

ศ.ดร.เอกสิทธิ์ สัมสุวรรณ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONCRETE OF NEW DECADE

คอนกรีตแนวใหม่

ในยุคโลกาภิวัตน์ การก่อสร้างได้วิวัฒนาการไปมาก โดยที่วิศวกรของไทยเราไม่อาจอยู่เฉย โดยไม่ชวนชวนหาความรู้ใส่ตนเองอีกต่อไปได้ เพราะวิทยาการได้วิวัฒนาการไปอย่างรวดเร็วมากจากแรงผลักดันในหลายกระแส เช่น ทางการค้าของ WTO (World Trade Organization) ซึ่งพยายามจะผลักดันให้การประกอบวิชาชีพวิศวกรรมเป็นการค้าบริการอย่างหนึ่ง และในรูปของ ISO 9000 ซึ่งเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพด้วยการบริหารและประกันคุณภาพของงานบริการ ซึ่งการก่อสร้างและงานวิศวกรรมที่ปรึกษาถือเป็นส่วนหนึ่งของการแข่งขันในวัฏจักรของปลาใหญ่กินปลาเล็ก หรือประเทศที่พัฒนาไปก่อนก็จะกดดันผู้ที่ด้อยโอกาสกว่า

คอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมาดั้งเดิมยาวนานหลายร้อยปี ซึ่งมีหลายคนมักจะคิดว่าไม่มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอีก เพราะมีวัสดุคือหิน ปูน ทราย และน้ำผสมกันจนเป็นคอนกรีตให้ได้กำลังที่ 28 วัน ในพิภพที่เหมาะสมถือว่าพอเพียงแล้ว แต่ในสภาพความเป็นจริงงานคอนกรีตหรือเทคโนโลยีของคอนกรีตไม่เคยหยุดยั้งเลย แต่กลับวิวัฒนาการคืบหน้าไปอย่างมากในช่วง 20 ปีหลังนี้ เริ่มตั้งแต่คอนกรีตกำลังสูง, คอนกรีตไหล, คอนกรีตสมรรถนะสูง, คอนกรีตเพื่อความทนทาน และคอนกรีตเพื่องานพิเศษ เป็นต้น

บทความนี้จะขอพิจารณาถึงคอนกรีตแนวใหม่ ที่เน้นกระแสการชิงแดงชิงดำในธุรกิจการก่อสร้างด้วยศักยภาพของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของโลกที่สูงสุดอย่างต่อเนื่อง ใน

ประเทศย่านเอเชียและแปซิฟิกฝั่งตะวันตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือประเทศกลุ่มอาเซียน (Asean) กล่าวคือจะต้องแข่งขันกันทางธุรกิจทั้งเชิงปริมาณ, เชิงเศรษฐกิจ และเชิงเทคนิค คอนกรีตในแนวใหม่จึงต้องพิจารณาถึงปริมาณการผลิตที่สูงในอัตราการผลิตที่เร็ว ด้วยเทคโนโลยีที่สูงจึงสามารถควบคุมกำลัง ควบคุมคุณภาพ และควบคุมสมรรถนะได้ตลอดขบวนการก่อสร้างตั้งแต่วัตถุดิบ, การผสม, การขนส่ง, การเท, การบ่ม จนถึงการใช้งานในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งจะต้องพิจารณาอย่างลึกซึ้งในรายละเอียดของแต่ละส่วน คอนกรีตแนวใหม่ที่น่าเสนอในบทความนี้จะเน้นการทำงานง่าย Workability or Constructivity เน้นกำลังสูง (High strength) เน้นความทนทานในการใช้งาน (Durability) และเน้นการก่อสร้างพิเศษ (Special purposes) เช่น งานซ่อมแซม เป็นต้น

ส่วนผสมคอนกรีต (CONSTITUENCES)

เป็นที่ทราบกันดีว่าคอนกรีตจะประกอบด้วยส่วนผสมหลัก 5 อย่าง อันจะนำมาซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คอนกรีตที่ดีด้วย

- ซีเมนต์ (Cement)
- หิน (Crush Rock ; Coarse Agg.)
- ทราย (Sand ; Fine Agg.)
- น้ำ (Water)
- สารผสมเพิ่ม (Admixture)

ส่วนของซีเมนต์ ซึ่งจะพิจารณาถึงผลของปฏิกิริยาไฮเดรชัน จากส่วนผสมหลักของตัวซีเมนต์เองคือ C_2S , C_3S , C_4A และ C_4AF ซึ่งในสัดส่วนของแต่ละตัวของเคมีหลักที่

เกี่ยวข้องกับควบคุมพฤติกรรมทางเคมีพฤติกรรมทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตอย่างลึกซึ้ง ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้จะส่งผลทั้งเชิงบวกที่ให้ผลดีและผลเชิงลบที่ทำให้ผลด้อยไปในบางส่วน ซึ่งวิศวกรที่เข้าใจและรู้อจริงจึงสามารถปรุงแต่งให้ได้ผลดีที่สุดในแต่ละประเภทการใช้งาน เช่น การควบคุมการไหล, ควบคุมกำลัง, ควบคุมความร้อน, ควบคุมการทับน้ำ, ควบคุมความแกร่ง, ควบคุมการหดตัวต่างๆ เหล่านี้ เป็นต้น

ส่วนของ หิน ททราย และน้ำ ส่วนใหญ่จะเป็นไปตามแหล่งของวัตถุดิบ เพราะยังมีความจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุที่ได้ตามธรรมชาติเพื่อความประหยัดในการผลิต หนึ่งในบางท้องที่วัตถุดิบจะเป็นต้นตอของการควบคุมศักยภาพการผลิตคอนกรีตให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการ เช่น บางพื้นที่ไม่อาจทำคอนกรีตกำลังสูงได้ เพราะต้องใช้ทรายเหมือนที่มีความสะอาดไม่พอเพียง หรือบางแห่งไม่อาจทำคอนกรีตทนสนิมของเหล็กเสริมได้เพราะต้องใช้ทรายทะเลในการผสม เป็นต้น แต่โดยทั่วไปในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทยเราสามารถผลิตคอนกรีตให้คุณภาพดีมีสมรรถนะสูง เว้นจากจะมีปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตบ้างในบางประเภทของการใช้งาน

และในส่วนของสารผสมเพิ่มดังที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีทั้งที่เป็นแร่ธาตุ (Mineral Admixture) และที่เป็นสารเคมี (Chemical Admixture) ด้วยเทคโนโลยีอันก้าวไกลทางด้านเคมี ทั้งอินทรีย์สาร (Organic Chemistry) และ อนินทรีย์สาร (In-organic Chemistry) จะสามารถนำมาใช้ปรุงแต่งให้ได้คอนกรีตที่มีพฤติกรรมพิเศษขึ้นมาได้ตามสมรรถนะของสารเคมีแต่ละตัว ดังตัวอย่างในปัจจุบันที่เกี่ยวกับสารผสมเพิ่มที่เป็นแร่ธาตุคือ สารประเภทพอสซาลาน (Pozzalan) เช่น ซีเถ้าลอย (Fly Ash) และไมโครซิลิกา (Silica-Fume) และสารผสมเพิ่มที่เป็นสารเคมีผสมเพิ่ม ซึ่งใช้เพื่อการลดน้ำหรือเพิ่มความไหลลื่น (Water Reducing or Plasticizer) สารลดน้ำมากพิเศษหรือให้การไหลแบบซูเปอร์ (Superplasticizer) สารเพื่อปรับแต่งการก่อตัว (Time Setting) และเพื่อพฤติกรรมอื่นๆ อีกหลายอย่าง

การออกแบบส่วนผสม (MIX DESIGN)

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแนวใหม่จะไม่เหมือนการออกแบบที่ผ่านมา กล่าวคือก่อนหน้านี้นี้จะเน้นเพียงกำลัง

อัดที่ 28 วัน และ/หรือ การยุบตัวของคอนกรีต โดยใช้การควบคุมด้วยสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) แต่การออกแบบคอนกรีตแนวใหม่อาจจะต้องเน้นพฤติกรรมใน 4 สมรรถนะหลักคือ

- ความสามารถเทได้ (Workability Flowability)
- กำลังของคอนกรีต (Strength)
- ความทนทาน (Durability)
- การใช้งานพิเศษ (Special Purpose)

การใช้งานอาจเน้นเพียงสมรรถนะเดียวอย่างหนึ่งอย่างใด โดยเฉพาะของการออกแบบส่วนผสมซึ่งยอมทำได้ แต่อาจจะต้องแยกแยะได้ตามวัตถุประสงค์หลักและปัจจัยหลักในการพิจารณาเพื่อการออกแบบส่วนผสมนั้นๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 1

อนึ่งในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตยังคงเป็นไปตามขั้นตอนปกติธรรมดา หากแต่จะต้องตระหนักถึงปัจจัยหลักในการออกแบบส่วนผสมทดลอง ปรับแต่ง (Trial-Error) ข้อควรสังเกตจากประสบการณ์ของผู้เขียนพบว่าปัจจัยหลักที่คงมีความสำคัญให้ปรุงแต่งคุณสมบัติในประเด็นหลักได้ง่ายมาก หากเริ่มต้นที่ขนาดคละของมวลรวมที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Gradation) ด้วยปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมและสัดส่วนของน้ำที่พอเหมาะ การปรับแต่งด้วยสารผสมเพิ่มที่สอดคล้องกับประเด็นหลักของการออกแบบส่วนผสมแล้วจะสามารถหาส่วนผสมคอนกรีตที่ให้ความเชื่อถือ และประกันคุณภาพได้ดีมาก

คุณสมบัติของคอนกรีต (CONCRETE PROPERTIES)

การตรวจสอบและทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตแนวใหม่ ยังคงใช้วิธีการทดสอบในมาตรฐานเดิมเป็นส่วนใหญ่ หากแต่ในอนาคตอันใกล้อาจจะมีผู้คิดและดัดแปลงแนวทางการตรวจสอบ หรือทดสอบที่ให้ผลได้รวดเร็วและให้ความเชื่อถือได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้อาจจะเป็นเครื่องมือเครื่องมือที่อาศัยการตรวจวัดด้วยเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังเชื่อแนวทางการทดสอบยังคงอิงหรือเทียบเคียง (Refer or Calibrate) กับเครื่องมือและมาตรฐานเดิมอยู่ คุณสมบัติของคอนกรีตที่ตรวจวัดหรือทดสอบจะต้องสอดคล้องกับสมรรถนะการออกแบบการผสม กล่าวคือ

รูปที่ 1 การปรับแต่งคุณสมบัติของคอนกรีตด้วยสารผสมเพิ่ม (1)

Concrete Property	Admixture Type	Category of Admixture
Workability	Water reducers	Chemical
	Air-entraining agents	Air entraining
	Inert mineral powder	Mineral
	Pozzolans	Mineral
	Polymer latexes	Miscellaneous
Set control	Set accelerators	Chemical
	Set retarders	Chemical
Strength	Water reducers	Chemical
	Pozzolans	Mineral
	Polymer latexes	Miscellaneous
	Set retarders	Chemical
Durability	Air-entraining agents	Air entraining
	Pozzolans	Mineral
	Water reducers	Chemical
	Corrosion inhibitors	Miscellaneous
	Water-repellant admixtures	Miscellaneous
Special concretes	Polymer latexes	Miscellaneous
	Slags	Mineral
	Expansive admixtures	Miscellaneous
	Color pigments	Miscellaneous
	Gas-forming admixtures	Miscellaneous

คอนกรีตเพื่อความสามารถให้ได้ : คอนกรีตที่ใช้งานเพื่อความสามารถจะเน้นคุณสมบัติคอนกรีตเหลว อันประกอบด้วย การทดสอบหลักคือ

- การไหล (Flow Test)
- การก่อตัว (Setting Time)
- ปริมาณฟองอากาศ (% Air)

คอนกรีตกำลังสูง : คอนกรีตที่ออกแบบเพื่อให้กำลังสูงจะเน้นคุณสมบัติคอนกรีตแข็งเป็นเกณฑ์การทดสอบและประกันคุณภาพ การทดสอบหลักจะพิจารณาจาก

- กำลังอัด (Compressive Strength)

- โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)
- โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture)
- แรงดึงโดยตรง (Direct Tension)
- กำลังอัดเริ่มแรก (High Early Strength)

คอนกรีตเพื่อความทนทาน : จะตรวจสอบคุณสมบัติทั้งเมื่อเป็นคอนกรีตอ่อนและเมื่อใช้งานในตัวโครงสร้างแล้ว โดยจะพิจารณาทั้งคุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทางเคมีจากการทดสอบ เช่น

- กำลังอัด (Compressive Strength)
- ความแกร่งผิว (Abrasion Resistance)

ตารางที่ 1 สมรรถนะของคอนกรีตในการออกแบบส่วนผสมและปัจจัยหลัก

หัวข้อ	สมรรถนะของคอนกรีต	ปัจจัยหลัก
1.	ความสามารถเทได้ <ul style="list-style-type: none"> - คอนกรีตไหล - ทำงานได้นาน - อุณหภูมิต่ำ - กำลังเริ่มต้นสูง - คอนกรีตไร้การเขย่า 	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดคละของมวลผสม - ปริมาณปูนซีเมนต์ - อัตราส่วน ผุ่/ผง - สารลดน้ำพิเศษ/สารให้การไหลลื่นสูง - สารเร่ง/หน่วงการก่อตัว
2.	กำลังของคอนกรีต <ul style="list-style-type: none"> - กำลังเริ่มแรก (6, 9, 12, 18 ชั่วโมง) (1, 3, 7 วัน) - กำลังที่ 28 วัน - โมดูลัสแตกร้าว - โมดูลัสยืดหยุ่น 	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดคละของมวลรวม - ปริมาณปูนซีเมนต์ - สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) - สารเคมีลดน้ำ - สารผสมเพิ่ม (Pozzalan) - รูปร่าง/ขนาดของมวลหยาบ - โยเสริมกำลัง
3.	ความทนทาน <ul style="list-style-type: none"> - ความทึบน้ำ - ความแกร่งผิว - ทนกรด-ด่าง - อัตราทนไฟ - ทนต่อความล้า/การสั่นสะเทือน 	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดคละของมวลรวม - ปริมาณซีเมนต์/ชนิดซีเมนต์ - สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) - ปริมาณช่องว่างในเนื้อคอนกรีต - สารลดน้ำพิเศษ/สารเคมีผสมเพิ่ม
4.	การใช้งานพิเศษ <ul style="list-style-type: none"> - คอนกรีตหดตัวน้อย - คอนกรีตปรับระดับได้เอง - คอนกรีตไหล - ควบคุมโมดูลัสยืดหยุ่น - Shear-Compression สูง - ยึดเหนี่ยวสูง/โมดูลัสแตกร้าวสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - ซีเมนต์ขยายตัว - แร่ธาตุผสม - มวลคละสำเร็จรูป - ผงโลหะผสม - ทำงานได้นาน - กำลังเริ่มแรกสูง

- ความทึบน้ำ (Water-Permeability)
- การคืบตัว และหดตัว (Creep/Shrinkage)
- การไหล (Flow Tests)
- ความเป็นกรด/ด่าง (Acidity/Alkalinity Tests)
- อดทานไฟ (Fire Endurance)
- การทนความเย็น (เยือกแข็ง-ละลาย) (Freez-Thaw Resistance)
- ความล้า (Fatigue)

คอนกรีตสำหรับงานพิเศษ : จะต้องตรวจสอบทั้งคุณสมบัติคอนกรีตในสภาพเหลวและเมื่อแข็งตัวแล้ว แต่จะเน้นเฉพาะพฤติกรรมพิเศษที่ออกแบบตามวัตถุประสงค์ของงานนั้นๆ ดังตัวอย่าง เช่น

งานซ่อม คอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- คืบตัวและหดตัวน้อย (Non-Shrink/Low shrinkage)
- มีกำลังเริ่มแรกสูง (High Early Strength)
- มีความไหลลื่นดี
- แทรกซึมทุกจุด (Flowability)
- ด้านแรงร่วม แรงกด-แรงเฉือนได้ดี (Shear/Compression)
- และมีการยึดเกาะคอนกรีตเดิมได้ดี (High Flexural Strength)
- etc.

งานคอนกรีตไหล ควรจะต้องมีคุณสมบัติหลัก คือ

- ไหลได้ด้วยตัวเอง (Self Compacted)
- ไม่แยกตัว (Non-Segregation)
- อุณหภูมิต่ำ (Low Thermal)
- ก่อตัวช้า (Long Setting)
- และมีช่วงเวลาทำงานได้นาน (Low Slump Loss)
- etc.

งานเข็มเจาะ ตามที่มีใช้ทั่วไปจะต้องมีคุณสมบัติหลัก คือ

- ไหลได้ด้วยตัวเอง (Self Compacted)
- ไม่แยกตัว (Non-Segregation)
- ก่อตัวช้า (Long Setting)
- มีช่วงเวลาทำงานได้นาน (Low Slump Loss)

- etc.

อนึ่งยังมีงานพิเศษต่างๆ อีกมากที่เน้นพฤติกรรมและสมรรถนะเป็นเฉพาะกรณีดังตัวอย่างเช่น งานก่อสร้างด้วยแบบเคลื่อนที่ (Slip Form), งานเทคอนกรีตไร้แบบ (Intrusion Concreting), งานคอนกรีตไร้การยุบตัว (Zero Slump Concrete) ฯลฯ ซึ่งจะต้องออกแบบและตรวจสอบพฤติกรรมต่างๆ จนเป็นที่พอใจต่อสมรรถนะที่ต้องการแล้ว จึงจะทำการผลิต

การใช้คอนกรีตแนวใหม่

เป็นที่ทราบกันดีว่าคอนกรีตในช่วง 10 ปี ข้างหน้าจะมีแนวโน้มของตลาดตามขนาดและลักษณะของงาน ซึ่งเชื่อว่าช่วงการพัฒนาที่ผ่านมาจะเน้นเฉพาะอาคารและสิ่งปลูกสร้างในเมืองเป็นส่วนใหญ่ แต่ในการก่อสร้างในช่วงต่อไปจะเป็นงานในกิจกรรมของสาธารณูปโภคหรือโครงสร้างพื้นฐานมากขึ้นเช่น สนามบิน, ถนนหนทาง, สะพาน, ทางด่วน, รถไฟฟ้า, โรงงานไฟฟ้า หรือโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ เป็นต้น จึงเชื่อว่างานคอนกรีตในช่วงถัดไปจะเน้น 5 กลุ่มหลัก คือ

- ปริมาณมาก
- สมรรถนะสูง
- กำลังสูง
- ความทนทาน
- กิจกรรมพิเศษ

ดังนั้นในแง่ของการผลิตจะต้องเน้นทั้งปริมาณ อัตราการผลิตและการควบคุมคุณภาพให้ครบวงจรตลอดกระบวนการจากแหล่งผลิตวัตถุดิบ, การขนส่งวัสดุ, การควบคุมการผลิต การผสม, การให้บริการต่อลูกค้าในการเท ตลอดจนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตผล/ผลิตภัณฑ์ และกิจกรรมปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิศวกรผู้รับผิดชอบหน้างานกับผู้ผลิตคอนกรีตร่วมกับผู้ออกแบบ จะต้องมีความเข้าใจถึงเจตนาและเป้าหมายของผู้ออกแบบ ซึ่งจะต้องให้สอดคล้องและรองรับกับเทคนิค และวิธีการก่อสร้างที่ได้ผลิตผล (Production) ที่เร็วและส่งผลถึงการประหยัดค่าแรงและค่าใช้จ่ายต่างๆ ด้วยเวลาที่สามารถลดให้สั้นได้มากที่สุดเท่าที่เทคโนโลยีและวิทยาการที่เอื้ออำนวย ดังนั้นเทคโนโลยีการผลิตคอนกรีตจะต้องตอบสนองความต้องการของฝ่ายก่อสร้างได้

ข้อควรพิจารณาในการใช้คอนกรีตแนวใหม่ ในส่วนที่เกี่ยวกับการเสริมเหล็กที่แน่นและมากขึ้นไป ทั้งนี้เพราะอาคารใหญ่ขึ้นรับน้ำหนักมากขึ้นตามลำดับ คอนกรีตที่ใช้ นอกจากจะมีปริมาณมากแล้ว ยังจะต้องใช้พลังงานในการเทเข้าแบบน้อยที่สุด และจะต้องขจัดความเป็นโพรงให้ได้ ดังนั้น คอนกรีตจะต้องเหลวมาก ไหลลื่นดี และมีความต้องการเครื่องมือช่วยเพียงเล็กน้อย คอนกรีตเช่นนี้จะต้องมีสมรรถนะสูงเกี่ยวกับการไหล มีช่วงเวลากำหนดการทำงานได้นาน ไร้อากาศ อาจต้องการกำลังเริ่มแรกสูงและมีเสถียรทางมิติ และให้กำลังที่ 28 วันสูงด้วย

คอนกรีตกำลังสูงมีใช้ในระบบคอนกรีตสำเร็จรูปต่างๆ เช่น แผ่นพื้นสำเร็จรูป ชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูปในงานสะพานหรือทางด่วน และชิ้นส่วนสำเร็จรูปขององค์อาคาร ผนังรอบอาคาร หรือผนังรับน้ำหนักของอาคาร เป็นต้น คอนกรีตกำลังสูงยังมีความจำเป็นต่อโครงสร้างเสาของอาคารสูง หรือโครงสร้างเชิงประกอบของเหล็กรูปพรรณกับคอนกรีต ซึ่งในอนาคตอันใกล้จะมีความจำเป็นต่อการใช้งานมากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้ในงานโครงสร้างอาคารและโครงสร้างสะพาน

คอนกรีตที่มีความทนทานสูง ซึ่งจำเป็นอย่างมากในโครงสร้างทุกชนิด ไม่ว่าจะภายในหรือภายนอกตามสภาวะแวดล้อมที่เพิ่มความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ เช่น ฝนกรด, น้ำเฝ้าเสีย, มีซัลเฟตและอากาศสกปรกก่อให้เกิดคาร์บอนเนชันง่าย อีกทั้งปัญหาของเพลิงไหม้และอุบัติเหตุต่างๆ คอนกรีตจึงต้องมีความทนทาน เช่น ต้องทนน้ำ, ทนการเสียดสีได้ดี, คืบตัวและหดตัวน้อย, ทนกรด-ด่างได้ดี, ทนซัลเฟตได้, ทนไฟได้ และทนต่อการกระทำซ้ำได้ ในการก่อสร้างหากได้พิจารณาถึงความทนทานตั้งแต่การออกแบบจะทำให้ค่าดูแลและบำรุงรักษา น้อยลง และจะทำให้อายุการใช้สอยอาคาร หรือโครงสร้างได้ยาวนานยิ่งขึ้น

คอนกรีตในกิจการพิเศษ เช่น การซ่อมคอนกรีตหลาหรือคอนกรีตสำหรับกิจกรรมพิเศษต่างๆ ย่อมมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติพื้นฐาน เพื่อให้ได้เป้าหมายที่ต้องการได้อย่างถาวร ควรออกแบบส่วนผสมจะต้องให้สอดคล้องกับสมรรถนะตามสภาพการใช้งาน ตามที่ยกตัวอย่างไว้ในหัวข้อที่ 4 เป็นเพียงบางส่วนเท่านั้น

บทสรุป

คอนกรีตแนวใหม่ตามที่นำเสนอในบทความนี้ไม่เพียงเพื่อการรู้จักปรับปรุงส่วนผสมของคอนกรีตโดยใช้ซีเมนต์และสารผสมเพิ่มให้ได้คุณสมบัติของคอนกรีตตามสมรรถนะของการใช้งานเท่านั้นแต่อาจจะกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ (Innovation) ทางวิศวกรรมโครงสร้าง เทคนิคและกรรมวิธีการก่อสร้าง ควบคู่กับเทคโนโลยีแบบหล่อคอนกรีตและเทคโนโลยีงานคอนกรีต ซึ่งจะส่งเสริมให้ได้งานที่สามารถประกันคุณภาพได้ในการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่าย และก่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรง มีความทนทาน ให้บริการได้ดีตามเจตนารมณ์ประหยัดได้ทั้งค่าปฏิบัติการและการบำรุงรักษา อีกทั้งสามารถยืดเวลาการใช้สอยโครงสร้างได้ยาวนาน โดยปราศจากการซ่อมแซมหรือปรับปรุงแก้ไขใดๆ

ข้อคิดสำหรับวิศวกรคือต้องทำความเข้าใจต่อพฤติกรรมพื้นฐานของซีเมนต์ และสารผสมเพิ่มได้อย่างถ่องแท้ เพื่อศักยภาพในแนวความคิดว่าด้วยการออกแบบส่วนผสมให้สอดคล้องกับการใช้งาน โดยยึดถือคุณสมบัติทั้งในสภาพเหลวและสภาพแข็งให้ได้มาถึงสมรรถนะสูงสุดในการก่อสร้างที่ง่าย มีกำลังสูง ให้ความทนทาน และสามารถประยุกต์ในงานพิเศษต่างๆ ได้ สมกับความเป็นวิศวกรในฐานะผู้ช่างคิด ช่างทำ ตรวจสอบดูแลเป็นและใช้งานเป็น ผลงานที่ดีของวิศวกรทุกท่านจะสนองความต้องการของสังคมของประเทศชาติโดยรวมในยุคใหม่วิศวกรทุกคนจะต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญพิเศษ และส่งผลให้ประเทศชาติเจริญทางเทคโนโลยีได้ เอกสารอ้างอิง

1. Mindess, S. and Yong J.F. "Concrete" Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 07632, 1981.
2. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ "แบบหล่อคอนกรีต" บริษัท เอเชียเพรส จำกัด กรุงเทพมหานคร 2529
3. Limsuwan, E. "Recent Development on Concrete Technology in Thailand and Asia", Summary Notes Presented to IABSE WC-VIII Operation, Repair and Maintenance. IABSE-Congress, New Delhi, 1992.

