การพัฒนาคอนกรีตความร้อนต่ำโดยใช้เถ้าลอยและเถ้าจากภูเขาไฟ

DEVELOPMENT OF LOW HEAT CONCRETE USING FLY ASH AND PUMICITE

Somnuk Tangtermsirikul and Phichai Kitticharoenkiat

Department of Civil Engineering, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University

ABSTRACT

This paper explains the development of low heat concrete (LHC) using high volume pozzolan replacement. Three pozzolans with different sources (Rayong fly ash (FAR), Mae-Moh fly ash (FAM) and pumicite (PM) were selected as the cement replacement material in this study. The replacement percentages of each type of fly ash were 40%, 50% and 60% by weight, while pumicite replacement was 50% by weight. Then a combination of fly ash and pumicite, each comprising 25% by weight of the total cementitious material was also tested. The water to binder ratio (w/b) was kept constant at 0.55 throughout the experimental program. Test results of other water to binder ratio i.e. 0.33, 0.45 and 0.50, were also adopted from other studies. The test properties are semi-adiabatic temperature rise, compressive strength, flexural strength, modulus of elasticity and drying shrinkage. From the test results, the tested pozzolans could reduce the temperature rise of concrete effectively. Although compressive strength decreases in concrete with high volume pozzolans for same water to binder ratio, it is possible in practice to reduce the water to binder ratio in high volume pozzolan concrete and the compressive strength of the pozzolan concrete can be quantitatively estimated in this study. Flexural strength and modulus of elasticity can be conservatively evaluated using ACI equations. For drying shrinkage, only PM mixture has higher drying shrinkage than the plain cement mixture. Finally, models for predicting semi-adiabatic temperature rise and compressive strength of LHC with high volume fly ash were proposed. The models determine the effect of percentage of fly ash replacement and total cementitious content on semi-adiabatic temperature rise and compressive strength of LHC. The effect of water

to total binder ratio was considered as another parameter in the compressive strength model. From the test results, the proposed models were found to be effective in predicting peak temperature rise in the tested semi-adiabatic condition and 28-day compressive strength of pumicite and high volume fly ash concrete.

INTRODUCTION

Due to the growth construction in Thailand, there is a strong need for concrete which is high in durability, sufficient strength and easy for construction. Also, the tendency of massive concrete construction is rising up as far as high rise buildings and infrastructure projects are increasing. To facilitate the construction and avoid the temperature cracking due to hydration, the need of low heat concrete is obvious. This paper is a study of the development of low heat concrete using high volume pozzolan replacement by mainly considering the effect of chemical composition of the fly ash on the semi-adiabatic temperature rise and compressive strength of concrete. The models for prediction of the maximum temperature rise in semi-adiabatic condition and 28-day compressive strength of high volume fly ash concrete was consequently proposed.

EXPERIMENTS

Materials and Mix Proportions

Table 1 and Table 2 show the chemical composition and physical properties and of Ordinary Portland Cement Type 1, Rayong fly ash (FAR), Mae-Moh fly ash (FAM) and Pumicite (PM). The detail of mix proportions of concrete tested in this study are shown in Table 3.

Table 1 Chemical composition of cementitious materials used in this study

Chemical Composition, %	Cement Type 1	FAR	FAM	PM
Silicon dioxide, SiO_2	21.45	33.88	43.22	71.88
Aluminum oxide, Al_2O_3	5.35	20.38	23.36	14.58
Iron oxide, Fe_2O_3	3.01	4.35	8.87	1.96
Calcium oxide, CaO	67.33	31.47	10.29	1.83
Magnesium oxide, MgO	1.52	1.44	2.73	0.67
Potassium oxide, K_2O	0.33	0.34	2.58	5.67
Sodium oxide, Na_2O	0.11	-	0.18	-
Sulfur trioxide, SO_3	2.31	1.24	1.21	0.02
Manganese oxide, MnO	-	-	0.089	-

Table 2 Physical properties of cementitious materials used in this study

Physical Properties	Cement Type 1	FAR	FAM	PM
Specific Gravity (g/cm^3)	3.15	2.26	1.93	2.36
Bulk Density (g/cm^3)	1.02	1.01	0.99	1.04
Blaine Fineness (cm^2/g)	3741	2999	2710	2032
Fineness (% Retaining on sieve No.325)	8.6	12.6	43.88	45.27
Loss on Ignition (%)	0.58	2.61	0.93	0.06
Moisture Content (%)	0.11	0.37	0.07	0.52

Test Method

The test methods specified in ASTM standard were used for testing mechanical properties such as compressive strength, third point loading test for flexural strength and Young's modulus.

Quasi-Adiabatic Temperature Rise Measurement: The tested concrete mixtures were cast in a 15 mm. thick plywood form work with a foam-insulated box inside which has internal dimension of 470x470x350 mm. and thickness of 30 mm. Thermocouple was inserted in a slot which was initially provided in the form work by a glass tube before casting the concrete. The thermocouple was then connected to the digital data logger to record the temperature rise. The temperature of the environment was controlled at $25 \pm 2^{\circ}c$ throughout the test program.

Drying Shrinkage Measurement : The 100 x 100 x 500 mm. concrete prism specimens were cast and consequently cured for 28 days in water and after that cured a in drying room with temperature $25 \pm 2^{\circ}c$ and HR 60%. Length change of the specimen at the age of measurement was measured a mechanical strain gauge.

TEST RESULTS AND DISCUSSIONS

Semi-Adiabatic Temperature Rise

The temperature rise recorded up to peak temperature of LHC with different type and percentages replacement of pozzolans are shown in Fig. 1 to Fig. 3. It can be seen that the use of pozzolan as a cement replacement material can reduce temperature rise in concrete due to heat of hydration. The higher percentage of fly ash replacement gave the lower temperature rise in concrete regardless of the type of the tested pozzolans. Pumicite was the most effective type of pozzolan for reducing temperature in concrete followed by Mae-Moh fly ash and Rayong fly ash, respectively. It is worthily noted that pozzolan with lower CaO content is more effective for reducing the concrete temperature.

Table 3 Details of Mixture Proportions

Mix Designation	w/(c+f+p)	f/(c+f+p)	p/(c+f+p)	Component (kg/m3)					
				Cement	Fly Ash	Pumicite	Water	Fine Agg.	Coarse Agg.
CC	0.55	0	0	296.54	0	0	163.10	857.33	1068.00
FAR-40		0.40	0	168.24	112.14	0	154.19	857.33	1068.00
FAR-50		0.50	0	138.31	138.31	0	152.14	857.33	1068.00
FAR-60		0.60	0	109.18	163.77	0	150.12	857.33	1068.00
FAM-40		0.40	0	162.86	108.57	0	149.29	857.33	1068.00
FAM-50		0.50	0	132.90	132.90	0	146.19	857.33	1068.00
FAM-60		0.60	0	104.16	156.24	0	143.22	857.33	1068.00
PM-50		0	0.50	139.71	0	139.71	153.69	857.33	1068.00
PM-FAR		0.25	0.25	139.01	69.50	69.50	152.91	857.33	1068.00
PM-FAM		0.25	0.25	136.22	68.11	68.61	149.84	857.33	1068.00

Note : The unit content of water, cement, fly ash and pumicite are denoted as "w", "c", "f" and "p", respectively.

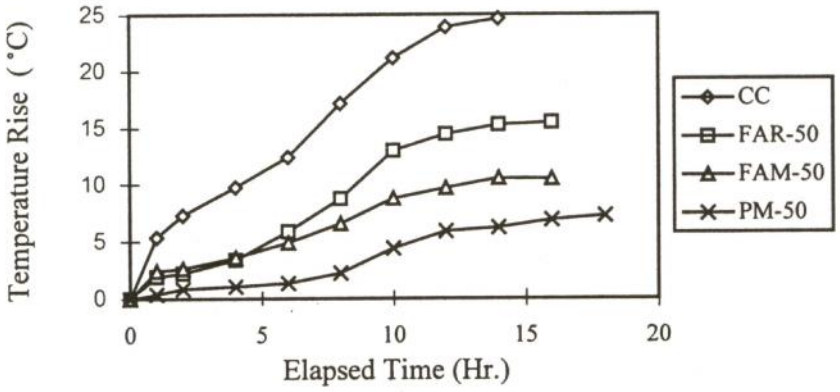


Fig. 1 Effect of types of pozzolan on semi-adiabatic temperature rise

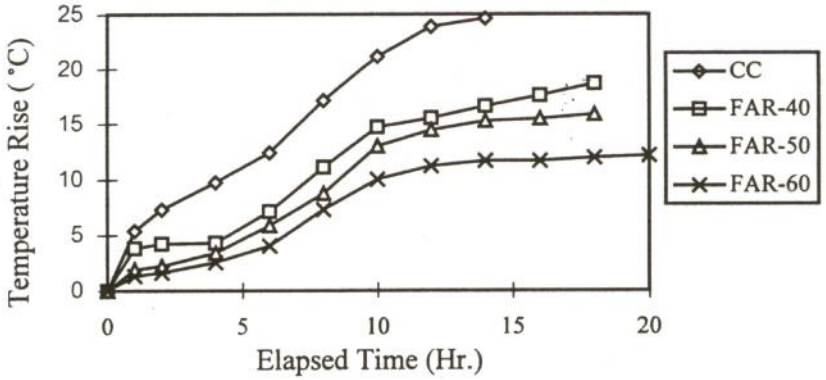


Fig. 2 Effect of Rayong fly ash content on semi-adiabatic temperature rise

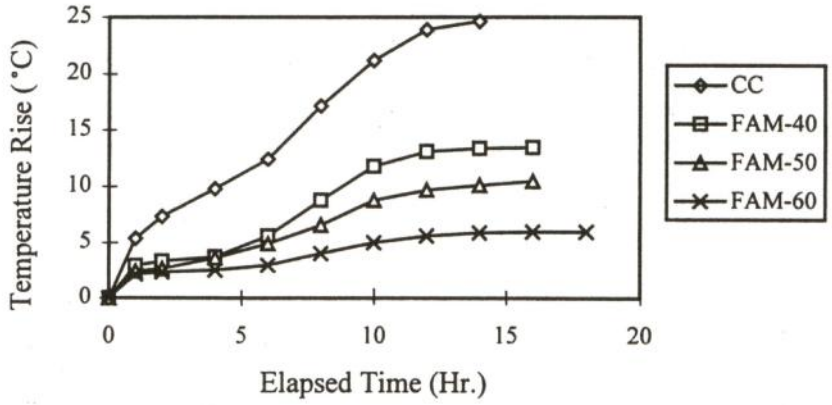


Fig.3 Effect of Mae-Moh fly ash content on semi-adiabatic temperature rise

Compressive Strength

Fig. 4 indicated that for the same water to total binder ratio, The compressive strength of all high volume pozzolan LHC mixtures are lower than CC mixture. The compressive strength of LHC reduces as the fly ash replacement ratio increases at any age of concrete. It can be observed that the LHC mixtures with pozzolan replacement have a high strength development rate than CC mixture for concrete beyond 28 days age. The higher strength development of LHC is due to the pozzolanic reaction between the $Ca(OH)_2$ and SiO_2 to produce more C-S-H gel. It is also worthily noted that pozzolan which has higher CaO content results in higher compressive strength (comparing mixtures with 50% FAR, FAM and PM). The LHC mixture proportioning is mainly designed on the basis of controlled temperature rise as well as adequate strength.

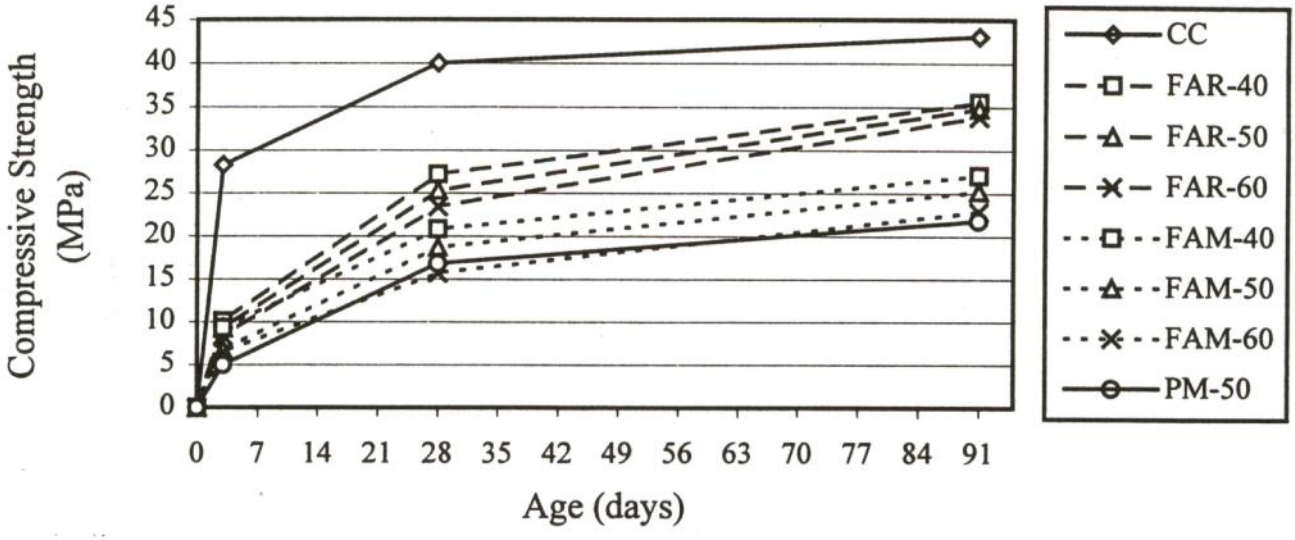
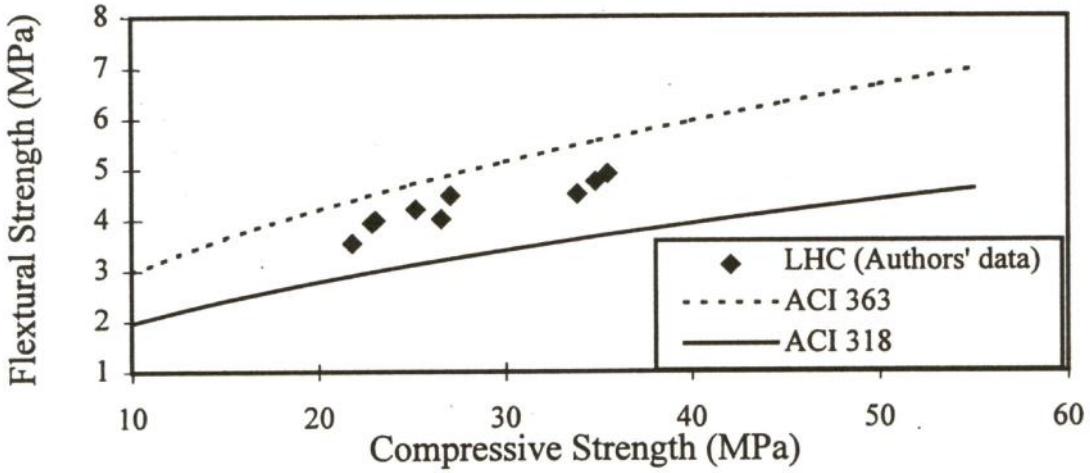


Fig. 4 Effect of content of fly ash and pumicite on compressive strength

Flexural Strength

Fig. 5 presents the relationship between flexural strength and compressive strength of the tested LHC mixtures. From this graph, it can be seen that the points representing flexural strength of LHC are in the range between the boundary lines proposed by ACI 363 Committee and ACI 318 committee. So it can be concluded that the equation proposed by ACI 318 committee for structural concrete is conservative for evaluating flexural strength of LHC.

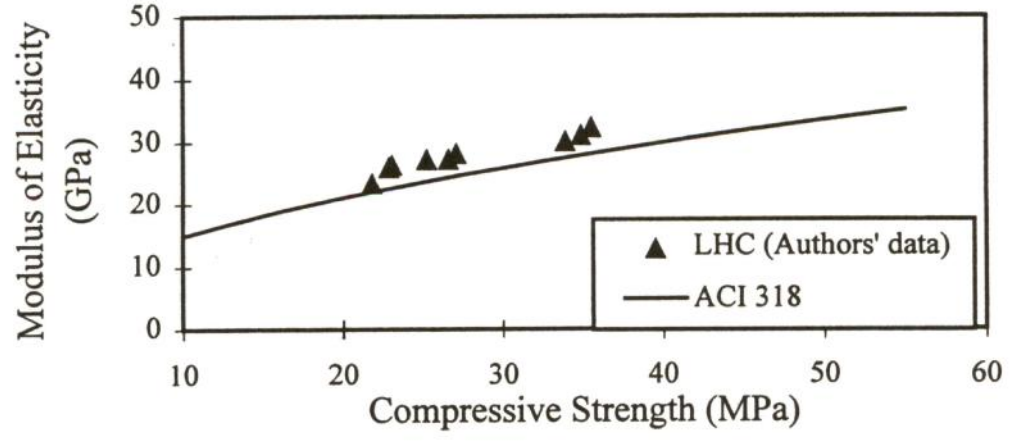


Note : For ACI 318 [1], flexural strength is calculated from $f_r = 0.62(f_c')^{0.5}$ (MPa)
For ACI 363 [2], flexural strength is calculated from $f_r = 0.94(f_c')^{0.5}$ (MPa)

Fig. 5 Relationship between flexural strength and compressive strength of LHC

Modulus of Elasticity

The relationship between modulus of elasticity and compressive strength of LHC mixture is shown in Fig. 6. The ACI equation represents the relationship for conventional structural concrete. It is shown that the equation proposed by ACI 318 Committee is conservative for evaluating modulus of elasticity of LHC.



Note : For ACI 318, modulus of elasticity is calculated from $E_c = 0.043 \times w^{1.5} \times f'c^{0.5}$ (MPa)

Fig. 6 Relationship between modulus of elasticity and compressive strength of LHC

Drying Shrinkage

The results of drying shrinkage for LHC and the control concrete are shown in Fig. 7. From the figure, the magnitude of drying shrinkage of LHC mixtures with fly ashes is lower than that of the CC mixture. However, the pumicite mixture illustrates larger drying shrinkage than the CC mixture. Therefore, pumicite may not be appropriate for being used in drying environment. However, since most of the mass concrete are not subjected to drying environment, i.e. mass foundation or dam, the use of pumicite is considered proper for such mass concrete.

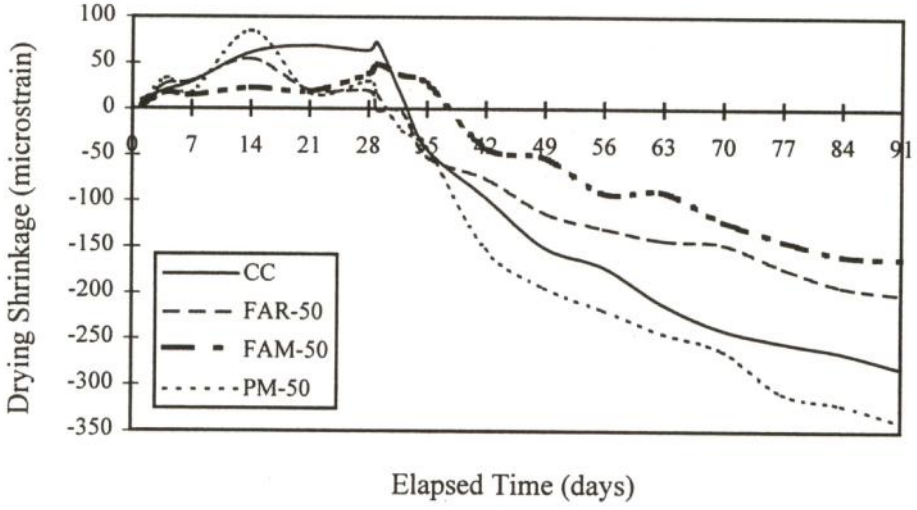


Fig. 7 Drying shrinkage of LHC containing different pozzolans compared with control concrete

EQUATIONS FOR ESTIMATING PEAK SEMI-ADIABATIC TEMPERATURE RISE AND COMPRESSIVE STRENGTH OF LHC

Determination of the Unit CaO Content in Total Binder Content

The peak semi-adiabatic temperature rise and compressive strength of LHC increases with the increase of unit calcium oxide content as mentioned earlier since CaO presents in all four major reactive oxide compounds of Portland cement that are C_3S, C_2S, C_3A and C_4AF. The unit calcium oxide content is then used as the parameter in designing LHC regarding peak semi-adiabatic temperature rise and compressive strength. To determine the unit CaO content in the combined mixtures of cement and fly ash, the following equations are used.

$$C = 0.01 W_{binder} \left[r.CaO_{fly\ ash} + (1\text{-}r)CaO_{cement} \right] \quad (1)$$

where C is the unit CaO content in the combined cement-fly ash binder in kg/m^3 of concrete, r is the ratio of fly ash in total binder content by weight (f/c+f)), W_{binder} is the total binder content in kg/m^3 of concrete, $CaO_{fly\ ash}$ is the CaO content of fly ash in % and CaO_{cement} is the CaO content of cement in %.

Prediction of Peak Semi-Adiabatic Temperature Rise

Fig. 8 shows the relationship between peak semi-adiabatic temperature rise (ΔT_{max}) and the unit CaO content in the concrete *(C)* of the tested LHC. From the figure, the relationship between (ΔT_{max}) and C can be derived as follow:

$$\Delta T_{max} = 23.61nC - 100 \quad (2)$$

Prediction of 28-day Compressive Strength

The relationship between the experimental data of 28-day compressive strength (*f'c*) and unit CaO content (*C*) of LHC with w/b varied from 0.33, 0.45, 0.50 and 0.55 is shown in Fig. 9. The results of concrete with w/b 0.33, 0.45 and 0.50 were obtained from Srichoo, A [4].

A linear function between *f'c* and *C* for each value fo *(w/b)* was assumed and the equation for deriving compressive strength from the unit CaO content and w/b of the LHC was obtained as :

$$f'c = m\ C + k \quad (3)$$

where : $m = -0.65\ (w/b) + 0.54$ (4)

$$k = 21.06\ (w/b) - 12.78 \quad (5)$$

Verification of the Proposed Models

Equations (2) and (3) were verified with the authors' tested results and the results obtained from others [3,4]. As shown in Fig. 10, Eq.(2) can be used to predict the peak semi-adiabatic temperature rise of the tested mixtures and also the mixtures from other studies with satisfactory precision. Also, Eq. (3) can be satisfactorily used to estimate the 28-day compressive strength of the tested mixtures and the mixtures from some other studies as shown in Fig. 11. Therefore, Eq.(2) and Eq.(3) can be used as guidelines especially for mix proportioning of high volume fly ash low heat concrete regarding the peak temperature rise and compressive strength.

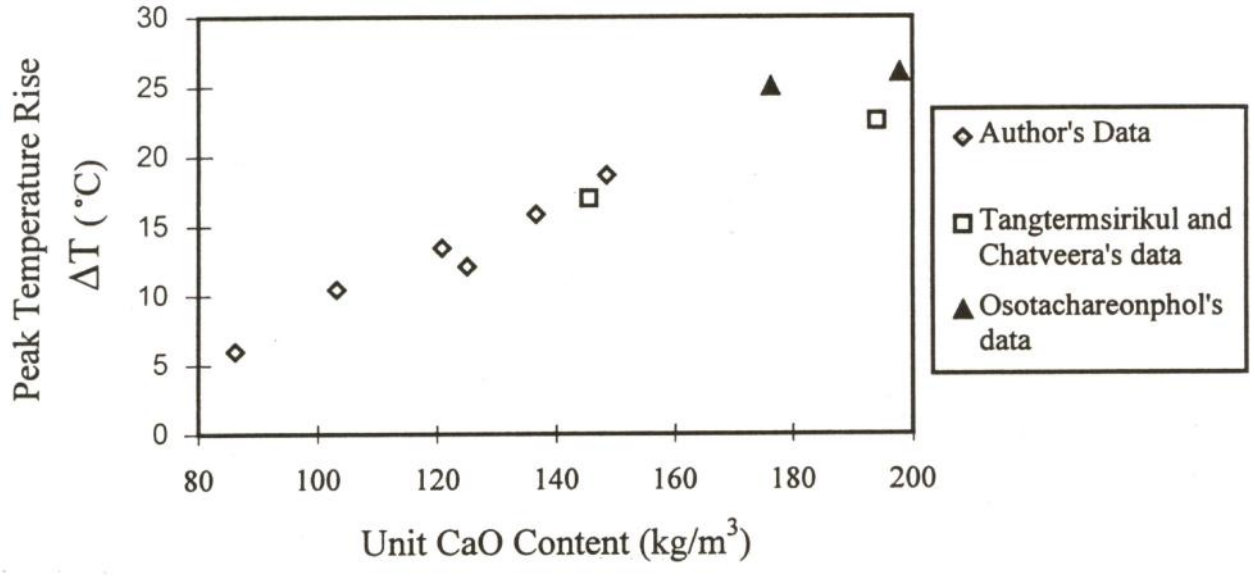


Fig. 8 Relationship between peak semi-adiabatic temperature rise and unit CaO content of LHC

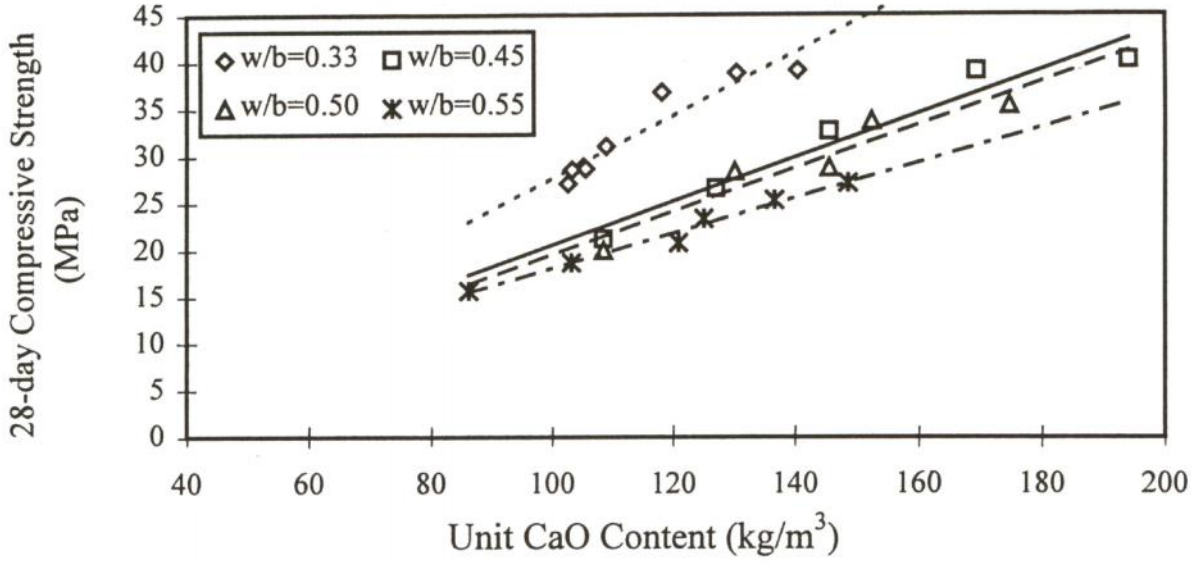


Fig. 9 Relationship between 28-day compressive strength and unit CaO content of LHC

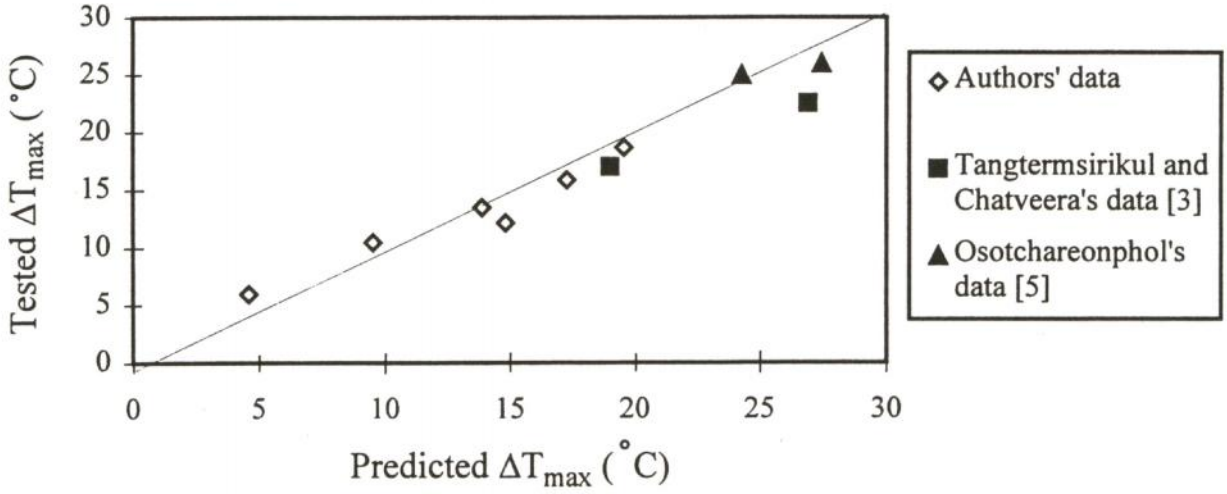


Fig. 10 Comparison between tested and predicted peak semi-adiabatic temperature rise of LHC

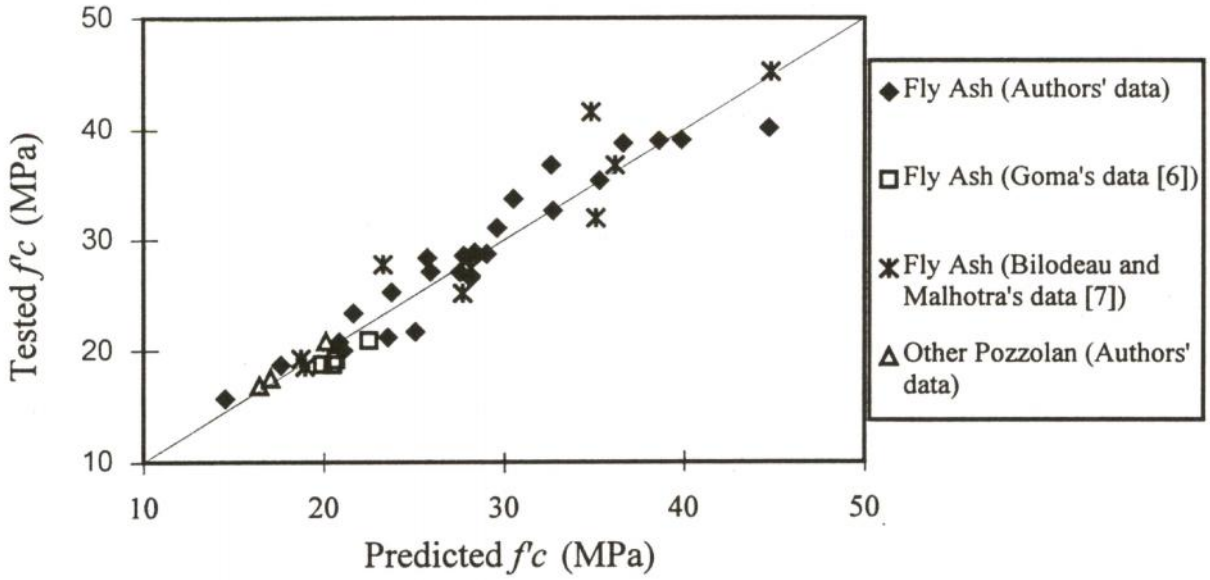


Fig. 11 Comparison between tested and predicted 28-day compressive strength of LHC

CONCLUSIONS

Based on the conducted test and analytical results, the following conclusions can be made:

1. The developed low heat concrete (LHC) using high volume pozzolan replacement could reduce the temperature rise of concrete effectively. The reduction of temperature rise was found to be more obvious when using the higher amount of pozzolan replacement. Pumicite was the most effective pozzolan for reducing temperature.
2. The compressive strength of all tested LHC mixtures are lower than the tested CC mixture. The higher percentage of fly ash replacement leads to lower compressive strength at any age of concrete.
3. The equations proposed by ACI Building Code (ACI 318) were conservative for evaluating flexural strength and modulus of elasticity of LHC.
4. Drying shrinkage of LHC with two types of fly ash (FAR and FAM) were lower, while drying shrinkage of the pumicite mixture was higher than the control mixture.
5. The equations for predicting peak semi-adiabatic temperature rise and 28-day compressive strength of LHC taking into account effect of type and amount of fly ash replacement as well as the total binder content based on the unit *CaO* content were proposed. Apart from the unit *CaO* content, water to binder ratio was considered as another parameter for the 28-day compressive strength. The proposed equations were found to be effective in predicting semi-adiabatic peak temperature rise and 28-day compressive strength of the high volume pozzolan concrete.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Mr. Dollachet Klahan, Mr. Pongsak Jitvutikrai and Ms. Orasa Santaveesuk, senior students of the Sirindhorn International Institute of Technology, for their assistance in collecting and processing some test results.

REFERENCES

1. ACI Committee 318, **"Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95)"**, *American Concrete Institute,* Detroit, 188 pp., 1995.
2. ACI Committee 363, **"State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete"**, *ACI Journal,* Proceedings Vol. 81 No. 4, July-Aug. 1984, pp. 364-411, 1984.
3. Tangtermsirikul, S., and Chatveera, B., **"Development of Low Heat Concrete using Lignite Fly Ash"**, *International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century,* Proceedings Volume I, November 20-23, 1996, Bangkok, Thailand, 1996, pp. D37-D44.
4. Srichoo, A., **"Development of Low Heat Concrete using Fly Ash and Pumicite"**,

A M.Eng.thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, No. ST-97-21.

5. Osotcharoenphol, T., **"Modeling of Heat Generation Process for Cement in Concrete"**, A M.Eng.thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, No. ST-91-20.

6. Goma, F., **"Concrete Incoporating High Volume of ASTM Class C Fly Ash with High Sulfate Content"**, *4th CANMET/ACI International conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*, Istanbul, Turkey, May 1992, pp. 403-417.

7. Bilodeau, A. and Malhotra, V.M., **"Concrete Incoporating High Volume of ASTM Class F Fly Ash: Mechanical Properties and Resistance to Deicing Salts Scaling and to Chloride-Ion Penetration"**, *4th CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*, Istanbul, Turkey, May 1992, pp. 319-349.

เอกสารของ ว.ส.ท.
ห้ามนำออกนอกห้องสมุด

ขอเชิญส่งบทความ

วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา
(Research & Development Journal of the Engineering Institute of Thailand)

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยกำลังเร่งพัฒนาตัวเอง ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในด้านต่าง ๆ ให้สามารถก้าวไปสู่ความเป็นประเทศพัฒนาทางอุตสาหกรรมสมัยใหม่ (Newly Industrialized Country) ได้ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิธีทำได้เร็วที่สุด คือ การซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ดังเช่น ประเทศญี่ปุ่นในสมัยหลังสงครามโลก วิธีการนี้จะได้ผลเร็วเพราะไม่ต้องเสียเวลารอการวิจัย แต่ในขณะเดียวกัน นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองเงินตราแล้ว ยังทำให้ประเทศนั้นต้องพึ่งพาประเทศอื่น ๆ อยู่ตลอดไป ประเทศที่ยอมซื้อไม่ว่าจะเป็นประเทศญี่ปุ่นจนมาถึงไต้หวัน เกาหลี และประเทศเพื่อนบ้านเรา คือ สิงคโปร์ในขณะนี้ ประเทศเหล่านี้ต่างมองการณ์ไกลเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำการวิจัยเพื่อพัฒนาวิทยาการต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ เพื่อจะได้ค่อย ๆ ปลดตัวเองจากภาระที่เกิดจากการเอารัดเอาเปรียบของประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีได้

ปัจจัยหนึ่งของการส่งเสริมการทำวิจัย คือ การมีวารสารวิจัยและพัฒนา มารองรับเพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานของนักวิชาการและนักวิจัยเอาไว้ประโยชน์ที่มีนอกจากช่วยไม่ให้มีการทำวิจัยซับซ้อนกันแล้ว ยังช่วยให้เกิดความร่วมมือระหว่างนักวิชาการและนักวิจัยที่สนใจในปัญหาเดียวกัน เกิดมีการวิพากษ์วิจารณ์เพื่อให้ผลงานที่ติดตามมามีคุณภาพดียิ่งขึ้น วารสารทางวิชาการนี้จึงเป็นทรัพยากรทางความรู้ที่สามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคตสำหรับวิศวกร นักวิชาการ และนักวิจัยรุ่นหลังได้

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้เล็งเห็นความสำคัญของการมี "วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา" จึงเห็นสมควรแยกเล่มออกมาจาก "วิศวกรรมสาร" (ซึ่งต่อไปจะเน้นไปทางสารคดีกึ่งวิชาการและข่าวสารปริทรรศน์มากกว่า) ต่อไปนี้วารสารวิชาการของ ว.ส.ท. จะออกเป็นราย 6 เดือน โดยจะรวมทุกสาขาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยกัน บทความทุกบทความที่ลงพิมพ์ในวารสารจะได้รับการประเมิน (Review) โดยกรรมการสาราณียกรและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มั่นใจว่าทุกบทความที่ได้รับการลงพิมพ์ใน "วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา" เป็นบทความที่มีคุณภาพและมีคุณค่ายิ่ง

การส่งบทความ เพื่อให้วารสารทางวิชาการมีมาตรฐานไม่ด้อยกว่าวารสารของสมาคมวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอื่น ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ คณะกรรมการสาราณียกรได้ให้ข้อแนะนำเพื่อผู้เขียนจะได้ใช้ในการพิจารณาส่งบทความมาลงตีพิมพ์ "วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา" ดังนี้

1. บทความที่จะส่งควรเป็นผลงานการค้นคว้าวิจัยของผู้เขียนเอง และมีคุณค่าทางวิชาการพอสมควร
2. ภาษาที่ใช้อาจเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ชื่อบทความ (title) ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
3. เพื่อให้บทความมีความกะทัดรัดไม่เยิ่นย่อ และบทความควรมีความยาวไม่เกิน 10 หน้า กระดาษพิมพ์ดีด รวมทั้งรูปและตาราง
4. บทความต้องมีบทคัดย่อยาวไม่เกิน 15 บรรทัดพิมพ์ โดยมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5. ทุกบทความควรมีบทนำ (Introduction) บทสรุป (Conclusion) และเอกสารอ้างอิง (Reference)
6. เอกสารอ้างอิงถ้ามาจากเอกสารภาษาต่างประเทศ ให้เขียนเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยภาษาอังกฤษ เอกสารอ้างอิงจะต้องประกอบด้วยชื่อผู้เขียน ชื่อบทความ ชื่อเอกสารที่ตีพิมพ์ สถานที่ตีพิมพ์ (ถ้าเป็นหนังสือ) ปีที่พิมพ์ และหน้าของบทความดังกล่าวในเอกสารนั้น)
7. ตารางและกราฟ ควรเป็นต้นฉบับที่ชัดเจน รูปถ่ายควรแนบฟิล์มมาด้วย คำบรรยายภาพควรเป็นภาษาอังกฤษ
8. โปรดส่งบทความมายังคณะกรรมการสาราณียกรฉบับวิจัยและพัฒนา ณ สำนักงานวิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทยฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กทม. 10330 โทร. 218-6794-9, 251-2504 และ 250-1900
9. บทความทุกบทความจะได้รับการประเมินเพื่อตีพิมพ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาเดียวกัน
10. คณะกรรมการสาราณียกร อาจให้ผู้เขียนปรับปรุงบทความให้มีเหมาะสมยิ่งขึ้น และทรงไว้ซึ่งสิทธิในการตัดสินลงพิมพ์บทความหรือไม่ก็ได้
11. ผู้เขียนบทความเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากบทความนั้น ๆ และยินยอมให้วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ร่วมถือลิขสิทธิ์ของบทความนั้นๆ

RESEARCH AND DEVELOPMENT JOURNAL OF THE ENGINEERING INSTITUTE OF THAILAND

Notes for Contributors

1. Paper should be original contribution and substantial technical quality.

2. The main body of the paper can be written either in Thai or English. Regardless of the language of the main body, the title, the summary of the paper and the author name(s) must be submitted both in Thai and English.

3. The manuscript should typed one and a half space on one side of the paper. The total number of pages should normally not exceed 10 pages including figures and tables.

4. The paper should be reasonably divided into sections, which may include Introduction, Conclusions and References. Numbering of Sections should be avoided.

5. References should be quoted in the text sequentially by Arabic numerals and grouped together at the end in numerical order. References should include author(s), title, name of the publication (Journals, Reports, etc.), publisher, place and date of publication, and page numbers.

6. Original tables and figures must be submitted with the manuscript. Description should be English.

7. The manuscript should be submitted to the Chief Editor, Prof. Dr. Prida Wibulswas,The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage, Henry Dunant Road, Bangkok 10330, Thailand, or any of the Associate Editors whose field is close to the nature of the paper.

8. All papers will be evaluated by reviewers before the final decision on publication is made. The editors reserve the right to recommend for revision as a condition for final acceptance.

9. In submitting the manuscript, the author(s) transfer the copyright to TJEIT, but still accepts any legality consequence for having the paper published.