ผลกระทบของการใช้สารเชื่อมประสานที่มีต่อแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรง

Effects of Interface Bonding Agent and Surface Roughness on the Direct-Shear Bond between Existing Concrete and New Concrete

วาสิฏฐ์ แถลงชัย[1] จิรัชญ์ นิชทัย[2] เสกสรรค์ จุติวรกุล[3]

บทคัดย่อ

การประสานคอนกรีตใหม่บนคอนกรีตเดิมสำหรับการซ่อมแซมหรือเสริมกำลังโครงสร้างระหว่างจุดต่อได้แก่ หน่วงแรงยึดเหนี่ยวอันบ่งบอกถึงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาตรงระหว่างคอนกรีตเดิมรูปทรงกระบอก 150 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร โดยผ่านการตัดกลางการศึกษา (1) ลักษณะผิวสองแบบ คือ ผิวเรียบและผิวขรุขระ (2) ชนิดของสารเชื่อมประสาน 4 ชนิด ได้แก่ อีพ็อกซี่ น้ำยาง ปูนซีเมนต์ผสมน้ำ และสารตกผลึก ผลการทดสอบพบว่าผิวขรุขระให้กำลังแรงเฉือนตรงสูงกว่าผิวเรียบ และการใช้สารเชื่อมประสานโดยเฉพาะอีพ็อกซี่ช่วยเพิ่มกำลังแรงเฉือนตรงได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: คอนกรีตเดิม, คอนกรีตใหม่, ความขรุขระ, สารเชื่อมประสาน

Abstract

Bonding new concrete on existing concrete for structural repair or strengthening must consider the various transferring forces occurred at the connection such as tensile, compression, and moment. One of the important transferring force is the shear force which depends on various factors. This research is the study of the parameters affecting on the direct-shear bond between existing concrete and new concrete. The sample used in the direct-shear bond test was a cylinder, diameter 150 mm, length 300 mm, connected in the middle between the existing concrete and the new concrete. The parameters of this study were: (1) two different types of the surfaces of existing concrete defined as smooth surfaces and rough surfaces; and (2) various types of bonding agent (Epoxy resins, Latex, Cement glue and Crystallization). The results of this study were found that the interface with rough surfaces would provide a better direct-shear bond than smooth surfaces. The use of the bonding agent as the interface layer, especially epoxy resin, would enhance significantly the direct-shear bond.

Keywords: Existing concrete, New concrete, Roughness, Bonding agent

1. บทนำ

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างขึ้นมาเป็นเวลานานย่อมมีการเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ซึ่งอาจเกิดจากการกัดกร่อนของเหล็กเสริมภายในคอนกรีตเนื่องจากคลอไรด์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทะเลหรือน้ำกร่อย ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อายุการใช้งานของอาคารสั้นลง นอกจากนี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงการใช้งานของอาคารหรือมีการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างเดิม ซึ่งการซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตเดิมมักพิจารณาคุณสมบัติในหลายด้านเพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยว (Bond) ระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตใหม่ ผู้ออกแบบต้องมีการกำหนดรายละเอียดของการเชื่อมต่อระหว่างคอนกรีตเดิมและคอนกรีตใหม่ [1] ได้กล่าวว่า การยึดหน่วงระหว่างผิวสัมผัสของคอนกรีต

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุประสานมาใช้ในงานคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งในที่นี้จะเน้นไปที่การนำวัสดุประสานมาใช้ในงานคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง ซึ่งในปัจจุบันมีการนำวัสดุประสานมาใช้ในงานคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงอยู่หลายชนิด ได้แก่ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอย ซิลิกาฟูม เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอย และซิลิกาฟูม ในการศึกษาวิจัย เนื่องจากเป็นวัสดุประสานที่มีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และมีข้อมูลการใช้งานที่ค่อนข้างมาก ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ความละเอียด ปริมาณน้ำที่ต้องการในการทำให้เกิดความข้นเหลวปกติ ระยะเวลาการก่อตัว และกำลังอัดของมอร์ตาร์ เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัย ก่อนที่จะนำไปใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

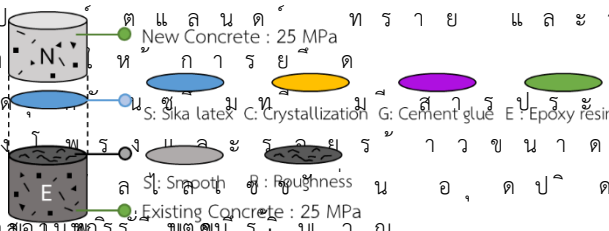
1. เพื่อศึกษาผลกระทบของความหยาบของผิวมีผลต่อสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเส้นผิวเรียบ
2. เพื่อศึกษาความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเส้นผิวเรียบ
3. ไวชิ้นงานทดสอบรูปทรงกระบอกและไวดิจแกย์ซีเมนต์

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุประสานมาใช้ในงานคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งในที่นี้จะเน้นไปที่การนำวัสดุประสานมาใช้ในงานคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง ซึ่งในปัจจุบันมีการนำวัสดุประสานมาใช้ในงานคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงอยู่หลายชนิด ได้แก่ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอย ซิลิกาฟูม เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอย และซิลิกาฟูม ในการศึกษาวิจัย เนื่องจากเป็นวัสดุประสานที่มีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และมีข้อมูลการใช้งานที่ค่อนข้างมาก ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ความละเอียด ปริมาณน้ำที่ต้องการในการทำให้เกิดความข้นเหลวปกติ ระยะเวลาการก่อตัว และกำลังอัดของมอร์ตาร์ เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัย ก่อนที่จะนำไปใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตต่อไป

อีพ็อกซี่กันซึมสารเติมแต่งน้ำยางพลิมะเศษยางโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาไม่สามารถซึมผ่านได้ ไมค์อนกถึงดีกว่าเดิมเพราะมีโดยมีแต่ (Smooth) จะเหรียงยกหรือมอร์ตาร์ในการซ่างใช้ไดก้เมสีเรียบ (Roughness) ขึ้นระยะพิเศษรับกำลังได้สูงและรวดเร็วควบอีกสีดกสะเดาะกสราวมดาเรรถ์ควบ

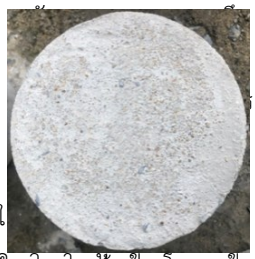
ลาเตทมกซต์ ASTM C1 [2] ลาวสถามงทรมุใพกระสะใตกับวยองยก่านง โดยแบ่ง 2 ไปตระเภท คือ Redispersible) แบกรณีทำขริตสุวบอค่นกรีมีไอตม้ คว่ามสามารถทาบนพื้นผิวสเดุ่ยอมไดม้ดีแมขยไดม้ (1) ลในยสวมักกรทอีน่จควรใช้กับบริ2เ)วณเทบ่ถะยกยตใหม่ใส่ดง (Nonredispersible) เหมาะหกนั่มวกงำอรใยชีดผสัมชนรีบปูนซีเมนต์ และน(1) ำโดยลาเทใกแชร์หย่ระมงสข้อมูลทที่1 ใมค่ือชมอผิวหานงกวยผิวสัมผเทกซ์ทีนำSmiakla ในระอรเทสอปศัพย์ภูทีผนกสัยมผัสของอมัลชัSynthetic Rubber Emulsion) ใชเ้คสมาะนหงปูน (ขจัดจ้กัยานรีแทนทีชองวทรทายวยในทีวก่างดรีย์ดัรฟ้อกงทันกอัยงดมผ่ากยเนจพาขกรุ1ข-2 ของไดของฉดัทไดหดีตัวมีครวภาไมพสีดหรุยเมสีและยังแสดงเปค่มดงสูหงข้เกิดการชแ้ยงกาวตนั้ใกวนีสภาพม่านรถใวงสมีไปดีชีและรณอ2 ขเรทุ่ขายของมงค่อกาชีเมนต์ใชเป็นสารคชมจสรีกงยปรอังสผมขรือรจะอยู่มาตรฐานสูงสำหAANSI A118.1, A118.4 ทับมาตรฐานอเมริกา ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทรายและวัสดุผผลิตภัณฑ์หมนีส่วงสมบัติทห้การยึด



รูปที่ 1 ตัวอย่างคอนกรีต

คลสัลไลน์เป็นวัสดุในสองส่วนประกอบในแทรกตัวอยู่ในช่องว่างโพรงและรอยร้าวขนาดเล็กทปฏิกิริยาสร้างผลึกครัลสโมพูธ R : ความขรุขระ น อุดปิดช่องวในเนื้อคอนกรีตามหน้าซใแห่น่งคสอในเกิรูปตุบรุนวณ

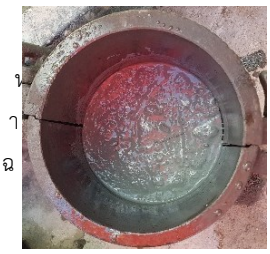
ลิสตัลไCrystallization by Xypex ทำปฏิกิริยาในเนื้อคอนกรีตเคมีเฉพาะสำหรับการป้องกันซึมแซมเป็นสารละลายซีเมนต์กับน้ำซึ่งจะถูกมารีรักปอยดผานงีถาวรบน




การเตรียมตัวอย่างที่ใช้ศระทบของประสานทผิวสัมผัสและคว[1]โดยใช้ผิว(S) ระหว่างคอนมีรีรายละเอียดดังนี้ รูปที่ 2 ข้างต้น

คอนมาตรฐานกำลังอัดจากการMPa ดสอบจริ ตาราง1 ดังนี้ ส่วนผสมคอนกรีตโด

Compressive Strength (MPa)	25
Cement (kg/m^3)	323
Sand (kg/m^3)	837
Aggregate (kg/m^3)	1031
Water (kg/m^3)	200

อีพ็อกซีเรซินกซ์



คลิสตัลไลน์กาวซีเมนต์

รูป 3 ปทีวันคอนมหาลัตงจตากาทงาๆสารเชื่อมประสาน

เมื่อบ่มตัวอย่างจนครบอา
ทดสอบการยึดแดสหใดนงร5จูงปเทาขึ้นบั่เฉือเดิน
ทดสUTOMขนตัวอยแ่สาดงงเ6ใคนืรดูทปีาท่รีไว่ดิ้บ
ทดสอบคือควาตมรสังับมกพาัรนเธค์สรีะ่หอวน่
ซึ่งถูกบันทึกค่าลงในเครื่



รูป 4 ปทีวัดอ่อนกหรลังต่อหคลอังนขกนรคือตนใกหรมีต่เ

เมื่อทดสอบเสร็จแล้ว นำข
หน่วยแรงยึดหน่วง (2) ละค่ากา
หน่วยแรงยึ= $\frac{P}{A}$ ดหหนนPล่ววยงแบ (2) เฉือนต
เมื่P ค่ืออองเฉือนทีN ได้จากเคร
A คืพื้อนทีผิ m² สัมผัสของต



รูป 5 ปทีวัดตยัดสวดหนนเฉ่รืวองนแตบรบง

ตัวอย่างคอนกรีทตขีจน่ะมาดีเกสห้ลน่ รงกระบอก
ศูนย์mmกแลลาะงคว1 กรมงสาูยงสส่ะ3เว0อนอีตย่งดาง
ตัวอย่างคลสอนทีใรคื่นอนูทปรี่ใตขเ้ดทิดมส
แบบลึกปmmหามิ้างน2-3ข้5ปรนวิมาผลิพวล้ว
ขรกุดสระบนผหิสวัคพงือจ้นคนอนีกรขีอติขมลัง
แสดง2ในรูปยุ่ยทคีรท่บำก2า4รแถสชอัด่วแนวบำโปมปบ่มน้ำ
ก้อนสต่ัววนอนยีอ่นากรเรีมตีเก่ตอิ่คมอน(กรีต น
นำทมาาสารเตช่ีแา่สงอๆม3ใจรูสนปัน้ำนนำตัว
มาใส่ลงในแบบหล)จ่นอแตล็ัแมลแ้บทบทหัใหม่ (
นำไปบ่มแนส้ดำงต4ใรนอรอูลีษาทีอ2ี่8ยดวตันว ี่ได้
ถูกเตรียรมศตึากเมษสดัด2ในปตรทรีา่งททีก



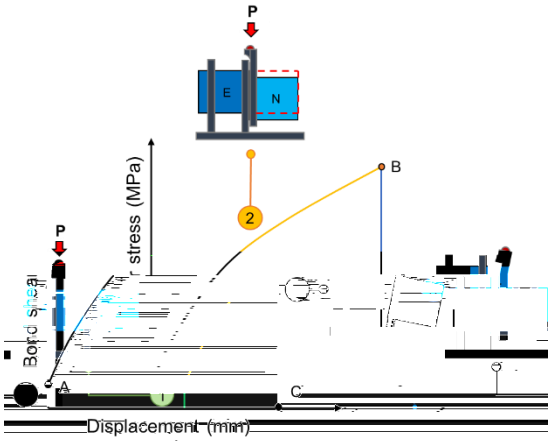
รูป 6 ปทีวอย่างคอนกรีตหลังท

ตาร2 คอนกรีตตัวอย่างแต่ละชุด

รหัส	กำลคอน (MPa)	พื้ (S/R)	อีพเรซ (E)	ลาเท (S)	กาซีเ (G)	คลิไล (C)
E25 S N25	25	S	-	-	-	-
E25 SE N25	25	S	√			
E25 SS N25	25	S		√		
E25 SG N25	25	S			√	
E25 SC N25	25	S				√
E25 R N25	25	R	-	-	-	-
E25 RE N25	25	R	√			
E25 RS N25	25	R		√		
E25 RG N25	25	R			√	
E25 RC N25	25	R				√

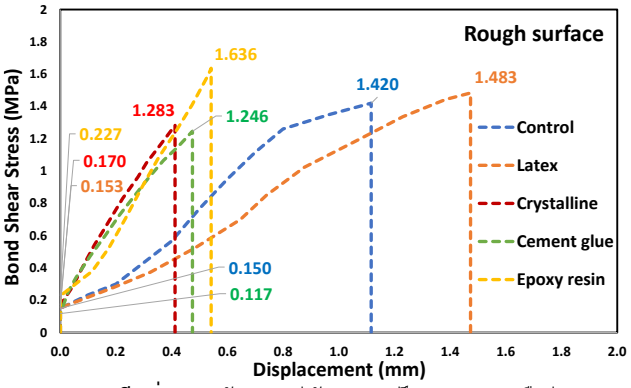
4. ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลที่ได้รับจากการทดสอบค
การเคลื่อนตัว โดยพฤติกรร
แสดง7ในรูปที่



รูปที่ 7 การกระจายของตัวอย่างทดสอบแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรง

ชั้นที่ 1 หน่วยแรงยึดหน่วง (Cohesion) จะเกิดจากการยึดติดของวัสดุประสานกับผิวคอนกรีตเดิม ขึ้นอยู่กับสภาพผิวและความสะอาดของผิวคอนกรีตเดิม ชั้นที่ 2 แรงเสียดทาน (Friction) เกิดจากการยึดเกาะของวัสดุประสานกับผิวคอนกรีตเดิม ขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวคอนกรีตเดิม ชั้นที่ 3 แรงยึดหน่วงแบบกล (Mechanical) เกิดจากการยึดเกาะของวัสดุประสานกับผิวคอนกรีตเดิม ขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวคอนกรีตเดิม



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงกับระยะเคลื่อนตัวเมื่อใช้พื้นสำรวจผิวขรุขระ

ตารางที่ 3 ผลทดสอบยึดหน่วงแบบเฉือนตรง

รูปแบบ (Mode of failure)	
Mode A	Mode B
รอยแตกเกิดขึ้นคอนกรีตเดิมแตกเป็นเนื้อคอนกรีตใหม่ไปในเนื้อคอนกรีตและผิวกระดาษสองฝั่งสม	รอยแตกส่วนรอยต่อระหว่างคอนกรีตใหม่ไปในเนื้อคอนกรีตและผิวกระดาษออกมาพร้อมกับประสาน
รูปตัวอย่างการวิบัติ (Sample failure)	
กรณีตัวอย่างไว้ใช้ทางสีกาวรับจุดสุดมต่อ	
คอนกรีตเดิม (Smooth surface)	คอนกรีตขเรดุ (Rough surface)
	
กรณีตัวอย่างไว้ใช้ทางสีกาวรับจุดสุดมต่อ	
คอนกรีตเดิม (Smooth surface)	คอนกรีตขเรดุ (Rough surface)
	

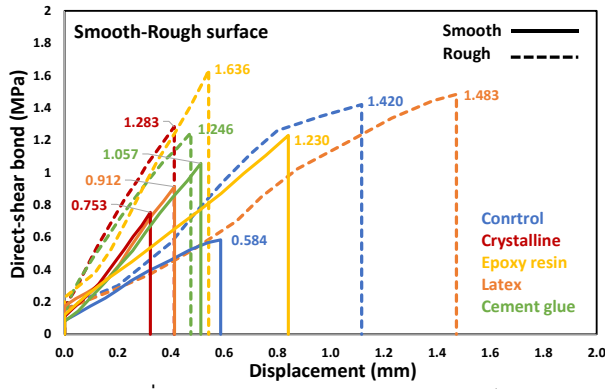
รูปที่ 1 เทปีร์ยบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงกับระยะเคลื่อนตัวเมื่อใช้พื้นสำรวจผิวขรุขระ พบว่าคอนกรีตเดิมที่มีผลของสารเชื่อมประสานที่จุดต่อบนพื้นผิวคอนกรีตเดิมที่ยึดหน่วงและรสะอยดะคกลายเป็นอุปสรรคกลัญบ่อนตัวมีค่าเพิ่มขึ้น [5] ซึ่งกล่าวว่าความหยาบสารยึดพบอวีพาซิเอทะชวีซีมีรีมอดทำลงบนพื้นผิวทำให้ระยะการเคลื่อนตัวทางอีพ็อกซี่ให้ค่าซิหน่วยแรงยึดหน่วงแบบขรุขระ

ผลทดสอบแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงในสารประสานบนพื้นผิวได้ดังนี้

หลังจากทดสอบแรงเสียดทานแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงประสานระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตใหม่ ได้แสดงในตารางที่ 3 ผลการวิบัติ

ตารางที่ 4 ผลทดสอบแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงและรูปแบบการวิบัติ

รหัสตัวอย่าง	หน่วยแรงยึดหน่วงตรง (MPa)	ระยะการเคลื่อนตัวสูง (mm)	รูปแบบ (Mode of Failure)
E25 S N25 (Control)	0.58	0.58	A
E25 SE N25	1.23	0.84	B
E25 SS N25	0.91	0.41	A
E25 SG N25	1.05	0.51	A
E25 SC N25	0.75	0.32	A
E25 R N25 (Control)	1.42	1.11	B
E25 RE N25	1.636	0.542	B
E25 RS N25	1.483	1.473	B
E25 RG N25	1.246	0.475	B
E25 RC N25	1.283	0.412	A



รูปที่ 1 เทปีร์คยบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงกับระยะแคลื่อนตัวเมื่อใช้พื้นสำรวจผิวขรุขระ

5. สรุปผลการวิจัย

ผลกระทบของการใช้สารเชื่อมประสานผิวสัมผัสแบบเฉือนตรงระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตซ่อมแซมที่ผ่านการบ่มชื้นเป็นเวลา 14 วัน และ 90 วัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การเลือกใช้สารเชื่อมประสานชนิดอีพ็อกซี่ที่มีความหนืดต่ำ จะช่วยให้สารเชื่อมประสานสามารถแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของคอนกรีตเดิมได้ดีกว่าสารเชื่อมประสานที่มีความหนืดสูง ทำให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนตรงผิวสัมผัสมีค่าสูงขึ้น โดยสารเชื่อมประสานชนิดอีพ็อกซี่ที่มีความหนืดต่ำจะให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนตรงผิวสัมผัสสูงกว่าสารเชื่อมประสานชนิดซีเมนต์ผสมโพลิเมอร์ประมาณ 1.3 เท่า และสูงกว่าสารเชื่อมประสานชนิดซีเมนต์ผสมโพลิเมอร์ประมาณ 1.4 เท่า ตามลำดับ

2. พื้นผิวที่มีความขรุขระมากจะให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนตรงผิวสัมผัสสูงกว่าพื้นผิวที่มีความขรุขระน้อย โดยคอนกรีตซ่อมแซมที่ใช้สารเชื่อมประสานชนิดอีพ็อกซี่ที่มีความหนืดต่ำ ให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนตรงผิวสัมผัสสูงกว่าคอนกรีตซ่อมแซมที่ไม่ใช้สารเชื่อมประสานประมาณ 1.4 เท่า

3. พฤติกรรมการวิบัติของคอนกรีตซ่อมแซมที่ใช้สารเชื่อมประสานชนิดอีพ็อกซี่ที่มีความหนืดต่ำ จะเกิดการวิบัติแบบเปราะ (Brittle) ซึ่งเกิดจากการยึดเกาะ (Cohesion) ของผิวคอนกรีตกับสารเชื่อมประสานที่ทำหน้าที่ยึดเกาะระหว่างผิวคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตซ่อมแซมมีค่าสูงกว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนของวัสดุมวลรวมโดยเมื่อแรงเฉือนถึงค่าสูงสุดแล้วจะเกิดการแยกตัวออกจากกันของคอนกรีตเดิมและคอนกรีตใหม่ จะเกิดรอยแตกที่ผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตซ่อมแซม

4. ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างที่มีการใช้สารเชื่อมประสานชนิดอีพ็อกซี่ จะเกิดรอยแตกที่ผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตใหม่ แสดงให้เห็นว่าการใช้อีพ็อกซี่ประสานชั้นกลางสามารถเพิ่มหน่วยแรงยึดหน่วงแบบเฉือนตรงผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตใหม่ได้ดีกว่าการใช้ซีเมนต์ผสมโพลิเมอร์ประสานชั้นกลาง

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาบัณฑิตพัฒนาคณาจารย์ จากพระจอมเกล้าธนบุรี (Phra Chomklao Rajabhat Thonburi Graduate Program Faculty Development Scholarship) ให้กับผู้แต่งลำดับที่ 1 ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาเอก ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (King Mongkut's University of Technology Thonburi) ในการทำวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ตามโครงการวิจัยเรื่อง ผลกระทบของสารเชื่อมประสานชนิดอีพ็อกซี่ต่อกำลังรับแรงเฉือนตรงผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตซ่อมแซม ภายใต้สภาวะการบ่มชื้นที่แตกต่างกัน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ตามสัญญาให้ทุนเลขที่ 6/2566 ลงวันที่ 10 มีนาคม 2566

เอกสารอ้างอิง

[1] สมิตร สอเนงกพันธ์ (2000). ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนตรงผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตซ่อมแซม, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] Bing Wang, Shilang Xu and Fei Liu c (2016). Evaluation of tensile bonding strength between UHTCC repair materials and concrete substrate. , 112, pp. 595-606.

[3] Ahmed M. Diab, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty and Mohamed R. Tag Eldin (2017). Slant shear bond strength between self compacting concrete and old concrete. , 130, pp. 73-82.

[4] Tianxiong Guo, Yuchen Xie and Xingzhong Weng (2018). Evaluation of the bond strength of a novel concrete for rapid patch repair of pavements. , 186, pp. 790-800.

[5] Yan He, Xiong Zhang, R.D. Hooton and Xiaowei Zhang (2017). Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding, , 151, pp. 582-590.

[6] Imran Nazir and Khuram Rashid (2018). Assessment of Bond Strength between Concrete and Repairing Cementitious Concrete in Tension and Shear, , 1, pp. 66-70.

[7] Pu-Woei Chen, Xuli Fu and D.D.L. Chung (1995). Improving the Bonding between Old and New Concrete by Adding Carbon Fibers to the New Concrete, , 25, pp. 491-496.

[8] Rashmj R. Pattnaik (2015). Investigation on ASTM C882 Test Procedure of Slant Shear Bond Strength of Concrete Repair Material, , 5, pp. 1-6.

[9] S.H. Abo Sabah, M.H. Hassan, N. Muhamad Bunnori and M.A. Megat Johari (2019). Bond strength of the interface between normal concrete substrate and GUSMRC repair

material overlay, , 216, pp. 261-271.

[10] Karima Gadri and Abdelhamid Guettala (2017). Evaluation of bond strength between sand concrete as new repair material and ordinary concrete substrate (The surface roughness effect), , 157, pp. 1133-1144

[11] Yue Li, Weiliang Bai and Tongfei Shi (2017). A study of the bonding performance of magnesium phosphate cement on mortar and concrete, , 142, pp. 459-468.

[12] ASTM (2021). Standard Specification for Latex Agents for Bonding Fresh To Hardened Concrete. ASTM C1059. , West Conshohocken, PA

[13] ASTM (2020), Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. ASTM C143. ASTM International, West Conshohocken, PA