

มะเร็งคอนกรีต

โดย รศ ดร สุวิมล สัจจาณิชย์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตีพิมพ์ครั้งแรกใน หนังสือ 45 ปีวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สิงหาคม
2511

หลายๆคนอาจจะงง ๆ เมื่อได้ยินคำว่า “มะเร็งคอนกรีต”..... เอ๊ะ คอนกรีตเป็น
มะเร็งได้หรือ...อะไรจะทันสมัยขนาดนั้น!!!

คำว่า “มะเร็งคอนกรีต” นั้นหลายๆคนอาจหมายถึงการเสื่อมสภาพของคอนกรีตที่
ต้องใช้เวลาเป็นไปอย่างเงียบๆ กว่า(เจ้าของอาคาร) จะรู้ตัว ก็หนักหนาสาหัสเสียแล้ว บาง
คนอาจจะนึกถึงการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีตที่ทำให้คอนกรีตค่อยๆแตกร่อนเห็น
เหล็กเสริมที่เป็นสนิมจนแทบจำไม่ได้... แต่นักคอนกรีตวิทยาส่วนใหญ่ใช้ความหมายนี้มุ่ง
ประเด็นไปที่การเสื่อมสภาพของคอนกรีตชนิดที่ไม่ค่อยได้พบเห็นในประเทศไทย หรือที่
เรียกว่า ASR ⁽¹⁾มากกว่าความหมายอื่น เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกับโรคมะเร็งที่เป็น
โรคทอปิสิตติดอันดับของผู้คนแบบแฝดคนละฝา ยังไงยังงั้น....หลายคนอาจจะยังงต่อ....เอ
มันเหมือนกันได้ยังไงกัน....

อันนี้อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะ พฤติกรรมในการเกิดการเสื่อมสภาพชนิดนี้
ซับซ้อน มีความไม่แน่นอนสูงทั้งในด้านโอกาสของการเกิดและความรุนแรงหลังจากที่เกิดไป
แล้ว การตรวจพบแต่เนิ่นๆทำได้ยาก มาพบทีหลังก็มักจะอยู่ในขั้นหนักหนาไปแล้ว เรียกว่า
ต้องร้องเพลง “รู้ตัวเมื่อสาย” แข่งกับคุณสุเทพ วงศ์คำแหงนั้น.... แฉมวิธีการตรวจสอบก็ต้อง
ใช้ผู้เชี่ยวชาญหรือวิธีที่ราคาค่อนข้างแพงรวมถึงมีอาการแทรกซ้อนที่ทำให้แปลผลสับสนได้

ง่าย ตลอดจนการแก้ไขหรือที่เรียกว่ารักษาก็ยังไม่ได้ผล” ร้อยปฐเชิง” เสียอีก เรียกว่ามีพฤติกรรม อยู่ในกรอบเดียวกับกับโรคมะเร็งของมนุษย์สองขาเปียบ!!....

ถ้าอย่างนั้น.....วิศวกรโยธามีอาชีพหรือผู้เกี่ยวข้องกับงานคอนกรีต มาทำความเข้าใจกับเจ้าการเสื่อมสภาพชนิดนี้ให้มากขึ้นอีกนิด....จะดีไหม??

ก่อนอื่น...ต้องขบออก...ว่าเจ้า ASR หรือ Alkali Silicate Reaction เป็นการเสื่อมสภาพ (ทางเคมี) ชนิดหนึ่งของคอนกรีตที่เกิดจากภายในเนื้อคอนกรีตแท้ๆ ไม่ได้เกิดจากสาเหตุภายนอก หรือจากวัสดุอื่นๆ อย่างเช่นการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ซึ่งเป็นผลให้คอนกรีตรอบๆเหล็กเสริม เกิดแรงดัน และถ้าคอนกรีตรับแรงดันนั้นไม่ได้ ก็จะแตกหลุดร่อนออก แต่สาเหตุและกลไกที่เกิดขึ้นจาก ASR ซึ่งเป็น “sub set” หนึ่งของ AAR หรือ Alkali Aggregate Reaction แตกต่างไปจากที่เล่ามาแล้ว โดย AAR เป็นการเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาภายในระหว่างด่างในปูนซีเมนต์กับแร่ธาตุในมวลรวมบางชนิดที่ไวต่อปฏิกิริยา จึงเป็นการเกิดจากเนื้อในคอนกรีตล้วนๆ ในกรณีที่ใช้มวลรวมหรือ หินที่มีแร่ซิลิกาที่ไวต่อปฏิกิริยา การเกิดปฏิกิริยานี้จะเรียกว่า ASR

หลายคนอาจจะสงสัยว่า....เอ....หินจะมีปัญหาทุกชนิดเลยหรือ....คำตอบก็คือมี หินบางชนิดเท่านั้น โดยหินที่มักเจอจะเจอโอกาสเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพแบบ ASR ได้แก่ โอปอลินซิลิกา, แคลซีโคไลน์, หินแก้วภูเขาไฟหรือ Volcanic Glass, หินเชิร์ต, หินบะซอลต์บางชนิด และหินไรโอไรท์, หินแอนดีไซต์ และ หินฟัลไลท์, หินแกรนิต, หินฮอร์นเฟล, หินผลึกควอตซ์จำพวก Cryptocrystalline Quartz เป็นต้น ⁽¹⁾ถ้าคุณเพลอร้องว่า...ไอ้โฮ...หินชื่อประหลาดพวกนี้มันอะไรกัน มีด้วยหรือ.....นั่นก็แปลว่าคุณ คุณ ต้องย้อนกลับไปค้นหาตำราธรณีวิทยาที่โยนทิ้งไปตั้งนานแล้ว กลับมาอ่านใหม่..... แต่วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ....คิดไม่ออกบอกอาตุ้(เกิ้ล)...google...

แล้วปัญหามันเป็นยังไงล่ะ....ขอตอบอย่างนี้ว่า....ผลจากปฏิกิริยาได้เป็น ASR gel ซึ่งอาจจะเกิดรอบๆมวลรวมเจ้าปัญหา แล้วค่อยๆแทรกซึมไปตามรอยแตกในบริเวณอื่นหรือสะสมในช่องว่าง อย่างไรก็ตาม แต่อันนี้ยังไม่ใช่ปัญหา.... ปัญหาของ ASR นั้น เกิดขึ้นจากการที่เจลมีคุณลักษณะดึงดูน้ำ และเมื่อดูดซับน้ำจากความชื้นก็จะขยายตัวและดันคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วที่อยู่รอบๆ แรงดึงที่เกิดขึ้นในบริเวณรอบๆ อาจสูงถึง 6-7 MPa⁽²⁾ และหากสูงเกิน

กว่าที่คอนกรีตจะรับได้ คอนกรีตก็จะแตกร้าว รอยร้าวที่เกิดจาก ASR มักมีหน้าตาแบบ map cracking ⁽³⁾ ซึ่งจะแตกต่างจากรอยร้าวเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ อย่างเช่น รอยร้าวจากการเกิดสนิม เหล็กที่คอนกรีตมักจะเห็นการแตกร้าวตามแนวเหล็ก หรือในกรณีที่รุนแรง คอนกรีตก็จะแตก ร่อนออกจนเห็นเหล็กที่เป็นสนิม ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เราเห็นจนชินตาทั้ง จากบ้านตัวเอง บ้านคนอื่น หรืออาคารขนาดใหญ่หลายๆแห่ง

ASR หรือเจ้า “มะเร็งคอนกรีต”⁽⁴⁾ นี้ เป็นการเสื่อมสภาพที่ไม่ค่อยได้เห็นบ่อยนักในประเทศไทย เพราะมวลรวมส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตมักเป็นหินปูนคุณภาพดี ประกอบกับผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จรายใหญ่หลายราย ตระหนักถึงปัญหาของ ASR ที่อาจเกิดขึ้นกับแหล่งหินบางชนิดได้ และพยายามหลีกเลี่ยงการใช้หินแหล่งหินที่อาจมีปัญหาเพื่อป้องกันปัญหาตั้งแต่ต้น ดังนั้นปัญหาจาก ASR จึงน้อยลงมากจนเกือบจะไม่เคยมีรายงานอย่างเป็นทางการเลย จนกระทั่งในปี พ.ศ.2552 คณะนักวิจัยจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รายงานการพบ ASR อย่างป็นทางการครั้งแรก ^(5,15) ซึ่งเป็นการพบที่ยืนยันการ “เป็น อยู่ คือ” แล้วยืนยันความจริงที่ว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีปริมาณ และมูลค่ามหาศาล ในปัจจุบัน นั้นยังคงต้องใช้พระเอกคอนกรีต ซึ่งมีมวลรวมเป็นพระรองตัวสำคัญ รวมถึงแหล่งทรัพยากรคุณภาพดี (ที่ได้ประทานบัตร) ก็ซักร่อยหรือลง แหล่งที่มีอยู่ประมาทร้อยละห้าถึงสิบห้ายังเป็นวัสดุที่(ฝรั่ง)จัดอยู่ในหินจำพวกที่มีโอกาสเกิดปัญหาได้ ดังนั้น ASR จึงอาจไม่ได้แปลว่า “คุณจะไม่ค่อยได้เจอ” หรือ AS you see it, Rarely อีกต่อไป

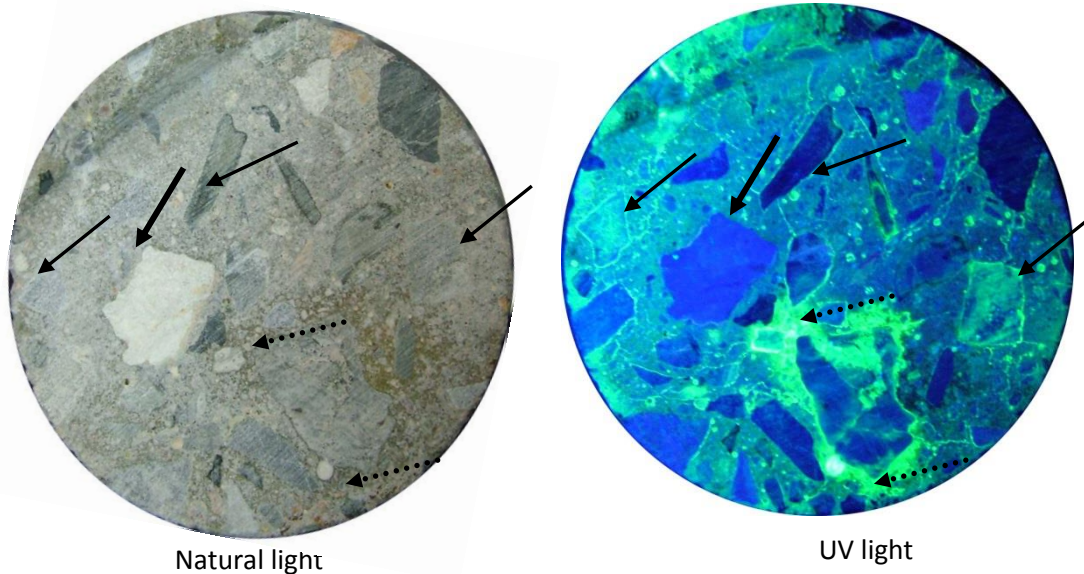
แต่ถึงอย่างไรก็ตาม “โอกาสเกิดปัญหา” อาจจะไม่ได้เป็นปัญหาเสมอไป เพราะการเกิดปัญหาให้ผู้เกี่ยวข้องต้องปวดหัวนั้น ต้องมีปัจจัยสำคัญสองสามอย่างครบถ้วน จึงจะเกิดการแตกร้าวให้เจ้าของโครงการ (ต้องปวดร้าว) หางบประมาณมาซ่อม แถมงบที่ว่านี่ก็เป็นบ”ประมาณ”สมชื่อ คือแค่ประมาณว่าต้องใช้เงินเท่านั้นเท่านั้น แต่การซ่อมให้”โรค”หายขาด อาจต้องประมาณสูงขึ้นไปอีกก็เป็นได้

ปัจจัยสำคัญที่วันนี้ คือ อัลคาไลในซีเมนต์ หินที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาและความชื้นถ้าคอนกรีตยังต้องใช้ซีเมนต์...อัลคาไลในซีเมนต์ เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพียงแต่จะมีมากหรือน้อยเท่านั้น แม้มาตรฐานการผลิตซีเมนต์ทุกๆ มาตรฐานจะพยายามกำหนดปริมาณอัลคาไลสูงสุดในซีเมนต์ไว้ก็ตาม อัลคาไลที่มีผลกระทบต่อ ASR ได้แก่ ออกไซด์ของโซเดียมและ

โปตัสเซียม (Na_2O และ K_2O) ซึ่งมักคิดในเทอมของปริมาณโซเดียมออกไซด์เทียบเท่าหรือ Na_2O equivalent ในกรณีของ ASR หากค่าที่ว่ามีสูงเกิน 0.6% มักมีแนวโน้มเกิดปัญหาได้ถ้าใช้มวลรวมที่ไวต่อปฏิกิริยาในส่วนผสมคอนกรีต แต่จริงๆแล้วนักวิจัยเชื่อว่าตัวการที่สำคัญของปัจจัยนี้คือ ไฮดรอกซิลไอออน ที่อยู่ในสารละลายอัลคาไลในช่องว่างในเนื้อคอนกรีต มากกว่าปัจจัยสำคัญชนิดที่สองคือมวลรวมที่ใช้ในคอนกรีต ซึ่งได้แก่ หินและทราย โดยทั่วไปถ้าใช้ทรายแม่น้ำ มักจะเจอปัญหาน้อย แต่ในกรณีที่ต้องใช้ทรายจากการบดย่อยของหิน และเผชิญเป็นหินที่มีปัญหาคือเป็นพวกแร่ซิลิกาที่ไวต่อปฏิกิริยากับอัลคาไล ปัญหา ASR ก็อาจเกิดได้ทั้งจากหินและทราย โดยเฉพาะพวกที่มีแร่ซิลิกาในรูปแบบที่เป็น Amorphous หรือ crystalline หรือ cryptocrystalline fibrous บางชนิดดังที่กล่าวมาแล้ว

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่จัดว่าสำคัญมาก ชนิด”ไม่มีไม่ได้” คือ ความชื้น แม้ว่าคอนกรีตนั้นจะมีปัญหาเรื่อง ASR แต่การเสื่อมสภาพอาจยังไม่เกิดขึ้น หากโครงสร้างนั้นไม่อยู่ในสภาวะเปียกชื้น เนื่องจาก ASR gel ที่อาจเกิดยังไม่มีการขยายตัวมากพอที่จะทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวขึ้นได้

ถ้ามีปัจจัยครบถ้วนทั้งสามประการเมื่อไหร่ ก็จะเกิดการแตกร้าวในลักษณะ map cracking จากการขยายตัวของ gel ที่ดูดซับความชื้น อย่างไรก็ตามรูปแบบรอยร้าวอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตามลักษณะการยัดกันอื่นๆ ลักษณะเด่นชัดของการเสื่อมสภาพเนื่องจาก ASR นี้ คือ การพบ Alkali-Silica gel ในรอยร้าว หรือที่ขอบของมวลรวมหรือแม้แต่พบสะสมในรอยร้าวของหินที่ใช้ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วย Petrographic analysis ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่ให้ผลยืนยันที่แน่นอน⁽⁶⁾ หรืออาจใช้วิธี Scanning Electron Microscopy (SEM) ก็ได้ อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธีต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน หรือเครื่องมือซับซ้อน และการตรวจสอบมีราคาแพง นอกจากทั้งสองวิธีนี้แล้ว ยังอาจใช้วิธีการคัดกรองเบื้องต้นด้วยวิธีง่ายๆ เช่นการใช้สาร Uranyl Acetate แซ่ตัวอย่างคอนกรีตที่ฝานเป็นชั้นบางๆ แล้วส่องดูภายใต้แสงยูวี ตามวิธีการของ FHWA ซึ่งจะเห็น ASR gel ที่ถูกไอออนของ Uranyl (UO_2^{+2}) เข้าไปแทนที่อัลคาไลไอออนใน Gel และเรืองแสงภายใต้แสง UV เป็นขอบเรืองแสงสีเขียวเหลืองชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบชิ้นส่วนที่เจาะจากองค์อาคารจริงภายใต้ ภายใต้แสงปกติ และแสงUV ⁽¹⁵⁾

ลูกศรสีดำหนาแสดงถึงหินที่ไม่เกิดปฏิกิริยา ซึ่งไม่ปรากฏเส้นขอบเรืองแสง ขณะที่รูปทางซ้ายมีลูกศรสีดำบาง ซึ่งชี้ที่ตำแหน่งของหินซึ่งมองไม่เห็นขอบแต่ในรูปทางขวามือ ภายใต้แสงยูวีในตำแหน่งเดียวกัน ปรากฏเส้นขอบเรืองแสงชัดเจน หนาแสดงถึงหินที่เกิดปฏิกิริยาชัดเจน ขณะเดียวกัน ลูกศรสีดำเส้นประในรูปทางซ้ายมือในแสงธรรมชาติ ไม่ได้แสดงความผิดปกติใดๆให้เห็น แต่ภายใต้แสงยูวีในรูปขวามือ ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงบริเวณที่มีการเรืองแสงหนาแน่น ซึ่งบ่งชี้ถึงการสะสมของเจลในบริเวณนั้น

ผู้อ่าน อ่านไปอาจมีข้อสงสัยว่า เอ วิธีที่ใช้ดูเหมือนจะใช้กับคอนกรีตที่อาจจะไม่มีปัญหานี้... ถ้าจะรู้ก่อนเท (คอนกรีต) จะได้ไหม???

ขอตอบ.....เทคนิคที่ใช้ตรวจสอบหาว่ามวลรวมที่มีแวนไน้มจะมีปัญหา ASR หรือเปล่า รวมถึงยังใช้หาหลักฐานยืนยันการเกิด ASR จริง ยังมีอีกหลายวิธีเช่น การวัดการขยายตัวของแท่งมอร์ตาร์ หรือคอนกรีตในสภาวะเร่ง แบบต่างๆ ขึ้นกับว่าป้อมค่ายไหนมาตรฐานไหนเป็นผู้เสนอ

แต่...ขอบอก(และยืนยัน) อีกว่าปัญหาการเสื่อมสภาพจาก ASR หรือรวมถึงจากปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ นั้นเป็นเรื่องซับซ้อนปวดหัวชนิดไมเกรนกว่าได้ แถมยังมีปัจจัยเกี่ยวข้องที่มีผลกระทบหลากหลาย เพราะแม้แต่มวลรวมที่จัดว่าเป็นพวกไวต่อปฏิกิริยาแต่ละชนิดเองก็ยังมีผลกระทบ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันได้ อย่างเช่นมวลรวมที่ไวต่อปฏิกิริยาบางอย่างอาจขยายตัวเพิ่มขึ้น ถ้าใช้ปริมาณมวลรวมนั้นมากขึ้นในสัดส่วนของมวลรวมที่ใช้ผสมคอนกรีต แดมมวลรวมบางชนิดยังอาจมีปัจจัยที่เรียกว่า “เขตมีปัญหาพิเศษ หรือ Pessimism effect”⁽⁷⁾ เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งแปลว่าในช่วงปริมาณมวลรวมหนึ่ง อาจทำให้มีการขยายตัวอย่างมาก แต่ถ้าใช้ปริมาณสูงหรือต่ำกว่านั้นปัญหาการขยายตัวก็จะน้อยลง หรือไม่มีปัญหาเป็นต้น

คุณ คุณผู้อ่านที่สงสัยอาจจะถามต่ออีกว่าเอ แล้วมันจะเป็นอันตรายไหมนะ.... เนื่องจากโครงสร้างที่เสื่อมสภาพจากปัญหา ASR พบกันทั่วไปในหลายประเทศ...คำตอบนี้คงต้องอาศัยคำตอบจากต่างประเทศที่มีประสบการณ์มาแล้วมาเล่าสู่กันฟัง

ความรุนแรงของปัญหาการเสียหายจาก ASR มีระดับต่างกันได้มาก ในบางครั้งอาจปรากฏเป็นเพียงรอยร้าวที่ผิว แต่บางกรณีที่มีการรายงานอาจรุนแรงถึงขั้นเหล็กเสริมขาด⁽⁸⁾ หรือปรากฏรอยร้าวหนักแล้วแบบในรูปที่ 2 (ก) อย่างไม่ดีสำหรับการเสื่อมสภาพชนิดนี้ ระยะเวลา นับตั้งแต่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นจนถึงคอนกรีตแตกร้าว นั้นอาจกินเวลานาน ในหลายกรณีอาจกินเวลานานถึง 15-20 ปี ปฏิกิริยาที่สืบเนื่องและการเสื่อมสภาพอาจเป็นผลจากการ “ร่วมด้วยช่วยกัน” จากสาเหตุอื่นๆ ที่เข้ามา “แถม” ภายหลัง ดังนั้น ระยะเวลาที่พบเห็นและความรุนแรงของการเกิดรอยร้าวก็อาจผันแปรได้ตามสาเหตุแรกๆ

ในสหรัฐอเมริกาเริ่มพบปัญหาของการแตกร้าวจำนวนมากใน California ในระหว่างปี ค.ศ.1920-1930 และเริ่มตระหนักว่าเป็นผลสืบเนื่องจาก ASR ในราวปี ค.ศ.1940 เมื่อ Stanton ยืนยันสาเหตุจากการศึกษาได้ นับจากนั้นนักวิจัยและวิศวกรเริ่มตระหนักถึงความรุนแรงของปัญหาที่ขยายกว้างกว่าที่คาดกัน ในราวปี 1980^(9,10) ตัวอย่างเช่น โครงสร้างสะพาน Manette Bridge ในรัฐออซิงตัน สหรัฐอเมริกา ที่สร้างขึ้นในปี 1930 และมีการตรวจสอบและทดสอบอย่างต่อเนื่องในระหว่างปี 1976 ถึง 2003 ซึ่งยืนยันสาเหตุการเสื่อมสภาพของตอม่อคอนกรีตจากปัญหา ASR⁽¹¹⁾ หรือโรงบำบัดน้ำเสีย Shek Wu Hui ในฮ่องกง ที่สร้างในช่วงต้นปี

ค.ศ.1980⁽¹²⁾ และมีรายงานการเสื่อมสภาพจาก ASR ในปี 1991 ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) หรือกรณีเกิดขึ้นในเขื่อนคอนกรีต Parker Dam ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งสร้างขึ้นในปี 1938 และมีรายงานการเสื่อมสภาพเนื่องจาก ASR และเป็นผลให้เขื่อนเกิดการโก่งตัวมากถึง 180 มม. จากการขยายตัว⁽⁷⁾ แม้ว่าปัญหาของ ASR ในคอนกรีตจะรุนแรงมากน้อยต่างกัน และมีรายงานการทุบทิ้งโครงสร้างที่เสื่อมสภาพเนื่องจาก ASR เช่น สะพานสองแห่งในประเทศเยอรมัน⁽³⁾ แต่ยังไม่มียานการวิบัติของโครงสร้างคอนกรีตโดยตรง

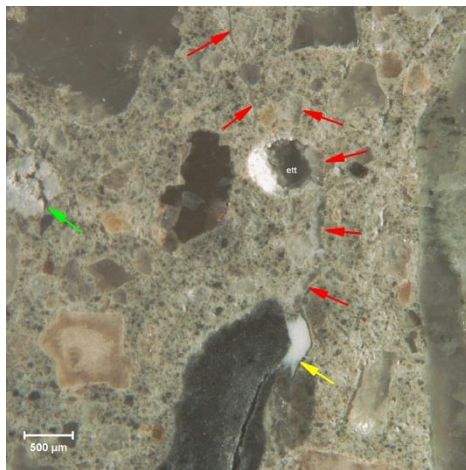


(ก)

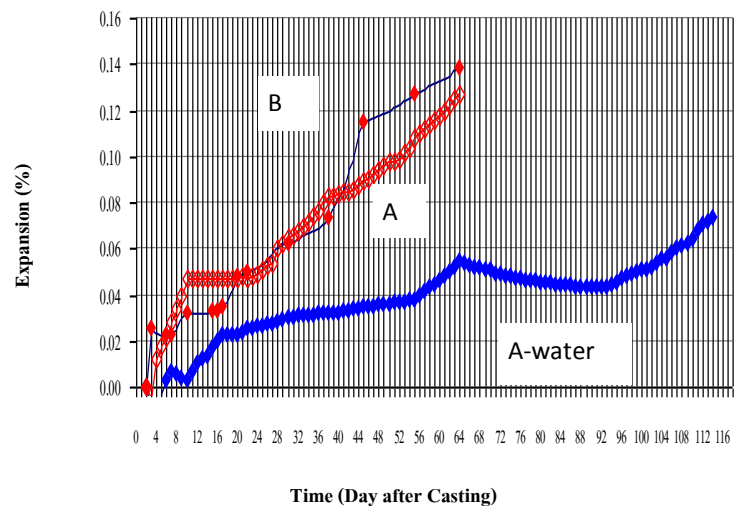
รูปที่ 2 การแตกร้าวจาก ASR (ก) ในฐานคอนกรีตสำหรับเสาสถานีจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่⁽¹⁴⁾ (ข) ของโรงบำบัดน้ำเสีย⁽¹³⁾

ปัญหา ของ ASR ในประเทศไทยพบจากการตรวจสอบชิ้นตัวอย่างที่เจาะมาจากโครงสร้างจริงในสนาม⁽⁵⁾ ซึ่งปรากฏรอยแตกร้าว การตรวจสอบทางสีลาบรรณาหรือ Petrographic analysis ที่ประยุกต์ใช้กับงานคอนกรีตพบว่ามวลรวมในชิ้นตัวอย่างเป็นหินแกรนิตเนื้อละเอียด และมีแร่ไฟโรไซต์ ปนอยู่บ้างเล็กน้อย มีการตรวจพบ ASR gel ในรอยแตกและในช่องว่าง ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) นอกจากนั้น การวัดการขยายตัวของชิ้นตัวอย่างในห้องแลป โดยใช้สภาวะเร่งแบบปกติ (การเร่งการขยายตัวด้วยการแช่ในน้ำอุ่น 38 °C) และแบบรุนแรง (ในสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 M ที่อุณหภูมิ 80 °C) แสดงในรูปที่ 3 (ข) โดย

ตัวอย่าง A, B มาจากโครงสร้างเดียวกัน เจาะจากตำแหน่งต่างกัน และที่ระดับต่างกัน ในช่วง 15-30 ซม จากผิว



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 ASR gel ในรอยร้าว (ก) และการเปรียบเทียบการขยายตัวของชิ้นตัวอย่าง A, B ในสารละลาย NaOH และในน้ำ (ข) ⁽⁵⁾

ถ้าดูจากรูปที่ 3 (ข) การขยายตัวของชิ้นตัวอย่างที่มาจากแท่งคอนกรีตชิ้นเดียวกันในสารละลาย NaOH และในน้ำ (A, A-water) ที่อายุเดียวกัน คือที่ อายุ 64 วัน จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันประมาณสองเท่า การขยายตัวในน้ำอุ่น”ใกล้เคียง” กับสภาวะจริงในสนามมากกว่า การขยายตัวในสารละลาย NaOH 80°C ซึ่งเป็นการทดสอบที่ใช้มาตรฐาน ASTM เป็นแนวทางสำหรับการเร่งด้วยสภาวะรุนแรง ทั้งการทดสอบการกัดกร่อน และการขยายตัวยืนยันปัญหา ASR ในประเทศไทยในปัจจุบัน

ในปัจจุบัน ปัญหาของ ASR อาจพบเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากหลายสาเหตุเช่น แนวโน้มของการลดอุณหภูมิในเตาเผา ด้วยเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์อาจมีผลให้ Alkali ในซีเมนต์เพิ่มขึ้น หรือแนวโน้มของแหล่งหินคุณภาพดีที่อาจมีจำนวนน้อยลงทำให้การหลีกเลี่ยงหินที่อาจมีปัญหาในด้านปฏิกิริยาทำได้ยาก หรือแม้แต่ความพยายามในการใช้น้ำล้างในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ ในการผสมคอนกรีตโดยไม่ระวังก็อาจทำให้ปริมาณอัลคาไลน์น้ำผสมคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น⁽²⁾ ดังนั้นหากผู้ใช้ ผู้ผลิต ขาดความตระหนักหรือขาดความเข้าใจในปัญหานี้ ก็อาจทำให้เกิดผลเสียได้มาก

บทความเรื่อง“มะเร็งคอนกรีต” ชิ้นนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เกี่ยวข้องตระหนักว่าปัญหา ASR นั้น อาจมิได้ไกลตัวและมีได้ไม่มีโอกาสพบเจอ แต่เป็น Alkali Silica Reaction ที่ทั่วโลกเขาคิดว่า Real Serious And (Headache)! ที่ควรระวังว่า อาจเจอ (และปวดหัว) ได้เช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบและวิจัยในการศึกษาและขอขอบคุณการสนับสนุนด้านอุปกรณ์การวัดและการคัดกรองเบื้องต้นจาก บริษัทสยามวิจัยและพัฒนา จำกัด และบุคลากรของบริษัท ซึ่งเป็นที่มาของบทความชิ้นนี้

บรรณานุกรม

1. Glasser, F.P. 1992. "Chemistry of the alkali-aggregate reaction." " The Alkali-Silica Reaction in Concrete" (Ed. R.N. Swamy), Blackie, London, United Kingdom, 1992, pp 96-121
2. Neil Lee "Alkali-Silica Reactivity in Concrete" Retrieved March 10,2009, from www.branz.co.nz/cms_show_download.php

3. Hobbs, D.W., 1988. Alkali-silica Reaction in Concrete. Thomas Telford, London, 183 pp.
4. Courtney Collins Jason Ideker, Gayle Willis and Jessica Hurst "Alkali-Silica Reaction" The Cancer of Concrete Retrieved March02,2009 from people.ce.gatech.edu/~kkurtis/gwillis/tutorials/asr_theory_final.ppt
5. SUJJAVANICH S., SUWANVITA P. and ROTHSTEIN D., INVESTIGATION OF ASR IN MASS CONCRETE STRUCTURES: A CASE STUDY, Modern Methods and Advances in Structural Engineering and Construction Edited by Sai On Cheung, Frank Yazdani, Nader Ghafoori, and Amarjit Singh c 2011 by Research Publishing Services :: www.rpsonline.com.sg ISBN: 981-973-0000-00-0 :: doi: 10.3850/981-973-0000-00-0 S3-M040
6. D. Jana, "CONCRETE PETROGRAPHY - PAST, PRESENT, AND FUTURE." 10th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Scotland, 2005.
7. Peter Crucq, 2005, Development of a method to measure the mechanical behavior of ASR gels. Part I: Literature Study; Alkali-silica reaction, causes, effects and prevention. Microlab, Delft, the Netherland.
8. Miyagawa, T., K. Seto, et al. (2006). "Fracture of Reinforcing Steel in Concrete Structures Damaged by Alkali-Silica Reaction - Field Survey, Mechanism and Maintenance." Journal of Advanced Concrete Technology, 4(3): 339-355.
9. Stephan Lane "Alkali-Silica Reaction" Preventing Damage in Hydraulic Cement Concrete; Research Pays off VTRC Retrieved March02,2009 from <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trnews/rpo/rpo.trn217.pdf>
10. Stanton T.E. 1940, Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate, Proc. ASCE 66, 1781-1811

11. Manette Bridge “Condition Summary-March 2008 Update doc Retrieved March 05,2009
from <http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/7DC4C58C-E45E-444D-8267-4D44A791FC70/0/ManetteBridgeconditionssummaryMarch2008update.pdf>
12. http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/tecnologia_hormigon/alkai_aggregate_reation_of_concrete_structures.pdf retrieved on 17/03/2011
13. Alkali-Aggregate Reaction in Hydroelectric Plant and Dams Retrieved March02,2009
from <http://www.acres.com/aa>
14. <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/reactive/v02issue02.cfm> Retrieved January 02,2011.
15. สุวิมล สัจจาณิษฐ์ วัชรกร วงศ์คำจันทร์ กฤษณ์ วันอินทร์ มนสิข สาริกภูติ และโรจนากร กันตพงษ์. 2553. การใช้เจลเรืองแสงตรวจสอบปรากฏการณ์ ASR ของโครงสร้างเดิมตีพิมพ์เป็นบทความรับเชิญใน การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6. 20-22 ต.ค. 2553