■Ngày nhận bài: 14/11/2022 ■Ngày sửa bài: 16/12/2022 ■Ngày chấp nhận đăng: 13/01/2023

Nghiên cứu xác định hệ số quy đổi cường độ chịu nén của bê tông siêu tính năng (UHPC)

Research for determination conversion coefficient of compression strength of ultra high performance concrete (UHPC)

> **TS TRẦN BÁ VIỆT [1], KS LƯƠNG TIẾN HÙNG [2]**
[1]Phó Chủ tịch Hội bê tông Việt Nam - VCA; Email: vietbach57@yahoo.com;
[2]Công ty CP Sáng tạo và Chuyển giao công nghệ VN

TÓM TẮT:
Tại Việt Nam, công nghệ bê tông siêu tính năng (UHPC) ngày càng nhận được nhiều sự quan tâm và được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng kết cấu hạ tầng xây dựng chung, cũng như hạ tầng giao thông (cầu đường bộ). Nhưng do chưa ban hành được bộ Tiêu chuẩn Quốc gia về UHPC cũng như sự khác biệt giữa các tiêu chuẩn nước ngoài nên việc nghiên cứu, thiết kế kết cấu và nghiệm thu đánh giá vẫn gặp phải khó khăn nhất định. Điển hình là việc quy đổi giá trị cường độ nến trên các kích thước mẫu thử khác nhau như mẫu trụ và mẫu lập phương. Bài báo sẽ trình bày những nghiên cứu về sự ảnh hưởng của kích thước khuôn cũng như hệ số quy đổi kết quả thử nghiệm cường độ chịu nén của UHPC.

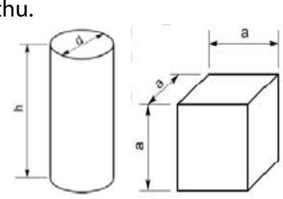
Từ khóa: Bê tông siêu tính năng - UHPC, khuôn mẫu thử nghiệm; cường độ chịu nén; mẫu hình trụ; mẫu lập phương; hệ số quy đổi cường độ.

ABSTRACT:
In Vietnam, Ultra High Performance Concrete (UHPC) technology is receiving more and more attention and is widely applied in the construction of general construction infrastructure, as well as traffic infrastructure (road bridges). But because we have not yet issued a set of National Standards on UHPC as well as the differences between foreign standards, the research, structural design and acceptance and assessment still face certain difficulties. Typical is the conversion of strength values on different specimen sizes such as cylinders and cubes. This article will present studies on the influence of mold size as well as the conversion coefficient of UHPC compressive strength test results.

Keywords: Ultra High Performance Concrete – UHPC; test mould; compressive strength; cylinders test mould; cube test mould; conversion coefficient of strength.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặc dù đã được ứng dụng tại các nước phát triển trong khoảng gần 30 năm nay, nhưng UHPC đối với Việt Nam vẫn là một công nghệ vẫn còn mới với triển vọng ứng dụng cao vì có nhiều tính năng vượt trội hơn so với bê tông thông thường. Theo tiêu chuẩn NF P470-18 thì sử dụng khuôn trụ kích thước là d110 x h220 mm nhưng theo các tiêu chuẩn đã sử dụng ở Việt Nam (cụ thể là ACI - Hội Bê tông châu Á và ASTM 1851:2018) thì sử dụng khuôn trụ kích thước d100 x h200 mm. Hay theo TCVN thì các mẫu bê tông được thử nghiệm kiểm tra bằng khuôn lập phương kích thước 15 x 15 x 15cm hoặc 10 x 10 x 10cm. Vì vậy, khi không có hệ số quy đổi sẽ gây ra khó khắn cho công tác thiết kế kết cấu hay đánh giá nghiệm thu.



Hình 1. Mô phỏng các mẫu thử nghiệm

Bảng 1. Kích thước các loại mẫu thử nghiệm

STT	Hình dạng viên mẫu	Kích thước mẫu, cm		
		d	h	a
1	Trụ tròn	10	20	-
2		11	22	-
3		15	30	-
4	Lập phương	-	-	4
5		-	-	7
6		-	-	10
7		-	-	15

2. TÀI LIỆU, TIÊU CHUẨN ÁP DỤNG

- TCVN 2682:2009, xi măng Poóc lăng - yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 4506:2012, nước cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 8826:2011, phụ gia hoá học cho bê tông.

- TCVN 8827:2020, phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silica Fume và tro trấu nghiền mịn.
- TCVN 9036:2011, nguyên liệu để sản xuất thuỷ tinh - cát - yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 11586:2016, xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa.
- TCVN 12392:2018, sợi cho bê tông.
- TCCS 02:2017/IBST, bê tông tính năng siêu cao UHPC – hướn dẫn thiết kế kết cấu.
- NF P18-470:2017, concrete - ultra-high performance fibre-reinforced concrete - specifications, performance, production and conformity.
- NF P18-451:2018, concrete - execution of concrete structures - specific rules for ultra-high performance fibre-reinforced concrete.
- ACF 04:2020, materials UHPC – technicals specification.
- K/UHPC:2014, design guidelines for UHPC.

3. VẬT LIỆU THÀNH PHẦN

a) Xi măng PC50

Bảng 2. Các kết quả kiểm tra chất lượng xi măng

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	3,09
2	Độ dẻo tiêu chuẩn	%	29,4
3	Độ ổn định thể tích	mm	1,1
4	Độ bền uốn, R28	MPa	13,6
5	Độ bền nén, R28	MPa	57,2

b) Phụ gia khoáng (Silica fume và GGBS)

Bảng 3. Các kết quả kiểm tra chất lượng Silica fume

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,22
2	Diện tích bề mặt riêng	m^2/g	23
3	Chỉ số hoạt tính, R7	%	112
4	Chỉ số hoạt tính, R28	%	119
5	Mất khi nung (LOI)	%	1,17
6	Hàm lượng SiO_2	%	95,89

Bảng 4. Các kết quả kiểm tra chất lượng GGBS

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,87
2	Chỉ số hoạt tính, R7	%	82
3	Chỉ số hoạt tính, R28	%	106
4	Mất khi nung (LOI)	%	1,73

c) Cát thạch anh

Bảng 5. Các kết quả kiểm tra chất lượng cát thạch anh

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,65
2	Độ ẩm	%	0,7
3	Khối lượng thể tích	%	1510
4	Độ hổng	%	42,7
5	Hàm lượng Cl^-	%	0,006
6	Hàm lượng SiO_2	%	98,12

d) Sợi thép 2D

Bảng 6. Các kết quả kiểm tra chất lượng sợi thép

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Tỉ lệ hướng sợi	-	65
2	Hàm lượng tạp chất	%	0,0
3	Cường độ chịu kéo	MPa	2800

e) Phụ gia dẻo

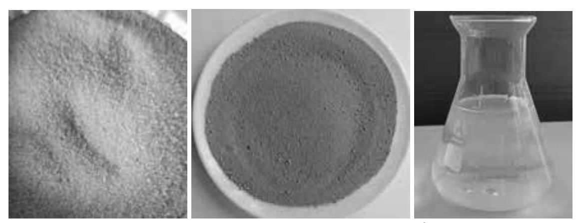
Bảng 7. Các kết quả kiểm tra chất lượng phụ gia dẻo

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	1,06
2	Độ pH	%	6,33
3	Hàm lượng chất khô	%	38,2
4	Hàm lượng Cl^-	%	0,03
5	Mức giảm nước	%	40

f) Nước trộn

Bảng 8. Các kết quả kiểm tra chất lượng nước trộn

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Hàm lượng Cl^-	mg/l	<350
2	Hàm lượng SO_4	mg/l	<600
3	Hàm lượng cặn	mg/l	<200



Hình 2. Cát thạch anh, Silica fume, phụ gia dẻo sử dụng để chế tạo UHPC

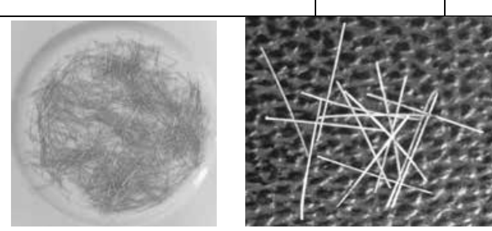
4. CẤP PHỐI, CHẾ TẠO VA BẢO DƯỠNG MẪU

a) Thiết kế cấp phối UHPC

Để đánh giá hệ số quy đổi khuôn thì chúng tôi đã tiến hành thiết kế, thực hiện trộn và đúc với mẫu cấp phối có dử dụng 2% sợi thép như bảng sau.

Bảng 9. Cấp phối sử dụng chế tạo UHPC 150/11

STT	Nội dung	Đơn vị	Kết quả
1	Tổng chất kết dính	kg/m^3	1160
2	Cát thạch anh	kg/m^3	970
3	Sợi thép	kg/m^3	155
4	Hàm lượng phụ gia dẻo	%	3,0
5	N/CKD	-	0,166



Hình 3. Cốt sợi thép mạ đồng cường độ cao loại 2D

b) Chế tạo mẫu

Bảng 10. Số lượng mẫu của từng loại mẫu thử trong nghiên cứu này

STT	Loại mẫu	Thể tích, lit	Số lượng, viên
1	d10 x h20cm	≈ 1,6	12
2	d11 x h22cm	≈ 2,1	12
3	4 x 4 x 4cm	≈ 0,1	12
4	7 x 7 x 7cm	≈ 0,4	12
5	10 x 10 x 10cm	≈ 1,0	12
6	15 x 15 x 15cm	≈ 3,4	12

Sử dụng máy trộn cưỡng bức hai trục ngang để trộn 2 mẻ hỗn hợp UHPC thử nghiệm (60 lít/mẻ). Để đảm bảo sự khách quan và giảm thiểu sai số, mỗi mẻ trộn dự kiến đúc mỗi loại mẫu trên với số lượng là 6 viên/loại.

c) Chế độ bảo dưỡng mẫu

- Sau khi đúc, các mẫu thử được dán nylon kín bề mặt và bảo dưỡng ẩm tự nhiên tại điều kiện phòng thí nghiệm trong thời gian 24 giờ.
- Tiếp theo, các mẫu được bảo dưỡng nhiệt ẩm liên tục tại điều kiện 80 °C trong thời gian 72 giờ.
- Tiếp theo, các mẫu thử được bảo dưỡng ẩm tự nhiên tại điều kiện phòng thí nghiệm trong thời gian 72 giờ.

5. KẾT QUẢ KIỂM TRA CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN

Bảng 11. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu trụ d10 x h20cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	147,3	**150,2**
2		152,8	
3		152,4	
4		146,4	
5		148,8	
6		148,4	
7		151,0	
8		153,7	
9		145,9	
10		154,1	
11		151,3	
12		150,5	

Bảng 12. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu trụ d11 x h22cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	151,2	**147,1**
2		147,1	
3		145,3	
4		145,8	
5		142,9	
6		146,3	
7		150,8	
8		146,5	
9		146,6	
10		147,4	
11		147,3	
12		148,1	

Bảng 13. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu trụ d15 x h30cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	131,4	**137,4**
2		135,3	
3		142,7	
4		133,5	
5		139,9	
6		135,6	
7		143,8	
8		131,6	
9		133,5	
10		143,2	
11		142,7	
12		135,3	

Bảng 14. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu lập phương 4 x 4 x 4cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	183,1	**178,8**
2		177,6	
3		177,5	
4		182,4	
5		181,9	
6		176,2	
7		177,4	
8		175,3	
9		179,1	
10		176,3	
11		179,3	
12		179,0	

Bảng 15. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu lập phương 7 x 7 x 7cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	173,4	**174,2**
2		170,3	
3		169,6	
4		175,5	
5		177,1	
6		178,4	
7		175,9	
8		177,2	
9		174,7	
10		170,3	
11		171,6	
12		175,8	

Bảng 16. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu lập phương 10 x 10 x 10cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	151,5	**151,6**
2		154,3	
3		153,7	
4		146,2	
5		152,1	
6		157,9	
7		148,4	
8		151,5	
9		153,7	
10		145,4	
11		144,8	
12		160,1	

Bảng 17. Các kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của UHPC (R28) trên mẫu lập phương 15 x 15 x 15cm

Viên mẫu	Đơn vị	Kết quả	Trung bình
1	MPa	120,7	**124,9**
2		121,5	
3		122,8	
4		126,0	
5		126,9	
6		125,3	
7		125,5	
8		125,8	
9		127,1	
10		126,9	
11		127,3	
12		122,4	

Bảng 18. Hệ số quy đổi thu được

Loại mẫu	Kết quả thử, MPa	Hệ số
d10 x h20cm (*)	150,2	1,000
d11 x h22cm	147,1	0,979
d15 x h30cm	137,4	0,915
4 x 4 x 4cm	178,8	1,190
7 x 7 x 7cm	174,2	1,160
10 x 10 x 10cm	151,6	1,010
15 x 15 x 15cm	124,9	0,832

Từ Bảng 18 trên, có thể đưa ra công thức ứng dụng cho việc quy đổi cường độ như sau:

$R_{qđ} = a.R_c$

- R_c : Cường độ chịu nén của mẫu kích thước chuẩn (*).
- $R_{qđ}$: Cường độ chịu nén của mẫu cần quy đổi từ mẫu kích thước chuẩn.
- a : Hệ số quy đổi.

6. KẾT LUẬN

1. Với cấp phối UHPC có 2% sợi thép, khi mẫu nén chuẩn là mẫu trụ d10 x h20cm có hệ số cường độ là 1, thì mẫu trụ d11 x h22cm (theo tiêu chuẩn Pháp NF P18-470) sẽ có cường độ nén thấp hơn 2,1%, còn mẫu lập phương 10 x 10 x 10cm có cường độ nén tương đương.

2. Các mẫu nén khác có hệ số quy đổi giá trị được xác định trong bảng 18.

3. Hệ số quy đổi cường độ chịu nén sẽ thay đổi theo hàm lượng sợi có trong cấp phối UHPC.

7. KIẾN NGHỊ

Tiếp tục nghiên cứu và thử nghiệm đánh gi, xác định hệ số quy đổi cường độ chịu kéo đối với các cấp phối UHPC sử dụng lần lượt 1,0%, 1,5%, 2,5% và 3,0% sợi thép.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 3118:20xx, Bê tông - phương pháp xác định cường độ chịu nén.
2. TCCS 02:2017/IBST, Bê tông tính năng siêu cao UHPC - hướng dẫn thiết kế kết cấu.
3. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu giải pháp kết cấu lắp ghép sử dụng bê tông tính năng cao cho công trình xây dựng trên đảo".
4. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng tiêu chuẩn bê tông cốt sợi tính năng siêu cao (UHPC) - thi công và nghiệm thu".
5. Các kết quả ứng dụng UHPC trong thực tiễn tại các dự án xây dựng, đặc biệt là cầu LRAMP và cầu Thăng Long.
6. FHWA HRT:11:038, Ultra high performance concrete.
7. FHWA HRT-18-036, Properties and behavior of UHPC-class material.
8. NF P18-710: National addition to Eurocode 2 - design of concrete structures, specific rules for Ultra high performance fibre reinforced concrete (UHPC).
9. ASTM A820/A820M-16, Standard specification for steel fibers for fiber reinforced concrete.