

# BSI : คอนกรีต ในสหัสวรรษที่ 3

Philippe Domnaès

**บี**เอสไอ (BSI) เป็นไฟเบอร์คอนกรีตที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถใช้แทนที่ไม้ได้ในขณะที่ไฟเบอร์คอนกรีตทั่วไปไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้ บีเอสไอยังมีความยืดหยุ่นสูงจึงทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เหล็กเสริมคอนกรีต อีกทั้งมีความชันเหลวกี่สูงมากจึงมีคุณสมบัติที่ดีในการประสานมวลรวมที่ผิวสัมผัสเป็นอย่างดีโดยไม่จำเป็นต้องมีการเขย่าให้แน่น เช่นคอนกรีตทั่วไปจึงง่ายต่อการทำงาน

โครงการระดับชาติในฝรั่งเศส อาทิ โครงการ คอนกรีตแนวใหม่ (New Directions in Concrete) และโครงการบีเอสพี 2000 (BHP 2000) ได้ส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้คอนกรีตประสิทธิภาพสูงเอสพีซี (HPC ; High Performance Concrete) เป็นอย่างดี หลังจากที่เอสพีซีได้กำเนิดขึ้นในปี พ.ศ. 2513 อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการใช้วัสดุนี้ได้เพิ่มมากขึ้นในวิศวกรรมโครงสร้าง แต่การขยายตัวของเอสพีซีในตลาดโลกยังคงค่อนข้างช้าเนื่องจากความคุ้มทุนจากการ

ลดต้นทุนทางตรง (ค่าวัสดุ) และทางอ้อม (เพิ่มอายุการใช้งาน) อันเนื่องมาจากการใช้เอสพีซีคอนกรีตยังไม่ชัดเจนที่จะทดแทนต่อความพยายามในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาเนื่องจากความไม่แน่ใจเมื่อวัสดุตั้งอยู่ในสภาวะโดนไฟไหม้ (ดูกรอบ 2) แนวโน้มการใช้คอนกรีตปัจจุบันก็ปรากฏว่ามีการใช้คอนกรีตที่แน่นโดยตัวเอง (Self Compacting Concrete) น้อยลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อ 5 ปีที่ผ่านมา ในขณะที่เดียวกันการมองวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ทดแทนก็มีมากขึ้นเพื่อลดระยะเวลาการก่อสร้าง เนื่องจากโครงการต่างๆ ก็มีการวางแผนที่มีข้อจำกัดมากขึ้น และมีข้อกำหนดด้านความสวยงาม เช่น รูปทรงที่ซับซ้อน ผนังเปลือกบาง และผิวคอนกรีตที่ไร้รอยตำหนิ เป็นต้น

## คอนกรีตที่พัฒนาเพื่อใช้กับ อุตสาหกรรมนิวเคลียร์

คอนกรีตบีเอสไอได้รับการพัฒนา

จาก บริษัท อีจีไอในกลุ่มเอฟฟาจกรุ๊ป (EGI, Eiffage Group) เป็นสูตรสำเร็จเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของการไฟฟ้าแห่งประเทศฝรั่งเศส (EDF) เทียร์รี ธิโบซ์ หัวหน้าฝ่ายบริการทางเทคนิควิศวกรรมโครงสร้างของบริษัทได้กล่าวไว้ว่า “คอนกรีตบีเอสไอเป็นผลผลิตจากการวิจัยหลากหลายแนวทางของทีมีวิจัยและพัฒนาจากแนวทางการวิจัยถึงสามแนวทางด้วยกันคือ คอนกรีตประสิทธิภาพสูง, ไฟเบอร์คอนกรีต และคอนกรีตแน่นด้วยตัวเอง”

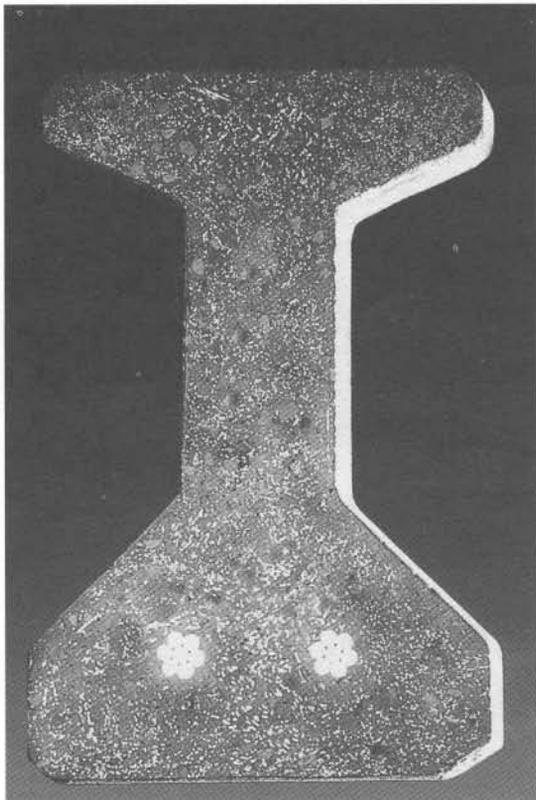
ในทางปฏิบัติแล้วผลงานชิ้นแรกที่ใช้คอนกรีตนี้ถูกนำไปใช้ในนอกห้องปฏิบัติการเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2540 ในโครงการปรับปรุงอาคารหล่อเย็น 4 หลังในโรงงานไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เขตแกตเตอนง เมืองโมแซลในฝรั่งเศสตะวันตก เนื่องจากโครงสร้างของอาคารจะต้องสัมผัสต่อสภาวะแวดล้อมที่เปิดเผยต่อสารเคมีรุนแรง เช่น น้ำกร่อยมีคลอรีนสูง อุณหภูมิที่สูงสภาวะแข็ง-ละลายของน้ำในฤดูหนาว และลมแรง เหล่านี้จะทำให้โครงสร้าง

ของอาคารหล่อเย็นถูกกัดกร่อน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของอาคารนี้ลดลงและนำไปสู่การสิ้นเปลืองพลังงาน

ลักษณะของการทำงานครั้งนี้ประกอบไปด้วยการติดตั้งคานรับน้ำหนักเพิ่มเติมจากโครงสร้างเดิมเพื่อเสริมความแข็งแรง และเนื่องจากคุณสมบัติของดินในบริเวณนั้นค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องระมัดระวังมากต่อน้ำหนักของโครงสร้างที่เพิ่มมากขึ้นจนอาจทำให้ฐานรากไม่สามารถรับน้ำหนักได้ และอาจจำเป็นต้องซ่อมแซมฐานรากในอนาคตอีก จากข้อจำกัดนี้ดูเหมือนว่าจะมีทางเลือกไม่มากนักที่จะยืดอายุการใช้งานของโรงงานไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์นี้ ซึ่งอาจจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมากในการสร้างโรงงานหลังใหม่

### สะดวกแม้ต้องเทคอนกรีตที่หน้างาน

การบริหารงานที่การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ฝรั่งเศสจำเป็นต้องใช้คอนกรีตที่มีประสิทธิภาพสูง คอนกรีตบีเอสไอของ บริษัท อีจีไอและ Ductal (ชื่อใหม่ของวัสดุผสม



คอนกรีตหล่อสำเร็จที่โรงงานไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ที่แตกเดอนอง

คอนกรีต) ซึ่งพัฒนาโดยความร่วมมือของไตรภาคีคือ บริษัท บุญญ-ลาฟาจ-โรเดีย วัสดุนี้มีคุณสมบัติที่มีความหนาแน่นสูงมาก และสามารถให้กำลังอัดได้สูงถึง 150 MPa และรับกำลังดึงได้สูงถึง 10 MPa เมื่อใช้สัดส่วนการผสมของบีเอสไอ คุณสมบัติด้านแรงดึงนี้เกิดขึ้นจากการใช้เส้นใยสังเคราะห์เป็นส่วนผสม ซึ่งทำให้คุณสมบัติด้านความเหนียวเกือบเท่าเทียมกับการใช้เหล็กเสริมจากคุณสมบัติอันเป็นเลิศนี้ นำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงได้สองประการคือ ขจัดความต้องการของการใช้เหล็กเสริมในคอนกรีต และความเป็นไปได้ในการอัดแรง ให้แก่คอนกรีตจากการใช้วัสดุเหนียว

หลายเดือนต่อมาคอนกรีตบีเอสไอสามารถเอาชนะวัสดุคู่แข่งโดยอาศัยเทคโนโลยีที่สูงกว่าสองเท่า ในการก่อสร้างอาคารหล่อเย็นในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ที่ซีโวซ์ เมืองเวียน ซึ่งเป็นการครั้งแรกที่มีการใช้ไฟเบอร์คอนกรีตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Ultra High

Performance Fibre-Reinforced Concrete) โดยการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ในการก่อสร้างอาคารใหม่และเป็นการใช้วัสดุจำพวกนี้กับการเทในที่เป็นการครั้งแรก ทั้งนี้เพราะว่าคานหลักทั้ง 4 ตัว มีขนาดหน้าตัด 250 x 550 มม. ยาว 2 x 6 เมตร จะต้องหล่อที่หน้างานในแบบหล่อที่เตรียมไว้ ซึ่งแตกต่างจากที่แตกเดอนองที่ใช้คอนกรีตหล่อสำเร็จ การขนส่งคอนกรีตได้ดำเนินการโดยศูนย์การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จโดยตรง ซึ่งที่ศูนย์นี้ได้รับการจัดส่งคอนกรีตแห้งผสมเสร็จที่บรรจุหีบห่อขนาดใหญ่สามารถรับประกันได้ว่าคอนกรีตบีเอสไอ

### กรอบที่ 1 : อัตราส่วนผสมและคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตบีเอสไอต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ในงานที่แตกเดอนอง

ปูนซีเมนต์	1,074 กก.
ซิลิกาฟูม	163 กก.
มวลรวม (0-7 มม.)	1,032 กก.
ไฟเบอร์	234 กก.
สารลดน้ำพิเศษ	39 กก.
น้ำ	197 ลิตร
กำลังอัด	150 MPa
กำลังรับแรงดึงโดยวิธีตรง	10 MPa
กำลังรับแรงดึงโดยวิธีแรงดัด	45 MPa
กำลังอัดภายใน 48 ชม.	110 MPa
อีลาสติกโมดูลัส	63 GPa
ความหนาแน่น	2.8 ตัน/ลบ.ม.

ที่ผลิตได้จากศูนย์นี้ได้ผ่านกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ

### ก้าวสู่การสร้างคอนกรีตศิลป์

หลังจากประสบความสำเร็จในงานที่ผ่านมา กระทรวงคมนาคมแห่งประเทศไทย ฝรั่งเศสโดยกรมทางหลวง ก็ได้นำประโยชน์ของคุณสมบัติอันเป็นเลิศของคอนกรีตบีเอสไอมาใช้ในงานก่อสร้างทางยกระดับในบริเวณเมืองวาล็องซ์ในแถบโดรม ผลที่ได้จากนวัตกรรมในโครงการนี้ทำให้สามารถนำไปสู่การพัฒนาให้บีเอสไอสามารถนำไปใช้ได้โดยมีความคุ้มค่าในต้นทุนของเทคโนโลยี กล่าวคือ ได้โครงสร้างที่เบากว่า ลดขบวนการก่อสร้างที่สลับซับซ้อน หลีกเลี่ยงการใช้เหล็กเสริมอย่างสิ้นเชิง และยังช่วยให้เกิดองค์ความรู้ที่จะใช้ในการออกแบบในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันประสิทธิภาพอย่างแท้จริงของไฟเบอร์คอนกรีตประสิทธิภาพสูงยังไม่ได้รับการเผยแพร่อย่างกว้างขวาง

อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้บีเอสไอมีแนวโน้มจะถูกใช้งานมากขึ้นคือ ความสามารถในการไหลและแน่นได้ด้วยตัวเอง นอกจากนี้คุณสมบัติทางกลของมันทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตสามารถถูกตกแต่งผิว

ได้ทันทีด้วยวัสดุปูผิว เช่น แผ่นหิน โดยไม่มีข้อจำกัดด้านขนาดของวัสดุปูผิว เนื่องจากสามารถหล่อคอนกรีตให้มีขนาดใหญ่ได้มากถึง 10-20 ม.<sup>2</sup> โดยมีความหนา 15-30 มม. และยังสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยปลอดภัย นอกจากนี้ บริษัท เอฟฟาจก็ได้ใช้วัสดุทำแบบหล่อหลายๆ ชนิด เช่น พิวซีซี ไม้และอะลูมิเนียมเพื่อความสวยงามของผิวคอนกรีต นอกจากนี้ เนื่องจากบีเอสไอเป็นคอนกรีตที่มีความสามารถในการไหลสูงและมั่นใจได้ว่าผิวคอนกรีตจะราบเรียบสม่ำเสมอ จากการทดลองหล่อโดยให้ด้านหนึ่งสัมผัสกับกระจกก็ปรากฏว่าได้ผลดี และเมื่อใช้กระดาษขุ่นปูทับที่ด้านล่างของแบบหล่อก็ทำให้ผิวคอนกรีตด้านนั้นมีลวดลายที่สวยงาม

โดยสรุปแล้ว คอนกรีตบีเอสไอทำให้เรามีอิสระต่อการเลือกใช้คอนกรีตให้มีความสอดคล้องกับโครงสร้างทาง

## กรอบ 2 : คอนกรีตบีเอสไอกับการทนไฟ

คอนกรีตบีเอสไอสามารถผ่านการทดสอบการทนไฟได้เป็นอย่างดี ในการทดสอบในช่วงเดือนธันวาคมที่ผ่านมา การทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐานไอเอสโอซึ่งทำขึ้นที่ห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยก๊องดีในเบลเยียม สำหรับผลการทดลองก็เป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ คอนกรีตบีเอสไอสามารถทนอุณหภูมิได้มากกว่า 1,000°C นานถึง 90 นาที และเนื่องจากวัสดุตั้งจัดอยู่ในคอนกรีตประเภทประสิทธิภาพสูงมาก ซึ่งต้องใช้เงื่อนไขการทดสอบแบบความล้มเหลวระหว่างความแน่นต่อประสิทธิภาพการทนไฟ เช่นเดียวกับคอนกรีตประสิทธิภาพสูงทั่วไป การที่โครงสร้างของเนื้อคอนกรีตบีเอสไอมีความพรุนต่ำและทิน้ำทำให้ห่างต่อการแตกร้าวเมื่อคอนกรีตได้รับความร้อนสูง ในการแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงได้ออกแบบให้คอนกรีตบีเอสไอมีส่วนผสมของโพลีโพรพิลีนไฟเบอร์ในปริมาณที่เหมาะสม (เป็นความลับ) โดยเมื่ออุณหภูมิของคอนกรีตสูงถึง 150°C ไฟเบอร์เหล่านี้จะหลอมละลายเปลี่ยนรูปเป็นเครือข่ายช่องว่างที่ประสานกันจนเพียงพอต่อการระเหยของน้ำในคอนกรีต

สถาปัตยกรรมมากขึ้นและได้โอกาสแก่การสร้างงานศิลปะบนถนนหนทางโดยทั่วไป บีเอสไอ เป็นคอนกรีตสำหรับโลกในศตวรรษที่ 3 อย่างแท้จริงโดยสามารถพลิกโฉมหน้าของคอนกรีตในอดีตที่น่าเบื่อเหอะเหอะ ให้สวยงามมากขึ้น

แปลและเรียบเรียงจาก

"BSI : A CONCRETE FOR THE  
THIRD MILLENNIUM"