



NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG POLIME SIÊU THẨM ĐỂ GIẢM CO NGÓT TỰ SINH CỦA BÊ TÔNG CHẤT LƯỢNG SIÊU CAO

Nguyễn Văn Tuấn¹

Tóm tắt: Bê tông chất lượng siêu cao (BTCLSC) là một bước phát triển mới của bê tông chất lượng cao, với độ lưu động lớn, cường độ nén rất cao, độ bền lâu lớn và độ dẻo dai cao, với rất nhiều các ứng dụng tiềm năng. Tuy vậy, một trong những nhược điểm thực tế rất lớn đối với các loại bê tông này là hiện tượng co ngót ở tuổi sớm ngày, còn gọi là co nội sinh. Hậu quả của quá trình co ngót này là có thể gây ra nứt tách và ảnh hưởng đến toàn bộ các tính chất của bê tông như cường độ, độ bền lâu... Một trong những giải pháp hạn chế nhược điểm này của BTCLSC là việc sử dụng các “giếng nước” phân tán với vai trò duy trì được độ ẩm tương đối trong bê tông, làm giảm quá trình co ngót, nứt tách cho bê tông. Bài báo này trình bày những kết quả thí nghiệm ban đầu về sự ảnh hưởng của polime siêu thấm (SAP) đến một số tính chất của BTCLSC như tính công tác, co nội sinh và cường độ nén. Kết quả cho thấy việc sử dụng SAP với hàm lượng thích hợp không làm ảnh hưởng lớn đến tính công tác của hỗn hợp BTCLSC, cũng như làm giảm không lớn cường độ nén BTCLSC, nhưng làm giảm đáng kể độ co nội sinh của BTCLSC.

Từ khóa: Bê tông chất lượng siêu cao; co ngót; co nội sinh; polime siêu thấm (SAP).

Summary: Ultra High Performance Concrete (UHPC) is considered to be a new generation of high performance concrete with many potential applications due to its superior qualities, i.e. high fluidity, over 150 MPa compressive strength and excellent durability. However, a major disadvantage of this concrete is the considerable volume changes in early age caused by autogenous shrinkage, which in turn lead to the development of eigenstresses as well as stresses due to external restraints, and finally to concrete cracking. This results in deleterious effect on properties of concrete, i.e. mechanical properties and durability. The internal curing of concrete using small, well distributed water reservoirs seems to be able to solve this problem. These reservoirs help remain the internal relative humidity of concrete, and thus mitigate the autogenous shrinkage. In this paper, the effects of using Super Absorbent Polymers (SAP) on autogenous shrinkage and other properties of UHPC were investigated. The results of the investigation show that the autogenous shrinkage of concrete after setting was strongly reduced, while the strength of hardened concrete did not change negatively upon adding SAP if the right amount of extra water was added for the purpose of internal curing.

Key words: Ultra-high performance concrete; shrinkage; autogenous shrinkage; super absorbent polymers (SAPs).

Nhận ngày 5/3/2015, chỉnh sửa ngày 18/3/2015, chấp nhận đăng 31/3/2015



1. Giới thiệu

Thuật ngữ bê tông chất lượng cao được Mehta và Aitcin [1] dùng đầu tiên với 3 đặc tính tiên quyết của sản phẩm: tính công tác cao, cường độ cao và độ bền lâu cao. Sự khác biệt giữa vật liệu này với bê tông cường độ cao là yêu cầu bắt buộc về độ bền lâu cao. Nghĩa là dưới tác động của điều kiện môi trường khắc nghiệt, cấu trúc của bê tông không bị ảnh hưởng, do đó loại vật liệu này phải được thiết kế có độ ổn định cao về kích thước, nghĩa là phải giảm thiểu các vết nứt do nguyên nhân nhiệt và co khô dựa vào sự khống chế hàm lượng hồ xi măng trong hỗn hợp.

Bê tông chất lượng siêu cao (BTCLSC) là một bước phát triển mới của bê tông chất lượng cao, với độ lưu động lớn, cường độ nén rất cao, độ bền lâu lớn và độ dẻo dai cao, với các ứng dụng tiềm năng như

¹ TS, Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng, Email: tuannv@nuce.edu.vn

xây dựng nhà siêu cao tầng, cầu nhịp lớn, kết cấu vỏ mỏng,... Trên thế giới, BTCLSC được định nghĩa là một loại bê tông với cường độ nén lớn hơn 150 MPa (ở điều kiện bảo dưỡng nhiệt ẩm) [2] và có thể đạt đến 800 MPa khi sử dụng các biện pháp công nghệ khác [3]. Về thành phần thì có thể hiểu BTCLSC là loại bê tông bao gồm các thành phần: cát quắc rất mịn, xi măng, silica fume, nước, phụ gia siêu dẻo và sợi thép (nếu có) được nhào trộn với nhau theo 1 tỷ lệ nhất định trong đó tỷ lệ N/X rất thấp ($< 0,25$), sản phẩm sau quá trình đóng rắn có cường độ rất cao ($> 120\text{MPa}$ ở điều kiện bảo dưỡng thường và $> 150\text{MPa}$ ở điều kiện bảo dưỡng nhiệt ẩm), có độ mềm dẻo cao (khi có sợi) với cường độ uốn khá cao (15-35MPa, khi có sợi thép).

Hiện nay ở nước ta, loại bê tông này được coi là vật liệu khá mới (được nghiên cứu từ 2006 ở Trường Đại học Xây dựng) [4] và đến nay chỉ có một số đề tài tìm hiểu và nghiên cứu chính thức ở một vài đơn vị nghiên cứu, như Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM (năm 2009) [5], Trường Đại học Giao thông Vận tải (năm 2011) [6]. Các nghiên cứu về BTCLSC mới chỉ dừng lại ở nghiên cứu khảo sát và chế tạo các loại BTCLSC với cường độ nén đạt khoảng 150MPa. Tuy vậy, một trong những nhược điểm thực tế rất lớn đối với các loại bê tông này là hiện tượng co ngót ở tuổi sớm ngày, còn gọi là co nội sinh. Hậu quả của quá trình co ngót này là có thể gây ra nứt tách và ảnh hưởng đến toàn bộ các tính chất của bê tông như cường độ, độ bền...

Với bê tông thường có tỷ lệ Nước/Chất kết dính cao ($> 0,40$) thì hiện tượng co ở trạng thái mềm của bê tông là nhỏ vì nước nhào trộn đủ dùng cho quá trình thủy hóa và co khô là chủ yếu do quá trình nước bay hơi vào môi trường cũng như tham gia vào thủy hóa. Do đó quá trình bảo dưỡng ngoài được đánh giá là rất hiệu quả. Tuy vậy với các loại bê tông chất lượng cao/siêu cao, do tỷ lệ Nước/Chất kết dính của các loại bê tông này khá nhỏ ($< 0,40$, có thể đến dưới 0,20) nên khi nước tham gia vào quá trình thủy hóa ngay từ ban đầu sẽ tạo ra hệ thống rỗng mao quản rất nhỏ và gây ra quá trình tự làm khô [7], kéo theo co, nứt bê tông ngay từ lúc bê tông còn ở trạng thái dẻo. Và quá trình bảo dưỡng ngoài không hiệu quả, có khi là không có tác dụng do cấu trúc bê tông khá đặc chắc, hệ thống rỗng rất nhỏ. Thực tế có thể thấy một giải pháp giảm co như điều chỉnh thành phần của bê tông và chất kết dính, sử dụng phụ gia giảm co và phụ gia bù co, sử dụng cốt sợi phân tán, sử dụng cốt liệu rỗng ngậm nước,... [8]. Trong các giải pháp này, việc dùng các vật liệu rỗng ngậm nước như keramzit, polime siêu thấm (SuperAbsorbent Polymers-SAPs), tro trấu... được cho là khá hiệu quả [9] do các cốt liệu rỗng được ngậm nước trước và trong quá trình thủy hóa ban đầu, nước có thể được hút/nhả ra từ các cốt liệu đã ngậm nước này và duy trì được độ ẩm tương đối trong bê tông, làm giảm quá trình co ngót, nứt tách, đồng thời cũng giúp cho quá trình thủy hóa được triệt để và tăng cường độ bê tông.

Thực tế nghiên cứu ở Việt Nam về việc sử dụng cốt liệu có vai trò nội bảo dưỡng (hiện tượng tự dưỡng) cho bê tông mới có một số đề tài đối với bê tông thường và bê tông chất lượng cao như các công trình nghiên cứu luận án tiến sĩ của tác giả Nguyễn Văn Đình-Trường ĐH Xây dựng [10], tác giả Nguyễn Duy Hiếu-Trường ĐH Kiến trúc [8] và của tác giả Nguyễn Văn Tuấn-Trường ĐH Xây dựng [11], sử dụng keramzit thành công với tác dụng nội bảo dưỡng cho BTCLSC... Tuy vậy, tìm kiếm một nguồn keramzit ổn định và sẵn có trên thị trường Việt Nam cũng là một vấn đề hạn chế của đề tài. Việc tìm kiếm vật liệu khác với chức năng tương tự và sẵn có hơn ở Việt Nam rất được quan tâm. Đây là một vấn đề rất cấp thiết và là mục tiêu chính của nghiên cứu để khắc phục những nhược điểm hiện tại và đáp ứng được nhu cầu phát triển của loại bê tông này ở Việt Nam.

Trên thế giới, một trong những tìm kiếm này cho thấy có hiệu quả là sử dụng polime siêu thấm SAP [12], kết quả chỉ ra rằng co ngót nội sinh của BTCLSC đã giảm đáng kể trong khi tính công tác và cường độ nén không bị ảnh hưởng đáng kể. Tuy vậy, đối với việc sử dụng SAP trong chế tạo bê tông với tác dụng nội bảo dưỡng, ở Việt Nam chưa có một công bố nào và đây là một trong những hướng hứa hẹn trong cả khoa học và ứng dụng của BTCLSC ở Việt Nam với mục đích cải thiện độ co ngót tuổi sớm ngày của BTCLSC, từ đó nâng cao được độ bền và mở rộng thêm khả năng ứng dụng của loại bê tông này ở Việt Nam. Thực tế, SAP không phải là một vật liệu mới, mà đã được phát triển ở cuối những năm 1980, nhưng vẫn là một vật liệu lý thú trong ngành công nghệ polime hiện đại. SAP thông thường có 02 loại sử dụng trong ứng dụng khác nhau [13], một loại phổ biến trong lĩnh vực vệ sinh như tã lót của các em bé và một loại SAP kỹ thuật sử dụng cho chữa cháy, bao bì thực phẩm, cảnh quan... Về mặt hóa học, SAP là các chất đa điện phân (polyelectrolytes) liên kết ngang, khi gặp nước sẽ trương nở hình thành dạng hydrogel (chất nhân tạo hấp

phụ nước dưới dạng gel). SAP sử dụng trong bê tông có vai trò như các vật liệu ngậm nước dạng “giếng nước” phân tán đều và duy trì độ ẩm tương đối trong bê tông trong quá trình xi măng thủy hóa. Trong thực tế SAP được tổng hợp từ tinh bột biến tính, cellulose và một số polymer khác như: polyvinyl alcohol-PVA, polyethylene oxide-PEO... Tất cả các polymer này đều có áp lực lớn với nước, trương nở nhưng không hòa tan khi gặp nước. Polymer siêu thấm thương mại hiện tại được tạo bởi các chất trung hòa của Acid acrylic. Một trong những polymer được dùng nhiều nhất là Natri Polyacrylate.

Bài báo này trình bày những kết quả thí nghiệm ban đầu về sự ảnh hưởng của SAP đến một số tính chất của BTCLSC như tính công tác, co nội sinh và cường độ nén, trong đó có kể đến các yếu tố về hàm lượng SAP, trạng thái hạt SAP khi nhào trộn, lượng nước thêm vào với mục đích nội bảo dưỡng.

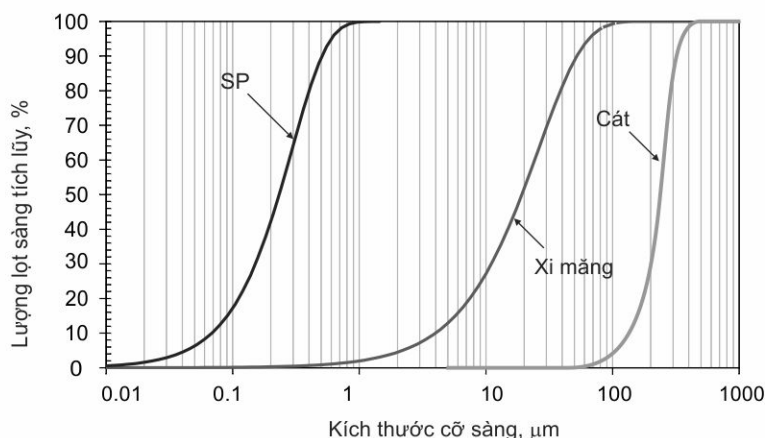


2. Vật liệu chế tạo và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu chế tạo

Vật liệu được dùng trong nghiên cứu gồm: Xi măng Pooclang PC40 với đường kính hạt trung bình khoảng 11,4 μ m; Silica fume (SF) dạng hạt rời của hãng Elkem, có đường kính hạt trung bình 0,15 μ m, hàm lượng SiO₂ là 92,3%, chỉ số hoạt tính với xi măng là 113,5%; cốt liệu là cát quắc có đường kính cỡ hạt từ 100-600 μ m, độ rỗng khi chưa lèn chặt 44,9%; phụ gia siêu dẻo (PGSD) sử dụng của hãng BASF có gốc polycarboxylate.

Thành phần hạt của các vật liệu này được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ laze, kết quả thể hiện ở Hình 1.

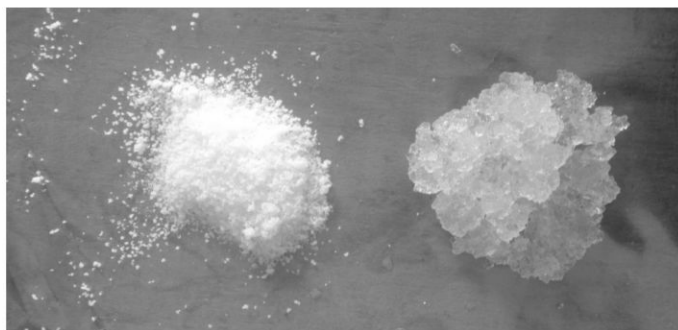


Hình 1. Thành phần hạt của vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 1. Tính chất của SAP sử dụng trong nghiên cứu

Khối lượng thể tích		Khả năng hút nước của SAP	
Trạng thái tự nhiên	Sau 300s hút nước (bão hòa)	Theo khối lượng 300s (bão hòa)	Theo thể tích 300s (bão hòa)
g/cm ³	g/cm ³	lần	lần
0,64	0,94	180	140

Đối với vật liệu SAP, đề tài đã tìm và lựa chọn được SAP sử dụng trong nghiên cứu là loại SAP kỹ thuật với tính chất thể hiện ở Bảng 1 và hình dạng của SAP ở 02 trạng thái khô và bão hòa có thể thấy ở Hình 2.

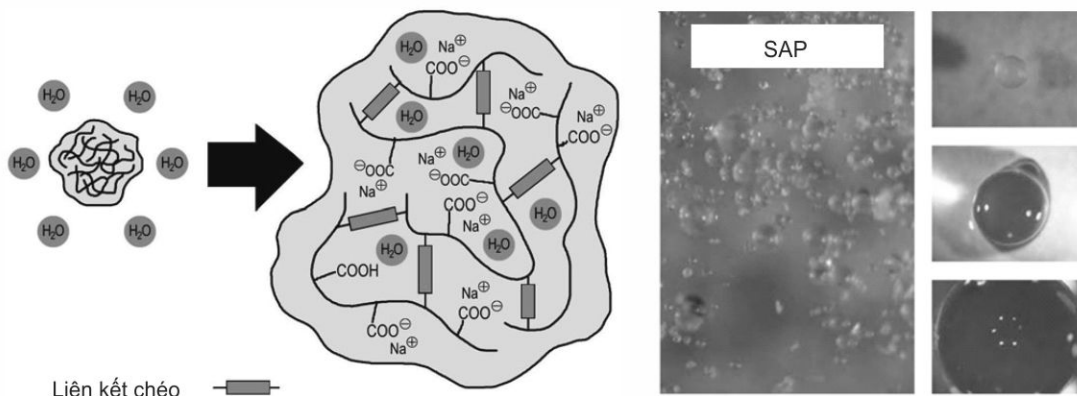


SAP ở trạng thái khô

SAP ở trạng thái đã bão hòa nước

Hình 2. Hai trạng thái (khô và bão hòa nước) của các hạt SAP

Về bản chất hóa học, như đã đề cập ở trên, SAP là các chất đa điện phân liên kết ngang, khi tiếp xúc với nước sẽ trương nở tạo thành một dạng hydrogel (Hình 3). Các hạt SAP có khả năng hút nước cực mạnh, với mỗi gam SAP lượng nước hút được có thể lên đến 1500g.



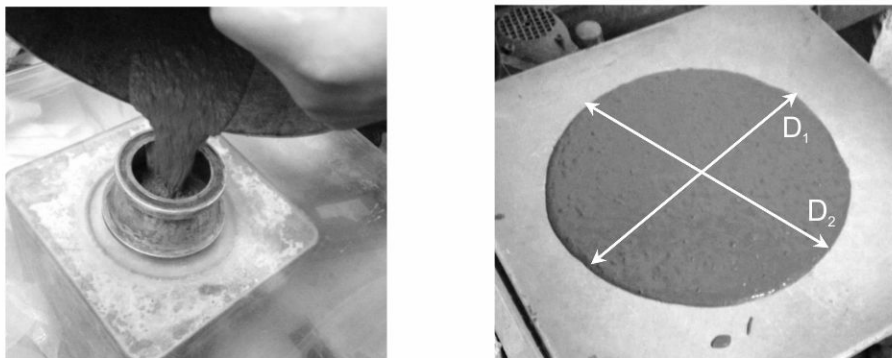
Hình 3. Cấu tạo hóa học và hình ảnh của SAP hút nước theo thời gian [13]

Nguyên nhân chính của khả năng hút nước của SAP là do áp suất thẩm thấu của loại vật liệu này, áp suất đó tỷ lệ thuận với nồng độ các ion ở trong phân tử. Các ion này liên kết chặt chẽ với nhau bởi mạng lưới polime có một áp suất thẩm thấu rất cao. Khi hấp thụ nước, áp suất này giảm dần đi. Hệ thống mạng lưới polime được sắp xếp lại để bù đắp lại sự giảm áp suất thẩm thấu này. Nó cũng trở nên cân bằng với những áp lực cơ học từ bên ngoài, làm giảm khả năng hấp thụ và hệ đạt trạng thái cân bằng.

Sự hấp thụ nước vào SAP là kết quả của sự chênh lệch của lực khi nở và co. Nồng độ cao của các ion tồn tại bên trong SAP dẫn đến nước hấp thụ vào SAP do thẩm thấu; một yếu tố góp phần làm tăng sự trương nở là dung môi nước của các nhóm ưa nước sắp xếp dọc theo các chuỗi polime. Ngoài các thông số tùy thuộc vào cấu trúc của SAP, cường độ của ion trong dung dịch nước là đặc biệt quan trọng cho sự trương nở SAP. Các ion trong dung dịch thay đổi sự tương tác giữa các nguyên tử và nội nguyên tử của các điện tích phía trên chuỗi polime. Đặc biệt là các ion Ca^{2+} có trong hệ thống mao dẫn của bê tông có thể gây ra liên kết chéo bổ sung của các chuỗi polime và hạn chế sự trương nở của nó. Hơn nữa, nồng độ ion bên ngoài SAP tăng, áp suất thẩm thấu bên trong gel giảm, dẫn đến giảm trương nở SAP.

2.2 Phương pháp thực nghiệm

+ Tính công tác của hỗn hợp BTCLSC: Tính công tác của hỗn hợp BTCLSC được thử qua côn nhỏ bằng cách thử đường kính trung bình độ chảy loang theo tiêu chuẩn BS 4551-1:1998. Ở đây qua khảo sát các hỗn hợp BTCLSC khi sử dụng SAP cho thấy rằng đường kính trung bình độ chảy loang của hỗn hợp bê tông khi điều chỉnh nằm trong khoảng 190-210mm và hỗn hợp sử dụng phụ gia biến tính độ nhớt (Viscosity Modified Agent-VMA) thì hỗn hợp khá đồng nhất và các hạt SAP không bị phân tầng. Lượng phụ gia siêu dẻo hợp lý dùng cho các cấp phối ở đây là 1% (tính theo lượng chất kết dính). Hình ảnh của hỗn hợp BTCLSC khi đo độ chảy loang có thể thấy ở Hình 4.



Hình 4. Hình ảnh xác định tính công tác của hỗn hợp BTCLSC sử dụng SAP

+ Đo co nội sinh BTCLSC: Thí nghiệm đo co nội sinh của BTCLSC được thực hiện trên các mẫu có kích thước 25x25x285 mm. Hai đầu của mẫu có gắn những tấm tôn mỏng, những tấm tôn này được đặt vào trước khi đúc mẫu. Các tấm nilon và paraffin được sử dụng để giảm thiểu ma sát giữa mẫu và khuôn và chống thoát ẩm của mẫu bê tông vào môi trường xung quanh. Hỗn hợp bê tông được rót và tự lèn đầy khuôn, sau đó tiến hành phủ lớp bảo dưỡng lên trên bề mặt của bê tông để tránh hiện tượng thoát ẩm trên bề mặt. Chờ đến khi bê tông bắt đầu đông kết, thì tháo khuôn, đồng thời lắp đồng hồ đo biến dạng có độ chính xác 0,001mm vào đầu mỗi mẫu bê tông. Phép đo co nội sinh được thực hiện ngay sau khi gá xong đồng hồ đo. Thời gian bắt đầu đo co nội sinh cũng chưa được thống nhất, có thể là bắt đầu khi nhiệt độ của mẫu thử là lớn nhất [14-15], hoặc sau 1 ngày [16], hoặc giữa thời điểm bắt đầu và kết thúc đông kết [17], hoặc bắt đầu đông kết [18],... và hiện chỉ có 1 tiêu chuẩn chính thức đo co nội sinh của hồ và vữa thông qua mẫu được đúc trong ống nhựa đàn hồi dạng có gân [19] và thời điểm bắt đầu đo (time-zero) xác định từ kết thúc đông kết của hồ hoặc vữa. Do đó, trong thí nghiệm này, thời điểm bắt đầu được đo trong tính toán là thời điểm kết thúc đông kết của mỗi hỗn hợp bê tông. Nhiệt độ trong phòng trong quá trình đo được giữ ở khoảng $23 \pm 1^\circ\text{C}$ [19], sự ảnh hưởng của nhiệt độ thủy hóa của mẫu thử được bỏ qua. Trong toàn bộ thời gian đo đầu kể từ khi lắp đồng hồ, cứ 10 phút máy tính tự động đọc kết quả một lần. Tổng thời gian đo co là khoảng 72 giờ. Hình ảnh của hệ thống đo co nội sinh có thể thấy ở Hình 5.



Hình 5. Hệ thống đo co ngót sử dụng trong nghiên cứu

+ Cường độ nén: Trong BTCLSC, việc xác định cường độ nén theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 3118-1993) là rất khó bởi vì cường độ nén của bê tông rất cao. Một số nghiên cứu [13,14], đã khẳng định rằng, ảnh hưởng của kích thước khuôn đến cường độ nén của BTCLSC là không đáng kể do sự đồng nhất cao về cấu tạo của loại bê tông này. Do vậy, trong nghiên cứu này cường độ nén của bê tông được xác định với mẫu có kích thước 40mmx40mmx160mm.

Hỗn hợp bê tông sau khi trộn, tiến hành rót vào khuôn 40mmx40mmx160mm và được chấn động trên bàn rung với tần số 2900 ± 100 vòng/phút, biên độ $0,5 \pm 0,01$ mm và thời gian rung cố định là 1 phút, sau đó được dưỡng hộ ở điều kiện tiêu chuẩn (nhiệt độ $27 \pm 2^\circ\text{C}$ trong thời gian 24 ± 3 giờ), mẫu được tháo ra khỏi khuôn và tiếp tục dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn ($27 \pm 2^\circ\text{C}$, $\text{RH} \geq 95\%$).

Cường độ nén của bê tông được xác định ở các tuổi 3, 7, 28 ngày.



3. Cấp phối sử dụng và quy trình thí nghiệm bê tông chất lượng siêu cao

3.1 Cấp phối bê tông chất lượng siêu cao

Đề tài tiến hành xác định cường độ nén và co ngót với cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu được cho ở Bảng 2. Các hàm lượng SAP sử dụng và lượng nước trộn thêm (tính theo N/CKD) được tham khảo ở kinh nghiệm nghiên cứu trước [12]. Trong nghiên cứu này sử dụng 09 cấp phối bao gồm 1 cấp phối đối chứng không sử dụng SAP và 08 cấp phối khác có kể đến sự thay đổi về hàm lượng, lượng nước trộn thêm và trạng thái hạt SAP khi trộn.

Bảng 2. Bảng cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu

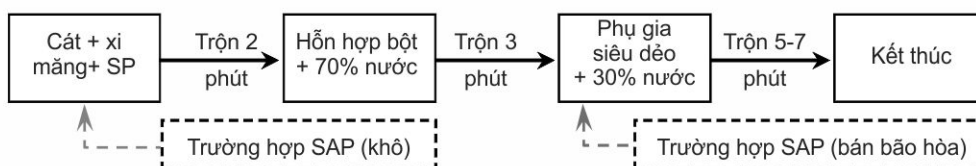
STT	N/CKD	C/CKD	XM/CKD	SF/CKD	SD, %	VMA, %	SAP, %	N/CKD thêm	Trạng thái hạt SAP
CP-ĐC	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,000	0,00	0,00	-
CP1	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,40	0,03	Khô
CP2	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,60	0,03	Khô
CP3	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,40	0,05	Khô
CP4	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,60	0,05	Khô
CP5	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,40	0,03	Bán bão hòa
CP6	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,60	0,03	Bán bão hòa
CP7	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,40	0,05	Bán bão hòa
CP8	0,20	1,00	0,90	0,10	1,00	0,005	0,60	0,05	Bán bão hòa

Ghi chú: - N/CKD, C/CKD, XM/CKD, SF/CKD lần lượt là các tỷ lệ Nước/Chất kết dính, Cát/Chất kết dính, Xi măng/Chất kết dính, Silica fume/Chất kết dính tính theo khối lượng, SD là hàm lượng siêu dẻo tính theo % hàm lượng Chất kết dính.

- Trạng thái bán bão hòa của SAP là trạng thái của SAP sau khi hút 1 lượng nước bằng $\frac{1}{2}$ so với lượng nước bão hòa được xác định như ở Bảng 1. Thực tế cho thấy khi khảo sát sử dụng SAP ở trạng thái bão hòa nước thì theo quan sát xảy ra hiện tượng phân tầng ngay cả khi sử dụng phụ gia biến tính độ nhớt VMA và với trạng thái bán bão hòa thì hỗn hợp khá đồng nhất.

3.2 Quy trình trộn hỗn hợp BTCLSC

Máy trộn sử dụng trong nghiên cứu có dung tích 20 lít. Quy trình trộn hỗn hợp bê tông có thể thấy ở Hình 6.



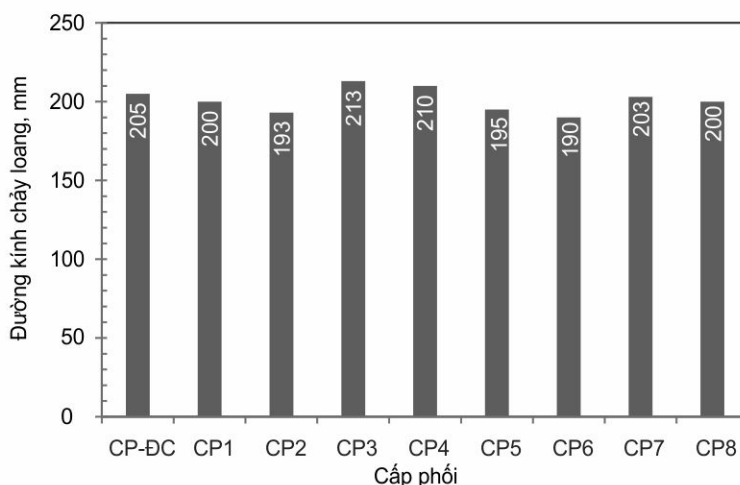
Hình 6. Quy trình trộn hỗn hợp BTCLSC sử dụng SAP



4. Kết quả và bàn luận

4.1 Ảnh hưởng của SAP đến tính công tác của hỗn hợp bê tông chất lượng siêu cao

Tính công tác của hỗn hợp BTCLSC sử dụng SAP với hàm lượng và trạng thái ẩm khác nhau khi trộn được thể hiện ở Hình 7.

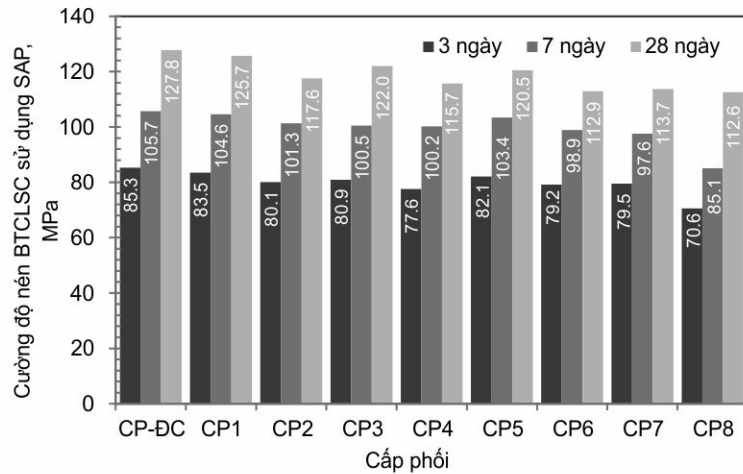


Hình 7. Tính công tác của hỗn hợp BTCLSC sử dụng SAP

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng tùy theo trạng thái của SAP khi cho thêm vào hỗn hợp bê tông mà tính công tác của hỗn hợp bê tông thay đổi khác nhau. Ở trạng thái SAP khô thì lượng nước dùng để bão hòa các hạt SAP sẽ được cộng thêm vào lượng nước của hỗn hợp và lượng nước này sẽ bị hút vào các hạt SAP theo thời gian nhưng thực tế khi mới nhào trộn thì các hạt SAP chưa hút nước hết vào và từ đó làm tăng lượng nước dư trong hỗn hợp và tính công tác của hỗn hợp bê tông khi đó tăng lên. Tính công tác của hỗn hợp bê tông sẽ kém hơn khi các hạt SAP được thêm vào ở trạng thái ướt (bán bão hòa nước) vì lúc này các hạt SAP đã hút nước đồng thời lượng nước trộn thêm vào sẽ giảm đi. Điều này có thể thấy rõ kết quả thử nghiệm về tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng SAP ở trạng thái khô trên Hình 7.

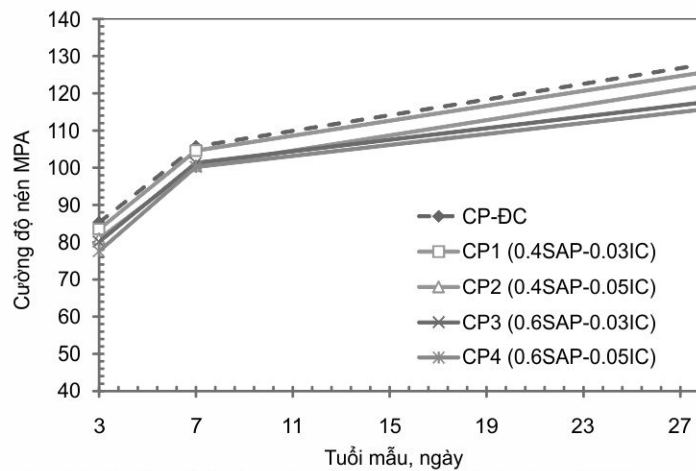
4.2 Ảnh hưởng của SAP đến cường độ nén của bê tông chất lượng siêu cao

Cường độ nén của BTCLSC sử dụng SAP ở 3, 7, 28 ngày được thể hiện lần lượt ở Hình 8. Có thể thấy rằng việc sử dụng SAP sẽ làm giảm cường độ nén của BTCLSC. Giá trị trung bình của cường độ nén các mẫu ở tuổi 3, 7, 28 ngày sai khác lớn nhất (CP8) lần lượt là 17,2, 19,5, 11,9% so với cường độ nén của mẫu đối chứng.

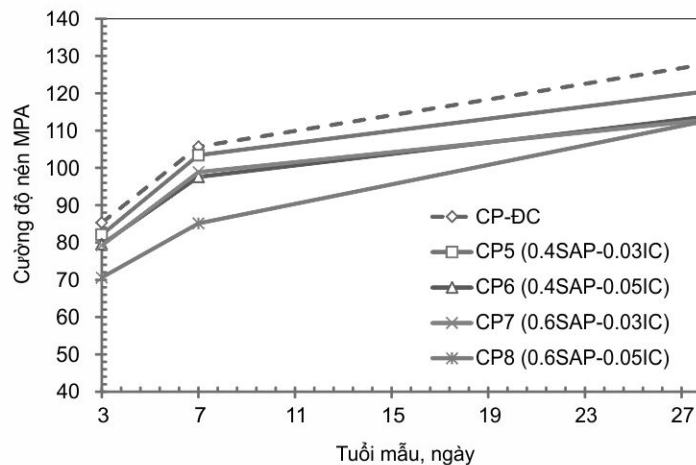


Hình 8. Cường độ nén của các mẫu BTCLSC sử dụng SAP ở các tuổi từ 3-28 ngày

Cường độ nén theo thời gian của các mẫu BTCLSC sử dụng SAP ở trạng thái khô và bán bão hòa khi trộn ứng với lượng dùng SAP và lượng nước với tác dụng nội bảo dưỡng (IC) khác nhau được thể hiện lần lượt ở Hình 9 và Hình 10. Như vậy có thể thấy rõ hơn việc sử dụng SAP làm giảm cường độ nén của BTCLSC ở tuổi từ 3-28 ngày.

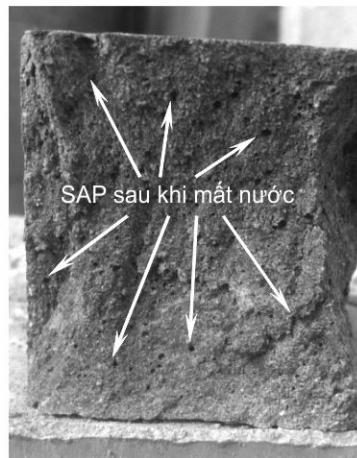


Hình 9. Cường độ nén theo thời gian của các mẫu BTCLSC sử dụng SAP ở trạng thái khô khi trộn ứng với lượng dùng SAP và lượng nước với tác dụng nội bảo dưỡng (IC) khác nhau



Hình 10. Cường độ nén theo thời gian của các mẫu BTCLSC sử dụng SAP ở trạng thái bán bão hòa khi trộn ứng với lượng dùng SAP và lượng nước với tác dụng nội bảo dưỡng (IC) khác nhau

Việc cải thiện cường độ nén của BTCLSC do sử dụng SAP với hàm lượng hợp lý có thể là sự đóng góp của hiện tượng nội bảo dưỡng của các hạt SAP sau khi hút nước, giúp cho xi măng được thủy hóa nhiều hơn và triệt để hơn. Tuy vậy các hạt SAP là các hạt polime chứa nước, khi nước được hút ra để bù lại lượng nước cho xi măng thủy hóa sẽ để lại các lỗ rỗng trong bê tông. Các lỗ rỗng này có kích thước vài mm theo quan sát (Hình 11), lớn hơn khá nhiều so với kích thước lớn nhất của cát, do đó khi lượng SAP sử dụng càng nhiều và ở trạng thái hạt SAP bán bão hòa khi trộn thì sẽ làm giảm càng nhiều cường độ nén của bê tông. Như vậy kết quả cuối cùng về cường độ nén này là kết quả của sự ảnh hưởng của hiện tượng nội bảo dưỡng (hiệu ứng có lợi) và của các lỗ rỗng sinh ra khi các hạt SAP đã nhả nước trong quá trình xi măng thủy hóa (hiệu ứng bất lợi). Ở đây giá trị cường độ nén giảm nhiều nhất so với mẫu đối chứng ($R_{n28} = 125,7\text{MPa}$) khoảng 13,5% (Bảng 3).



Hình 11. Mặt cắt ngang của mẫu BTCLSC sử dụng SAP khi nén phá hủy

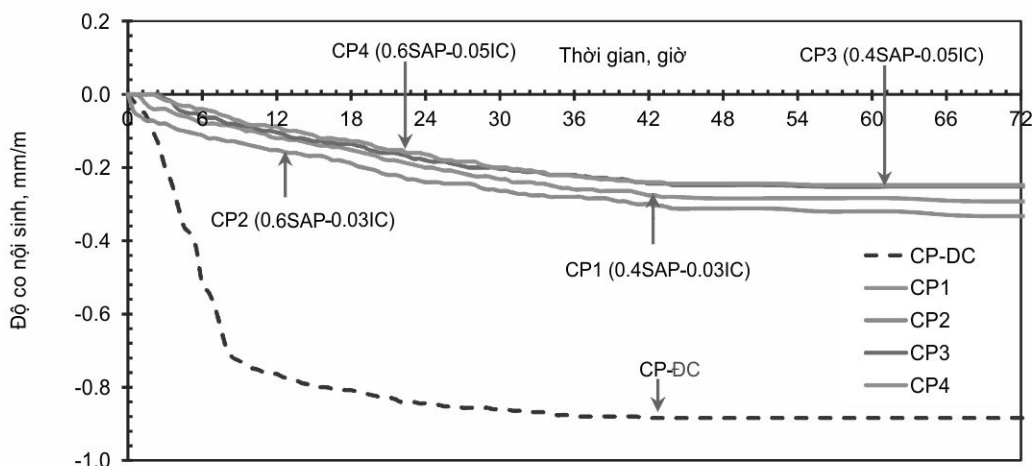
Bảng 3. Sự giảm cường độ nén tuổi 28 ngày của BTCLSC sử dụng SAP

	Trạng thái SAP khô				Trạng thái SAP bán bão hòa			
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
R_{n28}, MPa	125,7	117,6	122,0	115,7	120,5	112,9	113,7	112,6
% giảm (so với mẫu đối chứng)	1,64	8,97	4,61	10,29	5,98	12,88	11,70	13,46

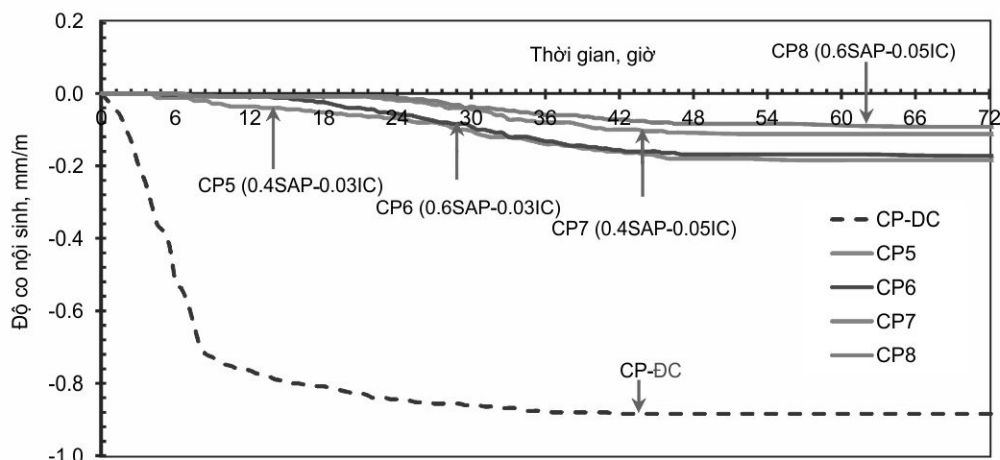
4.3 Độ co nội sinh của BTCLSC sử dụng SAP

Kết quả đo co nội sinh của các mẫu thí nghiệm sử dụng SAP ở trạng thái khô và trạng thái bán bão hòa được thể hiện ở Hình 12 và Hình 13.

Từ kết quả thí nghiệm có thể thấy rằng việc sử dụng SAP đã cải thiện rất đáng kể độ co ngót của BTCLSC và hiệu quả phụ thuộc vào trạng thái các hạt SAP khi trộn và lượng nước trộn thêm để bão hòa SAP. Các hạt SAP ở trạng thái khô cải thiện độ co ngót ít hơn so với các hạt SAP ở trạng thái bán bão hòa. Bên cạnh đó hiệu quả giảm co ngót tăng lên khi lượng nước trộn thêm (nhằm mục đích bão hòa SAP) tăng lên.



Hình 12. Độ co ngót nội sinh của các mẫu BTCLSC sử dụng SAP ở trạng thái khô khi trộn ứng với lượng dùng SAP và lượng nước với tác dụng nội bảo dưỡng (IC) khác nhau



Hình 13. Độ co ngót nội sinh của các mẫu BTCLSC sử dụng SAP ở trạng thái bán bão hòa khi trộn ứng với lượng dùng SAP và lượng nước với tác dụng nội bảo dưỡng (IC) khác nhau

Việc cải thiện độ co ngót BTCLSC có thể giải thích bằng hiện tượng nội bảo dưỡng của các hạt SAP như đã đề cập ở phần trước, các hạt SAP được hút nước và tích trữ dưới dạng các “giếng nước” phân bố đều trong toàn bộ không gian. Theo thời gian, quá trình thủy hóa xi măng sẽ xảy ra và lượng nước trong hệ thống sẽ giảm xuống, kéo theo việc giảm độ ẩm tương đối trong lòng bê tông. Thông thường hiện tượng này gọi là sự tự làm khô trong hệ thống đá xi măng và kéo theo sự co ngót của bê tông. Tuy vậy trong hệ thống bê tông chứa SAP, khi áp lực đủ lớn do chênh lệch áp suất giữa các mao quản của hệ thống đá xi măng sinh ra trong quá trình thủy hóa so với kích thước các lỗ rỗng của các hạt SAP sẽ làm nước trong các hạt SAP được hút ra ngoài và bù lại độ ẩm tương đối trong lòng bê tông giảm xuống và từ đó sẽ làm giảm độ co ngót của hệ thống.

Hiệu quả cải thiện độ co ngót của BTCLSC bằng việc sử dụng SAP tại 72 giờ so với mẫu đối chứng (-0,884mm/m) có thể thấy ở Bảng 4. Ở đây hiệu quả giảm co ngót nhiều nhất so với mẫu đối chứng đến 89,6%.

Bảng 4. Hiệu quả giảm co ngót cho BTCLSC khi sử dụng SAP (tại 72 giờ)

	Trạng thái SAP khô				Trạng thái SAP bán bão hòa			
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
Độ co, mm/m	-0,292	-0,332	-0,252	-0,248	-0,184	-0,172	-0,112	-0,092
% giảm (so với mẫu đối chứng)	66,97	62,44	71,49	71,95	79,19	80,54	87,33	89,59

Nếu xét kết hợp giữa cường độ nén tuổi 28 ngày (đạt khoảng 120MPa) và hiệu quả giảm co nội sinh thì CP5 được cho là hiệu quả nhất.



5. Kết luận

Qua các kết quả nghiên cứu, một số kết luận có thể rút ra như sau:

- Hoàn toàn có thể sử dụng SAP với vai trò nội bảo dưỡng để chế tạo BTCLSC.
- Sử dụng SAP kết hợp với phụ gia biến tính độ nhớt tạo ra hỗn hợp BTCLSC đồng nhất, không xảy ra hiện tượng tách SAP lên bề mặt.
- Sử dụng SAP không làm ảnh hưởng lớn đến tính công tác của hỗn hợp BTCLSC, sự thay đổi này phụ thuộc vào lượng và trạng thái SAP khi trộn.
- Sử dụng SAP làm giảm cường độ nén của BTCLSC, mẫu có cường độ nén giảm lớn nhất là khoảng 13,5% tại tuổi 28 ngày.
- Sử dụng SAP làm giảm độ co ngót (nội sinh) của BTCLSC, tuy vậy hiệu quả co ngót phụ thuộc vào lượng và trạng thái SAP khi nhào trộn (lượng SAP dùng nhiều hơn hoặc trạng thái SAP bán bão hòa nước sẽ làm giảm co bê tông tốt hơn). Hàm lượng 0,4% SAP sử dụng ứng với trạng thái SAP đã bán bão hòa nước khi nhào trộn là hợp lý nhất, khi đó độ co ngót nội sinh của BTCLSC giảm đến 79% mà vẫn không làm thay đổi cường độ nén của BTCLSC (đạt 120MPa) trong trường hợp nghiên cứu này.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn việc hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng cho việc thực hiện đề tài. Tác giả cũng xin chân thành cảm ơn các sinh viên Lê Tuấn Anh và Phạm Thị Phương Anh đã tham gia phần thí nghiệm của đề tài.

Tài liệu tham khảo

1. Mehta, P.K., and Aitcin, P.C. (1990), "Principles Underlying Production of High-Performance Concrete", *Cement, Concrete, and Aggregates*, ASTM 12(2) 70-78.
2. AFGC-SETRA (2002), *Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concretes*, Interim Recommendations, AFGC publication, France.
3. Richard, P. and M.H. Cheyrezy (1994), "Reactive Powder concretes with high ductility and 200-800 MPa compressive strength", Mehta, P.K. (Ed.), *Concrete Technology: Past, Present and Future, Proceedings of the V. Mohan Malhotra Symposium*, ACI SP 144-24, pp. 507-518.
4. Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Công Thắng (2006), *Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông hạt mịn chất lượng siêu cao ở Việt Nam*, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường, Trường Đại học Xây dựng, Việt Nam, Mã số 07-2005/KHCN, 34 trang.
5. Bùi Phương Trinh, Kim Huy Hoàng, Nguyễn Văn Chánh (2009), "Recent Research On New Ultra High Performance Concrete", *International Conference on Civil and Environmental Engineering*, ICCEE-2009, Pukyong National University.
7. Phạm Duy Hữu (2011), *Nghiên cứu công nghệ chế tạo bê tông có cường độ siêu cao ứng dụng trong kết cấu cầu và nhà cao tầng*, Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ, Bộ Giáo dục và đào tạo, Mã số B2010-04-130-TĐ.
8. Jensen, O. M. and Hansen, P. F. (2001), "Water-entrained cement-based materials: I. Principles and theoretical background", *Cement and Concrete Research* 31(4) 647-654.
9. Nguyễn Duy Hiếu (2010), *Nghiên cứu chế tạo bê tông keramzit chịu lực có độ chảy cao*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường ĐH Xây dựng, 148 trang.
10. Kovler K., Jensen OM. (2007), *Internal Curing of Concrete*, State-of-the-art Report of RILEM Technical Committee 196-ICC, 164 pages.
11. Nguyễn Văn Đình (2001), *Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường ĐH Xây dựng.
12. Nguyễn Văn Tuấn, Nguyễn Công Thắng, Tống Tôn Kiên (2013), *Nghiên cứu ảnh hưởng của việc sử dụng vật liệu cấu tạo rỗng sẵn có ở Việt Nam có tác dụng nội bảo dưỡng đến các tính chất của bê tông chất lượng cao/siêu cao*, Đề tài NCKH cấp Trường, Trường ĐH Xây dựng, Mã số 71-2013/KH XD, 46 trang.
13. Dudziak L., Mechtcherine V. (2008), "Mitigation of volume changes of Ultra-High Performance Concrete (UHPC) by using Super Absorbent Polymers", *Proceedings of the 2nd international symposium on Ultra High Performance Concrete*, 5-7 Mar. 2008, Kassel, Germany, pp. 425-432.
14. Mechtcherine V., Reinhardt H.-W. (2012), *Application of Super Absorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction: State-of-the-Art Report*, RILEM TC 225-SAP, 164 pages.
15. Ma J., Dehn F., Koenig G. (2003), "Autogenous shrinkage of self-compacting ultra-high performance concrete", *Advances in Concrete and Structures, Proceedings of the International Conference ICACS*, Xuzhou, China, 2003, pp. 255-262.
16. Văn Viết Thiên Ân (2013), *Characteristics of Rice Husk Ash and Application in Ultra-High Performance Concrete*, PhD thesis, Bauhaus University Weimar, Germany, 144 pages.
17. Staquet S., Espion B. (2004), "Early-age autogenous shrinkage of UHPC incorporating very fine fly ash or metakaolin in replacement of silica fume", *1st International Symposium on Ultra High Performance concrete*, September 13-15, 2004, Kassel, pp. 587-599.
18. Schachinger I., Schmidt K., Heinz D., Schießl P. (2002), "Early age cracking risk and relaxation by restrained autogenous deformations of ultra high performance concrete", *6th International Symposium on High Strength / High Performance Concrete*, Leipzig 2002, pp 1341-1354.
19. Eppers S., Müller C. (2008), "Autogenous Shrinkage Strain of Ultra-High-Performance Concrete", *2nd International Symposium on Ultra High Performance concrete*, March 05-07, 2008, Kassel, pp. 433-441.
20. ASTM C1698-09, *Standard Test Method for Autogenous Strain of Cement Paste and Mortar*.