พันโท คมกฤช ศิริไพศาล[1]
พันเอก ผศ.ดร.ชวน จันทวาลย์[2]
พันเอก ดร.ปรีชา อภิวันท์ตระกูล[3]
พันตรี ผศ.ดร.ณัฐพร นุตยะสกุล[4]

กองพันทหารช่างที่ 111 กรมการทหารช่าง[1]
กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า[2,3,4]

การก่อสร้างสะพานข้ามอ่างเก็บน้ำบางลาง

A Bridge Construction over The Bang Lang Reservoir

บทคัดย่อ

เมื่อวันที่ 5 ม.ค. 53 คณะรัฐมนตรีมีมติให้กองทัพบกโดยกรมการทหารช่าง เข้าดำเนินการก่อสร้างสะพานข้ามอ่างเก็บน้ำบางลาง ซึ่งตั้งอยู่บนทางหลวงหมายเลข 410 ระหว่าง อ.ธารโต กับ อ.เบตง จ.ยะลา สะพานมีความยาวทั้งสิ้น 264 ม. เพื่อปรับปรุงแก้ไขเส้นทางในส่วนที่ผ่านอ่างเก็บน้ำบางลางให้มีระยะทางที่สั้นลงและส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่ โดยกรมการทหารช่างได้เข้าดำเนินการก่อสร้างตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2553 เป็นต้นมา ซึ่งขณะนี้การก่อสร้างได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้วเมื่อเดือนตุลาคม 2555 บทความทางวิชาการนี้อธิบายถึงลำดับขั้นตอนการก่อสร้างสะพานข้ามอ่างเก็บน้ำบางลางรวมถึงการทดสอบทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง

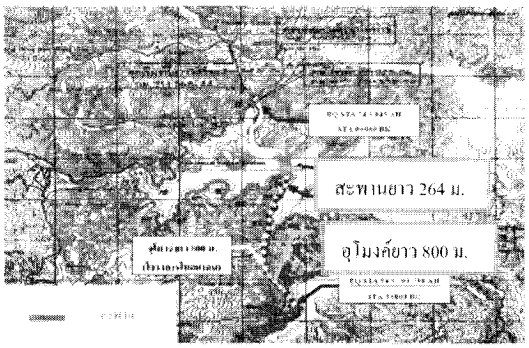
คำสำคัญ: สะพาน การก่อสร้าง อ่างเก็บน้ำบางลาง

Abstract

On January,5th 2010, the cabinet authorized the Royal Thai Army Corps of Engineer to construct a bridge across the Bang Lang reservoir. The bridge is located on Highway 410 between Betong and Yala's districts. The bridge has the total length of 264 m. and will improve the transportation route through the reservoir and promote the development in the area. The Royal Thai Army Corps of Engineer began the construction in April,1st 2010 and the project was completed in October 2012. This technical article explains the construction process of the bridge across the reservoir as well as the material testing related to the bridge construction.

Keywords : Bridge Construction, Bang Lang Reservoir, Balanced Cantilever Method

1. รายละเอียดทั่วไป



ภาพที่ 1 ภาพเส้นทางก่อสร้างเพื่อเชื่อมต่อตัวสะพาน

ภาพที่ 1 แสดงเส้นทางของถนนที่ดำเนินการก่อสร้างเพื่อไปเชื่อมต่อตัวสะพานที่มีความยาวรวมทั้งสิ้น 264 ม. ซึ่งเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จจะลดระยะทางการเดินทางได้ประมาณ 9 กม. หรือถ้าคิดเป็นระยะเวลาเดินทางจะสามารถลดระยะเวลาเดินทางได้ประมาณ 20 นาที นอกจากนี้ ภาพที่ 1 ยังแสดงแนวเส้นทางที่เป็นโครงการก่อสร้างอุโมงค์ในอนาคต ซึ่งเมื่อดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จทั้งสะพานและอุโมงค์ จะลดระยะทางได้รวม 15 กม. หรือคิดเป็นเวลาเดินทางประมาณ 45 นาที

1.1 วัตถุประสงค์ของการก่อสร้าง

1. เพื่อลดเวลาในการเดินทางจาก อ.ธารโต จ.ยะลา ไป อ.เบตง ให้มีความรวดเร็วและสะดวกสบายมากขึ้น

2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เนื่องจากเมื่อสร้างเสร็จจะสามารถลดระยะทางได้ถึง 9 กม.

3. ส่งเสริมการให้เกิดการท่องเที่ยวในพื้นที่ เนื่องจากบริเวณจุดก่อสร้างมีภูมิทัศน์สวยงาม

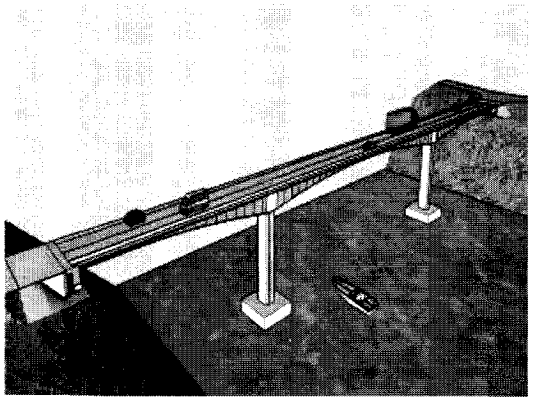
4. สร้างโอกาสและรายได้ให้ประชาชนในท้องถิ่นและชุมชน

5. สร้างความมั่นคงในพื้นที่

1.2 ลักษณะสะพานที่ดำเนินการก่อสร้าง

สะพานข้ามอ่างเก็บน้ำบางลาง มีความยาวทั้งสิ้น 264 ม. ตัวสะพานทางรถกว้าง 12 ม. ทางเท้ารวมขอบทางกว้างข้างละ 1.85 ม. รวมกว้าง 15.7 ม. มีตอม่อกลางน้ำจำนวน 2 แห่ง ระยะห่างระหว่างตอม่อกลางน้ำ 120 ม. การก่อสร้างใช้คอนกรีตอัดแรงชนิด Box Girder โดยวิธีคานยื่นแบบสมดุล (Balanced Cantilever) ภาพที่ 2 แสดงภาพจำลองของสะพาน

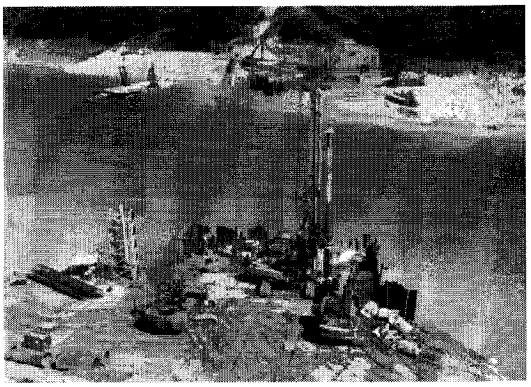
สะพานข้ามอ่างเก็บน้ำบางลาง ใช้เสาเข็มทั้งหมด 3 ขนาด โดยตอม่อกลางน้ำใช้เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ม. จำนวน 16 ต่อ 1 ฐาน ความลึกเฉลี่ย 20 ม. (ในชั้นหิน 3.0 ม., ในชั้นดิน 17 ม.) ส่วน Abutment ใช้เสาเข็มเจาะขนาด 0.6 ม. จำนวน 10 ต้น, เสาเข็มเจาะขนาด 0.8 จำนวน 14 ต้น ต่อ Abutment 1 แห่ง



ภาพที่ 2 ภาพจำลองเมื่อก่อสร้างสะพานแล้วเสร็จ

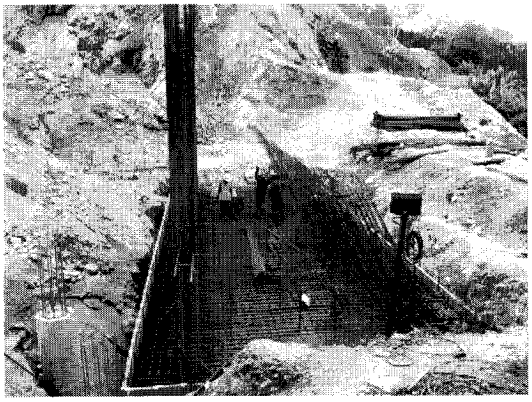
การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ผู้ออกแบบกำหนดให้เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ม. ต้องรับน้ำหนักปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า 750 ตันต่อต้น ค่าความปลอดภัย 2.5 ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำหนักในการทดสอบ 1,875 ตัน ซึ่งจากการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธี Pile Load Test เสาเข็มสามารถรับน้ำหนักได้ตามที่

ผู้ออกแบบกำหนด โดยภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการทำเสาเข็มเจาะ



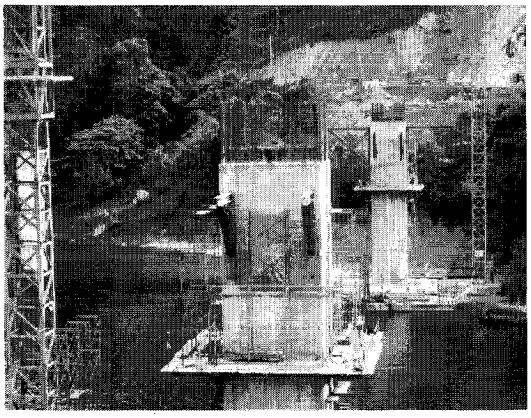
ภาพที่ 3 ภาพการเจาะเสาเข็ม

ฐานรากสะพาน เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 13.8 x 13.8 ม. สูง 3.5 ม. ปริมาตรคอนกรีต 666.5 ลบ.ม. กำลังอัด 350 ksc (cube) โดยขณะเทคอนกรีตมีการควบคุมความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างการเซ็ทตัวของคอนกรีต เพื่อป้องกันการแตกร้าว ภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการผูกเหล็กเสริมในฐานรากสะพาน



ภาพที่ 4 ภาพฐานรากสะพาน

เสาสะพาน เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ความสูงจากระดับหลังฐานรากถึงหัวเสาประมาณ 24 ม. โดยเสาแต่ละเสาออกแบบเป็นรูปทรงเสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 1.5 x 5.0 ม. จำนวน 2 เสาคู่กัน ดังแสดงในภาพที่ 5



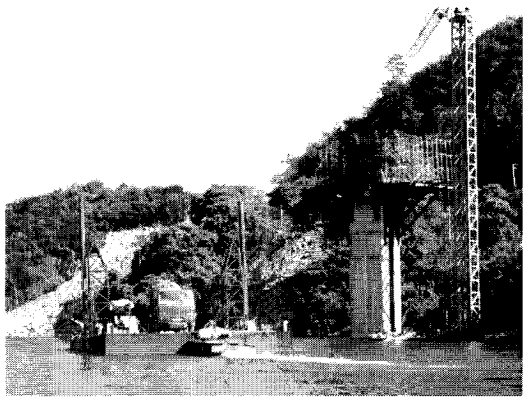
ภาพที่ 5 ภาพตัดเสาสะพาน

โครงสร้างด้านบนของตัวสะพาน เป็นโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง โดยมีจำนวนชิ้นส่วนคาน (Segment) ทั้งสิ้น 63 segments เนื่องจากเป็นงานก่อสร้างที่ต้องใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้บางครั้งต้องอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรขนาดใหญ่จากเอกชนมาสนับสนุนงานก่อสร้างบ้าง

แต่เนื่องจากสถานการณ์การก่อความรุนแรงในพื้นที่ทำให้เสียเวลาไปอย่างมากในการหาผู้รับเหมาเข้ามาช่วยดำเนินการ นอกจากนั้นแล้วโครงสร้างหลัก (Super Structure) ของสะพานยังต้องใช้คอนกรีตกำลังอัดสูงถึง 500 ksc ซึ่งจากตัว จ.ยะลาเดินทางมาถึงพื้นที่ก่อสร้างต้องใช้การเดินทางนานกว่า 2 ชม. อีกทั้งยังเป็นเส้นทางอันตราย จึงไม่สามารถจัดซื้อคอนกรีตผสมเสร็จจากผู้แทนจำหน่ายได้ กรมการทหารช่างจึงจำเป็นต้องตั้งโรงงานผสมคอนกรีตขึ้นเองในพื้นที่และต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัสดุเพื่อให้สามารถผสมคอนกรีตกำลังอัดสูงได้ตามต้องการ โดยได้จัดให้

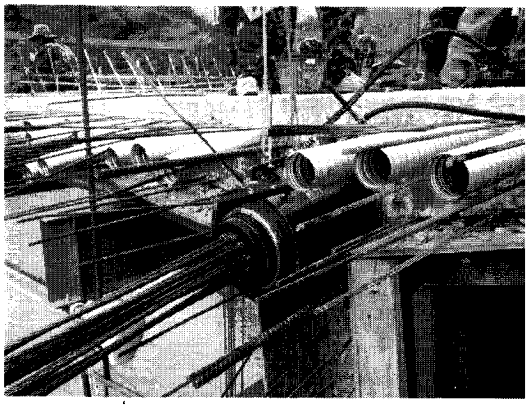
มีการทดสอบวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีตให้มีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐาน จากนั้นจึงผสมวัสดุต่างๆ ตามสัดส่วนปริมาณตามที่ได้กำหนดไว้

หลังจากการก่อสร้างเสาสะพานแล้วเสร็จก็เป็นขั้นตอนของการก่อสร้างหัวเสา (Pier Head) ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยหน่วยงานได้ดำเนินการทั้งสองหัวเสาในเวลาเดียวกัน ซึ่งหัวเสาจะเป็นชิ้นส่วนแรกของสะพานที่จะใช้คอนกรีตกำลังอัด 500 ksc เมื่อดำเนินการยึดโครงสร้างสำหรับรับน้ำหนักการก่อสร้างหัวเสาเข้ากับตัวเสาแล้ว จึงเริ่มงานผูกเหล็กและตั้งแบบหล่อ โดยได้แบ่งการเทคอนกรีตออกเป็น 3 ครั้งต่อ 1 หัวเสา ได้แก่ ครั้งที่ 1 เทคอนกรีตพื้นด้านล่างของหัวเสาและผนัง segment ส่วนล่าง ครั้งที่ 2 เทคอนกรีตผนัง segment ที่เหลือโดยเว้นส่วนบนสุดไว้ประมาณ 0.5 ม. และครั้งสุดท้าย เทคอนกรีตผนัง segment ส่วนที่เหลือ พร้อมกับเทคอนกรีตพื้นด้านบน (Deck slab) ทุกครั้งของการเทคอนกรีตจะต้องมีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำไปทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดด้วย



ภาพที่ 6 ภาพการก่อสร้างหัวเสา

ในการเทคอนกรีตพื้นด้านบนของสะพานนั้นจะต้องวางท่อสำหรับร้อยลวดอัดแรง โดยตามแบบก่อสร้างจะวางท่อแบนตามแนวขวางสะพาน ระยะห่างไม่เกิน 0.9 ม.ต่อ 1 แนว และจะวางท่อกลมตามแนวยาวของสะพาน ดังแสดงในภาพที่ 7

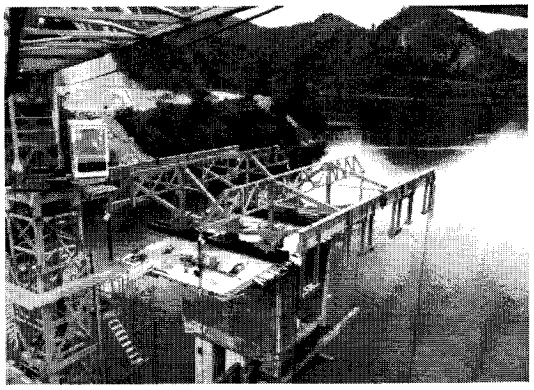


ภาพที่ 7 ภาพการวางท่อลวดอัดแรง

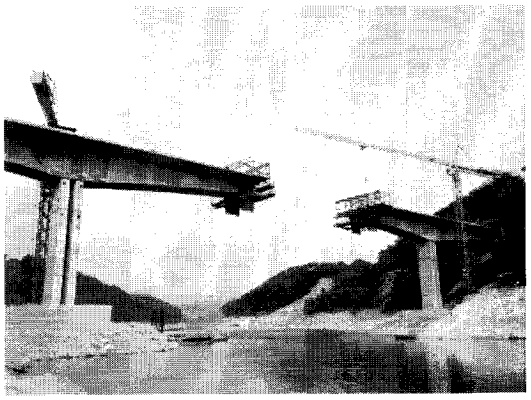
ขั้นตอนต่อไป คือ การติดตั้งเครื่องมือสร้างสะพาน (Form Traveller) ดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งสำหรับโครงการนี้ได้สั่งอุปกรณ์ต่างๆ มาจากประเทศมาเลเซีย แล้วนำมาประกอบ ณ แหล่งงาน จากนั้นจึงนำเครื่องมือสร้างสะพานไปติดตั้งบนหัวเสาเพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนในการก่อสร้างชิ้นส่วนคานของสะพานต่อไป เมื่อติดตั้งเครื่องมือสร้างสะพานเสร็จก็จะเริ่มงานผูกเหล็กใน ชิ้นส่วนคานทั้งสองด้านของหัวเสา จากนั้นก็จะทำการเทคอนกรีตเหล็กในชิ้นส่วนคาน โดยการเทคอนกรีตแผ่นพื้นของคานสะพาน ยังคงต้องมีการวางท่อสำหรับดึงเหล็กเสริมกำลังสูง (steel tendons) ทั้งตามแนวยาวและแนวขวางเหมือนเดิม เมื่อวางท่อและตรวจสอบความถูกต้องและความเรียบร้อยของเหล็กเสริม, แบบหล่อและแนวท่อ สำหรับดึงเหล็กเสริมกำลังสูง แล้วก็จะทำการเทคอนกรีตในชิ้นส่วนคาน

เมื่อหล่อคอนกรีตในชิ้นส่วนคานเสร็จครบ 3 วัน แล้วจะนำเอาตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บไว้เป็นรูปลูกบาศก์ไปกดเพื่อหาค่าความสามารถในการรับกำลังอัด โดยค่ากำลังอัดที่ 3 วันกำหนดไว้ที่ 350 ksc สิ่งหนึ่งซึ่งมีความสำคัญสำหรับการทำให้คอนกรีตสามารถมีค่าความสามารถในการรับกำลังอัดได้ตามที่ต้องการ คือ การบ่มคอนกรีต

ที่ถูกต้อง โดยหน่วยงานใช้วิธีการบ่มด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีต หากผลการทดสอบค่ากำลังอัดผ่านก็จะสามารถทำการเลื่อนเครื่องมือสร้างสะพานขยับออกไปด้านหน้าทั้งด้านซ้ายและขวาดังแสดงในภาพที่ 9 จากนั้นก็จะเริ่มทำการก่อสร้างชิ้นส่วนคานแบบเดิมต่อไป



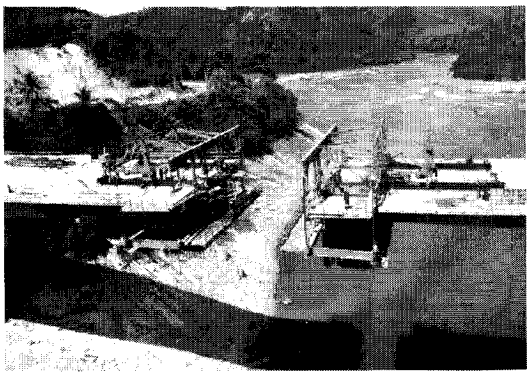
ภาพที่ 8 ภาพการติดตั้งเครื่องมือสร้างสะพาน



ภาพที่ 9 ภาพการเลื่อนเครื่องมือสร้างสะพาน

เมื่อได้เลื่อนเครื่องมือสร้างสะพานออกไปแล้ว ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างชิ้นส่วนคานต่อไปทุกครั้ง หน่วยงานจะต้องมีการเก็บค่าระดับของแผ่นพื้นของชิ้นส่วนคานที่เพิ่งหล่อเสร็จไปให้บริษัทเพื่อคำนวณและปรับค่าระดับสำหรับชิ้นส่วนคาน ต่อไป โดยระดับของชิ้นส่วนคานนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างของชิ้นส่วนคานเองและจากการหดตัวของคอนกรีตหรืออาจเกิดจากการดึงลวดอัดแรง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับค่าระดับเพื่อให้แน่ใจว่าสะพานช่วงต่อบริเวณกลางสะพานและช่วงต่อบริเวณตอม่อตลิ่งจะมาบรรจบกัน

เมื่อทำการก่อสร้างชิ้นส่วนคานจนครบทุกชิ้นส่วนคานก็จะเหลือเฉพาะ ชิ้นส่วนคานที่จะต่อกันบริเวณกลางสะพาน (closure segment) และ ชิ้นส่วนคานด้านริมของทั้งสองฝั่ง โดยบริเวณกลางสะพาน ได้ทำการรื้อถอนเครื่องมือสร้างสะพานออก 1 ชุด และใช้อีก 1 ชุดที่เหลือทำการก่อสร้างชิ้นส่วนคานเพื่อเชื่อมต่อคานสะพานที่จุดกึ่งกลางของสะพาน (closure segment) ดังแสดงในภาพที่ 10

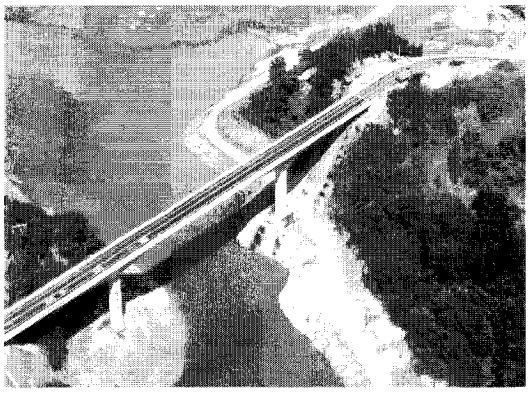


ภาพที่ 10 ภาพการติดตั้ง Closure segment

เมื่อก่อสร้างชิ้นส่วนคานครบทั้งหมดแล้ว ชิ้นส่วนคานที่เชื่อมต่อกันทั้งหมดจะเปลี่ยนพฤติกรรมของสะพาน จากคานยื่น เป็นคานต่อเนื่อง ค่าความสามารถในการรับแรงดัดของโครงสร้างจะเปลี่ยนไป โดยจะต้องมีการดึงลวดบริเวณแผ่นพื้นด้านล่างของชิ้นส่วนคาน (bottom slab) ของแต่ละชิ้นส่วนคานเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดัดของคานต่อเนื่อง เมื่อดึงลวดเสร็จทั้งหมดก็จะทำการหล่อปูนเกร้าท์

ในท่อ tendons ทั้งหมดเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของลวดอัดแรงและเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้กับลวดอัดแรงด้วย

จากนั้นก็จะเป็นขั้นตอนสุดท้ายของสะพาน คือการก่อสร้างส่วนประกอบอื่นๆของสะพาน ได้แก่ แผงกั้นคอนกรีต, ราวสะพานบริเวณทางเดินด้านข้าง, ปูผิวแอสฟัลท์ติกคอนกรีตด้านบน deck slab ตีเส้นจราจรและติดตั้งระบบไฟฟ้าส่องสว่างของสะพาน ภาพที่ 11 และ 12 แสดงภาพสะพานเมื่อก่อสร้างเสร็จและแสดงภาพส่วนประกอบต่างๆ ของสะพาน



ภาพที่ 11 ภาพสะพานเมื่อก่อสร้างเสร็จ

2. ประสบการณ์ที่ได้รับ

ประสบการณ์ด้านการก่อสร้าง เนื่องจากงานลักษณะนี้ มีหลายสิ่งที่กรมการทหารช่างยังไม่เคยดำเนินการ เช่น งานเสาเข็มเจาะที่ต้องเจาะลงในชั้นหิน การเทคอนกรีตขนาดใหญ่ (Mass concrete) การก่อสร้างสะพาน โดยใช้วิธีคานสมดุล การผลิตคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดสูงมาก ทำให้ต้องขวนขวายหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ

ประสบการณ์ด้านการวางแผนงานต่างๆ อุปสรรคใหญ่อีกเรื่องหนึ่งคือ เรื่องการส่งกำลังซ่อมบำรุงและการลำเลียงวัสดุต่างๆ หากเครื่องมือเครื่องจักรหรือวัสดุไม่เพียงพอ จะทำให้เสียเวลาไปเกือบทั้งวัน นอกจากนั้นในพื้นที่ดังกล่าวยังมีปัญหาเกี่ยวกับความสม่ำเสมอของกระแสไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมการวางแผนงานในแต่ละวันอย่างละเอียดว่าในแต่ละวันจะทำอะไรก่อนและหลังและมีแผนสำรองอยู่เสมอ

ประสบการณ์ด้านงานยุทธการและการปกครองบังคับบัญชา นอกจากงานด้านวิศวกรรมแล้ว จะต้องเตรียมการรับมือกับปัญหาเหตุร้ายที่อาจเกิดขึ้นจากกลุ่มผู้ก่อเหตุรุนแรงในพื้นที่ งานบางอย่างที่ควรทำกลางคืนได้ก็ไม่สามารถทำได้ เพราะจะเสี่ยงจนเกินไป กำลังพลต้องทำงานก่อสร้างในตอนกลางวัน ตอนกลางคืนจะต้องเข้าเวรยามรักษาการณ์ ส่งผลให้พักผ่อนไม่เพียงพอ ทำให้ขวัญกำลังใจของกำลังพลจะต้องได้รับการดูแลอยู่เสมอ ผู้บังคับหน่วยและนายทหารต้องใช้ความเป็นผู้นำในการปกครองเป็นอย่างมาก นอกจากนั้น สิ่งที่มีค่ามากที่สุดก็คือ ความภูมิใจที่ได้รับใช้กองทัพบกและประเทศชาติ และความไว้วางใจจากผู้บังคับบัญชา

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงมหาดไทย, กรมโยธาธิการ. สะพานพระราม 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2543.
2. British Standard, BS 5400. Steel, concrete and composite bridges. London: BSi., 1990.
3. AASHTO. Manual of Maintenance Inspection of Bridges. Washington, D.C., 1989.
4. AASHTO. Guide Specifications for Strength Evaluation of Existing Steel and Concrete Bridges. Washington, D.C., 1989.
5. Aktan, A.E., Chuntavan, C., Lee, K.L. and Farhey, D.N., Non-destructive testing and identification for bridge rating-Phase II: steel-stringer bridges, Rep. No. FHWA/OH-95/021, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1994
6. Aktan, A.E., Chuntavan, C., Toksoy, T. and Lee, K.L., Structural identification of a steel-stringer bridge for nondestructive evaluation, Transp. Res. Rec. 1393, National Research Council, Washington, D.C., 175-185, 1993.
7. Aktan, A.E., Chuntavan, C., Toksoy, T. and Lee, K.L., Bridge Non-destructive Evaluation by Structural Identification: 1. Description of the Methodology, and, 2. Applications, Proceedings, Third NSF Workshop on Bridge Engineering Research in Progress, Department of AMES, University of California at San Diego, Nov., 1992.