ẢNH HƯỞNG CỦA DUNG DỊCH HOẠT HÓA ĐẾN TÍNH CHẤT CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG GEOPOLYMER

EFFECT OF ALKALINE LIQUID ON SHRINKAGE OF GEOPOLYMER CONCRETE

Lê Anh Tuấn[1], Phan Đức Hùng[2]

[1]*Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh; latuan@hcmut.edu.vn*

[2]*Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM; hungpd@hcmute.edu.vn*

Tóm tắt - Bê tông geopolymer sử dụng tro bay phát triển cường độ nhờ quá trình hoạt hóa giữa tro bay và dung dịch hoạt hóa dưới tác dụng của nhiệt. Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của thành phần dung dịch hoạt hóa khi kết hợp với tro bay sẽ tạo ra cường độ, đồng thời cũng ảnh hưởng đến tính co ngót của bê tông geopolymer. Thành phần cấp phối sử dụng tro bay từ 300 đến 500 kg/m^3, dung dịch hoạt hóa cũng thay đổi từ 0,3 đến 0,7 tính theo khối lượng tro bay. Giá trị co ngót của bê tông geopolymer được xác định ở điều kiện nhiệt độ phòng đạt khoảng từ 700 đến 950 με và có xu hướng tăng lên khi tăng hàm lượng tro bay và dung dịch hoạt hóa. Kết quả thực nghiệm cho thấy co ngót sau 72 giờ trong quá trình dưỡng hộ nhiệt ở 90°C lớn hơn ở điều kiện nhiệt độ phòng từ 5 đến 25%.

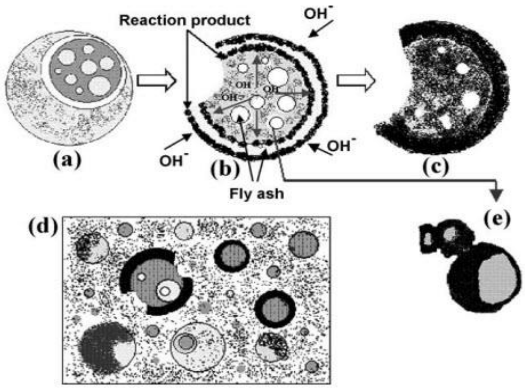
Từ khóa - co ngót; tro bay; dung dịch hoạt hóa; sodium silicate; sodium hydroxide; bê tông geopolymer.

Abstract - Geopolymer concrete using fly ash is strengthened by reaction between fly ash and alkaline liquid under heat curing. In this paper, the effects of activator liquid on strength and shrinkage are considered. The mixed proportion of fly ash ranging from 300 to 500 kg/m^3 and alkaline liquid from 0.3 to 0.7 by weight is investigated. Hence, the shrinkage of geopolymer concrete is about 700-950 με in room temperature curing and to be higher with an increase in alkaline liquid. After 72 hours, the results indicate that shrinkage is about 5-25% higher compared to curing in 90 degree Celsius and room temperature.

Key words - shrinkage; fly ash; alkaline liquid;sodium silicate; sodium hydroxide; geopolymer concrete.

1. Giới thiệu

Vật liệu geopolymer do nhà khoa học Davidovits (1978) tạo ra được tổng hợp từ những khoáng vật thuộc nhóm aluminosilicate [1-4]. Bê tông geopolymer sử dụng tro bay được chế tạo để thay thế bê tông truyền thống và tận dụng được nguồn nguyên liệu phế thải có chứa aluminosilicate. Quá trình trùng ngưng từ tro bay và dung dịch hoạt hóa dưới tác dụng của nhiệt độ làm bê tông geopolymer có khả năng đạt cường độ cao với thời gian dưỡng hộ cần thiết. Quá trình tương tác giữa tro bay và dung dịch hoạt hóa trình bày trong Hình 1 [5].



Hình 1. *Sự tương tác của tro bay và dung dịch hoạt hóa [5]*

Trong thành phần cấp phối bê tông geopolymer, sẽ sử dụng thành phần chính là tro bay và dung dịch hoạt hóa alkaline. Quá trình chế tạo bê tông geopolymer sau đó sẽ được dưỡng hộ nhiệt độ để quá trình hoạt hóa diễn ra. Hiện tượng co ngót của bê tông geopolymer được xem xét ở giai đoạn dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng sau khi nhào trộn tạo mẫu và dưỡng hộ ở nhiệt độ tạo cường độ.

Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của dung dịch alkaline đến sự hình thành co ngót khô của bê tông geopolymer sử dụng tro bay. Trên cơ sở đó, kết quả giúp xác định ảnh hưởng và giá trị co ngót của dung dịch hoạt hóa đến bê tông geopolymer.

2. Nguyên vật liệu và phương pháp thí nghiệm

2.1. Nguyên vật liệu

2.1.1. Đá dăm

Đá dăm có Dmax 20 mm, khối lượng riêng 2730 kg/m^3, khối lượng thể tích xốp 1450 kg/m^3. Cấp phối thành phần hạt của đá được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. *Thành phần hạt của đá*

Cỡ sàng (mm)	Lượng sót riêng biệt (%)	Lượng sót tích lũy (%)
25	0	0
20	9	9
10	61	70
5	30	100

2.1.2. Cát

Loại cát sử dụng trong thí nghiệm là cát sông, có khối lượng riêng 2,62 g/cm^3, khối lượng thể tích 1,46 g/cm^3 và mô đun độ lớn 2,16. Cấp phối thành phần hạt của cát được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. *Thành phần hạt của cát*

Cỡ sàng (mm)	Lượng sót riêng biệt (%)	Lượng sót tích lũy (%)
5	0	0
2,5	4,8	4,8
1,25	8,6	13,4
0,63	16,0	29,4
0,315	41,8	71,2
0,14	26,0	97,2
Đáy sàng	2,8	100

2.1.3. Tro bay

Tro bay sử dụng trong thí nghiệm có nguồn gốc từ nhà máy nhiệt điện Formosa, là tro bay loại F theo tiêu chuẩn ASTM C618, khối lượng riêng 2500 kg/m^3, độ mịn 94% lượng lọt qua sàng 0,08 mm. Thành phần hóa học cho bởi Bảng 3.

Bảng 3. *Thành phần hóa học của tro bay*

Thành phần hoá	% khối lượng
SiO_2	51,7
Al_2O_3	31,9
Fe_2O_3	3,48
CaO	1,21
$K_2O + Na_2O$	1,02
MgO	0,81
SO_3	0,25
MKN(*)	9,63

(*) MKN: mất khi nung

2.1.4. Dung dịch kiềm

Dung dịch alkaline là sự kết hợp giữa sodium hydroxide và sodium silicate. Dung dịch sodium hydroxide nồng độ 18 Mol được sử dụng. Dung dịch sodium silicate sử dụng thủy tinh lỏng với hàm lượng Na_2O và SiO_2 dao động từ 36 đến 38 %, tỷ trọng 1,42±0,01 g/ml.

2.2. Cấp phối

Thành phần cấp phối bê tông geopolymer được nhào trộn với 300, 400 và 500 kg/m3 tro bay. Khối lượng dung dịch alkaline được xác định theo hàm lượng tro bay sử dụng và tỷ lệ dung dịch alkaline-tro bay.Trong thí nghiệm, tỷ lệ dung dịch alkaline-tro bay (DD/TB) lần lượt là 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 và 0,7, trong đó dung dịch alkaline có tỷ lệ sodium silicate-sodium hydroxide là 1-1. Thành phần cấp phối trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. *Cấp phối bê tông geopolymer (kg/m^3)*

Ký hiệu	Đá (kg)	Cát (kg)	Tro bay (kg)	DD/TB
M1I	1098	855	300	0,3
M1II	1098	831	300	0,4
M1III	1098	817	300	0,5
M1IV	1098	793	300	0,6
M1V	1098	769	300	0,7
M2I	1063	802	400	0,3
M2II	1063	770	400	0,4
M2III	1063	738	400	0,5
M2IV	1063	706	400	0,6
M2V	1063	674	400	0,7
M3I	950	800	500	0,3
M3II	950	760	500	0,4
M3III	950	720	500	0,5
M3IV	950	680	500	0,6
M3V	950	640	500	0,7

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Nhào trộn khô các thành phần nguyên liệu sau khi định lượng như đá, cát, tro bay trong vòng 2 phút bằng máy trộn. Hỗn hợp dung dịch alkaline bao gồm sodium silicate và sodium hydroxit đã chuẩn bị trước được đổ vào hỗn hợp đã trộn khô. Quá trình nhào trộn ướt trong khoảng 3 phút bằng máy trộn. Sau đó, hỗn hợp bê tông geopolymer được tạo mẫu thí nghiệm độ co ngót 75x75x285 mm theo ASTM C490 [6]. Xác định co ngót cho mẫu được dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng 30 ± 2°C và dưỡng hộ trong thiết bị sấy ở 90°C trong 4 giờ.

Hình 2. *Khuôn và dụng cụ đo co ngót bê tông geopolymer theo tiêu chuẩn*

Thí nghiệm xác định cường độ được tiến hành sau khi tháo khuôn sẽ được sấy ở 90°C trong vòng 4 giờ. Sau đó dưỡng hộ ở điều kiện nhiệt độ phòng, nén mẫu khi đạt 7 ngày tuổi.

3. Kết quả thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm trình bày trong Bảng 5.

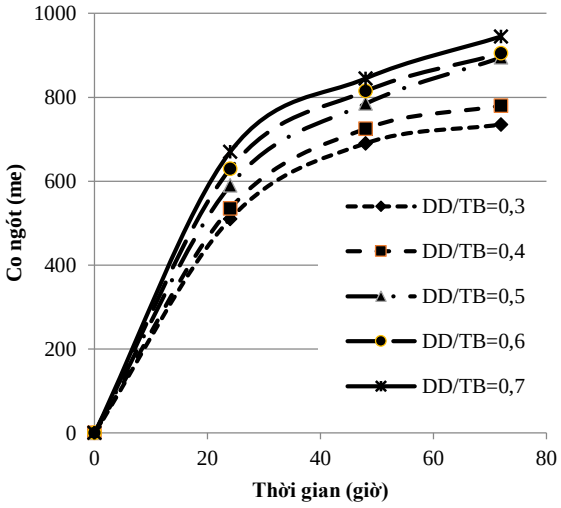
Bảng 5. *Kết quả thí nghiệm*

Ký hiệu	Co ngót (με) (nhiệt độ phòng)			Co ngót (με) (sấy 90°C trong 4h)			Nén (MPa)
	24h	48h	72h	24h	48h	72h	
M1I	510	690	735	785	805	845	7,7
M1II	535	725	780	835	860	885	7,9
M1III	590	785	895	905	925	945	8,3
M1IV	630	815	905	915	935	965	9,8
M1V	670	845	945	935	975	1010	10,5
M2I	645	701	745	815	875	910	18,7
M2II	660	720	770	860	915	945	21,3
M2III	710	835	945	965	990	1030	24,1
M2IV	725	845	955	960	980	1050	30,5
M2V	765	855	960	980	1015	1065	27,3
M3I	720	785	855	865	920	965	24,7
M3II	745	875	945	925	945	980	25,9
M3III	815	1010	1135	1045	1120	1195	28,2
M3IV	840	1045	1180	1210	1225	1255	33,3
M3V	875	1140	1375	1385	1415	1445	25,5

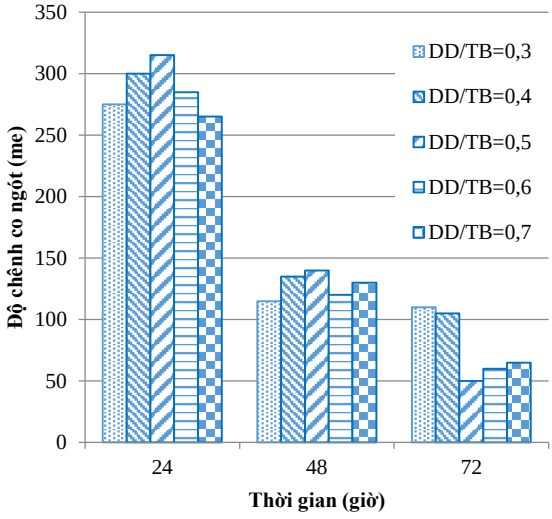
3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung dịch alkaline-tro bay đến co ngót khô

Hình 3 trình bày độ co ngót của bê tông geopolymer dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng cho các cấp phối sử dụng cùng hàm lượng tro bay là 300kg/m^3, nhưng với các tỷ lệ dung

dịch alkaline-tro bay từ 0,3 đến 0,7. Kết quả cho thấy các cấp phối khảo sát co ngót mạnh trong 24 giờ đầu và tiếp tục tăng sau đó với tốc độ chậm hơn. Ngoài ra, tỷ lệ dung dịch hoạt hóa-tro bay tăng thì độ co ngót của bê tông geopolymer cũng tăng theo.



Hình 3. *Độ co ngót của bê tông geopolymer dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng với hàm lượng tro bay là 300kg/m³*



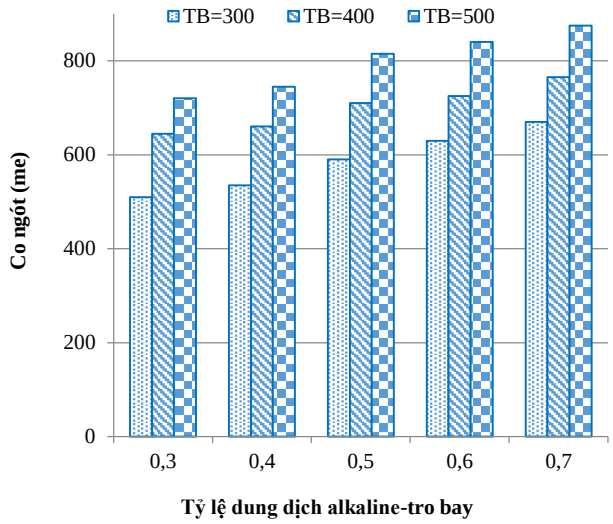
Hình 4. *Độ chênh co ngót của bê tông geopolymer dưỡng hộ trong thiết bị sấy ở 90°C trong 4 giờ so với dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng với hàm lượng tro bay là 300kg/m³*

Khi mẫu được dưỡng hộ ở 90°C trong 4 giờ, độ co ngót của cùng các cấp phối như trên cho kết quả cao hơn là do nhiệt độ tạo ra sự mất nước và co ngót của vật liệu so với dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng. Mức chênh độ co ngót giữa hai điều kiện dưỡng hộ lớn nhất là sau 24 giờ, càng về sau sự chênh càng giảm dần. Nguyên nhân là sau 4 giờ dưỡng hộ nhiệt thì nhiệt độ trong mẫu giảm dần, nhưng co ngót vẫn diễn ra, quá trình này diễn ra nhiều trong 24 giờ đầu tiên. Sau đó mẫu càng phát triển cường độ thì sự co ngót càng giảm lại, do đó khi so sánh ở 72 giờ thì giá trị co ngót ở 2 điều kiện chênh lệch nhau khoảng 5 – 25%.

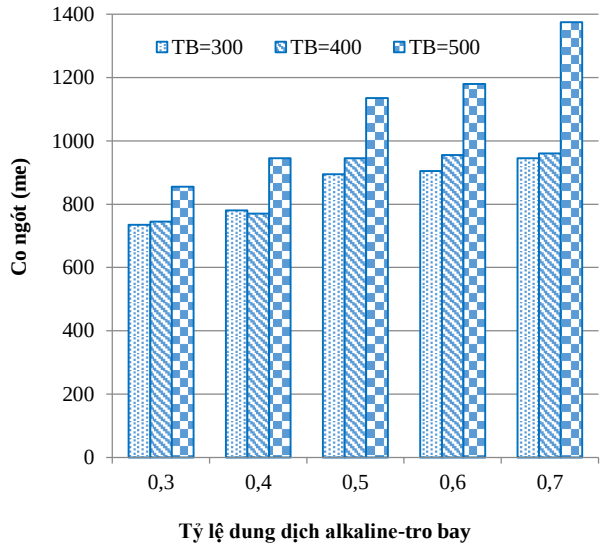
3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến co ngót khô

Nhìn chung, khi tăng hàm lượng tro bay từ 300 kg/m³ đến 500kg/m³ thì độ co ngót theo thời gian của bê tông geopolymer cũng tăng theo.

Khi được dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng thì sau 24 giờ, độ chênh co ngót của các cấp phối khi sử dụng ba hàm lượng tro bay là 300, 400 và 500kg/m³ với các tỷ lệ dung dịch alkaline-tro bay từ 0,3 đến 0,7 là gần như đều nhau. Tuy nhiên, có sự khác biệt lớn sau 72 giờ khi sử dụng hàm lượng tro bay là 500kg/m³, đặc biệt lên đến trên 400με khi tỷ lệ dung dịch alkaline-tro bay là 0,7.



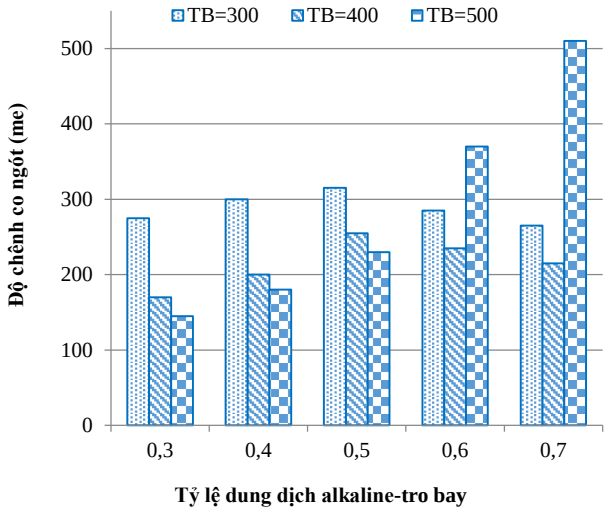
(a) Dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng sau 24 giờ



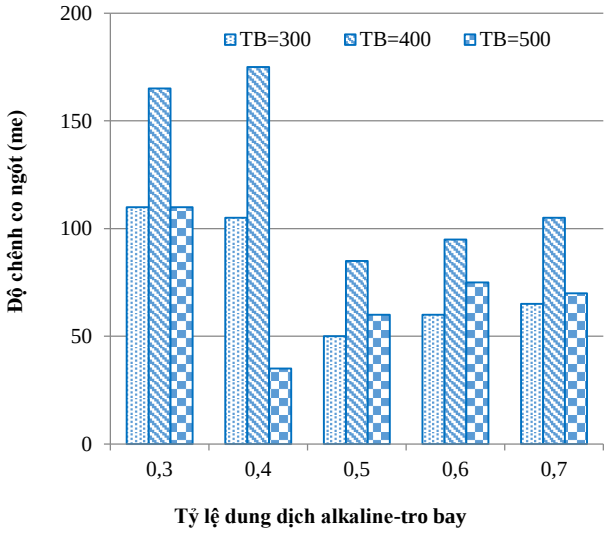
(b) Dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng sau 72 giờ

Hình 5. *Độ co ngót của bê tông geopolymer*

Khi được dưỡng hộ ở 90°C trong 4 giờ thì trong thời gian đầu (24 giờ), độ chênh co ngót của các cấp phối có khuynh hướng tăng dần theo sự tăng của tỷ lệ dung dịch hoạt hóa-tro bay so với dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng, tăng mạnh với cấp phối sử dụng hàm lượng tro bay là 500kg/m³. Do đó, ngoài yếu tố ảnh hưởng của dung dịch hoạt hóa đến quá trình co ngót của bê tông geopolymer thì thành phần tro bay cũng ảnh hưởng đến co ngót. Tăng hàm lượng tro bay cũng trực tiếp làm tăng hàm lượng dung dịch hoạt hóa nên quá trình co ngót cũng tăng theo.



(a) Sau 24 giờ

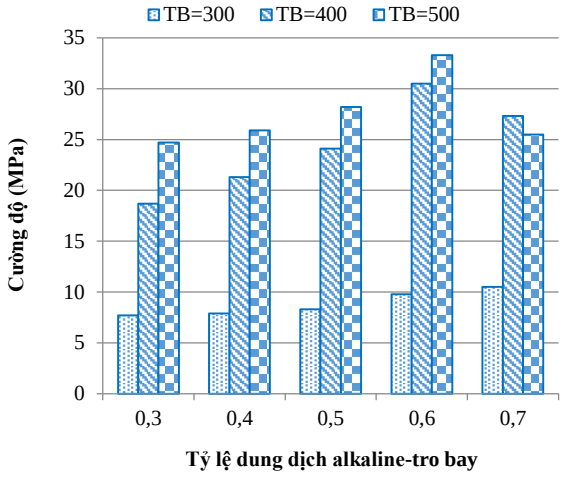


(b) Sau 72 giờ

Hình 6. *Độ chênh co ngót của bê tông geopolymer dưỡng hộ trong thiết bị sấy ở 90ºC trong 4 giờ so với dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng*

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và dung dịch alkaline đến cường độ

Hình 7 cho thấy các cấp phối bê tông geopolymer có cường độ tăng, khi hàm lượng tro bay khảo sát tăng từ 300 đến 500kg/m^3, trong đó tỷ lệ dung dịch hoạt hóa-tro bay tăng từ 0,3 đến 0,6 và cường độ có khuynh hướng giảm, khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa-tro bay là 0,7. Khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa-tro bay là 0,7 thì cường độ của cấp phối sử dụng hàm lượng tro bay là 400kg/m^3 cho kết quả về cường độ lớn hơn khi sử dụng 500kg/m^3. Ngoài ra, cũng có thể thấy rõ cường độ của cấp phối sử dụng hàm lượng tro bay là 300kg/m^3 là tương đối thấp.



Hình 7. *Cường độ của bê tông geopolymer*

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự ảnh hưởng của thành phần dung dịch hoạt hóa khi kết hợp với tro bay đến cường độ và độ co ngót của bê tông geopolymer. Giá trị co ngót của bê tông geopolymer được xác định ở điều kiện nhiệt độ phòng sau 72 giờ đạt 950 με tùy theo hàm lượng dung dịch hoạt hóa. Khi cấp phối tăng hàm lượng dung dịch hoạt hóa và tro bay thì giá trị co ngót cũng tăng đến khoảng 1445 με. Kết quả thực nghiệm cho thấy co ngót khi mẫu được dưỡng hộ nhiệt ở 90ºC cho kết quả lớn hơn ở điều kiện nhiệt độ phòng.

Khi xét mối tương quan giữa độ co ngót và cường độ thì cấp phối bê tông geopolymer sử dụng hàm lượng tro bay bằng 400kg/m^3 và tỷ lệ dung dịch hoạt hóa-tro bay bằng 0,6 là tương đối hợp lý, vì giá trị cường độ chịu nén bê tông geopolymer đạt đến 30MPa và độ co ngót khô ở 72 giờ đạt 950με khi dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng và đạt 1050με khi được dưỡng hộ nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] D. Hardjito and B.V. Rangan (2005), "Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete", *Research Report GC1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth*, Australia.

[2] J. Davidovits (2011), Geopolymer Chemistry and Application, 3rd edition, Geopolymer Institute.

[3] V. Bhikshma, M. Koti Reddy and T. Srinivas Rao (2012), "An experimental investigation on properties of geopolymer concrete (no cement concrete)", *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing) vol.13*, pp.841- 853.

[4] J. Davidovits (2012), "Global warming impact on the cement and aggregates industries", *World resource review*, vol.6, pp.263 - 278.

[5] A. Fernadez – Jimenez et al. (2005), Microstructure development off Alkaline– activated fly ash cement: a descriptive model, *Cement and Concrete Research*, vol.35, pp.1204-1209.

[6] ASTM C490- Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete.

(BBT nhận bài: 04/04/2015, phản biện xong: 15/04/2015)