

การศึกษาแรงยึดหน่วงระหว่างคอนกรีตกับ เหล็กเสริมโดยใช้สารเคมีเป็นตัวเชื่อมประสาน

นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นายเกตุดนัย พิพัฒน์ไชยศิริ

นายจรัส สุวัฒนพูนลาภ

นายชาติร์ ดันศิริ

นักศึกษาระดับปีที่ 4

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการทดสอบเปรียบเทียบหาค่าหน่วยแรงยึดหน่วงระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมโดยใช้สารเคมีเป็นตัวเชื่อมประสาน กับค่าหน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการทำโดยใส่เหล็กเสริม ในขณะที่แท่งทดสอบยังไม่แข็งตัวเพื่อให้คอนกรีตจับยึดกับเหล็กเสริมโดยไม่ต้องอาศัยน้ำยาเคมีเป็นตัวประสาน รวมทั้งหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้แท่งทดสอบทรงกระบอกขนาด 150x300 มม.² โดยเลือกทำการศึกษาดังนี้

- 1) แท่งทดสอบทรงกระบอกขนาด 100x200 มม.² ที่อายุ 6 เดือน 3 เดือน 28 วัน และ 7 วัน
- 2) เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. 9 มม. และ 12 มม.
- 3) สารเคมีที่เป็นตัวประสาน 3 ชนิด
- 4) ความลึกในการใส่เหล็กจากผิวบนของแท่งทดสอบคือ 50 มม. 100 มม. และ 150 มม.

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า หน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการใช้น้ำยาเคมีเป็นตัวประสานจะมากกว่าหน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการหล่อแห้งทดสอบ พร้อมทั้งใส่เหล็กเสริมในทุกกรณี

Bond Strength of Concrete and Round Steel Bar Which Use Chemical Cement

Nippon Suwansukroad

Associate Professor

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Ketdanai Pipatchaisiri

Charal Suwatanapoonlarb

Chatrri Tansiri

4th Year Student

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Abstract

This project was conducted to compare the bond strength of concrete and round steel bar (fixed in fresh concrete) with bond strength of concrete and round steel bar but used chemical cement.

- Round steel bar used 3 sizes of diameter, 6 mm., 9 mm. and 12 mm.
- Chemical cement used 3 types.
- Depth of round steel bar in concrete 5 cm., 20 cm. and 15 cm.

The results showed that bond strength of concrete and round steel bar with chemical cements are more the other without chemical cements.

บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลาย ในขณะเดียวกันปัญหาในงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตจึงมีหลายประเภท ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้มีการใช้สารเคมีประเภท EPOXY กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสารเคมี EPOXY มีหลายประเภท ในการนำไปใช้ควรให้เหมาะกับงาน ในโครงการนี้จะเป็นผลการทดสอบเกี่ยวกับการใช้สารเคมีประเภท EPOXY เป็นตัวยึดเหล็กเสริมกับคอนกรีต เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเคมี EPOXY เป็นตัวยึด โดยเปรียบเทียบในรูปของหน่วยแรงยึดหน่วง ซึ่งประเด็นที่ให้ความสนใจในการศึกษา คือ

- 1) หน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการใช้สารเคมี EPOXY เป็นตัวยึดจะมากกว่ากรณีที่ไม่ใช้สารเคมี EPOXY หรือไม่
- 2) เมื่อกำลังของคอนกรีตเพิ่มขึ้นจะทำให้หน่วยแรงยึดหน่วงเพิ่มขึ้นหรือไม่
- 3) เมื่อความลึกในการใส่เหล็กเพิ่มขึ้นจะทำให้หน่วยแรงยึดหน่วงเพิ่มขึ้นหรือไม่
- 4) เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมมากขึ้นจะทำให้หน่วยแรงยึดหน่วงเพิ่มขึ้นหรือไม่
- 5) สารเคมี EPOXY แต่ละชนิดจะให้ค่าหน่วยแรงยึดหน่วงแตกต่างกันเพียงไร

การทดสอบ

วัสดุ

- 1) คอนกรีต โดยใช้ส่วนผสม ดังนี้
 - ซีเมนต์ 25.3 กก.
 - หิน 35.7 กก.
 - หิน 67.5 กก.
 - น้ำ 11.5 กก.
- 2) เหล็กเส้น SR 24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. 9 มม. 12 มม.
- 3) กัมกริต
- 4) EPOXY Hilti C-100 พร้อมปืนอัด
- 5) EPOXY Hilti CM-730

โปรแกรมการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

- 1) เตรียมตัวอย่างทดสอบที่จะใช้สำหรับทดสอบกำลังอัด โดยใช้ตัวอย่างทดสอบกำลังอัดรูปทรงกระบอกขนาด 150x300 มม.² สำหรับทดสอบคอนกรีตอายุ 6 เดือน 3 เดือน 26 วัน และ 7 วัน อายุละ 3 ตัวอย่าง เมื่อหล่อเสร็จแล้วทำการบ่มขึ้นตลอดเวลา จนกว่าครบอายุแล้วจึงทดสอบ
- 2) เตรียมตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบแรงยึดหน่วง โดยตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาด 100x200 มม.² โดยทำการหล่อพร้อมยึดเหล็กเสริม และหล่อโดยไม่มีเหล็กเสริมเพื่อเจาะรูสำหรับใส่เหล็กเสริมโดยใช้ EPOXY เป็นตัวยึด ซึ่งสามารถแยกได้ดังนี้

จำนวนตัวอย่างทดสอบที่จะต้องเจาะใน 1 อายุ

เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความลึก			
	5 ซม.	10 ซม.	15 ซม.	รวม
6 มม.	9	9	9	27
9 มม.	9	9	9	27
12 มม.	9	9	9	27
รวม	27	27	27	81

จำนวนตัวอย่างทดสอบที่จะต้องหล่อพร้อมเหล็กเสริม ใน 1 อายุ

เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความลึก			
	5 ซม.	10 ซม.	15 ซม.	รวม
6 มม.	3	3	3	9
9	3	3	3	9
12 มม.	3	3	3	9
รวม	9	9	9	27

เมื่อตัวอย่างทดสอบมีอายุครบ ก็จะนำตัวอย่างมาทำการเจาะรูแล้วทำความสะอาด แล้วนำ EPOXY ที่เตรียมไว้ใส่ลงในรู แล้วนำเหล็กที่เตรียมไว้มาใส่แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้ EPOXY มีอายุครบ 7 วัน แล้วจึงทำการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ส่วนประกอบของ EPOXY

ส่วนประกอบของกัมกริต

- 1) กัมกริต 1 ชุด ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ
 - ขวดน้ำยาเบอร์ 1 (epoxy)
 - ขวดน้ำยาเบอร์ 2 (hardener)
 - ผงสีขาวเบอร์ 2 (filler)
- 2) เทน้ำยาเบอร์ 1 และ 2 ในอัตราส่วน 1 ซีต ต่อ 1 ซีต (ถ้าต้องการปริมาณมากให้เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน กวนส่วนผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน)
- 3) ค่อยๆ เทผงสีขาว จากถุงเบอร์ 3 ลงผสมคลุกเคล้าให้ทั่ว
- 4) กวนจนได้ความเหนียวตามต้องการ
- 5) กัมกริตที่ผสมแล้วจะเริ่มจับตัวแข็งภายใน 1 ชั่วโมง

ส่วนประกอบของ Hilti C-100

เป็นน้ำยาเคมีพวก Synthetic resin mortar based on modified epoxy acrylate บรรจุอยู่ในกระบอก โดย 1 กระบอกแบ่งได้ 2 ส่วน ในการใช้งานจะต้องใช้ร่วมกับปืนอัด ซึ่งจะอัดน้ำยาทั้ง 2 ส่วนมาผสมกันที่ปลายหลอด เมื่อผสมกันแล้วและสัมผัสกับอากาศจะเริ่มจับแข็งตัว ภายใน 4 นาที

ส่วนประกอบของ Hilti CM 730 EP Grout

Hilti CM730 EP Grout 1 ชุดจะมี 3 ส่วน คือ

- Component A (part of formulated resin and filler, preblended) Grey paste
- Component B (formulated resin) Yellowish liquid
- Component C (formulated hardener) Black liquid

สารเคมีทั้งสามจะนำมาผสมในอัตราส่วน Component A:B:C = 22:2:1 โดยน้ำหนัก โดยทำการผสม Component B กับ C ให้เข้ากันเสียก่อนแล้วจึงใส่ Component A แล้วกวนให้เข้ากัน เมื่อผสมแล้ว จะแข็งตัวภายใน 1 ชั่วโมง

จากผลการทดลองสามารถนำมาเขียนกราฟระหว่างหน่วยแรงยึดหน่วงกับอายุของคอนกรีต โดยแบ่งตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมและความลึกในการใส่เหล็กเสริม ดังแสดงในรูปที่ 1 - 9

สรุปผลการทดลอง

- 1) หน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการใช้ EPOXY เป็นตัวยึดหน่วงจะมีค่ามากกว่ากรณีหล่อติดเหล็กเสริม
- 2) เมื่ออายุคอนกรีตมากขึ้น กำลังของคอนกรีตก็จะเพิ่มขึ้นด้วย หน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งจากการใช้ EPOXY เป็นตัวยึดหน่วงและไม่ใช้ EPOXY โดยในช่วงแรก กำลังคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หน่วยแรงยึดหน่วงก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน และเมื่อกำลังของคอนกรีตเริ่มคงที่ หน่วยแรงยึดหน่วงก็จะเริ่มคงที่ด้วยเช่นกัน
- 3) เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมเท่ากัน ในกรณีที่ใช้ EPOXY เป็นตัวยึดหน่วงค่าหน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จะมีค่าลดลงตามความลึกในการฝังยึด ส่วนในกรณีที่ไม่มี EPOXY หน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จะไม่แปรผกผันตามความลึกในการฝังยึด แต่จะมีค่าค่อนข้างคงที่
- 4) เมื่อความลึกในการฝังยึดเท่ากัน หน่วยแรงยึดหน่วงจะเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม ทั้งในกรณีที่ใช้ EPOXY และไม่ใช้

และจากลักษณะของตัวอย่างทดสอบที่วิบัติจะพบว่า เมื่อตัวอย่างถึงจุดวิบัติแล้วแท่งทดสอบคอนกรีตสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

- 1) จะแตกออกจนสุดความลึกของเหล็กเสริม และในช่วงระยะฝังยึดของเหล็กเสริมจะพบว่ามี EPOXY และเนื้อคอนกรีตยึดติดกับเหล็กเสริม

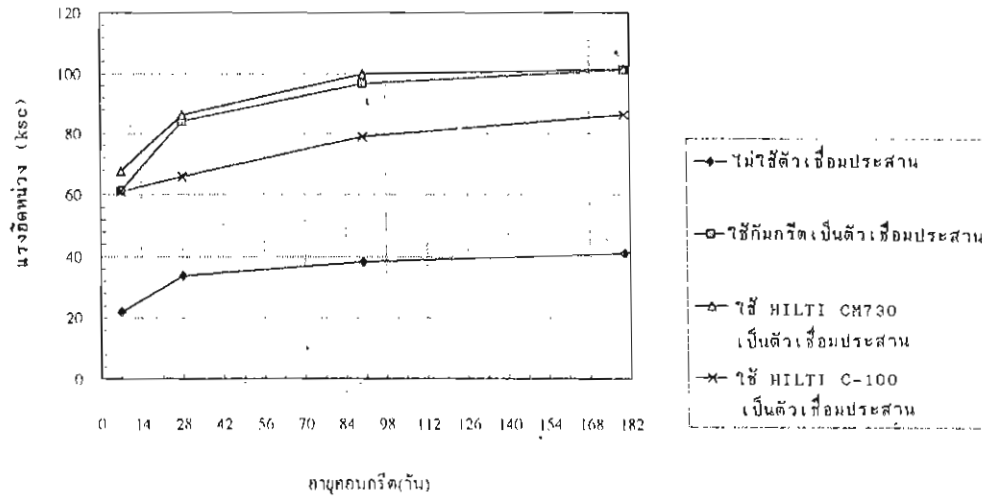
- 2) จะไม่พบการแตกร้าวใดๆ เลย และในช่วงระยะฝังยึดของเหล็กเสริมจะไม่พบ EPOXY และคอนกรีตยึดติดกับเหล็กเสริมเลย

จากลักษณะของตัวอย่างทดสอบทำให้สามารถสรุปได้ดังนี้

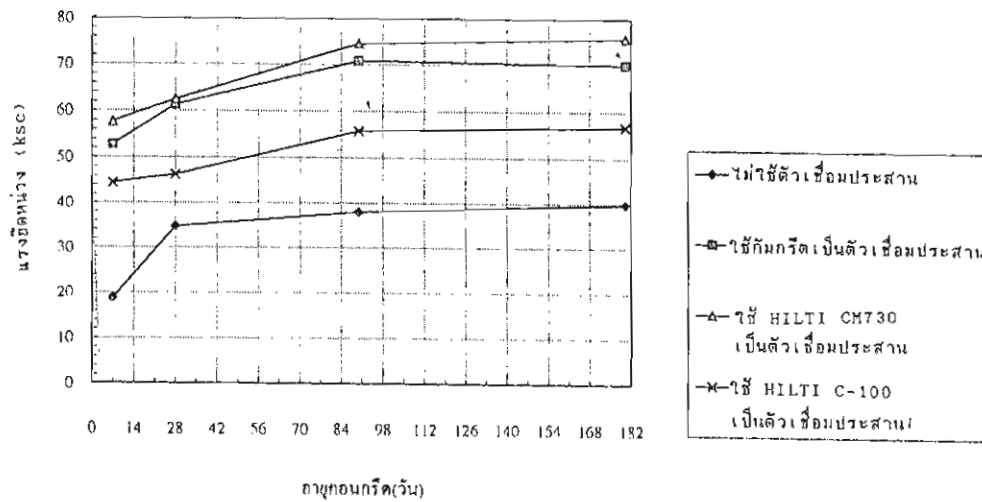
- 1) สำหรับแท่งทดสอบที่แตกออกน่าจะเกิดจากการที่คอนกรีตไม่สามารถที่จะทนแรงดึงเนื่องจากเหล็กเสริมได้ เพราะ EPOXY ยังคงจับยึดติดอย่างเหนียวแน่นไม่หลุดจากเหล็กและคอนกรีต เพราะฉะนั้นถ้าคอนกรีตมีกำลังมากขึ้น หน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการทดสอบน่าจะมีค่ามากขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากกราฟ ในลักษณะนี้ค่าหน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้จากการทดสอบนี้จะไม่เกิดจากขีดความสามารถสูงสุดของ EPOXY แต่เกิดจากขีดความสามารถสูงสุดของคอนกรีต นั่นคือกำลังของคอนกรีตซึ่งจะมีผลมากกว่า เพราะฉะนั้นหน่วยแรงยึดหน่วงจึงน่าจะมีค่ามากกว่านี้มาก หากกำลังคอนกรีตมากขึ้น
- 2) สำหรับแท่งทดสอบที่ไม่พบการแตกร้าว นั้น ค่าหน่วยแรงยึดหน่วงที่ได้ น่าจะเป็นค่าที่ได้จากขีดความสามารถสูงสุดของ EPOXY แล้ว เนื่องจากคอนกรีตสามารถที่จะทนต่อแรงที่เกิดขึ้นในแท่งคอนกรีตได้ เพราะฉะนั้นกำลังคอนกรีตจึงมีผลไม่มากนัก หากเทียบกับกรณีแรก และค่าหน่วยแรงยึดหน่วงจึงไม่น่าจะเพิ่มมากกว่านี้มากนัก หากกำลังคอนกรีตเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

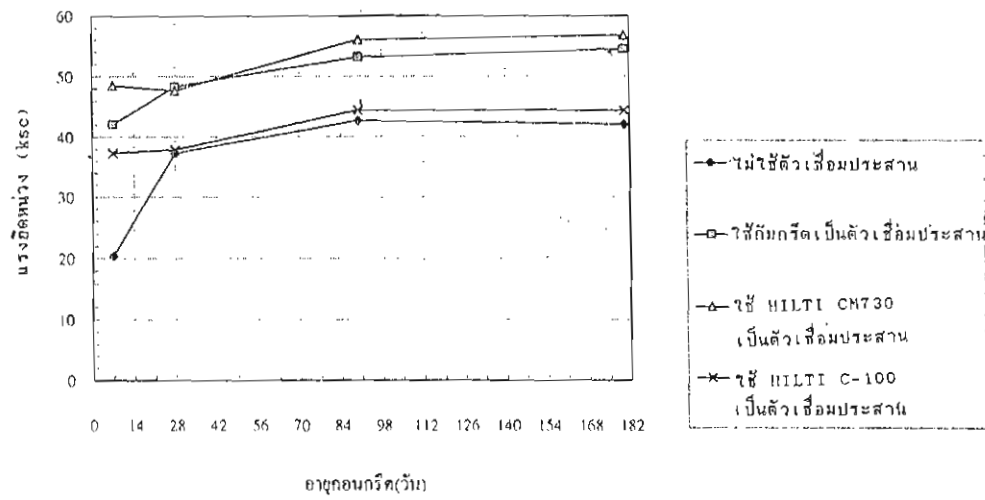
1. ชยาทิติย์ วัฒนวิทย์กิจ. **วัสดุก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 4. ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536
2. นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์, ชยาทิติย์ วัฒนวิทย์กิจ และปรัชญา โสติดำรง. **การผลิตและการใช้วัสดุก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536.
3. สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร. **คอนกรีตเสริมเหล็ก**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ หจก. ป.สัมพันธ์พานิชย์, 2530.
4. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ. **วัสดุที่ใช้ในการซ่อมโครงสร้างคอนกรีต**. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์สารนิเทศคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.
5. Ferguson, P.M. **Reinforced Concrete Fundamentals**. 3 rd ed. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1973.



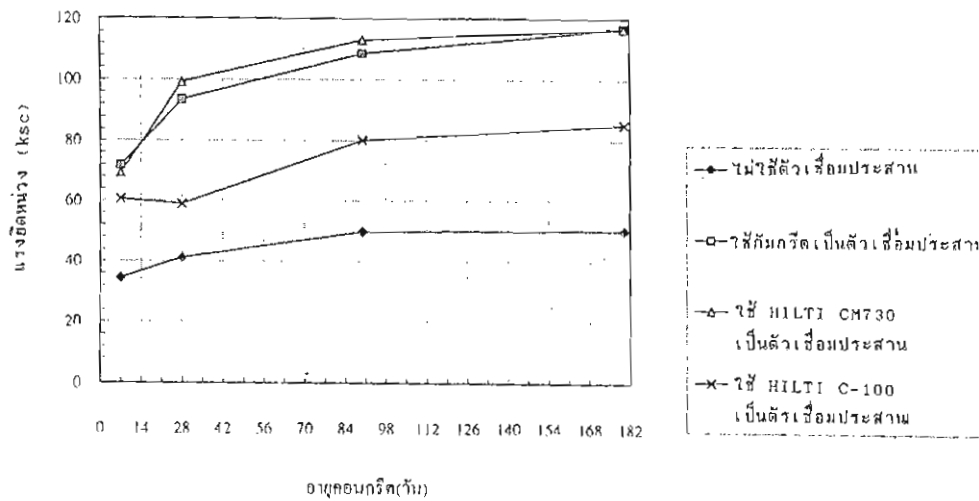
รูปที่ 1 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ความลึกการฝังยัด 5 ซม.



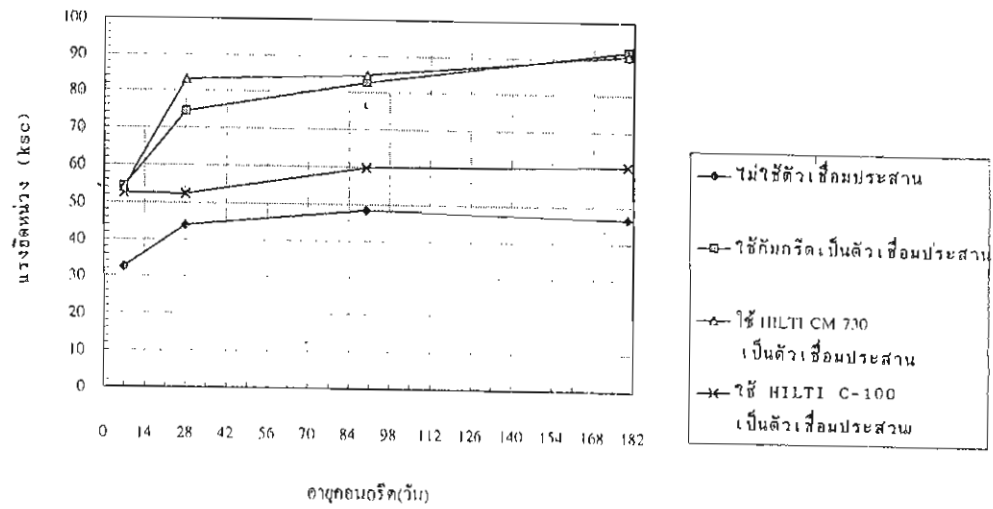
รูปที่ 2 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ความลึกการฝังยัด 10 ซม.



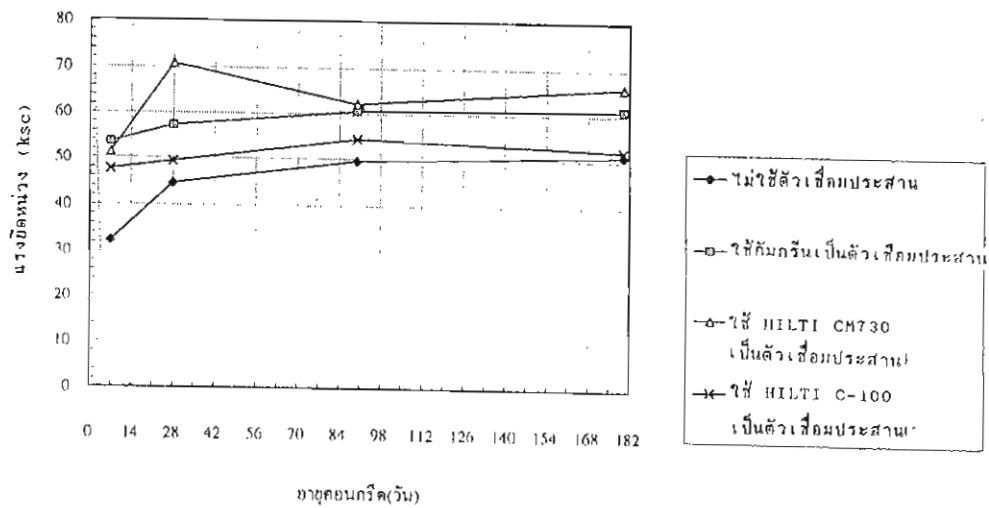
รูปที่ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ความลึกการฝังยัด 15 ซม.



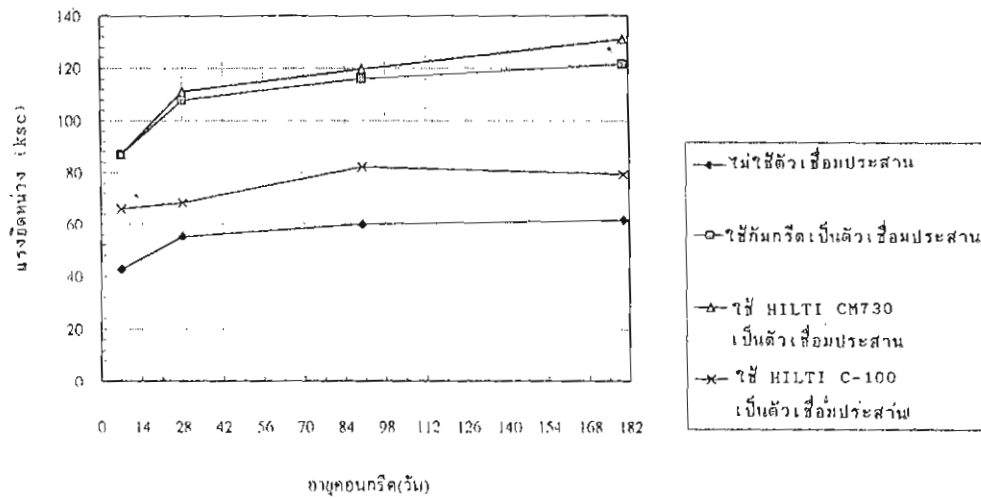
รูปที่ 4 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ความลึกการฝังยัด 5 ซม.



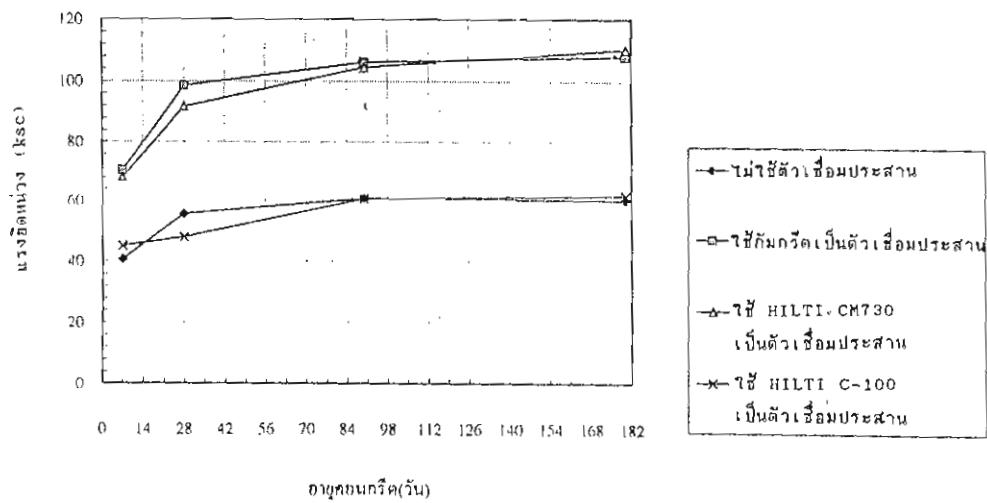
รูปที่ 5 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดหน่วงของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ความลึกการฝังยึด 10 ซม.



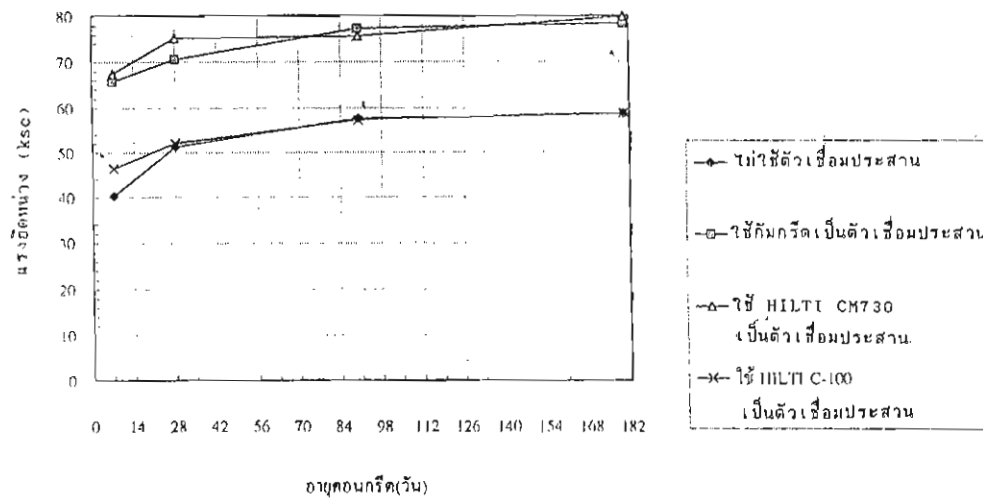
รูปที่ 6 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดหน่วงของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ความลึกการฝังยึด 15 ซม.



รูปที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. ความลึกการฝังยึด 5 ซม.



รูปที่ 8 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. ความลึกการฝังยึด 10 ซม.



รูปที่ 9 แสดงกราฟเปรียบเทียบหน่วยแรงยึดหน่วงของเหล็กเส้นกลมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม.
ความลึกการฝังยึด 15 ซม.