



## คอนกรีตงานห้องเย็นซีแพค

FREEZING ROOM CONCRETE



คอนกรีตถึงแม้จะเป็นวัสดุที่มีความแข็งแกร่ง ทนทานสูงในสภาพอุณหภูมิปกติก็ตาม แต่เมื่อต้องอยู่ในสภาพอากาศที่หนาวเย็นถึงระดับจุดเยือกแข็ง เช่น ในห้องแช่แข็งหรือห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำถึง  $-40$  องศาเซลเซียส คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวหลุดร่อนหลังการใช้งาน จึงต้องทำการซ่อมแซมเกือบทุกปี นอกจากนี้ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมที่มากมายแล้วยังต้องปิดห้องเย็นเพื่อซ่อมซึ่งทำให้การค้ำต้องหยุดชะงัก อีกทั้งยังต้องเสียค่าพลังงานในการลดอุณหภูมิหลังการซ่อมให้ได้ ณ จุดเดิมอีก ปัญหาดังกล่าวจะหมดไปด้วย อีกหนึ่งนวัตกรรมจากซีแพค **CPAC Freezing Room Concrete**

CPAC Freezing Room Concrete คือ นวัตกรรมของคอนกรีตที่ทีมวิศวกรของซีแพคได้วิจัยและพัฒนาขึ้น เพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานการแตกร้าว ซึ่งเกิดจากการแข็งตัวของน้ำในคอนกรีต อีกทั้งยังทนทานต่อการขัดสีที่บริเวณผิวหน้าจากการใช้งานรถขนถ่ายสินค้า (Fork lift) จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับงานห้องแช่แข็ง ห้องเย็น และห้องปรับอากาศ (Ante Room) อย่างแท้จริง

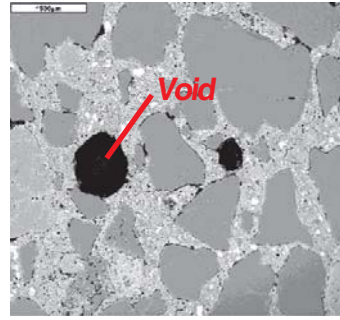
โดยปกติในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วยังมีน้ำอยู่จำนวนหนึ่งที่หลงเหลืออยู่ใน Capillary Pores ซึ่งไม่ได้ก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงที่อุณหภูมิปกติ แต่ในห้องแช่แข็งหรือห้องปรับอากาศนั้น เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงถึงจุดเยือกแข็ง น้ำที่หลงเหลืออยู่ในช่องว่างจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นและขยายตัวดันให้คอนกรีต



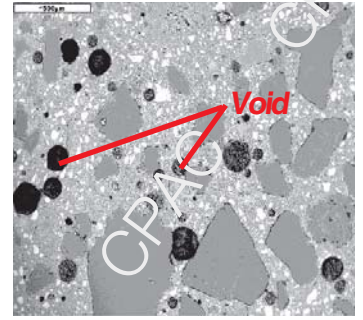
แตกกร้าว และต่อมาเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ห้องปรับอุณหภูมิ) น้ำในช่องว่างจะละลายและเคลื่อนที่ไปอยู่ตามรอยแตกที่เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อมีการลดอุณหภูมิอีกครั้งน้ำในรอยแตกเหล่านี้ก็จะขยายตัวดันให้รอยแตกขยายใหญ่ขึ้นอีก



ความเสียหายของคอนกรีตในห้องแช่แข็งที่เกิดจากกระบวนการ Freezing & Thawing



Conventional concrete



Freezing room concrete

ขนาดของฟองอากาศของคอนกรีตห้องเย็นมีขนาดเล็กกว่าและกระจายตัวมากกว่าของคอนกรีตทั่วไป

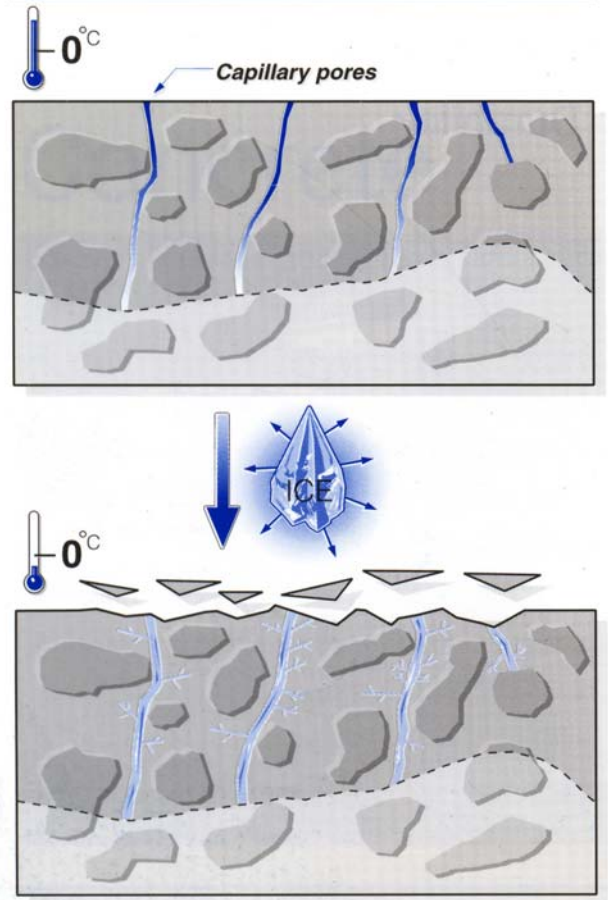
- การกำหนดส่วนผสมให้เนื้อคอนกรีตมีความหนาแน่นและที่บ่มน้ำสูง ปริมาณ Capillary Pores ในซีเมนต์เพสต์ก็จะลดลงด้วย นั่นก็คือทำให้ที่อยู่ของปริมาณน้ำส่วนเกินลดลงนั่นเอง

กระบวนการเช่นนี้จะเกิดสลับกันไปเรื่อยๆ จนคอนกรีตแตกกร้าวเสียหาย ทั้งที่บริเวณผิวและภายในจนสูญเสียความสามารถในการใช้งานและความสามารถในการรับกำลังในที่สุด

ทีมวิศวกรของซีแพคได้ศึกษาพฤติกรรม และกระบวนการแตกกร้าวของคอนกรีตจากการแข็งตัวของน้ำในคอนกรีต (Freezing) ในห้องแช่แข็งและจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสลับไปมาผ่านจุดเยือกแข็ง (Freezing & Thawing) ในห้องปรับอุณหภูมิอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่อง ประกอบกับน้ำบัจจยต่างๆ ที่มีผลต่อความทนทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance) มาพิจารณาอย่างละเอียดจนในที่สุดได้พบหลักการที่สำคัญซึ่งนำมาพัฒนาออกแบบส่วนผสม CPAC Freezing Room Concrete ดังนี้

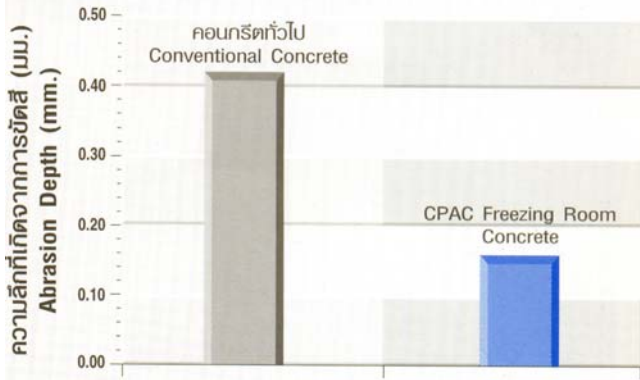
- การใส่ปริมาณฟองอากาศ (Entrained Air) ที่เหมาะสมในคอนกรีต ด้วยสารผสมเพิ่มคอนกรีตสูตรพิเศษของซีแพคจะก่อให้เกิดฟองอากาศที่อยู่ตัวขนาดประมาณ 0.25-1 มม. กระจายตัวอยู่สม่ำเสมอในคอนกรีต ซึ่งฟองอากาศเหล่านี้จะทำหน้าที่ในการรับน้ำส่วนเกินจาก Capillary Pore

กระบวนการการแตกกร้าวของคอนกรีตในห้องแช่แข็ง  
Deterioration Mechanism in Freezing Room



เมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง น้ำที่อยู่ใน Capillary pores จะขยายตัวดันให้คอนกรีตแตกกร้าวทั้งที่ผิวและภายใน

กราฟเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานการขัดสีที่ อายุ 28 วัน  
The Abrasion Resistance of Concrete at Age 28 Days



การทดสอบความสามารถในการต้านทานการขัดสี

คุณสมบัติที่เหนือกว่าของคอนกรีตห้องเย็นชนิด

แข็งแรงทนทานกว่าทั้งภายในและที่ผิวคอนกรีต

ส่วนผสมคอนกรีตได้ถูกกำหนดขึ้นมาจากการวิจัยโดยเฉพาะ นอกจากทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นที่บีบอัดได้สูงแล้ว ยังช่วยให้การเย็นน้ำลดลง ผิวหน้าจึงมีความแข็งแรงมากขึ้น ปัญหาการสึกกร่อนบริเวณผิวหน้าจากรถขนถ่ายสินค้า (Forklift) จึงหมดไป

เพิ่มความเร็วและความสะดวกในการเท

ด้วยอนุภาคที่กลมของฟองอากาศที่กระจายตัวอยู่ในคอนกรีตเหมือนมวลรวมละเอียดสามารถช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างผิวอนุภาคต่างๆ ทำให้มีความสามารถในการเทได้เพิ่มขึ้น การเทและการจี้เขย่าจึงสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

ยืดเวลาในการใช้งานและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมทุกปี

จะช่วยให้ปัญหาต่างกล่าวลดลงได้ ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิต การดำเนินงานสามารถทำได้สะดวก นับเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าอย่างแท้จริง

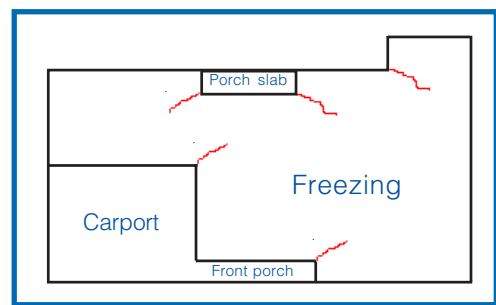
ข้อแนะนำในการก่อสร้าง เพื่อให้คอนกรีตห้องเย็นชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

ในการก่อสร้างพื้นห้องเย็นนอกจากจะต้องใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมแล้ว การเสริมเหล็กเพื่อช่วยรับการหดตัวเมื่อทำการปรับลดอุณหภูมิลง ก็เป็นสิ่งที่สำคัญเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องทำการเสริมเหล็กในปริมาณที่เพียงพอเพื่อป้องกันการแตกร้าวของพื้น

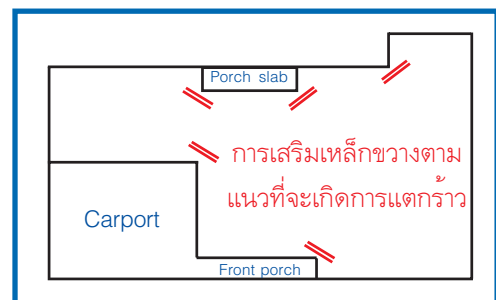
การเสริมเหล็ก

■ ตามข้อแนะนำของ ACI 224R Control of Cracking in Concrete Structures ได้กำหนดปริมาณเหล็กเสริมไม่ควรต่ำกว่า 0.60% ในโครงสร้างพื้นที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ และการหดตัวเป็นพิเศษ

■ การแตกร้าวของพื้นห้องเย็น บริเวณมุมประตูหรือมุมเสาเกิดจากการยึดรั้งตามมุมทำให้เกิด Stress Concentration สูง ส่วนมากมักจะเกิดบริเวณมุมนอก (Outward) มากกว่ามุมภายใน (Inward) จึงควรทำการป้องกันโดยการเสริมเหล็กพิเศษขวางตามแนวที่จะเกิดการแตกร้าว โดยเหล็กเสริมควรมีขนาด 12 มม. ขึ้นไป วางอยู่ในระดับกึ่งกลางของความหนาพื้น การเสริมเหล็กพิเศษดังกล่าวจะช่วยกระจายการแตกร้าวขนาดใหญ่ไปเป็นรอยแตกร้าวขนาดเล็กจำนวนมากที่มองไม่เห็น



ลักษณะการแตกร้าวจากการยึดรั้งตามมุม



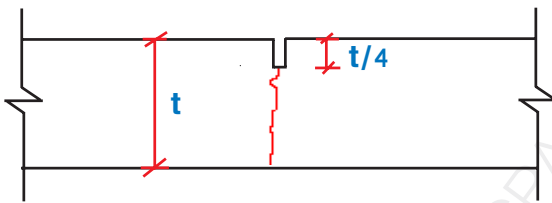
การเสริมเหล็กพิเศษเพื่อป้องกันแตกร้าวจากการยึดรั้งตามมุม



## การควบคุมการแตกร้าว

■ การทำรอยต่อ (Joint) เป็นการบังคับให้การแตกร้าวเกิดในตำแหน่งที่กำหนด โดยทั่วไปควรทำ Contraction joint ที่ระยะห่างทุกๆ 24-35 เท่าของความหนาแผ่นพื้น และแบ่งพื้นเป็นสี่เหลี่ยมชิ้นเล็กๆ โดยให้อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นไม่เกิน 1.5:1.0 และถ้าเป็นไปได้ควรเปลี่ยนตำแหน่งของพื้นที่ต่างระดับให้อยู่ใน Grid เดียวกัน

■ ในการทำ Contraction joint ด้วยการใช้เลื่อยตัด (Sawed cut) ระยะเวลาในการตัดควรทำให้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้หลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้ว รอยตัดจะต้องให้มีความลึกมากพอ เพื่อบังคับให้การแตกเกิดในแนวรอยตัด **ACI 302.1R Guide for Concrete Floor and Slab Construction** แนะนำให้ความลึกรอยตัดเท่ากับ 1/4 ของความหนาพื้น หากรอยตัดตื้นเกินไป รอยแตกจะเกิดแบบกระจายทั่วไป (Random crack)



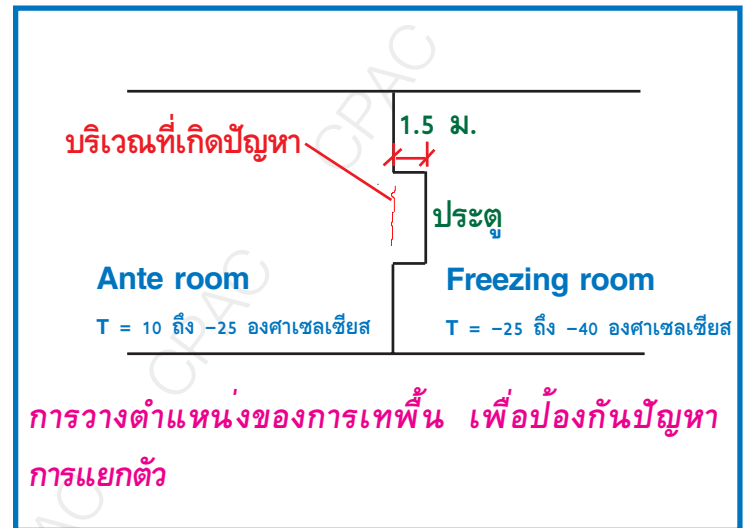
ความลึกของรอยตัด จะต้องลึกไม่น้อยกว่า 1/4 ของความหนาพื้น

■ บริเวณรอยต่อควรมีการใช้วัสดุอุด (Joint Filling Compound) ที่ทนต่ออุณหภูมิติดลบ 40 องศาเซลเซียส ได้ เช่น วัสดุประเภทโพลียูรีเทน (Polyurethane base)

■ บริเวณรอยต่อในห้องทางเดินควรมีการ Break ด้วย Water Stop เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำแข็งที่ละลายลงสู่ชั้นโพน (เพราะเมื่อน้ำที่ไหลลงไปเกิดการแข็งตัวจะดันตัวให้ชั้นโพนแตกเสียหายได้)

## การป้องกันการแยกตัวระหว่างพื้น Ante room กับ Freezing room

■ บริเวณประตูทางเข้าห้องแช่แข็ง (Freezing Room) ควรมีการยื่นพื้นรอยต่อเข้าไปข้างในลึก 1.5 เมตร ความกว้างเท่ากับความกว้างของประตู เพื่อป้องกันการแยกตัวของพื้นห้องเย็น



## การปรับลดอุณหภูมิ

■ การเริ่มปรับลดอุณหภูมิในห้องเย็นควรทำหลังจากเทคอนกรีตไปแล้ว 28 วัน เนื่องจากการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตจะหยุดลงเมื่อมีการปรับลดอุณหภูมิ

■ ระยะเวลาในการปรับอุณหภูมิลง ข้อแนะนำคือไม่ควรเร็วกว่า 1 เดือน โดยที่การปรับลดที่เป็นบวกให้ปรับลดลงวันละ 3 องศาเซลเซียส และเมื่อถึง 0 องศาเซลเซียส ให้ทิ้งไว้ 5-7 วัน จากนั้นปรับลดอุณหภูมิที่ติดลบลงวันละ 1-1.5 องศาเซลเซียส เพราะถ้าทำการปรับเร็วเกินไปอาจเกิดปรากฏการณ์ Thermal Shock ซึ่งจะทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้

## การขัดผิวหน้าคอนกรีต

ควรวางแผนการขัดผิวคอนกรีตให้ดี เนื่องจากการขัดผิวที่ดีมีส่วนช่วยในเรื่องของ Abrasion resistance โดยห้ามใช้น้ำพรมเพื่อช่วยในการขัดผิวหน้าคอนกรีต เพราะจะทำให้ผิวคอนกรีตมีกำลังต่ำและหลุดร่อน

พิสูจน์คุณภาพด้วยผลงาน

ส่วนหนึ่งของโครงการที่มั่นใจเลือกใช้

บริษัท อันทามันซูริมิ อินดัสทรีส์ จำกัด, บริษัท ยูเอสไอ ตลาดไท จำกัด, คาร์ฟูร์ รัตราธิเบศร์, โลตัส แจ่งวัฒนะ, บริษัท เชียงใหม่ฟรอสเซนฟูดส์ จำกัด (มหาชน), บริษัท สยามสมุทรฟรอสเซนฟูดส์ จำกัด, บริษัท แปซิฟิกห้องเย็น จำกัด, บริษัท สิ้นชัยห้องเย็น จำกัด, บริษัท นารายณ์ อินเทอร์เน็ต จำกัด, บริษัท คักดีส์วัตส์ดีมารีนห้องเย็น จำกัด, บริษัท เอ็มเคห้องเย็น จำกัด ฯลฯ

