

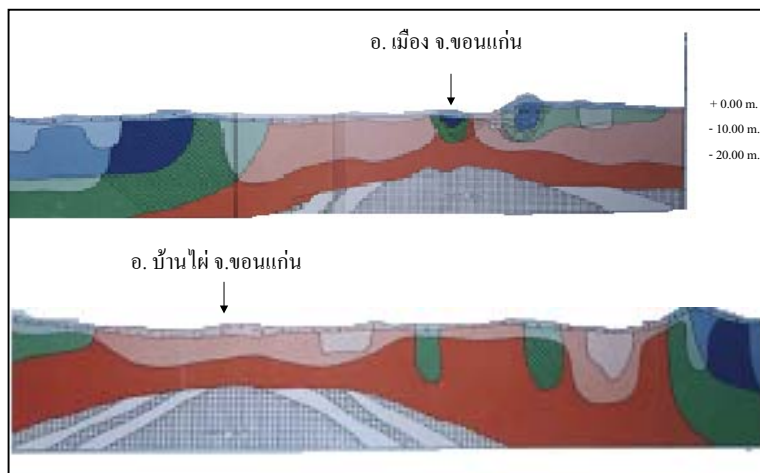
การศึกษาผลกระทบโครงสร้างคอนกรีตที่เสียหายจาก ดิน – น้ำเค็ม ในพื้นที่ภาคอีสาน

กมลชัย เรืองจตุโพธิ์พาน

วิศวกรเขต 2

กิจการคอนกรีตผสมเสร็จ ภาคอีสาน

บทคัดย่อ : จากผลการศึกษาสภาพดินและน้ำเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจากปริมาณคลอไรด์ โดยการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุความเค็มของดินและน้ำเกิดจากสภาพทางธรณีวิทยาที่พบสภาพชั้นหินเกลือ (Rock Salt) ทำให้น้ำบาดาลมีปริมาณคลอไรด์เป็นส่วนประกอบ ในแต่ละพื้นที่จะมีระดับคลอไรด์แตกต่างกันตามสภาพโดมชั้นหินเกลือ โดยยอดโดมชั้นหินเกลืออยู่ใกล้ระดับพื้นดินมากน้ำบาดาลบริเวณดังกล่าวจะมีปริมาณคลอไรด์สูง พื้นที่ทั่วไปพบปริมาณคลอไรด์มากกว่า 600 mg./l ซึ่งในระดับที่ไม่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีต โครงการนี้ได้ทำการสำรวจโครงสร้างคอนกรีตที่ได้รับผลกระทบจากคลอไรด์ในน้ำบาดาลที่มีความเค็ม ได้สรุปลักษณะความเสียหายเป็น 2 กรณี คือ **การสัมผัสโดยตรงของคลอไรด์ในโครงสร้างคอนกรีต และจากการแพร่ของคลอไรด์ในคอนกรีต** ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุส่งผลให้โครงสร้างเกิดการแตกร้าวที่อายุแตกต่างกัน โดยสาเหตุจากคลอไรด์สัมผัสกับโครงสร้างอายุการใช้งานของอาคารจะสั้นกว่าสาเหตุที่เกิดจากการแพร่ เนื่องจากมีการสะสมของคลอไรด์ภายในเนื้อคอนกรีตโดยตรง ความเสียหายจากสาเหตุดังกล่าวโครงสร้างจะเกิดการแตกร้าวประมาณ 5 - 10 ปี และสาเหตุจากการแพร่ของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีตจนเกิดการแตกร้าวจะใช้เวลามากกว่า 20 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและปริมาณคลอไรด์ที่แตกต่างกัน การแพร่ของคลอไรด์ในโครงสร้างคอนกรีตจากสภาวะระดับน้ำใต้ดิน จะก่อให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากการก่อสร้างคอนกรีตในงานฐานรากหรือโครงสร้างที่สัมผัสโดยตรง หรือมีสภาวะความเสี่ยงต่อการสัมผัสควรที่จะได้รับการป้องกัน การรวบรวมข้อมูลความเสียหายจากคลอไรด์จะเป็นข้อมูลและตัวอย่างของปัญหาในการผลักดันการใช้คอนกรีตให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม การขยายผลงานวิจัยได้มุ่งที่จะนำเสนอผลการศึกษาให้กับทุกหน่วยงานของทางราชการ และสถาบันการศึกษาตลอดจนผู้ออกแบบก่อสร้างในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยนำไปสู่การกำหนดการใช้งานคอนกรีตดินเค็มในแบบก่อสร้าง



รูปที่ 1 โดมชั้นหินเกลือในพื้นที่ ๆ มีสภาวะน้ำดินและน้ำเค็ม

บทนำ: ในสภาพการก่อสร้างที่ผ่านมารีวิศวกรควบคุมโครงการหรือผู้ออกแบบความเข้าใจในเรื่องวัสดุคอนกรีตจะคำนึงถึงเรื่องกำลังอัดและค่าความยวบตัวเป็นสิ่งสำคัญ แต่ในปัจจุบันการก่อสร้างเริ่มพิจารณาในเรื่องสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความความทนทาน (Durability) ต่อสภาวะแวดล้อมของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยตามโครงสร้างทางธรณีวิทยาในอดีตเคยเป็นทะเลมาก่อน โดยยังคงสภาพให้เห็นทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางเกษตรกรรมและการใช้แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค มีไม่มากนักที่พิจารณาผลกระทบต่อกรก่อสร้างในสภาพพื้นที่ ๆ เรียกว่า **ดิน - น้ำเค็ม**

สภาพการก่อสร้างในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเวลา 5 ปีที่ผ่านมา การเลือกใช้ปูนซีเมนต์ในงานที่ป้องกันน้ำเค็มที่มีการระบุการใช้งานในแบบการก่อสร้างยังคงระบุให้ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 5 (ป้องกันซัลเฟต) ซึ่งเป็นความเข้าใจเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งผลจากสภาพทางธรณีวิทยาของชั้นหินใต้ดินคือ ชั้นหินเกลือ (Rock Salt) ที่มีปริมาณมากกว่า **18 ล้านตันในภาคอีสาน** ทำให้น้ำและดินมีความเค็ม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในภาคอีสานมีสภาวะความเสี่ยงต่อสัมผัสกับน้ำบาดาลที่มีความเค็มโดย **ความเค็มของน้ำจะมีสารประกอบของเกลือคลอไรด์** อันส่งผลให้เกิดการแตกร้าวขึ้น “น้ำบาดาล” จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจสภาพน้ำบาดาลที่ส่งผลกระทบต่อคอนกรีต

ความหมายของน้ำบาดาล

น้ำบาดาลโดยทั่วไป มีแหล่งกำเนิดจากแหล่งน้ำผิวดินที่เป็นน้ำฝนตกลงมาสะสมในทะเลสาบ แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ บางส่วนจะไหลซึมไปกักเก็บในชั้นดินและรอยแตกของชั้นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ระดับน้ำที่ชั้นหินอิ่มตัวด้วยน้ำเรียกว่า **ระดับน้ำบาดาล**

คุณภาพน้ำบาดาล

น้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คุณภาพน้ำจะขึ้นอยู่กับสภาพของชั้นดิน ซึ่งพิจารณาจากภาพตัดจะเห็นว่าโครงสร้างจะเป็นชั้นหินเกลือ (Rock Salt) ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ ทำให้น้ำบาดาลมีคุณภาพกร่อย และเค็ม เมื่อพิจารณาจากคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ จะพบว่าบางพื้นที่ไม่สามารถใช้ในการบริโภค

ทางกรมทรัพยากรธรณีได้แบ่งระดับปริมาณ คลอไรด์ไว้ 3 ระดับคือ

- | | |
|-----------------|--|
| 1. ระดับต่ำ | ปริมาณคลอไรด์มีค่าน้อยกว่า 200 mg/l |
| 2. ระดับปานกลาง | ปริมาณคลอไรด์มีค่าระหว่าง 200 - 600 mg/l |
| 3. ระดับสูง | ปริมาณคลอไรด์มีค่ามากกว่า 600 mg/l |

ระดับปริมาณคลอไรด์ที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคได้นั้นควรอยู่ที่ระดับต่ำคือน้อยกว่า 200 mg/l แต่อนุโลมให้ได้ถึง 600 mg/l

ในการผลิตคอนกรีตข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างคุณภาพคอนกรีต ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท) ได้กำหนดในข้อที่ 1.3 (5) : ข้อกำหนดคุณภาพคอนกรีต โดยระบุในคุณภาพคอนกรีตในสภาวะยาวนาน (Long term state) คอนกรีตในสภาวะยาวนานต้องมีกำลังอัดเพียงพอและมีความคงทนเพียงพอ ปัจจัยของความคงทนที่ต้องคำนึงถึงขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของคอนกรีต ซึ่งได้ระบุถึงการเกิดสนิมของเหล็กเสริม (Corrosion of steel reinforcement) ไว้ในคุณภาพคอนกรีตที่ดี

ผลกระทบของน้ำ - ดินเค็มต่อโครงสร้างคอนกรีต

การทำอันตรายต่อโครงสร้างจากสภาพน้ำ - ดินเค็มสามารถแบ่งการกระทำได้ 2 กรณี คือ

1. การสัมผัสโดยตรง
2. การแพร่ของสารเคมีผ่านเนื้อคอนกรีต

การสัมผัสโดยตรง

กล่าวคือ การนำน้ำที่มีปริมาณคลอไรด์ ใช้ในการผสมคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตมีปริมาณคลอไรด์ต่อหน้าหน้าคอนกรีตสูงโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยระบุปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีตขณะผสมคอนกรีต หมายถึงปริมาณคลอไรด์ไอออนที่คำนวณรวมมาได้จากคลอไรด์ที่มีอยู่ในส่วนผสมทุกชนิดของคอนกรีตต่อหน้าหน้าคอนกรีต เช่น คลอไรด์ที่มีอยู่ในมวลรวม สารเคมีผสมคอนกรีตและในน้ำผสมคอนกรีต **ระบุปริมาณคลอไรด์รวมไม่มากกว่า 0.3 กก./ลบ.ม.**

ไม่รวมถึงคลอไรด์ที่ซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีต จากภายนอกเนื้อคอนกรีต เนื่องจากปริมาณคลอไรด์ไอออนเมื่อสัมผัสกับเหล็กเสริมจะทำให้เกิดสนิมเหล็กเหล็กเสริมจะเกิดสนิมเป็นบริเวณกว้าง ผลกระทบที่เกิดขึ้นยากที่จะทำการแก้ไข สาเหตุของการเกิดสนิมเนื่องมาจากส่วนประกอบของคอนกรีตโดยตรง

การแพร่ของคลอไรด์ผ่านเนื้อคอนกรีต

ในสภาพดินในภาคอีสานมักพบว่าดินมีสีคราบขาว เนื่องมาจากคราบเกลือ มักพบบนผิวดินที่มีความแห้งมาก โดยโครงสร้างที่สัมผัสกับน้ำที่มีปริมาณคลอไรด์อยู่ คลอไรด์จะสามารถแพร่เข้าสู่เนื้อคอนกรีตได้โดยขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ โดยคลอไรด์ที่แพร่เข้าจะสัมผัสกับเหล็กเสริม ประกอบกับสภาวะที่เอื้อต่อการเกิดปฏิกิริยาของการเกิดสนิม และคอนกรีตมีความสามารถในการรับน้ำที่ต่ำหรือที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานสูง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยระบุอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานในสภาวะที่คอนกรีตต้องการความสามารถในการซึมผ่านของคลอไรด์ 0.45 ในกรณีที่ระยะหุ้มคอนกรีตเป็นไปตามมาตรฐาน (2.5.1 จ(ง) : ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างคุณภาพคอนกรีต ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.))ความเสียหายของการสัมผัสโดยการแพร่นี้จะเกิดการแตกร้าวเฉพาะจุดที่สัมผัสกับน้ำหรือดินเค็มที่มีระดับคลอไรด์

เมื่อพิจารณาจากความน่าจะเป็นของโครงสร้างที่มีสภาวะเสี่ยงต่อการเกิดสนิมเหล็ก ฐานรากน่าจะเป็นโครงสร้างสภาวะดังกล่าวมากที่สุดและมีความสำคัญเป็นอันดับแรก ประกอบกับเป็นโครงสร้างที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ มักพบได้จากความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วและยากที่จะทำการแก้ไข

การแตกร้าวเกิดได้อย่างไร ?

คลอไรด์เป็นองค์ประกอบหลักของ น้ำและดินเค็มโดยจะแพร่เข้าสู่เนื้อคอนกรีตจากคลอไรด์อิสระ (Free Chloride)เมื่อแพร่ผ่านเนื้อคอนกรีตจะทำให้ปฏิกิริยากับเหล็กเสริมภายในโครงสร้าง ทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม สนิมทำให้การยึดเกาะกับเหล็กเสริมของคอนกรีตลดลง และเกิดการเกิดแตกร้าว เนื่องมาจากสนิมจะดันเนื้อคอนกรีตจากปริมาตรที่เพิ่มขึ้นถึง 6 เท่า และทำให้พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมลดลง

1. เข้าใจในนโยบายของผู้บริหาร

บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด ผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ในเครือซิเมนต์ไทย มานานกว่า 39 ปี เป็นผู้นำด้านคอนกรีตเทคโนโลยี มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตให้มีความเหมาะสมในการใช้งานแต่ละโครงสร้างอาคาร สภาวะแวดล้อม และอื่นๆ โดยได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและตราสินค้า โดยได้พัฒนาที่มงานวิจัย และได้ออกแบบคอนกรีตที่เหมาะสมกับการใช้งาน ในอดีตเรารู้จักในเรื่องของกำลังอัด และค่าความยวบตัว แต่ในปัจจุบันวิศวกรต้องทราบถึงการใช้งานที่เหมาะสมของคอนกรีตด้วย การส่งเสริมการขายโดยผลักดันให้ทราบถึงการเลือกใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนานี้อาจจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. คอนกรีตเพื่อการทดแทน
2. คอนกรีตเพื่อความทนทาน

กล่าวคือ **คอนกรีตเพื่อการทดแทน** คือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาเนื่องจากความจำเป็นในการใช้งานของโครงสร้าง ที่ใช้ทดแทนคอนกรีตทั่วไป เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและการใช้งานโครงสร้างที่ดีขึ้นเช่น คอนกรีตที่สามารถลดการซึมผ่านของน้ำหรือคอนกรีตกันซึม, คอนกรีตที่สามารถไหลตัวเองได้, คอนกรีตแข็งตัวเร็ว **คอนกรีตเพื่อความทนทาน** คือคอนกรีตที่มีความทนทาน (Durability) ต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น **คอนกรีตชายฝั่งทะเล** และ **คอนกรีตทนดิน - น้ำเค็ม** โดยการผลักดันการใช้งานของผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่ม ให้กับสินค้าประเภทนี้ต้องสร้างความเข้าใจให้ผู้ซื้อตระหนักถึงความจำเป็นในการใช้งาน แตกต่างจากคอนกรีตประเภทแรกซึ่งอาจเลือกใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยคอนกรีตที่มุ่งสร้างความทนทานต่อการใช้งานในสภาวะแวดล้อมนั้น การผลักดันมุ่งที่กลุ่มเจ้าของโครงการหรือ เจ้าของบ้าน เนื่องจากเป็นผู้ที่จะคำนึงถึงคุณภาพก่อนเสมอ ผู้รับเหมาก่อสร้างจะเลือกใช้ก็ต่อเมื่อเจ้าของบ้านหรือ เจ้าของโครงการระบุให้ใช้งาน **ในการเสนอขายคอนกรีตประเภทนี้ ต้องใช้ข้อมูลสนับสนุนทางเทคนิคที่น่าเชื่อถือ** เนื่องจากผู้ซื้อพิจารณาเพิ่มงบประมาณเพื่อแลกกับความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายของโครงสร้าง คอนกรีตชายฝั่งทะเล มีตัวอย่างในการนำเสนอมาก เนื่องจากมีสิ่งก่อสร้างให้เห็น เป็นการเกิดความเสียหายโดยตรง ตลอดจนถึงตัวอย่างความเสียหายอย่างชัดเจนในหลายโครง

การซึ่งนำไปสู่การผลัดกันการขายได้เป็นอย่างดี
คอนกรีตดินเค็มที่ทางกิจการภาคอีสาน มุ่งที่จะ
ผลัดกันให้เกิดการใช้งานเป็น Mass Product มีตัว
อย่างความเสียหายให้เห็นน้อยมาก หรือไม่มีเลย
เนื่องจากกลุ่มงานเป้าหมายในการผลัดกัน คือ
คอนกรีตที่อยู่ใต้ดินทั้งหมด ได้แก่ฐานราก บ่อพัก
น้ำต่าง ๆ หรือเป็นโครงสร้างพื้นในบริเวณพื้นที่ดิน
เค็มซึ่งในการเสนอการใช้ผลิตภัณฑ์จะขาดข้อมูล
รูปตัวอย่างความเสียหายและสภาพน้ำ (ปริมาณ
คลอไรด์) ในแต่ละพื้นที่เพื่อสนับสนุน ปริมาณ
คอนกรีตที่ใช้เป็นกลุ่มเป้าหมายประมาณ 10-15
เปอร์เซ็นต์ ของการใช้คอนกรีตทั้ง หรือประมาณ
3,000 ลบ.ม./เดือน(จากการใช้คอนกรีตปัจจุบัน)
โครงการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสนับสนุนข้อมูลทาง
เทคนิคที่เชื่อถือได้ในการขายสินค้าอย่างเพียงพอและให้
ลูกค้าเกิดความตระหนักถึงความจำเป็นในการใช้งาน
ตลอดจนการวางแผนสร้างการรับรู้ถึงการใช้น้ำเค็มขึ้น
อย่างกว้างขวาง เพื่อให้ลูกค้าได้รับคอนกรีตที่มีคุณภาพ
และให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับสินค้าในความเป็นผู้นำด้าน
คอนกรีตเทคโนโลยี

2. กำหนดงานที่จะทำ

- 2.1 **สำรวจข้อมูลน้ำบาดาลและดินที่มีปริมาณคลอไรด์ในพื้นที่ภาคอีสาน**
- 2.2 **เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อหาปริมาณสารที่ผสมอยู่ในน้ำใต้ดินได้แก่ปริมาณ คลอไรด์ และซัลเฟต**
- 2.3 **สำรวจความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตที่เกิดการแตกร้าว จากสภาพการสัมผัสคลอไรด์**
- 2.4 **ประเมิน และศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยา จากสถานะแวดล้อมจริงโดยมุ่งที่อายุของโครงสร้าง**
- 2.5 **งบประมาณในการก่อสร้างโครงสร้างใหม่ทดแทนโครงสร้างเดิมที่เสียหายจากคลอไรด์ตลอดจนการซ่อมแซมอาคาร**
- 2.6 **สร้างการรับรู้และตระหนักถึงความจำเป็นในการใช้งาน โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายคือ**
 - ผู้มีอำนาจกำหนดการใช้งาน เช่น ผู้ออกแบบ,เจ้าของโครงการหน่วยงานราชการ
 - สร้างผู้ร่วมผลัดกันการใช้งานจากสถาบันการศึกษา เช่นมหาวิทยาลัยขอนแก่น

-สร้างการรับรู้ความหลากหลายในผลิตภัณฑ์
 กับกลุ่มผู้แทนจำหน่าย

2.7 **ศึกษาข้อมูลอ้างอิงถึงการทดลองและวิจัย จากสภาพของความเสียหายของโครงสร้าง**

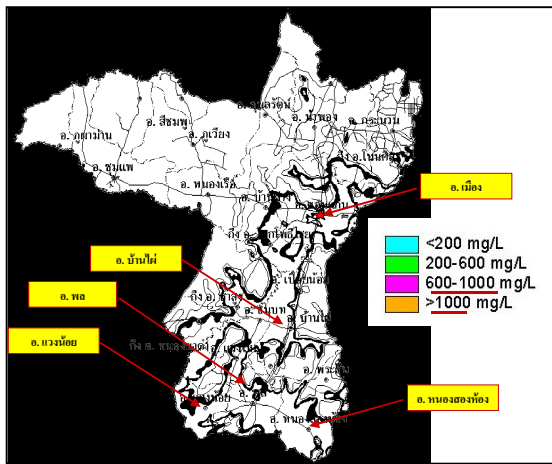
3. พัฒนารูปแบบเพื่อปฏิบัติงาน

ข้อมูลทางวิชาการในสถาบันการศึกษาจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าไม่มีการรวบรวมข้อมูลสภาพความเสียหายต่อโครงสร้างคอนกรีตจากสภาพดินเค็มไว้ ทำให้การสืบหาข้อมูลดังกล่าวมีความยากมากขึ้น จึงได้สืบหาข้อมูลน้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรธรณีจังหวัดขอนแก่น เพื่อทราบข้อมูลน้ำที่มีการสำรวจเดิมในพื้นที่ภาคอีสาน และจากข้อมูลน้ำบาดาลที่ได้พบว่ามีสารละลายปริมาณคลอไรด์และสารประกอบอื่นๆในน้ำ เนื่องจากคลอไรด์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการกำหนดคุณภาพน้ำในการอุปโภคและบริโภค โดยข้อมูลที่ได้ ระบุตำแหน่งของบ่อและผลการทดสอบคุณภาพน้ำบาดาล

จากข้อมูลที่รวบรวมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวนกว่า 2,000 ข้อมูล ตามภาคผนวก จึงได้แบ่งระดับคุณภาพน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่ไว้เป็น **จำนวนบ่อน้ำบาดาลมีปริมาณคลอไรด์ สูงกว่า 600 mg/l ต่อจำนวนน้ำบาดาลที่สำรวจ** พบว่าพื้นที่จังหวัดที่มีความเสี่ยงต่อสภาวะน้ำเค็มที่ระดับสูงมีปริมาณคลอไรด์มากกว่า 600 mg/l เรียงตามลำดับดังนี้

1. จ.นครราชสีมา	23 เปอร์เซ็นต์
2. จ.ขอนแก่น	18 เปอร์เซ็นต์
3. จ.บุรีรัมย์	14 เปอร์เซ็นต์
4. จ.ร้อยเอ็ด	11 เปอร์เซ็นต์
5. จ.สุรินทร์	9 เปอร์เซ็นต์
6. จ.ศรีสะเกษ	9 เปอร์เซ็นต์
7. จ.ชัยภูมิ	8 เปอร์เซ็นต์
8. จ.กาฬสินธุ์	7 เปอร์เซ็นต์
9. จ.อุดร	5 เปอร์เซ็นต์
10. จ.สกลนคร	4 เปอร์เซ็นต์
11. จ.นครพนม	3 เปอร์เซ็นต์
12. จ.เลย	0.25 เปอร์เซ็นต์
13. จ.อุบล	0.05 เปอร์เซ็นต์

โดยข้อมูลทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก การศึกษาในครั้งนี้ได้พิจารณาความน่าจะเป็นในโอกาสพบโครงสร้างที่เสียหายจากน้ำ-ดินเค็มโดยได้เลือก **จ. ขอนแก่น** เนื่องจากเมื่อพิจารณาร้อยละของจำนวนบ่อน้ำที่พบปริมาณคลอไรด์ระดับสูงคือมีปริมาณคลอไรด์สูงมากกว่า 600 mg./l ในเขต **อำเภอเมือง** พบว่าจังหวัดขอนแก่นมีจำนวนบ่อน้ำบาดาลที่พบปริมาณคลอไรด์ระดับสูงกว่า 600 mg./l ต่อจำนวนบ่อในพื้นที่อำเภอเมือง มากถึง 35 % จึงมีความน่าจะเป็นในการพบโครงการก่อสร้างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เป็นกรณีศึกษา มากกว่าในจังหวัดอื่นๆ



รูปที่ 2 แผนที่แสดงปริมาณคลอไรด์ในพื้นที่ จังหวัดขอนแก่น

4. วิธีการเพื่อให้งานสำเร็จ

จากข้อมูลจึงได้ทำการกำหนดพื้นที่ที่จะสำรวจสภาพการก่อสร้างในบริเวณที่พบว่าน้ำบาดาลระดับสูงที่มีปริมาณคลอไรด์มากกว่า 600 mg./l และได้กำหนดข้อมูลที่เป็นในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาล ที่มีความสัมพันธ์กับอายุของโครงสร้างที่พบความเสียหาย โดยจำแนกลักษณะของความเสียหายจากคลอไรด์ และได้กำหนดข้อมูลที่ทำให้การรวบรวมดังนี้

1. คุณภาพน้ำบาดาล โดยเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณ คลอไรด์ และสารอื่นๆ
2. การใช้น้ำบาดาลในการผสมคอนกรีต

3. โครงสร้างที่สัมผัส และแช่ในน้ำที่เค็ม
4. อายุของโครงสร้าง
5. ปริมาณคลอไรด์ในโครงสร้าง
6. บทสัมภาษณ์สภาพน้ำบาดาลที่ใช้และผลกระทบจากอื่น ๆ สภาพน้ำบาดาลที่ใช้

จากผลของปริมาณคลอไรด์ที่ได้แต่ละพื้นที่จึงได้กำหนดพื้นที่ๆทำการสำรวจไว้ 10 พื้นที่แล้วดำเนินการลงพื้นที่ตรวจสอบสภาพโครงสร้างและข้อมูลตามทีระบุ

5. การตรวจสอบผล

จากการสำรวจสภาพพื้นที่ๆมีความเสี่ยงจากน้ำบาดาลที่มีระดับคลอไรด์มากกว่า 600 mg./l ที่มีผลต่อความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. โครงสร้างที่ใช้น้ำมีคลอไรด์ผสมในคอนกรีต
2. โครงสร้างที่สัมผัสน้ำที่มีคลอไรด์

โดยพบกรณีศึกษาดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 ประเภทใช้น้ำที่มีคลอไรด์ผสมคอนกรีต

วิทยาลัยเทคนิค จ.ขอนแก่น

สถานที่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

ลักษณะโครงการ อาคารเรียน 4 ชั้น

อายุการใช้งาน 5-6 ปี

งบประมาณค่าก่อสร้างอาคารทดแทน 17 ล้านบาท



รูปที่ 3 ภาพโครงสร้างทั่วไปของอาคาร

เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นอาคารเรียนของนักศึกษา ช่างยนต์ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ระบบฐานรากแผ่ เริ่มการก่อสร้างปี 2535 และแล้วเสร็จเมื่อปี 2537 ในขณะที่สำรวจเมื่อปี 2541 มีการหยุดใช้อาคารและกำลังดำเนินการนำอุปกรณ์เครื่องจักรออกจากตัวอาคาร โครงการดังกล่าวควบคุมการก่อสร้างโดยอาจารย์ช่างก่อสร้างในขณะนั้น การก่อสร้างได้ใช้คอนกรีตผสมโม้เล็กและคอนกรีตผสมเสร็จจากการศึกษาข้อมูลโดยการเข้าสัมภาษณ์พบว่าไม่มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบในการผลิตคอนกรีตของผู้ควบคุมงาน และใช้น้ำบาดาลบริเวณโรงงานผสมคอนกรีต สภาพความเสียหายเกิดในบริเวณกว้างทุกส่วนของอาคาร ทุกโครงสร้างเกิดการแตกร้าว ในการสำรวจก่อนการรื้อถอนพบการเสริมความแข็งแรง (Strengthening) ของโครงสร้างบริเวณเสาชั้นที่ 1 โดยการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเสาและการฉาบปิดผิวคอนกรีตที่หลุดร่อนใหม่อาจเนื่องจากในขณะนั้นยังไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริง ลักษณะโครงสร้างที่พบเห็นได้คือ เหล็กเสริมภายในโครงสร้างเป็นสนิมจำนวนมาก มีบางบริเวณที่เหล็กเสริมขาดจากกัน เนื้อคอนกรีตที่แตกคุณภาพปกติไม่มีการสลายตัว



รูปที่ 4 โครงสร้างเสาที่เหล็กเสริมเป็นสนิมแตกออกจากโครงสร้าง



รูปที่ 5 ภาพโครงสร้างบันไดเหล็กเป็นสนิม คอนกรีตหลุดร่อน



รูปที่ 6 สภาพเสาชั้นที่ 2 ของอาคารเกิดการแตกร้าว

ปัจจุบันทางวิทยาลัยเทคนิคขอนแก่นได้ทำการรื้อถอนอาคารเดิมเพื่อทำการจัดสร้างอาคารหลังใหม่โดยได้รับงบประมาณในการก่อสร้าง 17 ล้านบาท เป็นอาคาร 4 ชั้นพื้นที่ใช้สอย 4,000 ตร.ม. ปัจจุบัน (2545) กำลังดำเนินการตอกเสาเข็ม



รูปที่ 7 อาคารหลังใหม่ที่ก่อสร้างทดแทนอาคารเดิม

การวิเคราะห์ : กรณีดังกล่าว จากการแตกร้าวเป็นบริเวณกว้าง และข้อมูลการก่อสร้างอาจเกิดการแตกร้าวจากสาเหตุของการนำน้ำบาดาลมาทำการผสมคอนกรีต โดยพิจารณาจากการแตกร้าวที่เกิดจากภายในโครงสร้างได้นำตัวอย่างน้ำบาดาลในพื้นที่โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จพบปริมาณคลอไรด์มีค่า 765 mg/l ซึ่งเป็นค่าที่เกินกว่ามาตรฐานของการผสมคอนกรีตโดยสภาวะปริมาณคลอไรด์ดังกล่าว ถือเป็นสภาวะที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดสนิมเหล็กได้

กรณีศึกษาที่ 2 ประเภท โครงสร้างคอนกรีตที่สัมผัสกับน้ำที่มีคลอไรด์

วิทยาลัยเทคโนโลยี ภูมิสิทธิ์
 สถานที่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
 ลักษณะอาคาร อาคารเรียน 4 ชั้น
 อายุการใช้งาน 25 ปี
 งบประมาณการก่อสร้าง ไม่ระบุ



รูปที่ 8 อาคาร 5 ชั้นความเสียหายพบเฉพาะเสาชั้นที่ 1

เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบฐานรากแผ่เช่นเดียวกัน ความเสียหายพบเฉพาะบางส่วน

ของอาคารในการสำรวจพบเสาบริเวณชั้นที่ 1 มีการแตกร้าวประมาณ 8-10 ต้น

ที่ระดับสูงกว่าพื้นดินเดิม 1.00 เมตร เสาคอนกรีตบริเวณดังกล่าวมีการก่อสร้างเสริมความแข็งแรงโดยมีการก่อสร้างเสาเพิ่มเพื่อรับน้ำหนักของโครงสร้างเดิม ซึ่งไม่ได้เป็นการแก้ไขโครงสร้างที่ต้นเหตุที่แท้จริง จากการสำรวจได้เข้าพบเพื่อสัมภาษณ์ คุณวริษฐ์ รัชตเมธี เจ้าหน้าที่ของวิทยาลัยให้ข้อมูลสภาพโครงสร้างว่าทางวิทยาลัย ได้ทำการยกระดับพื้นถึง 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 10 cm.เนื่องจาก มีเกลือ ชั้นบริเวณกำแพงและเสาของอาคาร ทางผู้บริหารมองว่าอาจเกิดจากสภาพน้ำใต้ดินที่มีความเค็ม จึงทำการปรับระดับพื้นเพื่อยกให้พ้นระดับคราบเกลือและจากการสำรวจสภาพแวดล้อมบริเวณ วิทยาลัยฯ พบว่ามีการขุดบ่อน้ำบาดาลจำนวน 8 บ่อแต่นำน้ำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้เพียง 2 บ่อ เนื่องจากสภาพน้ำมีความเค็มโดยไม่สามารถนำไปรดน้ำต้นไม้ได้



รูปที่ 9 สภาพโครงสร้างเสาชั้นที่ 1 เกิดการแตกร้าว

สภาพความเสียหายที่พบเสาจำนวน 8 ต้นที่แตกร้าว ทางคณะผู้บริหารและวิศวกรควบคุมได้ขอความร่วมมือจากบริษัทฯ สำหรับค่าปรึกษา และร่วมตรวจสอบสภาพความเสียหาย จึงได้แนะนำให้ทำการ

สกัดเสาที่มีปัญหาออกเพื่อตรวจสอบสภาพเหล็กเสริม พบสภาพเหล็กเป็นสนิมจนเป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวและจากการพิจารณาสภาพความเสียหายของโครงสร้าง ได้จำแนกระดับความรุนแรงออกเป็น 2 ระดับความรุนแรงคือ

1. เหล็กเสริมเป็นสนิมที่ผิว
2. เหล็กเสริมมีพื้นที่หน้าตัดลดลง

และได้นำตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากโครงสร้างดำเนินการทดสอบค่าปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีตที่บริเวณความสูงของเสา 0.5 เมตร พบว่ามีปริมาณคลอไรด์สูงถึง 2,600 ppm. ดังแสดงในภาคผนวก



รูปที่ 10 สภาพเหล็กเสริมภายในโครงสร้างเป็นสนิม

การวิเคราะห์: สาเหตุของการแตกร้าวเมื่อพิจารณาจากสภาพแวดล้อมที่ได้พบว่าในพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณคลอไรด์สูงในน้ำและดิน ความเสียหายที่พบอาจเกิดจากการสัมผัสของโครงสร้างคอนกรีตในสถานะที่น้ำหรือดินมีปริมาณคลอไรด์สูง โดยคลอไรด์ในน้ำและดินจะแพร่เข้าสู่โครงสร้าง ซึ่งสภาพคอนกรีตของโครงสร้างเสาชั้นที่ 1 สูงกว่าระดับเดิม 1.00 m. ยังมีสภาพโครงสร้างปกติ

ในการดำเนินการซ่อมแซม จะต้องประเมินระดับความเสียหายของคอนกรีตและจำแนกโครงสร้างตามระดับความเสียหาย สำหรับเสาที่มีความเสียหายใน กรณีที่ 1 คือเป็นสนิมที่ผิวเหล็ก โดยไม่มีการสูญเสียพื้นที่หน้าตัด จะดำเนินการแก้ไขโดยการเทคอนกรีตที่มีความทับน้ำพอกทับ (Overlay) และอาจเคลือบสารป้องกันการเกิดสนิมให้กับเหล็กเสริม ความเสียหายโครงสร้างเสาใน กรณีที่ 2 คือเหล็กเสริมมีพื้นที่หน้าตัดลดลง การดำเนินการซ่อมจะทำให้โดยเปลี่ยนเหล็กเสริมบริเวณที่เป็นสนิมออก และเสริมเหล็กใหม่ให้กับอาคาร โดยปัจจุบันทางวิทยาลัยกำลังดำเนินการซ่อมแซมโครงสร้าง



รูปที่ 11 การสกัดคอนกรีตออกเพื่อซ่อมเหล็กเสริม



รูปที่ 12 การขัดสนิมและการเสริมหน้าตัดเหล็กเสริมในโครงสร้าง



รูปที่ 13 การป้องกันสนิมของเหล็กเสริมในโครงสร้าง



รูปที่ 14 การเทคอนกรีตใหม่เข้าเสริมโครงสร้าง

ประมาณการค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเสา
ประมาณการต้นละ 30,000 บาท หรือเป็นงบการ
ซ่อมแซมทั้งหมด ประมาณ 500,000 บาท
ปัจจุบันทางวิทยาลัยฯ ได้มีโครงการก่อสร้างอาคารหลัง
ใหม่บริเวณพื้นที่เดิม โดยให้วิศวกรผู้ออกแบบกำหนด
การใช้คอนกรีตที่สามารถต้านทานการแพร่ของคลอไรด์
ได้ในแบบการก่อสร้างเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหาย
จากกรณีดังกล่าว

กรณีศึกษาที่ 3 ประเภท โครงสร้างคอนกรีตที่ สัมผัสกับน้ำที่มีคลอไรด์

วิทยาลัยพาณิชยการ เค-เทคโนโลยี
สถานที่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

ลักษณะโครงสร้าง อาคารโรงฝึกงานคอนกรีตเสริม
เหล็ก จำนวน 2 หลัง
อายุการใช้งาน หลังที่ 1 อายุ 20-25 ปี
หลังที่ 2 อายุ 10 ปี
งบประมาณค่าก่อสร้าง ไม่ระบุ



รูปที่ 15 โรงฝึกงานหลังที่ 1 และหลังที่ 2

ลักษณะโครงสร้างเป็นอาคารโรงฝึกงานที่ 1 (อาคาร
เดิม) และโรงฝึกงานที่ 2 (อาคารใหม่) อาคารหลังที่ 1
เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นเดียว สภาพขณะทำการ
สำรวจได้ปิดการใช้งานเนื่องจากสภาพโครงสร้างแตกร้าว มี
การใช้งานเฉพาะอาคารฝึกงานหลังที่ 2 ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน
สภาพโรงฝึกงานหลังที่ 1 พบว่าสภาพสีที่ผนัง
คอนกรีตมีการหลุดร่อนและมีคราบเกลือติดอยู่จำนวนมาก
เมื่อตรวจสอบสภาพเสาคอนกรีตในอาคารหลังที่ 1 โดยการ
สกัดโครงสร้างบริเวณเสาที่เกิดการแตกร้าว โดยคอนกรีต
หลุดร่อนออกโดยง่ายและพบเหล็กเสริมภายในโครงสร้างเป็น
สนิม ลักษณะเนื้อคอนกรีตปกติจึงได้เก็บตัวอย่างคอนกรีตไว้
เพื่อทำการทดสอบปริมาณคลอไรด์ต่อไป



รูปที่ 16 โครงสร้างเสาชั้นที่ 1 ของอาคารหลังที่ 1 ที่
เกิดการแตกร้าวจากการแพร่ของคลอไรด์

เมื่อทำการสำรวจสภาพโครงสร้างอาคารฝึกงาน หลังที่ 2 อายุการก่อสร้างแตกต่างกันประมาณ 10 ปี โครงสร้างโดยทั่วไปยังคงไม่พบการแตกร้าว พบแต่เพียงคราบเกลือที่บริเวณพื้นโรงฝึกงานและบริเวณห้องเก็บเครื่องจักร จำนวนมาก จากการสอบถามผู้ดูแลอาคารพบว่า อุปกรณ์ที่เป็นเหล็กจะเกิดสนิมที่บริเวณติดกับพื้นโรงฝึกงาน และต้องทำการทาสีเคลือบกันสนิมเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะเครื่องจักรหนักที่อยู่ในบริเวณโรงฝึกงานต้องใช้แผ่นกระเบื้องหรือวัสดุอื่น ๆ รองรับเพื่อไม่ให้สัมผัสกับพื้นโรงฝึกงาน บริเวณพื้นบางส่วนมีการหลุดร่อนโดยเฉพาะบริเวณที่มีคราบเกลืออยู่ และยังพบคราบเกลือบริเวณผนังของอาคารซึ่งสีหลุดร่อน



รูปที่ 17 สภาพเกลือที่บริเวณพื้นอาคาร



รูปที่ 18 สภาพเหล็กที่สัมผัสกับพื้นที่มีคราบเกลือของอาคารหลังที่ 2

การวิเคราะห์ : จากสภาพการเกิดความเสียหายของโครงสร้างดังกล่าวพบว่าที่อายุ 10 ปี โครงสร้างยังไม่เกิดการแตกร้าวจากเหล็กเสริมที่เป็นสนิมโดยการแพร่ของคลอไรด์เข้าสู่โครงสร้างเสาหรือฐานราก ต้องรอผลการตรวจสอบปริมาณคลอไรด์จากโครงสร้างคอนกรีตของโรงฝึกงานหลังที่ 1 ที่อายุโครงสร้าง 20 - 25 ปี

และโรงฝึกงานหลังที่ 2 ที่อายุโครงสร้าง 10 ปีเพื่อเปรียบเทียบระดับความเสียหายต่อไป

กรณีศึกษาอื่น ๆ ได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก โครงสร้างอาคารที่พบปัญหาจากคลอไรด์มีให้เห็นโดยทั่วไป โดยยังคงสภาพความเสียหายและไม่มีการซ่อมแซม หรือบางกรณีมีการก่อสร้างทดแทนโครงสร้างเดิม หรืออยู่ระหว่างการซ่อมแซมเช่นอาคาร 4 ชั้นในเขต อำเภอเมืองขอนแก่น อายุการใช้งานประมาณ 20 ปี มีการนำเหล็กเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างเสาชั้นที่ 1 จากการสัมภาษณ์เจ้าของอาคาร พบว่าก่อนการแตกร้าวมีคราบเกลือขึ้นบริเวณดังกล่าว และโครงสร้างแตกร้าวในช่วงเวลาต่อมา



รูปที่ 19 การเสริมความแข็งแรงของเสาเนื่องจากโครงสร้างเกิดการแตกร้าวจากคลอไรด์

ในส่วนของโครงสร้างเป็นที่พักอาศัย เช่นบ้านที่เกิดจากการนำน้ำบาดาลมาทำการผสมคอนกรีตโมเล็ก เช่น บ้านป่าสังข์ สภาพเสาบ้านอายุ 5 ปี เกิดการแตกร้าวและเกิดสนิมเหล็ก, ตำบลบ้านโคก อายุโครงสร้าง 15 ปี มีสภาพคล้ายคลึงกัน, ตำบลบ้านทุ่ม เป็นโครงสร้างเสาฉางข้าว อายุประมาณ 20 ปี ปัจจุบันได้เลิกใช้งานโครงสร้างดังกล่าวแล้ว, โรงเรียนบ้านคู ตำบลคูคำ สภาพเสาของอาคารเรียนที่ติดกับดิน เดิมมีสภาพเกลือขึ้นบริเวณเสาจนทำให้เกิดการแตกร้าวอายุของโครงสร้างประมาณ 20 ปี ทั้งนี้จากการสำรวจขณะใสน้ำของหมู่บ้านยังพบสภาพถึงเก็บน้ำบาดาลเป็นสนิม เช่นสถานีอนามัย ตำบลดอนหัน โดยอาคารสถานีอนามัยหลังเดิมได้ทำการรื้อถอนและสร้างเป็นอาคารหลังใหม่สภาพที่พอสังเกตได้คือ ถังเก็บน้ำที่มาจากความเค็มของน้ำบาดาล

6. แผนงานในอนาคต

จากการศึกษาถึงผลกระทบโครงสร้างคอนกรีตในพื้นที่ที่เสียหายจากดิน-น้ำเค็มในพื้นที่ภาคอีสานในครั้งนี้ พบกรณีศึกษาที่น่าสนใจที่มีความสัมพันธ์ของอายุโครงสร้างที่เกิดความเสียหายจริงในสภาวะแวดล้อมทั้งวัสดุประสงค์ของโครงการนี้ได้แก่

1. การนำความรู้ที่ได้ขยายผลการศึกษา โดยหาความสัมพันธ์ของอายุของโครงสร้างที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอไรด์ในพื้นที่ เพื่อประมาณการอายุของโครงสร้าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยงานวิจัยอื่นที่มีภายในประเทศประกอบกัน

2. ในโครงการศึกษาจะเป็นการร่วมกันศึกษาของ 3 หน่วยงานเพื่อความน่าเชื่อถือและประโยชน์ในการเผยแพร่คือ

- มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- กรมทรัพยากรธรณีเขต 7
- บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด

ทั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก **รศ.ดร. ปริญา จินดา ประเสริฐ** อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งทำการศึกษาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลพื้นที่ภาคอีสานเป็นที่ปรึกษาโครงการ และกรมทรัพยากรธรณี โดย **คุณทัศนีย์ เนตรทัศน์** นักธรณีวิทยา รับเป็นผู้รวบรวม

ข้อมูลด้านน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคอีสาน ทั้งนี้ผลจากการศึกษาร่วมกันจะจัดทำเป็น **ผลการศึกษาผลของน้ำบาดาลที่ส่งกระทบต่อการก่อสร้างในภาคอีสาน** เพื่อจัดสัมมนาให้กับกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดการใช้งาน เช่นหน่วยงานราชการ เช่นเทศบาล , ผู้ควบคุมงาน , โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ทั้งนี้ทาง **ผู้อำนวยการกิจการภาคอีสาน นายช่าง ประเมิน จิตสาโรจิตโตและผู้จัดการเขต 2 นายช่าง สมศักดิ์ ภูวัฒนานุสรณ์** ได้จัดให้มีการทำแผนการผลักดันด้านการตลาดระดับกิจการเพื่อขยายผลการศึกษาดังกล่าว และการกำหนดการใช้คอนกรีตป้องกันดินและน้ำเค็มในแบบก่อสร้าง โดยได้แสดงในภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

- เอกสารประกอบหลักสูตรการฝึกอบรมคอนกรีตเทคโนโลยีแบบบูรณาการสำหรับวิศวกรเรื่องความเสียหายและการแก้ไขปัญหาทางคอนกรีต (E6)
- ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ , 1-5
- เอกสารการสำรวจสภาพน้ำบาดาลของกองน้ำบาดาลกรมทรัพยากรธรณี และโครงการสนับสนุนการพัฒนาแหล่งน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น 2533