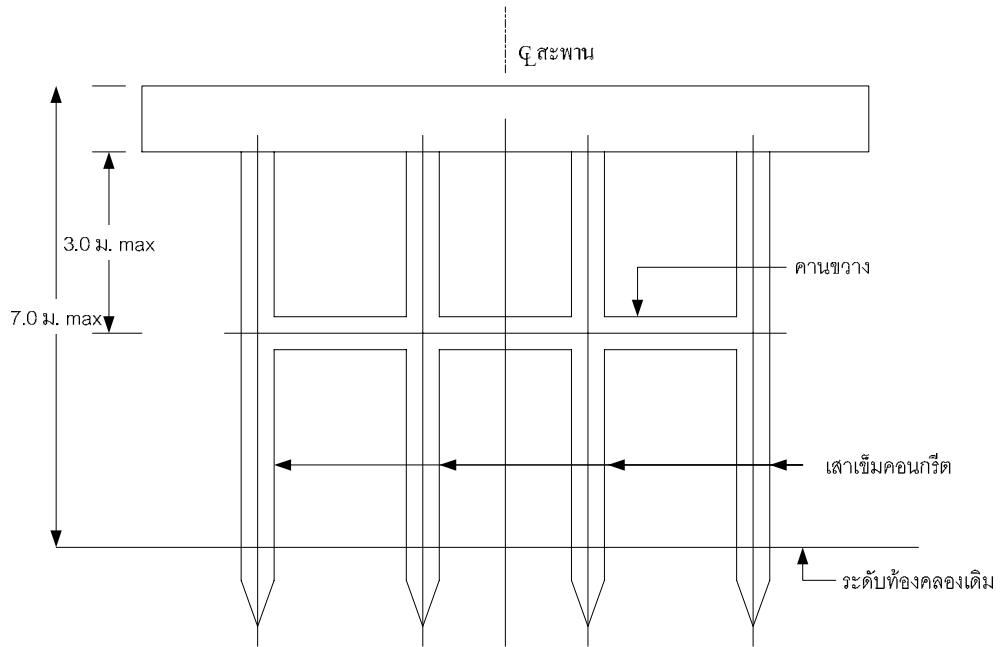
ระดับใต้ฐานรากแผ่ต้องอยู่ลึกจากระดับดินท้องคลองไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร เพื่อให้พ้นจากการกัดเซาะ ยกเว้นฐานรากที่เป็นหินพิศ ให้ฐานรากฝังในหินลึกไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร และควรมีเหล็กเดือยยึดฐานรากกับการเคลื่อนไถลหรือพลิกคว่ำ สำหรับตอม่อริมควรกำหนดให้ฐานรากอยู่ในระดับลึกใกล้เคียงกับตอม่อกลางน้ำเพื่อป้องกันการกัดเซาะของกระแสน้ำในอนาคค

ฐานรากบนเสาเข็ม

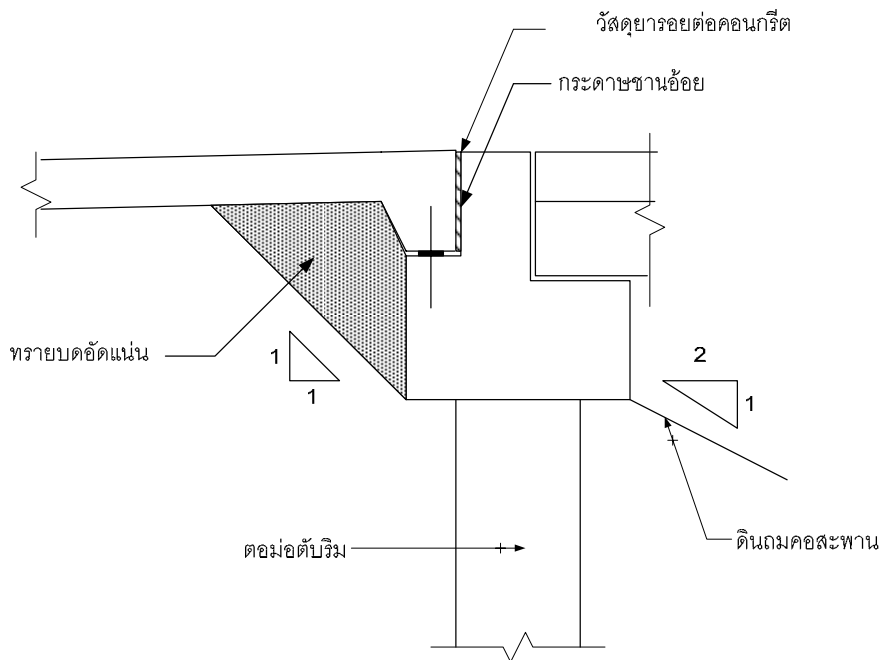
ฐานรากที่ใช้เสาเข็มนั้นเหมาะกับพื้นที่ที่ไม่สามารถก่อสร้างเป็นฐานแผ่ได้ เช่นพื้นดินที่เป็นดินอ่อน หรือพื้นที่ที่มีการกัดเซาะสูง ในการใช้ฐานรากบนเสาเข็มนั้น กำลังรับน้ำหนักของฐานรากขึ้นอยู่กับความยาวของเสาเข็ม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดให้เสาเข็มมีความยาวพอเพียง การกำหนดความยาวเสาเข็มควรพิจารณาจากข้อมูลจากการเจาะสำรวจชั้นดิน (Boring Log) ตามหลักวิศวกรรม อีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นวิธีอย่างง่าย ๆ ที่ให้ความยาวเสาเข็มโดยประมาณ ได้แก่ วิธีการทดลองตอก โดยใช้ค้อนปอนด์อาศัยแรงคนตอกเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว (25 มม.) เชื่อมต่อเป็นช่วงๆ ความยาว 1.00 - 1.50 เมตร ตอกลงไปจนกระทั่งตอกไม่ลง แสดงว่าถึงชั้นดินแข็งแล้ว ให้วัดความลึกที่ตอกได้ แล้วเพิ่มความยาวเพิ่มเติมอีกประมาณ 2-3 เมตร น้ำหนักค้อนปอนด์ที่ใช้ไม่ควรน้อยกว่า 70% ของน้ำหนักเหล็กกลมที่ตอก การใช้วิธีนี้นั้นจะมีความถูกต้องน้อยกว่าวิธีการเจาะสำรวจดิน ซึ่งเป็นวิธีตามหลักวิศวกรรม

เสาเข็มที่ใช้ต้องมีความยาวพอเพียงตามการคำนวณ โดยอาศัยข้อมูลการเจาะสำรวจดิน แต่เสาเข็มตอกควรตอกให้ลึกลงไปต่ำกว่าระดับดินเดิมท้องคลองที่มีความมั่นคงไม่น้อยกว่า 3 เมตร ถ้าชั้นดินเดิมเป็นดินเหนียวแข็งหรือทรายแน่น และไม่ควรน้อยกว่า 6 เมตร ถ้าเป็นดินเหนียวอ่อนหรือทรายเป็นหลวม และถ้าใช้เสาเข็มเป็นส่วนของเสาตอม่อ ความยาวส่วนที่จมดินจะต้องไม่น้อยกว่า 1/3 ของความยาวเสาตอม่อรวมกับความยาวเสาเข็มด้วย

เช่นเดียวกับการออกแบบโครงสร้างสะพานส่วนบน การออกแบบโครงสร้างสะพานส่วนล่างสามารถอ้างอิงจากแบบมาตรฐานของส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น แบบมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท ซึ่งแสดงรายละเอียด ขนาด การเสริมเหล็ก และข้อกำหนดการก่อสร้างของฐานรากสะพานทั้งสองแบบ ซึ่งประกอบด้วย แบบมาตรฐานเสา แบบมาตรฐานตอม่อ คานยึดเสา และคานรัดหัวเสา สำหรับสะพานมีความยาวช่วงตั้งแต่ 5-10 เมตร และมีความกว้างผิวจราจรตั้งแต่ 8-12 เมตร รูป 3-11 แสดงตัวอย่างตอม่อคานยึดคานรัดหัว และ รูป 3.12 แสดงตัวอย่างตอม่อคานยึดคานรัดหัว



รูป 3-11 ตัวอย่างตอม่อดับกลางบนเสาเข็ม



รูป 3-12 ตัวอย่างตอม่อดับริม

5.4 แผ่นยางรองคอสพาน

แผ่นยางรองคอสพาน (Bearing pad) ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างพื้นสะพานลงโครงสร้างตอม่อ แผ่นยางที่ใช้อาจเป็นยางธรรมชาติ หรือ ยางสังเคราะห์ แต่แผ่นยางสังเคราะห์จะให้ ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากกว่าแผ่นยางธรรมชาติ คุณสมบัติและวิธีการทดสอบแผ่นยางเป็นไป ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชนิดของแผ่นยางรองคอสพานแบ่งออกได้เป็น

5.4.1 แบบไม่มีวัสดุเสริมแรง (Plain pad)

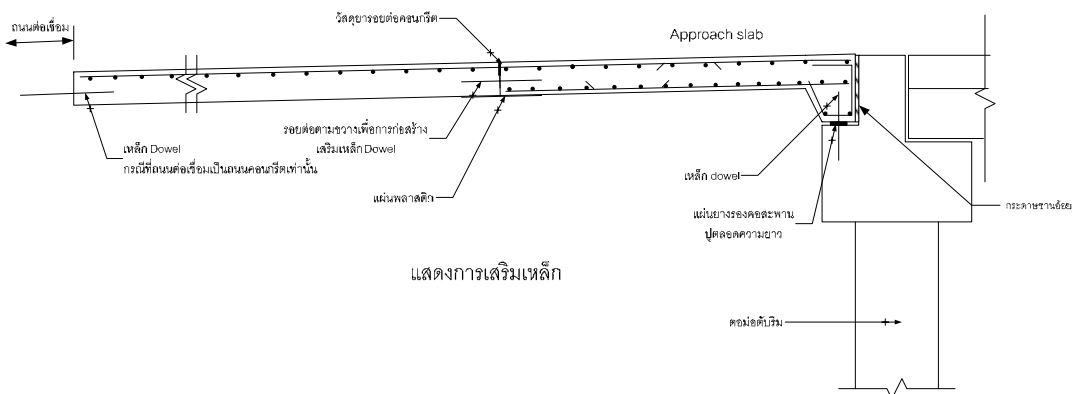
ใช้กับพื้นเทินที่มีความยาวช่วง 10 เมตร พื้นลำเรือ (plank girder) ความยาวช่วง 10 เมตร และคานคอนกรีตรูปกล่องกลางความยาวช่วง 20 เมตร

5.4.2 แบบมีวัสดุเสริมแรงภายใน (Elastomeric pad)

ใช้กับคานรูปตัวไอความยาวช่วง 20 และ 30 เมตร.

5.5 การออกแบบเชิงลาดสะพาน

บริเวณรอยต่อระหว่างคอสพาน กับ ตัวสะพานมักจะเป็นจุดที่เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกัน เนื่องจากตัวสะพานตั้งอยู่บนฐานรากที่มีความแข็งแรงจึงไม่ค่อยทรุดตัว ส่วน คอสพานซึ่งตั้งอยู่บนดินเดิม จะมีการทรุดตัวที่มากกว่า เพื่อเป็นการลดการทรุดตัวดังกล่าวนี้ จึงต้องออกแบบโครงสร้างเชิงลาด สะพานดังแสดงใน รูป 3-13 จะเห็นว่าเชิงลาดสะพานจะมีปลายข้างหนึ่งวางอยู่บนตอม่อริมของสะพาน และส่วนที่เหลือจะวางอยู่บนชั้น โครงสร้างทางในลักษณะเดียวกับผิวจราจรคอนกรีตนั่นเอง โดยปกติ ถ้าเป็นถนนคอนกรีตอยู่แล้วรอยต่อระหว่างเชิงลาดสะพานกับผิวจราจรคอนกรีตจะใช้เหล็กเคียวเป็นตัวยึด ในลักษณะเดียวกับรอยต่อในถนนคอนกรีต แต่ถ้าผิวถนนเป็นแบบอื่น การเชื่อมต่อระหว่างเชิงลาด สะพาน กับ ถนนจะมีผิวทางคอนกรีตยาวประมาณ 10 เมตรต่อเชื่อม



รูป 3-13 ตัวอย่างโครงสร้างเชิงลาดสะพาน

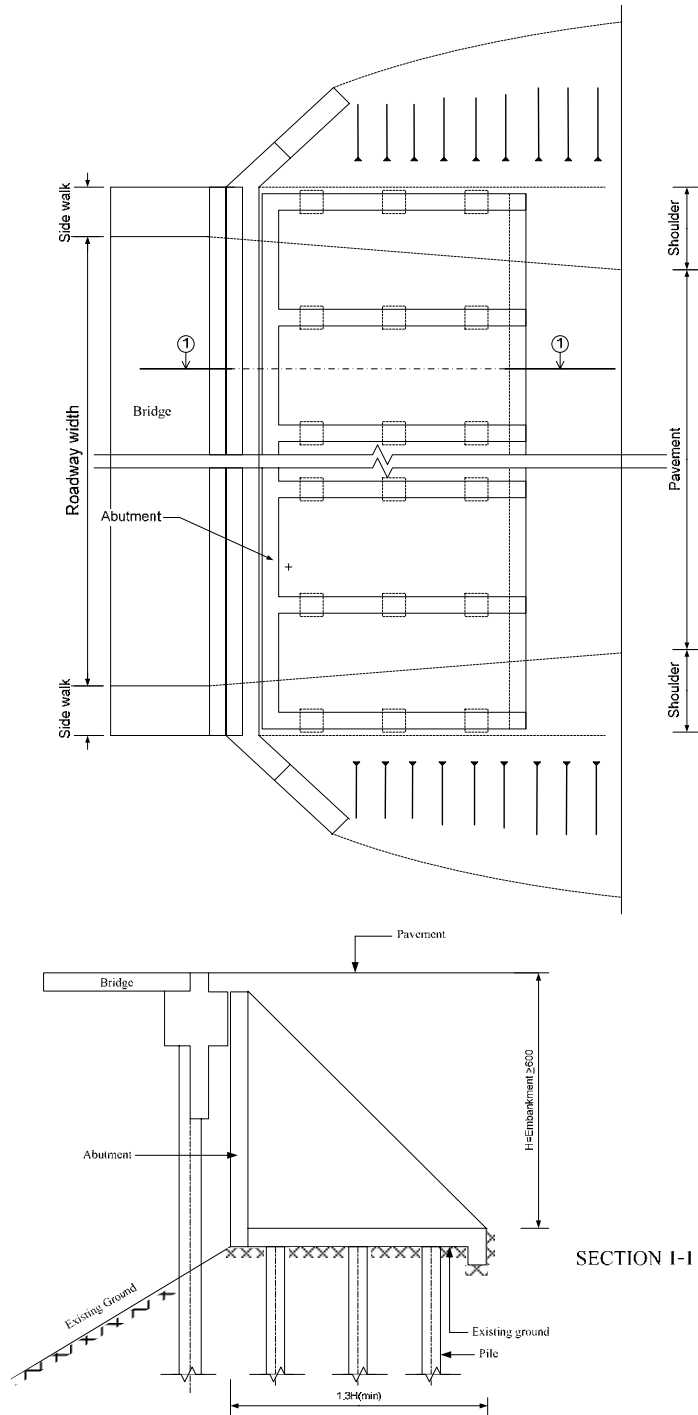
5.6 การออกแบบของค้ำประกอบอื่นๆ

สะพานอาจจะมียอดค้ำประกอบอื่นๆ ตามความจำเป็นของแต่ละท้องถิ่น ได้แก่ โครงสร้างป้องกันตอม่อ ดาดคอนกรีตป้องกันเชิงลาดริมตลิ่ง และ โครงสร้างปรับการทรุดตัว การพิจารณาว่าจะจัดให้มียอดค้ำประกอบเหล่านี้หรือไม่นั้น ควรปรึกษาวิศวกร หรือ ขอความร่วมมือกับหน่วยงานที่มีวิศวกรให้คำแนะนำได้

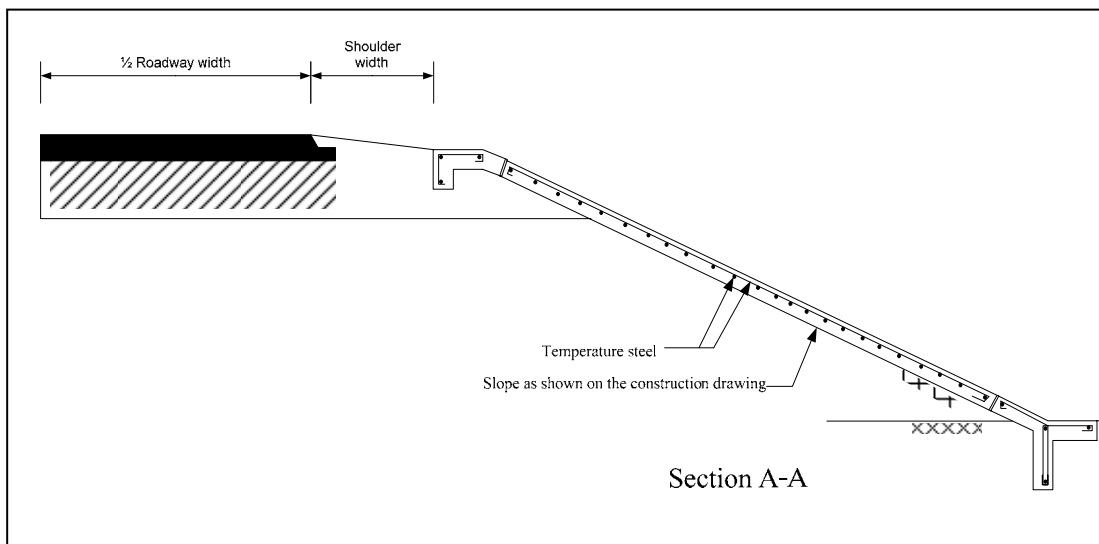
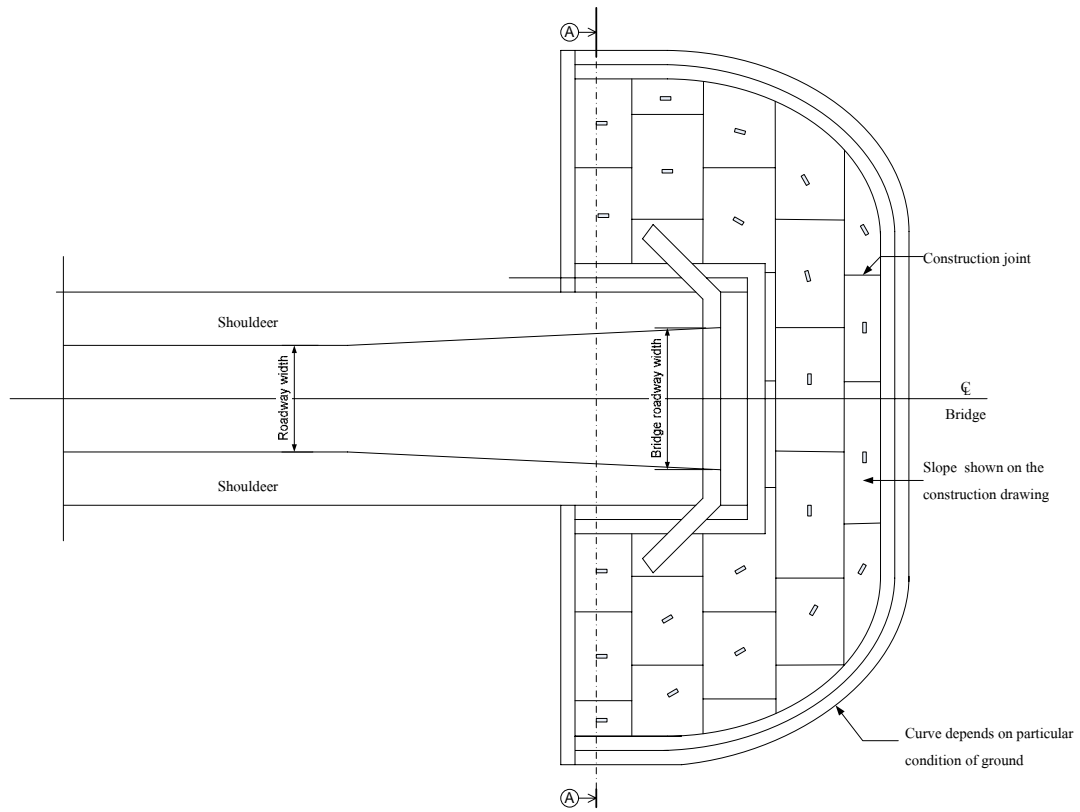
(1) โครงสร้างป้องกันตอม่อ (abutment protector) มีหน้าที่รักษาเสถียรภาพและความแข็งแรงของตอม่อ โดยทำหน้าที่เป็นกำแพงกันดินด้านทานแรงดันดินที่กระทำต่อตอม่อ ดังแสดงในรูป 3-14

(2) ดาดคอนกรีตป้องกันเชิงลาดริมตลิ่ง (concrete slope protection) มีลักษณะเป็นดาดคอนกรีตสำหรับป้องกันการกัดเซาะ ใช้เมื่อดินริมตลิ่งมีความลาดชันมาก ไม่มีความมั่นคง ดังแสดงในรูป 3-15

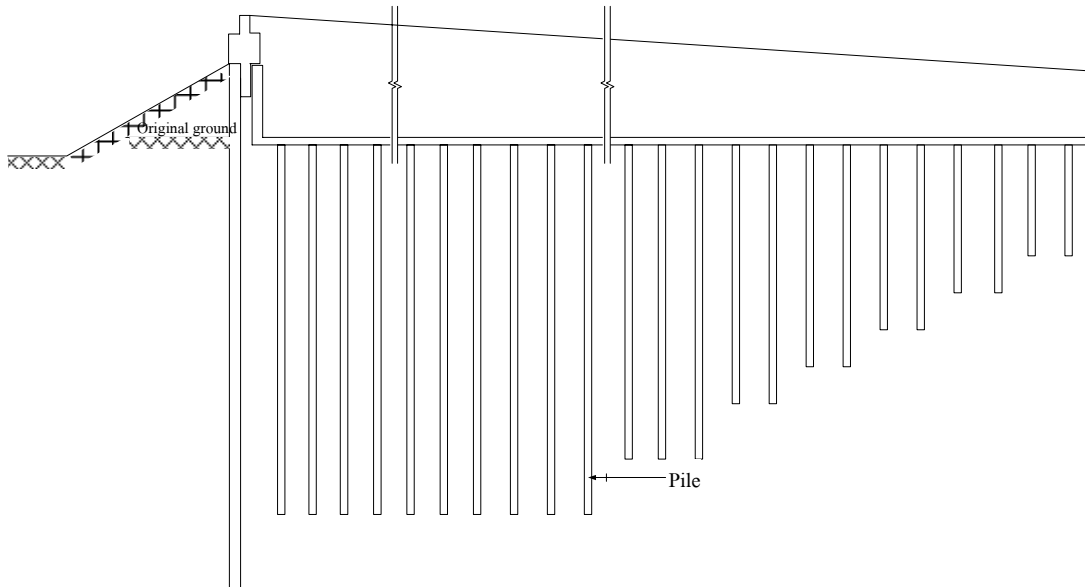
(3) โครงสร้างปรับการทรุดตัว (Bearing Unit) เป็นโครงสร้างที่ปรับการทรุดตัวของดินบริเวณคอสะพานให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ โดยตอกเสาเข็มที่มีความยาวไม่เท่ากันบริเวณคอสะพาน การใช้โครงสร้างปรับการทรุดตัวจะทำให้การทรุดตัวที่บริเวณคอสะพานเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับตัวสะพาน ทำให้ไม่เกิดปัญหาการขยับขีวยวดยาน ตัวอย่างโครงสร้างปรับการทรุดตัวดังแสดงในรูป 3-16



รูป 3-14 โครงสร้างป้องกันตอม่อ



รูป 3-15 คาดคอนกรีตป้องกันเชิงลาดริมตลิ่ง



รูป 3-16 โครงสร้างปรับการทรุดตัว

6. การประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคาก่อสร้าง หมายถึง การคิดราคาก่อสร้าง เพื่อจะได้กำหนดราคากลาง และเตรียมงบประมาณให้พอเพียงต่อการก่อสร้าง การประมาณราคาควรจะต้องกระทำให้รอบคอบและละเอียด เพื่อให้ได้ราคาที่ใกล้เคียงกับราคาจริงให้มากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากการประมาณราคาสามารถนำไปใช้เพื่อ

6.1 จัดทำงบประมาณการก่อสร้าง เพื่อกำหนดราคากลางเพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินราคาของผู้เสนอราคาในการประมูลงาน

6.2 กำหนดค่าวงงานในการก่อสร้าง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเบิกจ่ายค่างานในแต่ละงวด

6.3 คิดค่างานเพิ่มหรือลดจากสัญญาในงานก่อสร้าง ใช้ในกรณีที่มีการเพิ่มหรือลดงานจากที่กำหนดไว้ในแบบและสัญญา ซึ่งจะต้องทำการประมาณหาปริมาณงานและราคาที่เปลี่ยนแปลงไป

การประมาณราคาอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การประมาณราคาขั้นต้น และการประมาณราคาอย่างละเอียดดังนี้

(1) การประมาณราคาขั้นต้น เป็นการประมาณราคาอย่างคร่าวๆ จากแบบร่าง หรือข้อมูลสะพานที่ได้เคยก่อสร้างในบริเวณใกล้เคียงเพื่อตั้งงบประมาณการก่อสร้าง โดยที่ยังไม่จำเป็นต้องมีแบบก่อสร้างอย่างละเอียด การประมาณราคาโดยวิธีนี้มักอ้างอิงถึง ราคาต่อหน่วยพื้นที่ ต่อหน่วยความยาว

หรือต่อหน่วยปริมาตรของการก่อสร้างในลักษณะเดียวกันที่เคยก่อสร้างมา ซึ่งอาจอ้างอิงราคากลางโดยการหาราคาวัสดุก่อสร้างจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ และสำนักงานพาณิชย์จังหวัด ส่วนค่าแรงอ้างอิงจากสำนักงบประมาณ วิธีการคิดค่าใช้จ่ายอื่นๆ อ้างอิงจากคณะกรรมการควบคุมราคากลาง กระทรวงการคลัง และระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีหรือส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง การประมาณราคาขั้นต้นนี้ขึ้นอยู่กับประมาณพื้นที่ ความยาว หรือ ปริมาตรว่ากระทำได้ใกล้เคียงความจริงมากน้อยเพียงใด วิธีการประมาณขั้นต้นสามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ให้ผลค่อนข้างหยาบ อาจผิดพลาดได้สูงถึง 20-30%

(2) การประมาณราคาอย่างละเอียด หมายถึง การประมาณราคาโดยพิจารณาจากปริมาณวัสดุ แรงงาน และเครื่องจักรที่ใช้ จากแบบก่อสร้างที่ทำเสร็จสมบูรณ์แล้ว การประมาณราคาอย่างละเอียด ประกอบด้วยการถอดแบบเพื่อหาปริมาณงานแต่ละประเภท เช่น งานขุดดิน งานเทคอนกรีต งานผูกเหล็ก แล้วคูณปริมาณงานนั้นด้วยราคาต่อหน่วย ซึ่งประกอบด้วย ราคาวัสดุต่อหน่วย และราคาค่าแรงต่อหน่วย ผลคูณที่ได้จึงเป็นราคางานแต่ละรายการ เมื่อรวมยอดทุกรายการแล้วจะเป็นราคารวมของงานทั้งหมด

องค์ประกอบของการประมาณราคาได้แก่ การถอดแบบหาปริมาณวัสดุพร้อมเพื่อความสูญเสีย ราคาวัสดุ ราคาค่าแรงงาน และตัวคูณต่างๆ แบบฟอร์มที่ใช้ได้แก่ แบบคำนวณปริมาณงาน ในการประมาณราคาก่อสร้างให้ใช้หลักเกณฑ์และวิธีการดังนี้

2.1 การถอดแบบหาปริมาณวัสดุได้แก่เหล็กเส้น และคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างเช่น เสาเข็ม เสาตอม่อ คานยึด คานรัดหัวเสา คานรับพื้น กำแพงกันดิน เสา และราวสะพานใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

- เหล็กเส้น

การคิดปริมาณเหล็กเสริมงานคอนกรีต ให้คิดเป็นน้ำหนักโดยคำนวณหาความยาวเป็นเมตรตามแบบ แล้วคูณด้วยน้ำหนักเหล็ก (กก.ต่อ เมตร) ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้หากจะคำนวณโดยละเอียดแล้ว จะต้องบวกเพิ่มความยาวของมาตรฐาน และระยะทับต่อเหล็ก (ว.ส.ท. กำหนดระยะทับต่อเหล็กเท่ากับ 36 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กกรณีเหล็กข้ออ้อย และ 48 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กกรณีเหล็กกลม) แต่การคำนวณดังกล่าวจะเสียเวลามาก ในขั้นการประมาณราคาเพื่อทำราคากลางนี้ เสนอให้คำนวณหาความยาวเหล็กตามปกติแล้วเพื่อระยะสำหรับการรองรับการต่อทาบ และการสูญเสีย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดเหล็ก ดังนี้

ตาราง 3-1 น้ำหนักเหล็กเสริมต่อเมตร

เหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง, มม.	น้ำหนัก (กก./เมตร)
เหล็กกลม		
RB 6	6	0.222
RB 9	9	0.499
RB 12	12	0.888
RB 15	15	1.387
RB 19	19	2.226
RB 25	25	3.853
เหล็กข้ออ้อย		
DB 10	10	0.617
DB 12	12	0.888
DB 16	16	1.578
เหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง, มม.	น้ำหนัก (กก./เมตร)
DB 20	20	2.466
DB 25	25	3.853
DB 28	28	4.834
DB 32	32	6.313

ตาราง 3-2 ร้อยละการเผื่อปริมาณงานเหล็กสำหรับการงอขอ การต่อทาบ และการสูญเสีย
(ที่มา กองควบคุมราคากลาง พ.ศ. 2535)

ขนาดเหล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	ปริมาณเผื่อ (ร้อยละ)
6 มม.	5
9 มม.	7
12 มม.	9
16 มม.	11
20 มม.	13
25 มม. และมากกว่า	15

ตัวอย่างการคำนวณ

คานรัดหัวเสา ขนาดหน้าตัด 0.50 x 0.70 เมตร ยาว 10 เมตร ประกอบด้วยเหล็กนอน DB25 6 เส้น และ DB12 2 เส้น และเหล็กปลอก RB9@0.20 ตลอดความยาว คำนวณปริมาณเหล็กที่ใช้ได้ ดังนี้

เหล็กนอน

เหล็ก	ความยาวจริง (ม.)	ส่วนเผื่อ(ม.)	ความยาวรวมส่วน เผื่อ (ม.)	น้ำหนักเหล็ก (กก.)
DB25	6 x 10 = 60	0.15 x 60 = 9	69	69 x 3.853 = 265.86
DB12	2 x 10 = 20	0.09 x 20 = 1.8	21.8	21.8 x 0.888 = 19.36
รวม				285.22

เหล็กปลอก ยาว 2 x (0.45 + 0.62) = 2.14 เมตร (สมมุติระยะคอนกรีตหุ้มบนและล่าง 4 ซม. และระยะคอนกรีตหุ้มด้านข้าง 2.5 ซม.)

จำนวนปลอกที่ใช้ = 10 x 100/20 = 50 ท่อน

เหล็ก	ความยาวจริง (ม.)	ส่วนเผื่อ(ม.)	ความยาวรวมส่วน เผื่อ (ม.)	น้ำหนักเหล็ก (กก.)
RB9	50 x 2.14 = 107	0.07 x 107 = 7.49	114.49	114.9 x 0.499 = 57.13

- คอนกรีต

ให้คำนวณหาปริมาตรของคอนกรีตโดยแบ่งตามประเภท หรือ กำลังอัดของคอนกรีต โดยให้คำนวณปริมาตรของโครงสร้างแต่ละชิ้นในหน่วยลูกบาศก์เมตร นำมารวมกัน แล้วเผื่อการสูญเสียอีก 5% เช่น

- ปริมาตรคอนกรีตฐานราก = กว้าง x ยาว x ความลึกของฐานราก
- ปริมาตรคาน, เสา = พื้นที่หน้าตัด x ความยาว
- ปริมาตรพื้น = พื้นที่ผิวหน้าพื้น x ความหนาของพื้น
เช่น คาน ก.ส.ล. ขนาด 0.5 x 0.7 x 10.0 เมตร
- ปริมาตรคอนกรีต = 3.5 ลบ.ม.

$$\text{เพื่อความเสียหาย 5\%} = 0.05 \times 3.5 = 0.175 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{รวมปริมาตรคอนกรีตทั้งหมด} = 3.5 + 0.175 = 3.675 \text{ ลบ.ม.}$$

- ไม้แบบ

ให้คิดปริมาณไม้แบบตามพื้นที่ในหน่วย ตร.ม. ที่ห่อหุ้มคอนกรีตที่ทำ

โครงสร้าง เช่น

$$\text{ฐานราก} = \text{เส้นรอบรูป} \times \text{ความลึกของฐานราก}$$

$$\text{เสา} = \text{เส้นรอบรูป} \times \text{ความสูงเสา}$$

$$\text{คาน} = (2 \times \text{ความลึกคาน} + \text{ท้องคาน}) \times \text{ความยาวคาน}$$

$$\text{พื้นที่} = \text{กว้าง} \times \text{ยาว}$$

- ตะปู

ให้ใช้ 0.2 – 0.4 กก. ต่อ พื้นที่ไม้แบบ 1 ตร.ม.

2.2 วัสดุที่จะต้องจัดซื้อหรือจัดหา เช่น เสาเข็มคอนกรีต คานคอนกรีต พื้นคอนกรีตอัดแรง เหล็ก หิน ทราย คอนกรีตผสมเสร็จ ไม้แบบ ให้อิงราคาวัสดุของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ แล้วตรวจสอบเทียบกับราคาวัสดุจากแหล่งจำหน่ายในท้องถิ่นอย่างน้อย 2 แห่ง ในกรณีที่วัสดุนั้นไม่มีจำหน่ายในท้องถิ่น เช่น แผ่นยางรองพื้นสะพาน ให้สอบถามราคาจากผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายโดยตรง

2.3 ค่าใช้จ่ายส่วนที่จ้างเหมาหรือจ้างทำ เช่น จ้างตอกเสาเข็ม ทำป้ายชื่อสะพาน ให้อิงราคาของสำนักงบประมาณ (ถ้ามี) แล้วตรวจสอบกับราคาท้องถิ่นอย่างน้อย 2 แห่ง

2.4 ค่าแรง การคิดค่าแรง โดยทั่วไปคิดเป็นค่าแรงต่อหน่วยงานที่ทำได้ เช่น ค่าแรงเทคอนกรีตต่อปริมาตรคอนกรีต 1 ลบ.ม. ค่าแรงงานเหล็กเสริม ต่อ น้ำหนักเหล็ก เป็นต้น ดังนั้นงานแต่ละงานจะมีค่าแรงไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับว่าต้องใช้ทักษะช่างมากน้อยเพียงใด การคิดค่าแรงช่างให้อิงจากค่าแรงที่จ้างกันจริงในแต่ละพื้นที่ของประเทศ หรือ อิงจากราคาที่สำนักงบประมาณกำหนด

2.5 ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด คือ ผลรวมของค่าวัสดุ ค่าจ้างเหมา และค่าแรงงาน แล้วคูณด้วยตัวคูณ F ตามหลักเกณฑ์การคิดค่า F ที่ทางราชการกำหนด ในส่วนของงานเชิงลาดสะพานให้ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับงานทาง

7. ข้อเสนอแนะในการจ้างที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างสะพาน

ในกรณีที่สะพานมีขนาดไม่ใหญ่มาก เช่น สะพานที่มีความยาวช่วงไม่เกิน 10 เมตร และมีความยาวรวมไม่เกิน 50 เมตร ท้องถิ่นอาจดำเนินการได้เอง โดยอาจจ้างที่ปรึกษาแนะนำ และควบคุมการก่อสร้าง แต่เมื่อสะพานมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความยาวช่วงมากกว่า 10 เมตร หรือ มีความยาวรวมเกิน 50 เมตร อาจเกินความสามารถของท้องถิ่น ในกรณีนี้ท้องถิ่นควรพิจารณาจ้างที่ปรึกษาทำการสำรวจ ออกแบบ ประเมินราคา ก่อสร้าง และควบคุมงาน อัตราค่าจ้างที่ปรึกษาให้ปฏิบัติตามระเบียบกระทรวงมหาดไทย ว่าด้วยการพัสดุของหน่วยการบริหารราชการส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2535 ซึ่งได้กำหนดว่า อัตราค่าจ้างที่ปรึกษาให้เป็นไปตามความเหมาะสมและประหยัด โดยให้คำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ลักษณะของงานที่จะจ้าง อัตราค่าจ้างของงานในลักษณะเดียวกันที่หน่วยการบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ส่วนราชการ หรือ รัฐวิสาหกิจเคยจ้าง จำนวนคน-เดือน (Man-months) เท่าที่จำเป็น คำนึงค่าครองชีพ เป็นต้น