

Cường độ chịu nén của bê tông trong kết cấu chịu uốn bằng phương pháp phá hủy và phương pháp không phá hủy

Concrete compressive strength of flexural structures by destructive and nondestructive methods

> THS TRẦN THỊ NGỌC HOA, TS LÂM THANH QUANG KHẢI, KS VÕ TRƯƠNG HOÀNG SANG

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; Email: tranthingochoa@mtu.edu.vn, lamkhai@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Có nhiều phương pháp để kiểm tra cường độ chịu nén của bê tông như dùng súng bật nảy, lấy mẫu và nén mẫu bê tông lập phương, khoan mẫu trụ tại hiện trường, siêu âm,... Mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm khác nhau. Qua thực tế sử dụng thì các phương pháp này đã bộc lộ nhiều ưu-nhược điểm khác nhau và cần phải nghiên cứu, đánh giá, kể cả cách tiến hành thí nghiệm, tiêu chuẩn sử dụng, kết quả đo đạc,... Trong bài báo này, các tác giả tiến hành thí nghiệm trên các sàn và dầm BTCT, qua đó so sánh cường độ chịu nén của kết cấu bê tông cốt thép này khi sử dụng phương pháp phá hủy và phương pháp không phá hủy. Kết quả cho thấy, cường độ chịu nén khi sử dụng phương pháp phá hủy được khuyến cáo chính xác hơn.

Từ khóa: Phương pháp phá hủy; phương pháp không phá hủy; cường độ chịu nén; súng bật nảy; siêu âm.

ABSTRACT

The compressive strength of concrete can be determined in a number of ways, including by using a concrete test hammer, compressing and sampling concrete samples, drilling samples at the construction site, ultrasonic testing, and more. Each method has unique benefits and drawbacks. These methods need to be investigated and evaluated, including how to conduct experiments, usage standards, measuring results, etc., as practical use has shown a wide range of benefits and drawbacks. By comparing the compressive strength of this reinforced concrete structure using destructive and non-destructive methods, the authors of this study conducted experiments on reinforced concrete floors and beams. The results demonstrate that the compressive strength is more accurately calculated when the suggested destructive method is used.

Keywords: Destructive method; non-destructive method; compressive strength; concrete test hammer; ultrasonic testing.

1. GIỚI THIỆU

Bê tông là loại vật liệu được sử dụng rộng rãi trong xây dựng các công trình kiến trúc. Khi kết hợp với cốt thép, bê tông trở thành vật liệu chịu tải trọng chính của công trình. Dưới tác động của tải trọng công trình và các yếu tố khác như nhiệt độ, độ ẩm,... sức chịu tải của bê tông sẽ bị suy giảm. Hiện nay, nghiên cứu quá trình suy giảm sức chịu tải và dẫn đến sự phá hủy vật liệu bê tông ở trong phòng thí nghiệm chủ yếu bằng phương pháp truyền thống đó là thí nghiệm phá hủy trên các máy nén đơn trục. Trong những năm gần đây, xu thế áp dụng các phương pháp kiểm tra không phá hủy đang được phát triển mạnh mẽ. Trong nhóm các phương pháp thử nghiệm không phá hủy, phương pháp siêu âm kết hợp súng bật nảy ngày càng được sử dụng rộng rãi.

Trên thế giới đã có những nghiên cứu về cường độ chịu nén của bê tông như: đánh giá bê tông bị hư hỏng do cháy: Phân tích thử nghiệm dựa trên các phương pháp phá hủy và không phá hủy [1]. Thử nghiệm phá hủy và không phá hủy kết cấu bê tông [2]. So sánh cường độ nén của bê tông loại M30 với các quy trình phá hủy và không phá hủy bằng cách sử dụng kỹ thuật xử lý hình ảnh kỹ thuật số [3]. Chẩn đoán kết cấu của các tòa nhà BTCT hiện tại: Vai trò của các thử nghiệm không phá hủy trong trường hợp cường độ bê tông thấp [4].

Ở Việt Nam đã có những nghiên cứu về bê tông như: năm 2022, tác giả Lê Văn Mạnh "Nghiên cứu xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông tường chắn theo tiêu chuẩn EN 13791:2020"[5]. Năm 2022, tác giả Lê Thị Thanh Tâm và cộng sự "Nghiên cứu dự đoán cường độ chịu nén của bê tông bột hoạt tính bằng các phương pháp không phá hủy"[6]. Tuy nhiên vẫn chưa có nghiên cứu để đánh giá tương quan giữa các phương pháp thí nghiệm khi đánh giá cường độ chịu nén của bê tông.

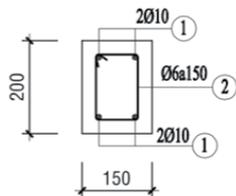
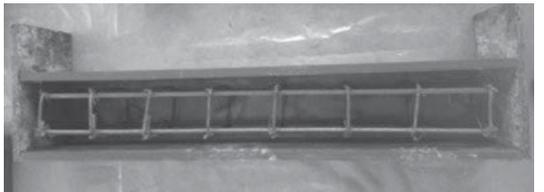
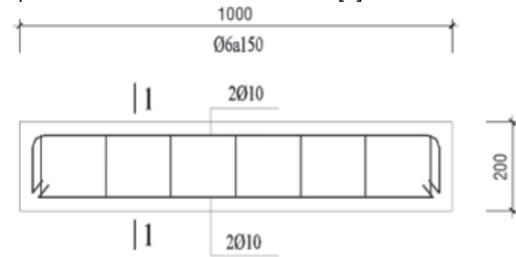
Trong bài báo này, các tác giả sử dụng phương pháp phá hủy và phương pháp không phá hủy trên các cấu kiện dầm, sàn và từ đó đánh giá kết quả nghiên cứu nhau.

2. NỘI DUNG

2.1. Mẫu thí nghiệm [7]

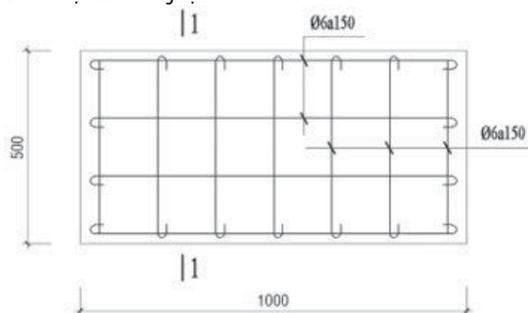
Đúc một cấu kiện dầm bê tông cốt thép cấp độ bền B10 có kích thước: 150×200×1000mm và 2 tổ mẫu lập phương (6 viên mẫu) từ hỗn hợp bê tông dầm. Đúc một cấu kiện sàn bê tông cốt thép cấp độ bền B7,5 có kích thước: 500×1000×100mm và 2 tổ mẫu lập phương (6 viên mẫu) từ hỗn hợp bê tông sàn. Bê tông sử dụng trong thí nghiệm gồm các thành phần sau: xi măng Hà Tiên

PCB40, cát tự nhiên, đá 1x2cm. Sử dụng cốt thép $\varnothing 10$ và $\varnothing 6$, thép Miền Nam, thép có thêm chảy dẻo tương đương nhóm thép CB300-V, CB240-T theo TCVN 5574:2018 [8]



Mặt cắt 1-1

Hình 1. Cấu tạo dầm thí nghiệm



Mặt cắt 1-1

Hình 2. Cấu tạo sàn thí nghiệm

Bảo dưỡng mẫu thí nghiệm (TCVN8828:2011) [9]: mẫu sau khi đổ phải được bảo dưỡng thường xuyên và liên tục. Các cấu kiện và mẫu lập phưng được đặt trong mái che, không tiếp xúc với ánh nắng và mưa.

2.2. Tiến hành thí nghiệm

2.2.1. Phương pháp phá hủy

a) Khoan mẫu trụ (TCVN12252:2020) [10]

Bước 1. Cố định máy khoan lấy mẫu bê tông

- Dùng máy khoan bê tông, khoan tạo lỗ trên mẫu thí nghiệm để bắt tắt kê sắt cố định máy khoan lấy mẫu bê tông.
- Quá trình cố định máy khoan lấy mẫu bê tông phải đảm bảo chắc chắn, máy không dịch chuyển trong quá trình khoan.

Bước 2. Khoan lấy mẫu bê tông

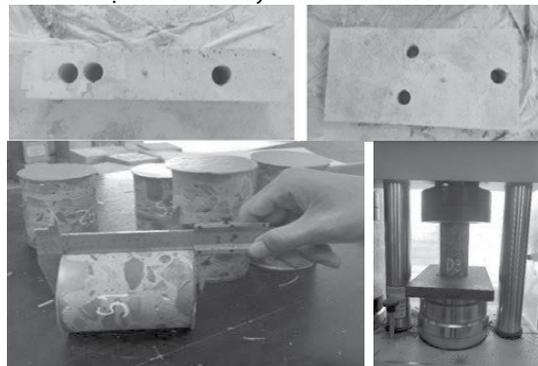
- Gắn dây dẫn nước vào van tiếp nước có trên động cơ khoan.
- Kiểm tra nguồn điện, dây điện và ổ cắm đảm bảo kết nối tốt.
- Bật công tắc nguồn và tiến hành khoan ở những vị trí đã đánh dấu sẵn. Khi thao tác khoan không được ép quá mức để dẫn đến cháy động cơ, với chu kỳ khoan sâu khoảng 5cm thì rút nhẹ mũi khoan lên để loại bỏ mạt khoan rồi lại tiếp tục khoan.

Bước 3. Cắt tía mẫu bê tông, làm phẳng hai mặt mẫu khoan

- Sau khi khoan lấy các mẫu bê tông ta tiến hành cắt tía hai đầu mẫu khoan bằng máy cắt bê tông.
- Sau đó dùng keo khoan cấy Sikadur 731 bôi vào hai đầu mẫu khoan để tạo độ phẳng cho hai tiếp xúc với máy nén

Bước 4. Tiến hành nén mẫu khoan

- Trước khi nén cần đo kích thước mẫu khoan: đường kính, chiều cao mẫu
- Kiểm tra đánh dấu các mẫu khoan có cốt thép, xác định khoảng cách từ tâm cốt thép đến mặt gần nhất của mẫu khoan.
- Tiến hành đặt mẫu vào máy nén và nén mẫu





Hình 3. Quá trình nén mẫu khoan và kết quả

b) Nén mẫu lập phương (TCVN3118:2022)[11]

- Đặt các viên mẫu vào máy nén theo từng tổ mẫu và tiến hành nén.



Hình 4. Quy trình nén mẫu bê tông

- Sau khi nén trên màn hình máy thể hiện lực phá hoại và cường độ của mẫu.

2.2.2. Phương pháp không phá hủy

a) PP Siêu âm (TCVN13537:2022) [12]

Bước 1. Đo, kiểm tra lại kích thước mẫu.

- Tiến hành đo 4 vị trí khác nhau ở sàn, chiều dày lần lượt ở 4 vị trí là: 100mm, 99mm, 101mm, 100mm.

- Tiến hành đo bề rộng mẫu dầm thí nghiệm ở 3 vị trí có kích thước lần lượt là: 155mm, 164mm, 155mm.

Bước 2. Chuẩn bị máy siêu âm.

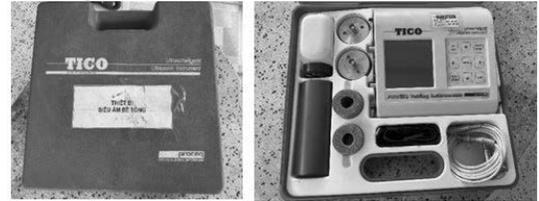
- Gắn hai đầu dò vào máy siêu âm sau đó mở máy lên và điều chỉnh chiều dài L theo kích thước đã đo trước đó.

Bước 3. Tiến hành đo siêu âm.

- Tiến hành siêu âm 12 vị trí ở mẫu sàn và 4 điểm ở mẫu dầm theo trình tự sau:

- Thoa đều một lớp gel vào hai mặt của đầu dò

- Đặt hai đầu dò vào hai mặt của mẫu thí nghiệm tại vị trí cần đo, bề mặt mẫu thí nghiệm phải phẳng, không lồi lõm và đảm bảo hai đầu dò không lệch với nhau.



Hình 5. Máy siêu âm bê tông TICCO

b) Súng bột nảy (TCVN 9334:2012) [13]

Bước 1. Định vị các điểm xác định cường độ bê tông, Xác định các vị trí sao cho trùng với những vị trí siêu âm trước đó.

Bước 2. Chuẩn bị súng bột nảy

Bước 3. Tiến hành đo

- Lấy súng bột nảy bê tông ra và nhẹ nhàng đặt đầu piston vào một bề mặt đủ cứng rồi nhấn piston vào trong, khi đó piston sẽ được giải phóng khỏi chốt giữ và đẩy ra, sau đó nhả piston ra một cách từ từ

- Đọc và ghi lại trị số (n) trên súng.

- Tiếp tục đo các vị trí tiếp theo.



Hình 6. Súng bột nảy

2.3. Kết quả thí nghiệm

2.3.1. Phương pháp không phá hủy

Kết quả tính toán cường độ chịu nén bằng phương pháp súng bột nảy kết hợp với siêu âm:

Kí hiệu cấu kiện kiểm tra	Thứ tự điểm kiểm tra	Kết quả siêu âm			Kết quả đo bằng	R ₀ MPa	R _i MPa
		l _i mm	t _i μs	v _i m/s			
Sàn thí nghiệm	1	100	28,7	3490	23	9,48	8,34
	2	100	28,2	3550	21	9,10	8,01
	3	100	29,2	3420	25	9,64	8,48
	4	100	27,9	3580	20	9,02	7,94
	5	100	29,3	3410	22	7,64	6,72
	6	100	28,8	3470	22	8,48	7,46
	7	100	29,2	3420	24	8,88	7,81
	8	100	29,9	3340	26	8,76	7,71
Dầm thí nghiệm	1	158	43,4	3640	27	13,92	13,10
	2	158	44,6	3540	28	12,50	11,77
	3	158	44,5	3550	29	13,00	12,24
	4	158	43,5	3630	27	13,74	12,93

Cường độ chịu nén trung bình bằng phương pháp súng bật nảy kết hợp với siêu âm:

Tên cấu kiện	R_{tb} (MPa)
Sàn thí nghiệm	7,81
Dầm thí nghiệm	12,51

2.3.2. Phương pháp phá hủy

Kết quả tính toán cường độ chịu nén bằng phương pháp khoan lấy mẫu:

TT	KH mẫu	Kích thước mẫu khoan		Thông số cốt thép trong mẫu khoan		Phương khoan mẫu	Diện tích chịu lực	Lực phá hoại	Cường độ mẫu khoan	Cường độ mẫu khoan			
		Đường kính d_{mk}	Chiều cao h	d_{t1}	a_1					Tỷ lệ h/d_{mk}	HS phương khoan	Hs cốt thép	R_{ht}
		mm	mm	mm	mm								N/mm ²
1	S1	68	86	6	21	SS	3629,84	29860	8,23	1,3	2,3	1,032	8,61
2	S2	68	87	6	22	SS	3629,84	31690	8,73	1,3	2,3	1,033	9,14
3	S3	67,5	90,5			SS	3576,66	29137	8,15	1,3	2,3	1,000	8,26
4	D1	67,5	126	6	26,5	VG	3576,66	36610	10,24	1,9	2,5	1,028	12,98
5	D2	68	121	6	32	VG	3629,84	32933	9,07	1,8	2,5	1,035	11,42
6	D3	67,5	122,5			VG	3576,66	41053	11,48	1,8	2,5	1,000	13,96

Đánh giá cường độ bê tông qua phương pháp khoan lấy mẫu:

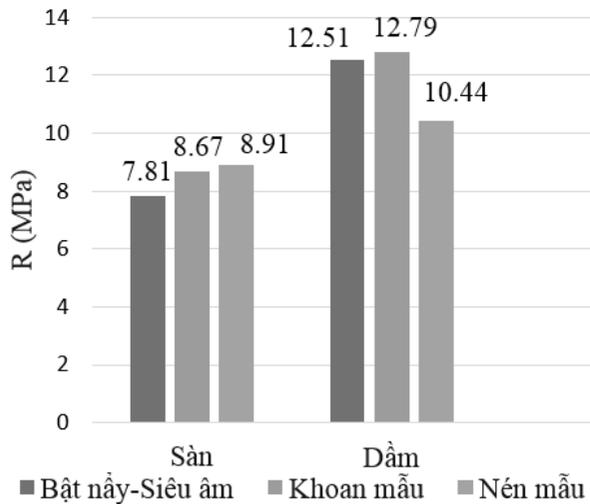
Đánh giá kết quả thí nghiệm		Sàn		Dầm	
Cường độ mẫu khoan trung bình	R_{ht}	8,67	N/mm ²	12,79	N/mm ²
	R_{min}	8,26	N/mm ²	11,42	N/mm ²
$R_{yc} = M(1-1,64v)$					
Với $v = 0,135$					
Thiết kế sàn B7,5; Dầm B10	R_{yc}	9,63	N/mm ²	12,84	N/mm ²
	$0,9R_{yc}$	8,67	N/mm ²	11,56	N/mm ²
	$0,75R_{yc}$	7,22	N/mm ²	9,63	N/mm ²
Kết luận		Đạt		Đạt	

Kết quả tính toán cường độ chịu nén bằng phương pháp nén mẫu lập phương:

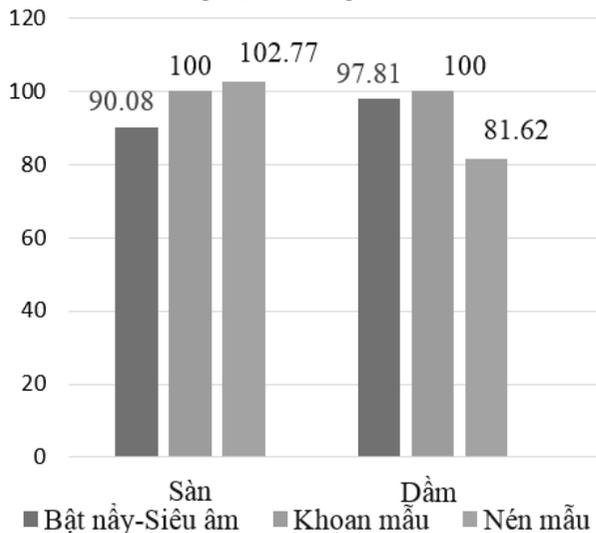
Tên cấu kiện	Tổ mẫu	Kí hiệu mẫu	Lực phá hoại	Cường độ mẫu MPa	Kiểm tra <15%		Cường độ trung bình tổ mẫu MPa	Cường độ trung bình của cấu kiện thí nghiệm MPa
Sàn thí nghiệm	S1	1	208	9,25	Mẫu TB	Thỏa	9,11	8,91
		2	195	8,7	5,9%			
		3	211	9,39	1,5%			
	S2	1	216	9,61	9,8%	Thỏa	8,7	
		2	197	8,75	Mẫu TB			
		3	174	7,74	11,5%			
Dầm thí nghiệm	D1	1	234	10,41	2,1%	Thỏa	10,00	10,44
		2	230	1,2	Mẫu TB			
		3	212	9,4	7,8%			
	D2	1	255	11,3	5,2%	Thỏa	10,88	
		2	238	10,6	1,3%			
		3	242	10,74	Mẫu TB			

3. NHẬN XÉT

Kết quả tính toán cường độ bê tông qua các phương pháp:
Biểu đồ cường độ chịu nén trung bình:



Hình 7. Biểu đồ cường độ chịu nén trung bình
Biểu đồ so sánh cường độ chịu nén trung bình:



Hình 8. Biểu đồ so sánh cường độ chịu nén

Dựa vào các biểu đồ hình 7; hình 8, nhận thấy:

1. Phương pháp khoan mẫu trụ có: cường độ $R=8,67$ MPa với mẫu sàn thí nghiệm; $R=12,79$ MPa với mẫu dầm thí nghiệm. Đạt tỉ lệ 100% so với cường độ bê tông thiết kế sơ bộ ban đầu.

Phương pháp nén mẫu lập phương có: cường độ $R=8,91$ MPa với mẫu sàn thí nghiệm. Đạt tỉ lệ 102,77% so với cường độ bê tông thiết kế sơ bộ ban đầu; $R=10,44$ MPa với mẫu dầm thí nghiệm. Đạt tỉ lệ 81,62% so với cường độ bê tông thiết kế sơ bộ ban đầu.

Đối với phương pháp súng bật nảy kết hợp siêu âm có: cường độ $R=7,81$ MPa với mẫu sàn thí nghiệm; $R=12,51$ MPa với mẫu dầm thí nghiệm. Đạt tỉ lệ dưới 100% so với cường độ bê tông thiết kế sơ bộ ban đầu.

Qua các kết quả trên nhận thấy: Xác định cường độ chịu nén của bê tông bằng phương pháp khoan mẫu trụ (lấy mẫu hiện trường) là phương pháp chính xác hơn các phương pháp khác, do mẫu nén thí nghiệm được lấy từ chính cấu kiện cần kiểm tra nên phương pháp này sẽ cho kết quả chính xác nhất.

2. Các phương pháp đánh giá cường độ chịu nén bê tông đạt kết quả: từ 81,62% đến 100% so với thiết kế cường độ ban đầu với

mẫu dầm thí nghiệm và từ 90,08% đến 102,77% so với thiết kế cường độ ban đầu với mẫu sàn thí nghiệm. Từ đó nhận thấy cả ba phương pháp đánh giá cường độ bê tông sẽ không có sự chênh lệch quá lớn.

Nhận xét chung: Khi sử dụng phương pháp phá hủy (nén mẫu lập phương ở sàn thí nghiệm và khoan mẫu trụ ở dầm thí nghiệm) sẽ cho kết quả chính xác hơn so với phương pháp không phá hủy (súng bật nảy kết hợp với siêu âm).

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả và một số nhận xét sau khi so sánh các kết quả thí nghiệm. Các dữ liệu thí nghiệm để đánh giá cường độ chịu nén khi sử dụng hai phương pháp trên đã được thảo luận trong bài báo này. Kết quả thực nghiệm cũng đã chỉ ra phương pháp phá hủy sẽ chính xác hơn so với phương pháp không phá hủy. Vì vậy khi đánh giá cường độ chịu nén bê tông trong kết cấu dầm chịu uốn bê tông cốt thép khuyến cáo nên sử dụng phương pháp phá hủy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Park, G.K., Yim, H.J. "Evaluation of Fire-Damaged Concrete: An Experimental Analysis based on Destructive and Nondestructive Methods". *Int J Concr Struct Mater*, 11, 447-457, 2017. DOI: 10.1007/s40069-017-0211-x
- M. Jedidi and M. Kaouther, "Destructive and non-destructive testing of Concrete structures". *Jordan Journal of Civil Engineering*, 8, pp. 432-441, 2015.
- Mahankali, S., Valikala, G. "Comparison of Compressive Strength of M30 Grade Concrete with Destructive and Nondestructive Procedures Using Digital Image Processing as a technique". *Advances in Civil Engineering*, 4649660, 2022. DOI: 10.1155/2022/4649660
- Santini, S.; Forte, A.; Sguerri, L. "The Structural Diagnosis of Existing RC Buildings: The Role of Nondestructive Tests in the case of low concrete strength". *Infrastructures*, 2020, 5. DOI: 10.3390/infrastructures5110100.
- Lê Văn Mạnh, "Nghiên cứu xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông tường chắn theo tiêu chuẩn EN 13791:2020", *Tạp chí Khoa học Kiến trúc-Xây dựng*, số 45, tr.70-74, 2022.
- L.T.T. Tâm, N.V. Dũng và P.H. Khải, "Nghiên cứu dự đoán cường độ chịu nén của bê tông bột hoạt tính bằng các phương pháp không phá hủy", *Tạp chí khoa học - Trường Đại học Hồng Đức*, số 61, tr.119-127, 2022.
- Võ Trương Hoàng Sang và cộng sự, "Đánh giá sự tương quan cường độ chịu nén của bê tông bằng phương pháp phá hủy và phương pháp không phá hủy", *đề tài NCKH SV 2022-2023, Trường ĐHXD Miền Tây*, 2023.
- TCVN 5574:2018 "Kết cấu bê tông và BTCT-Tiêu chuẩn thiết kế" Tiêu chuẩn Việt Nam, 2018.
- TCVN 8828:2011, "Bê tông-yêu cầu dưỡng ẩm tự nhiên", Tiêu chuẩn Việt Nam, 2011.
- TCVN 12252:2020, "Bê tông -pp xác định cường độ bê tông trên mẫu lấy từ kết cấu", Tiêu chuẩn Việt Nam, 2020.
- TCVN 3118:2022, "Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén", Tiêu chuẩn Việt Nam, 2022.
- TCVN 13537:2022, "Bê tông-Phương pháp siêu âm xác định khuyết tật", Tiêu chuẩn Việt Nam, 2022.
- TCVN 9334:2012, "Bê tông nặng-Phương pháp xác định cường độ nén bằng súng bật nảy", Tiêu chuẩn Việt Nam, 2012.