การพัฒนาคอนกรีตที่มีส่วนผสมของวัสดุกากอุตสาหกรรมสำหรับป้องกันการกัดกร่อนโดยกรดและการขัดสีเพื่อประยุกต์ใช้กับพื้นฟาร์มสุกร

Development of concrete containing industrial waste for acid corrosion – abrasion resistance for concrete floors in pig farm applications

เจนศักดิ์ คชนิล[1] ทนงศักดิ์ โนไชยา[2] ธวัช สุริวงษ์[3] ศุภกร เมาลีกุล[4] และ พงษ์ธร จุฬพันธ์ทอง[5,*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์
[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
[3] วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
[4] บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) จ.กรุงเทพฯ
[5] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
**Corresponding author; E-mail address: phongthornj@nu.ac.th*

บทคัดย่อ

10

7, 14, 28, 56 84

: , , , ,

Abstract

The objective of this work was to investigate the resistance of concretes against acid corrosion and abrasive corrosion, which occurs in typical pig's farm floors, especially near the feeding machine. Two types of industrial waste, which good pozzolanic properties, were used as cement replacement material to improve acid resistance of concrete specimens. For the concrete mixtures, cement was replaced by silica fume or fly ash for 10 wt.%. compare to concrete with ordinary Portland cement and hydraulic cement binders. Two types of concrete specimens were prepared for testing compressive strength, acid corrosion, abrasion corrosion and acid-abrasion corrosion. The compressive strength test was conducted for 7, 14, 28, 56 and 84 days after casted. The results suggest silica fume effectively increases the compressive strength while fly ash slightly decreases. The resistance of the concrete against organic acid corrosion was improved by the substitution ordinary Portland cement by hydraulic cement and greatly improved when applying fly ash or silica fume as cement replacement. The improvement of abrasion resistance of concrete due to using hydraulic cement or cement replacement materials demonstrate similar trend compared to acid corrosion resistant tested results. Two testing machines, one for organic acid corrosion tests in wet-dried conditions and an abrasion testing machine with steel wheels, were developed to simulate the attack on concrete floors in pig farms. The concrete slab was cast and tested with a wet-dry switching system in an organic

acid solution cooperating with an abrasion test. The test results demonstrate that applying fly ash or silica fume is effective for increasing the resistance of the concrete against organic acid corrosion and abrasive corrosion.

Keywords: Concrete, Acid corrosion, Abrasion, Silica fume, Fly ash

1. คำนำ

[1]

1.2-

1.5 / 1.0 /

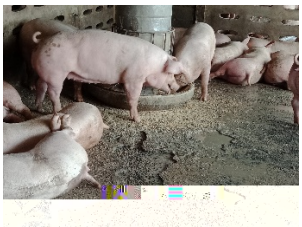
[2] . .2564

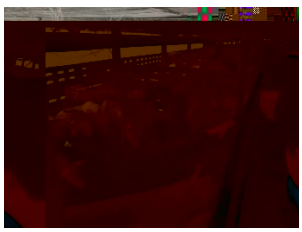
13,103,887

15,724,665 [3]

1

1 / 2 /





รูปที่ 1

[4] $Ca(OH)_2$

(HX) (Cax_2)

[5]

(1)

$$2HX + Ca(OH)_2 \text{-----> } CaX + 2H_2O \quad (1)$$

(2) [5]

$$SiO_2 \text{ (Solid)} + Ca^{2+} + 2OH^- \text{ --> } CaO.SiO_2.H_2O \text{ (CSH gel)} \quad (2)$$

[6]

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

4

1 (OPC),

(HC),

10 (10SF),

10 (10SF)

1

(OPC) (HC) (SF) (FA)

4 3/4

4

ASTM C128-15 ASTM C127-15, [7, 8]

1

ตารางที่ 1

	2.63	0.40
	2.70	0.26

2.2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุประสาน

OPC, HC, SF, FA
ASTM C188-95, [9]
2

ตารางที่ 2

	OPC	HC	SF	FA
	3.15	3.10	2.21	2.20

2.3 สมบัติทางเคมีของวัสดุประสาน

OPC 1
ASTM C150, [10] HC
( ) ASTM C595 TYPE IP, [11]
SF FA 3

ตารางที่ 3

Chemical composition (%)	Silica fume	Fly ash
Silicon dioxide (SiO_2)	93.51	35.89
Aluminum oxide (Al_2O_3)	0.00	19.26
Ferric oxide (Fe_2O_3)	0.22	10.64
Calcium oxide (CaO)	2.06	16.08
Magnesium oxide (MgO)	0.40	2.45
Potassium oxide (K_2O)	0.34	2.31
Sodium oxide (Na_2O)	0.05	1.05
Sulfur trioxide (SO_3)	0.56	4.08

3 SF SiO_2,
Al_2O_3, Fe_2O_3 93.73 CaO
10 Class F
FA SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3
65.79 CaO 10 Class C
ASTM C618, [12]

2.4 ส่วนผสมของคอนกรีต

(W/B) 0.42, [13]
10±2.5 OPC (Control)
1 400
/ HC 400
/ 10SF 10FA
10
4

ตารางที่ 4

Mix	OPC	HC	SF	FA
Ordinary Portland Cement (kg/m^3)	400	-	360	360
Hydraulic Cement (kg/m^3)	-	400	-	-
Silica Fume (kg/m^3)	-	-	40	-
Fly Ash (kg/m^3)	-	-	-	40
Coarse Aggregate (kg/m^3)	1,050	1,050	1,037	1,042
Find Aggregate (kg/m^3)	771	771	763	765
Water (kg/m^3)	168	168	168	168

2.5 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

10x10x10
24

ASTM C109, [14] 2 7,
14, 28, 56, 84 3 [15]



)))

รูปที่ 2)
10x10x10))

2.6 การทดสอบการกัดกร่อนโดยกรด

15x15x5
24
56
(W_1)
(Acetic Acid)
98 3
pH = 2.5±0.1 7
(W_2)

7, 14, 21, 28, 42, 56, 70

(%Loss) [16, 17] (2)

$$\%Loss = 100 - ((W_2 / W_1)x100) \quad (3)$$

%Loss =

W_1 = , ( )

W_2 =

, ( )

)))

รูปที่ 3) 10x10x5

))

0.1

2.7 การทดสอบการกัดกร่อนโดยการขัดสี

15x15x5

24

56

24

(W_1)

ASTM C994, [18]

4 5 (W_2)

(%Loss) (3)

1

5





)))

รูปที่ 4)

10x10x5)

ASTM C994)

2.8 การทดสอบการกัดกร่อนโดยกรดร่วมกับการขัดสี

15x15x5 24

56

(W_1)

98 pH

= 2.5±0.1 pH

- 1

-

[19, 4]

- 5 48

24

5 (W_2)

(%Loss)

(1) 1

5



)))

รูปที่ 5)

10x10x5) -)

3. ผลการทดสอบ

3.1 กำลังอัดของคอนกรีต

5

7 OPC (Control), HC, 10SF, 10FA

505.47, 546.50, 587.35, 502.70

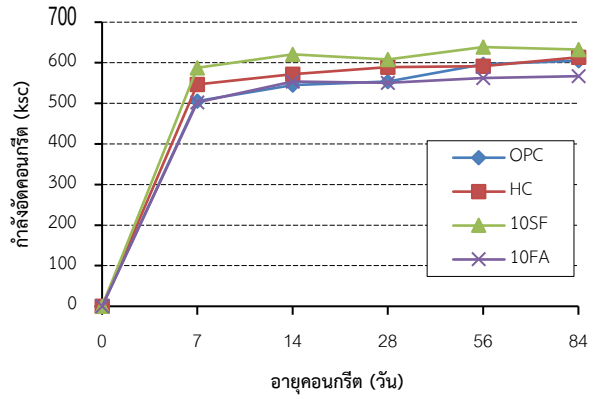
14, 28, 56, 84

7

84

10SF, HC, OPC, 10SF

632.60, 613.55, 605.20, 566.97



รูปที่ 6

HC
546.50, 571.60, 588.95, 591.45, 613.55
7, 14, 28, 56, 84
OPC 505.47,
545.25, 554.10, 596.07, 605.20
7, 14, 28, 56, 84 HC
OPC
HC
OPC
10
(10SF) 587.35, 620.50,
608.20, 638.70, 632.60 7, 14,
28, 56, 84 OPC

[20]

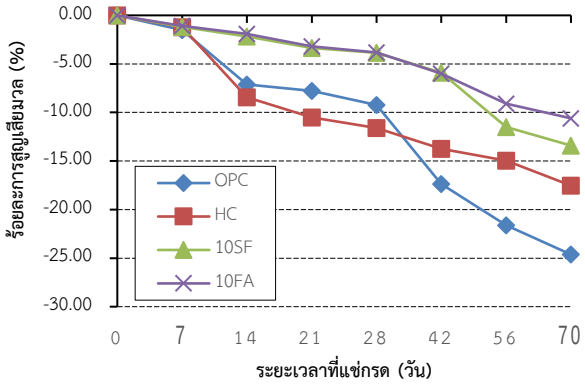
10
(10FA) 502.70, 554.00,
550.90, 562.73, 566.97 7, 14,
28, 56, 84 OPC
7, 14, 28
56 84 10FA

[21]

3.2 การทดสอบการกัดกร่อนโดยกรด

6 OPC
1.51, 7.11, 7.78, 9.22, 17.37, 21.61, 24.63
7, 14, 21, 28, 42, 56, 70

$(Ca(OH)_2)$
(Calcium salt)
10FA, 10SF, HC
OPC



รูปที่ 7

HC 1.21, 8.44,
10.52, 11.59, 13.71, 14.97, 17.53 7, 14,
21, 28, 42, 56, 70 OPC
42 OPC
HC
[22]
10SF 1.19, 2.18, 3.35,
3.85, 5.91, 11.50, 13.41 7, 14, 21, 28,
42, 56, 70 OPC
OPC .
10SF
OPC [23]
10FA 1.10, 1.92, 3.19,
3.83, 5.98, 9.11, 10.60 7, 14, 21, 28, 42,
56, 70 OPC
10FA
$(Ca(OH)_2)$
[24]

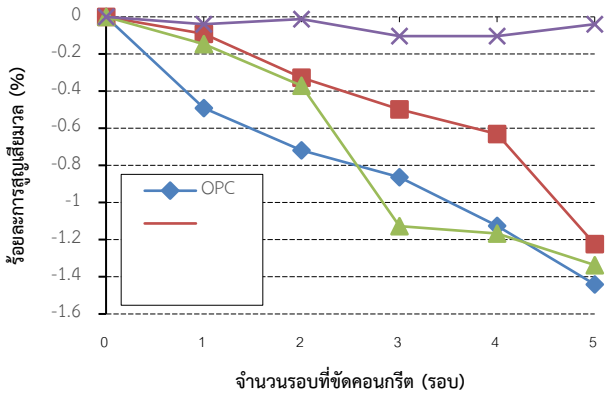
3.3 การทดสอบการกัดกร่อนโดยการขัดสี

7 OPC
0.49, 0.72, 0.86, 1.13, 1.44

5 / 5

5 10FA

0.04-1.44



รูปที่ 8

HC 0.09, 0.33, 0.50, 0.63, 1.22
5 / 5
OPC
OPC
10SF 0.15, 0.37, 1.13, 1.17, 1.34
5 / 5
OPC
1-2 10SF 3-4 10SF 5
OPC OPC
10SF OPC
10FA 0.04, 0.01, 0.10, 0.10, 0.04
5 / 5
OPC
OPC

3.4 การทดสอบการกัดกร่อนโดยกรดร่วมกับการขัดสี

8 OPC
2.20, 3.20, 6.62, 15.19, 16.43
5 / 5
5 10FA

รูปที่ 9

HC 1.61, 3.82, 6.30, 6.74, 8.52
5 / 5
OPC
OPC 1-3
OPC
4-5 10SF 3.52, 5.00, 7.60, 8.47, 8.61
5 / 5
OPC
OPC
OPC
1-3 4-5 HC 0.48, 0.94, 1.10, 1.27, 1.44
10FA 5 / 5
OPC
OPC

4. บทสรุป

4.1

7 14, 28, 56, 84

4.2 OPC (HC, 10SF, 10FA) OPC 10FA

4.3 10FA

0.04-1.44

4.4 (HC, 10SF, 10FA)

OPC

[25]

5. กิตติกรรมประกาศ

( )

(Fly Ash)

( )

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ( ) (2564). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี2564-2566:ธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง.* [ ]. https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Construction-Construction-Materials/Construction-Contractors/IO/io-Construction-Contractors-21, [3 2565].

[2] (2563). *เกณฑ์กำหนดมาตรฐานฟาร์ม.* [ ]. https://www.tsva.or.th/standard-of-pig-farm-criteria, [3 2565].

[3] (2564). *ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์รายเดือน ปี 2564.* [ ]. https://www.region6.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-menu/stat-report, [3 2565].

[4] N. De Belie, J. Monteny, and L. Taerwe (2002). Accelerated Degradation Testing of Concrete In Acidic Environment: Resistance To Lactic And Sulfuric Acid. *9th International Conference : Durability of Building Materials and Components.* Vol. 2, pp. 1-10, 17-20 March 2002.

[5] Anwar Khitab, Muhammad Tausif Arshad, Muhammad Tausif Arshad, and I. Khan (2013). Development of an Acid Resistant Concrete: a Review. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology.* Vol. 4, No. 2, pp. 33-38.

[6] Nele De Belie, Marcel Debruyckere, Dirk Van Nieuwenburg, and Benny De Blaere (1997). Concrete Attack by Feed Acids: Accelerated Tests to Compare Different Concrete Compositions and Technologies. *ACI Materials Journal,* Vol. 94, No. 16, pp. 1-9.

[7] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 127 : Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates. *Annual Book of ASTM Standards.* Vol. 4, No. 12, pp. 64-68.

[8] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C128 : Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. *Annual Book of ASTM Standards.* Vol. 4, No. 2, pp. 69-73.

[9] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 188 : Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. *Annual Book of ASTM Standard.* Vol. 4, No. 11, pp. 179-180.

[10] American Society for Testing and Materials (2007). ASTM C150 : Standard Specification for Portland Cement. *Annual Book of ASTM Standard.* pp. 1-8.

[11] American Society for Testing and Materials (2010). ASTM C 595 : Standard Specification for Blended Hydraulic Cements. *Annual Book of ASTM Standard.* pp. 1-8.

[12] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 618 : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete. *Annaul Book Standard of ASTM.* Vol. 4, No. 2, pp. 310-313.

[13] I. B. Muhit, S. S. Ahmed, M. M. Amin, and M. T. Raihan (2013). Effects of Silica Fume and Fly Ash as Partial Replacement of Cement on Water Permeability and Strength of High Performance Concrete. *Association of Civil and Environmental Engineers.* pp. 108-115.

[14] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 109 : Standaed Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars. *Annual Book of ASTM Standard.* Vol. 4, No. 1, pp. 83-88.

[15] B. Pather, S.O. Ekolu H. Quainoo (2021). Effects of aggregate types on acid corrosion attack upon fly – Ash geopolymer and Portland cement concretes – Comparative study. *Construction and Building Materials.* pp. 1-14.

[16] Zhen-Tian Chang, Xiu-Jiang Song, Robert Munn and Marton Marosszeky (2005). Using limestone aggregates and different cements for enhancing resistance of concrete to sulphuric acid attack. *Cement and Concrete Research.* Vol. 35, pp. 1486 – 1494.

[17] S. Barbhuiya and Davin Kumala (2017). Behaviour of a Sustainable Concrete in Acidic Environment. *Sustainability.* pp. 1-13.

[18] American Society for Testing and Materials (1999). ASTM C 944 : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method. *Annual Book for ASTM Standards.* Vol. 4, No. 12, pp. 1-4.

[19] Elke Gruyaert, Philip Van den Heede, Mathias Maes and Nele De Belie (2012). Investigation of the influence of blast-furnace slag on the resistance of concrete against organic acid or sulphate attack by means of accelerated degradation tests. *Cement and Concrete Research.* Vol. 42, pp. 173-185.

[20] (2553). *คุณสมบัติและพฤติกรรมการรับแรงของคอนกรีต.* : , 143-144.

[21] (2561). *คอนกรีตเทคโนโลยีขั้นสูง.* : , 102-107.

[22] (2564). *ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกคืออะไร.* 8 2564. [ ]. https://www.ensyndrome.com/?p=1051, [10 2565].

[23] (2556). *คอนกรีต Concrete*, : , 40-41.

[24] (2562). *วิทยาการคอนกรีต.* : , 73 9.

[25] (2560). *วัสดุผสมซีเมนต์และคอนกรีตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม.* : (.), 1-3.