

วิวัฒนาการสร้างสะพาน โดยใช้เทคโนโลยีคอนกรีตอัดแรง

ณัฐเจต หนูกอง
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
กองวิศวกรรม

การพัฒนาสะพานคอนกรีตอัดแรงได้เริ่มขึ้นในยุโรปภายหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อสะพานข้ามแม่น้ำไรน์ และแม่น้ำสำคัญๆ ในยุโรปถูกทำลายเกือบหมดสิ้นจากสงครามและประจวบกับการขาดแคลนเหล็กทำให้มีแรงผลักดันให้หันมาคิดค้นใช้ระบบคอนกรีตอัดแรงอย่างมีประสิทธิภาพในการสร้างสะพานช่วงปานกลางและช่วงยาวๆ ในสหรัฐอเมริกาให้ความสนใจในงานสะพานคอนกรีตอัดแรง โดยเริ่มภายหลังจากการสร้างสะพานวอลนัทเลน ที่ฟิลาเดลเฟีย ในปี ค.ศ. 1950 ประมาณ 34% ที่สร้างเป็นสะพานเหล็ก ที่เหลือเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา ห้าปีต่อมา สะพานเหล็กลดลงเหลือ 23% ในขณะที่สะพานคอนกรีตอัดแรงเริ่มเข้ามาคือ 3% ในปี ค.ศ. 1975 สะพานเหล็กเหลือ 2% สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กลดลงเหลือ 20% ในขณะที่สะพานคอนกรีตอัดแรงเพิ่มเป็น 78% ปัจจุบันสะพานคอนกรีตอัดแรงสามารถแข่งขันกับสะพานเหล็กได้ แม้ในช่วงสะพานยาว 200 – 300 เมตร

การที่สะพานคอนกรีตอัดแรงเป็นที่นิยมมากขึ้นในประเทศต่างๆ เป็นเพราะสะพานชนิดนี้สามารถควบคุมการแตกร้าว และการโก่งตัวได้ดี สามารถทำให้สะพานเพรียวแลดูสวยงาม และยังลดน้ำหนักตัวเมื่อเทียบกับสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา ทำให้ประหยัดทั้งโครงสร้างส่วนบนและส่วนฐานรากลงได้อีก ทั้งนี้สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วในสภาพแวดล้อมต่างๆ ด้วยประสิทธิภาพของระบบคอนกรีตอัดแรงทำให้สามารถสร้างสะพานช่วงยาวๆ ซึ่งไม่อาจสร้างด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดาได้ และ มีความต้องการการดูแลรักษาน้อยมาก มีความคงทนต่อสภาวะบรรยากาศต่างๆ ได้ดี ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบกว่าสะพานเหล็ก ยกเว้นสะพานช่วงยาวมากๆ

สำหรับประเทศไทย มีการใช้ระบบคอนกรีตอัดแรงในการก่อสร้างสะพานได้ก้าวหน้ามากพอสมควร สะพานช่วงสั้นธรรมดาไม่น้อยกว่า 20-30 เมตร มักใช้ระบบคานคอนกรีตชนิดตึงเหล็กก่อน ถ้าหากไม่มีปัญหาในการขนส่ง เช่น สะพานลอยยมราช สะพานลอยแยกราชเทวี ช่วงกลางประกอบด้วยคานรูปตัวไอ ยาว 30 เมตร เป็นต้น สะพานช่วงยาวกว่านี้อาจใช้ระบบคานคอนกรีตอัดแรงก่อนประกอบกับคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ เช่น ทางด่วนเฉลิมมหานคร พ.ศ. 2521 ใช้ระบบต่อเนื่องบางส่วนโดยวางคานคอนกรีตชนิดตึงเหล็กก่อนความยาวประมาณ 20 เมตร บนป่าของแผ่นต้น หรือแผ่นกลวงหล่อในที่ซึ่งยื่นออกมาจากตอม่อ 2-11 เมตร ทำให้เพิ่มช่วงสะพานได้ถึง 44 เมตร แผ่นพื้นนี้ถ้ามีช่วงยื่นยาวก็ต้องอัดแรงภายหลังด้วย

โดยทั่วไปแล้ว คานสะพานช่วงยาวเกินประมาณ 24 เมตร จะขนส่งลำบาก จึงมักนิยมใช้ระบบคอนกรีตอัดแรงภายหลัง เช่น สะพานลอยบางเขนยาว 27 เมตร ประกอบด้วยคานกล่องคอนกรีตอัดแรงภายหลัง ซึ่งเป็นระบบแรก que พัฒนาขึ้นในงานคอนกรีตอัดแรงภายหลัง สะพานช่วงยาวๆ ในระยะหลังได้ทำการก่อสร้างโดยเทคนิคทันสมัยต่างๆ ในปี พ.ศ. 2515 ได้เริ่มงานก่อสร้างสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าฯ ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ความยาวสะพานหลัก เท่ากับ 280 เมตร ซึ่งเป็นช่วงกลาง 114 เมตร และช่วงริม 2 ช่วงๆ ละ 83 เมตร การก่อสร้างได้ใช้วิธีช่วงยื่นสมดุล (Balanced Cantilever) ใช้ระบบอัดแรง ซึ่งใช้การเคลือบเหล็กด้วยสารที่ไม่ทำให้คอนกรีตเกาะกับเหล็ก สำหรับสะพานช่วงยาว ในเวลาต่อมาได้แก่สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน (2524) มีสะพานหลักความยาว 224 เมตร ซึ่งเป็นโครงสร้างเหล็กต่อเนื่อง 3 ช่วง และก่อสร้างโดยอาศัย Launching Girder หิ้วแบบสำหรับ

หล่อตัวสะพาน ช่วงสะพานริมฝั่งของสะพานนี้ (Approach span) เป็นสะพานยาวต่อเนื่อง ซึ่งมีความยาว 45 เมตร

ในปี พ.ศ. 2524 บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง ได้นำวิธีการผลิตคานหล่อสำเร็จแบ่งส่วน Precast Segmental Girder ใช้การก่อสร้างสะพานบนเสนา- อยู่ชยา คานตัวโอ ช่วงยาว 30 เมตร จะถูกหล่อในโรงงานโดยแบ่งเป็น 3 ท่อน และหล่อแบบต่อกัน ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อทำการประกอบบนแท่นที่เตรียมไว้ โดยใช้อีพอกซี (epoxy) เรซินสังเคราะห์ซึ่งมีความเหนียวมาก จะแข็งตัวหลังผ่านความร้อน ใช้เคลือบผิวหรือเป็นตัวเชื่อมวัสดุ ประสานรอยต่อ จากนั้นจะทำการอัดแรงภายหลังแล้วยกไปติดตั้งบนตอม่อ

ใน พ.ศ. 2527 ได้มีการนำวิธีการก่อสร้างสะพานที่ทันสมัยที่สุดวิธีหนึ่งมาใช้เป็นครั้งแรก ในประเทศไทย โดยการก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดปทุมธานี และนนทบุรี ช่วงสะพานหลักโดยวิธี Precast Segmental Cantilever Construction และได้ใช้วิธี Incremental Launching การออกแบบและก่อสร้างสะพานนนทบุรีมีความยาวทั้งสิ้น 329.1 เมตร โดยที่ช่วงที่ยาวที่สุดกลางแม่น้ำมีความยาว 84 เมตร ส่วนสะพานปทุมธานีมีความยาวทั้งสิ้น 239.1 เมตร

ในช่วง พ.ศ. 2524-2525 วิศวกรกรมทางหลวงฯ นำโดย ดร. ชินวุฒิ บุรณารมย์ ได้ทำการออกแบบสะพานเกาะยอข้ามทะเลสาบสงขลา และกรมทางหลวงได้ว่าจ้าง บริษัท โคคิคอนซัลท์ คอนซัลติง เอนจิเนียริ่ง และแพลนเนอร์ส เอ/เอส เป็นวิศวกรที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบแก้ไขแบบสะพานตามเงื่อนไขของธนาคารพัฒนาเอเชียผู้เป็นเจ้าของเงินกู้ของโครงการสะพานติณสูลานนท์ (ชื่อทางการ) มีความยาวของสะพานหลักส่วนที่เป็นคอนกรีตอัดแรงรวมทั้งส่วนสะพานด้านเหนือและด้านใต้ของเกาะยอเท่ากับ 2,640 เมตร ความยาวช่วงท่าวางเท่ากับ 40 เมตร ออกแบบเป็นคานกล่องคอนกรีตอัดแรงเซลล์เดี่ยว

ความลึกของกล่องเท่ากับ 2 เมตร การก่อสร้างกระทำโดยวิธีหล่อสำเร็จเป็นท่อนๆ ยาวท่อนละ 2.5 เมตร แล้วนำไปติดตั้งในที่ โดยคานเหล็ก Launching girder เป็นแบบรองรับในช่วงก่อสร้าง รอยต่อซึ่งมี shear key จะถูกทำอีพอกซีพร้อมทั้งใส่แรงอัดชั่วคราวในระหว่างการประกอบท่อนที่ประชิดเข้าด้วยกัน เมื่อประกอบได้เต็มช่วงตอม่อ รวมทั้งส่วนอื่นอีกส่วนหนึ่ง แล้วก็ทำการอัดแรงถาวร สะพานนี้ นับเป็นผลงานที่น่าภาคภูมิใจของไทย ที่สามารถใช้วิทยาการทันสมัยในการออกแบบ รวมถึงควบคุมงานก่อสร้างขนาดใหญ่ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ในปัจจุบันต่างประเทศได้มีการพัฒนาวิธีการอัดแรงภายนอก (external post-tensioning) มาใช้อย่างได้ผลในการออกแบบก่อสร้างสะพานช่วงยาวๆ

กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานที่ช่วยสนับสนุนภารกิจชาติ ในการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบ คุณสมบัติวัสดุก่อสร้าง ให้ได้คุณภาพและอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศ การให้บริการ ได้แก่ ทดสอบแรงดึงของเหล็กเส้น โดยการใช้เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ใช้งาน 2-450 กิโลนิวตัน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 6892-1: 2009 (E) อีกทั้งกรมวิทยาศาสตร์บริการยังให้บริการทดสอบผลิตภัณฑ์คอนกรีต ซึ่งมีหลายรายการ ได้แก่ คอนกรีตผสมเสร็จ (มอก. 213-2552) ท่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก สำหรับงานระบายน้ำ (มอก.224-2533) เสาค้ำคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ (มอก.396-2549) แผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ สำหรับระบบพื้นคอนกรีต (มอก. 576-2546) และเสารั้วคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ (มอก.971-2533) เป็นต้น

ผู้สนใจสามารถติดต่อสอบถามและขอรับบริการได้ที่ กลุ่มวัสดุก่อสร้าง กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Material. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. E8/E8M-11. In Annual book of ASTM standard. Vol.03.01 West Conshohocken : ASTM, 2012, p.65-91.

Tensile Testing [Online] [cite dated February 2013] Available from internet: [http:// www.asminternational.org/pdf/spotlights/5106_01.pdf](http://www.asminternational.org/pdf/spotlights/5106_01.pdf)

Post-Tensioning Manual, Post – Tensioning Institute, Phoenix, Arizona, 1976.

ASTM C109 / C109M - 16a Standard Test Method for Compressive: <https://www.astm.org> > Standards & Publications

วิวัฒนาการของคอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย, บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด, พ.ศ. 2527