

## 論文 Article

省力化を目的としたコンクリートの圧縮強度試験用  
供試体の小型化に関する研究

原稿受付 2023年7月26日

ものづくり大学紀要 第13号 (2023) 25~30

澤本武博\*1, 立屋敷久志\*2, 地頭菌博\*2

\*1 ものづくり大学 技能工学学部 建設学科

\*2 ダイヤリフォーム株式会社

**概要** 本研究では、コンクリートの圧縮強度試験の合理化および省力化を目的として、 $\phi 75\text{mm}$ の円柱供試体の圧縮強度、圧縮強度の変動係数および見掛け密度について検討した。その結果、 $\phi 75\text{mm}$ 供試体の変動係数は若干大きくなるものの、 $\phi 100\text{mm}$ 供試体と $\phi 75\text{mm}$ 供試体の圧縮強度および見掛け密度は同程度となり、 $\phi 75\text{mm}$ 供試体を管理用供試体として活用できると考えられる。

**キーワード** : コンクリート,  $\phi 75\text{mm}$  供試体, 圧縮強度, 変動係数, 養生

A Study on Miniaturization of Specimen for Compressive strength Test of Concrete  
for Labor Saving

Takehiro SAWAMOTO\*1, Hisashi TATEYASHIKI\*2 and Hiroshi JITOSONO\*2

\*1 Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists

\*2 DIAREFORM Co. Ltd.

**Abstract** This report investigates the differences in compressive strength, coefficient of variation of it, and apparent density between cylindrical specimens of  $\phi 75\text{mm}$  and  $\phi 100\text{mm}$  for the purpose of miniaturization of concrete compressive strength specimens. As a result, although the coefficient of variation of the  $\phi 75\text{mm}$  specimen was slightly larger, it was found that the compressive strength and apparent density were equivalent to those of the  $\phi 100\text{mm}$ . Therefore, it is considered possible to use the  $\phi 75\text{mm}$  specimen as an experimental specimen for evaluating the structural strength of concrete.

**Key Words** : concrete,  $\phi 75\text{mm}$  specimen, compressive strength, coefficient of variation, curing

## 1. はじめに

コンクリートの圧縮強度試験に用いる供試体は、JIS A 1132 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に規定されており、供試体は直径の2倍の高さをもつ円柱形で、その直径は粗骨材最大寸法の3倍以上かつ100mm以上と定められている。そのため、粗骨材最大寸法が20mmあるいは25mmの場合、粗骨材最大寸法の3倍は60mmあるいは75mmであるが、 $\phi 100\text{mm}$ の供試

体を使用しなければならない。

$\phi 100\text{mm}$  供試体は、1本の質量が約3.6kg、体積が約 $1570\text{cm}^3$ であるため、 $\phi 75\text{mm}$  供試体が使用できれば、質量が約1.5kg、体積が約 $660\text{cm}^3$ と6割程度減となる。そして、従来の $\phi 100\text{mm}$ の供試体と比べて、作業性の向上、保管時におけるスペースの削減および圧縮強度試験後に発生する産業廃棄物の削減につながる。また、供試体の断面積が小さくなるため、最大容量1000kNの耐圧試験機で高強度領域のコンクリートの圧縮強度試験が

可能になる。

一方、供試体の形状が相似であれば、寸法が小さくなるほど弱い欠陥をもった要素が介入する確率が小さくなることにより、強度が高くなるのが一般的な性質である<sup>1)</sup>。しかし、直径が 150mm と 100mm の供試体のように寸法が比較的近い場合には、圧縮強度は同程度であるとされている<sup>2)</sup>。

筆者らは、コンクリートの圧縮強度試験の合理化および省力化を目的として、JIS A 1132 に規定されている供試体の直径は粗骨材最大寸法の 3 倍以上という条件を重視し、供試体の小型化を提案するために、 $\phi 75\text{mm}$  の円柱供試体がコンクリート圧縮強度試験用供試体として活用できる可能性を評価する一連の研究を行っている<sup>3),4),5),6)</sup>。

本報では、既往の研究成果をまとめるとともに、 $\phi 75\text{mm}$  および  $\phi 100\text{mm}$  の円柱供試体の圧縮強度、圧縮強度の変動係数および見掛け密度について比較検討した。

## 2. 供試体寸法の変遷および $\phi 75\text{mm}$ 供試体の既往の研究

### 2.1 コンクリートの圧縮強度試験に用いる供試体寸法の変遷

コンクリートの圧縮強度試験体の寸法は、1950 年に制定された JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」では  $\phi 15 \times 30\text{cm}$  であったが、国内外の調査結果を反映させて 1963 年の JIS A 1132 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」制定時に  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  が規定されていた。その経緯については定かではないが、杉木<sup>7)</sup>や笠井<sup>8)</sup>によれば、従来から  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  の供試体が使用されていたこと、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$  と  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  での圧縮強度試験の結果に差異は少ないことを論じた研究内容が根拠の一つになっていると推察できる。

その後、供試体寸法に  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  が明記されたのは 1989 年の JIS A 5308 「レディーミクストコンクリート」の改正時であり、その背景には、砂利から碎石へ移行に伴い粗骨材最大寸法の小径化の実態、さらに全国生コンクリート工業組合連合会「新技術開発研究専門委員会」の試験結果<sup>9)</sup>が根

拠の一つになったと考えられる。

### 2.2 供試体の締固めの影響

突き棒の直径を現行の JIS の 16mm と、その半分程度の 9mm の突き棒を用いて実験を行った結果、圧縮強度に及ぼす影響は見受けられなかった。直径 9mm では突きづらいため、直径 16mm の突き棒を用いる方がよい。突き棒を用いずにジッキングのみで締め固めると、締固めが不十分になり、供試体に欠陥ができる場合があった<sup>3),4)</sup>。

### 2.3 型枠の種類の影響

JIS に規定されている鋼製型枠と軽量型枠（プラスチック製）を用いて実験を行った結果、型枠の種類が圧縮強度に及ぼす影響は見受けられなかった<sup>3),4)</sup>。

### 2.4 圧縮強度および変動係数

圧縮強度が  $20 \sim 50\text{N/mm}^2$  の範囲において、 $\phi 75\text{mm}$  供試体と  $\phi 100\text{mm}$  供試体には強い相関関係がある<sup>5),6)</sup>。また、30 本の供試体で実験を行った結果、 $\phi 75\text{mm}$  供試体の変動係数は 5~7%程度で、 $\phi 100\text{mm}$  供試体に比べて 1~2%程度大きくなる傾向にあった。そのため、載荷時の偏心が生じないように配慮する必要がある<sup>6)</sup>。

## 3. 実験概要

### 3.1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントには普通ポルトランドセメント (N) または高炉セメント B 種 (BB) を使用し、細骨材には栃木県栃木市尻内町産砂 (表乾密度  $2.61\text{g/cm}^3$ )、粗骨材には栃木県栃木市尻内町産碎石 (表乾密度  $2.64\text{g/cm}^3$ ) または栃木県佐野市会沢町産石灰石 (表乾密度  $2.70\text{g/cm}^3$ ) を用いた。混和剤には、AE 減水剤または高性能 AE 減水剤を用いた。

コンクリートの配合を表 1 に示す。N は呼び強度 27, 36, 45 および 60, BB は呼び強度 27 および 36 とし、粗骨材最大寸法が 20mm のレディーミクストコンクリートを使用した。

### 3.2 供試体の作製

$\phi 100\text{mm}$  供試体の型枠は JIS A 5308 「レディーミクストコンクリート」附属書 E (規定) 軽量型

Table 1 Mix proportions of concrete

種類	呼び強度	セメントの種類	W/C (%)	スランブスランブフロー* (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	単位量					試験結果		
						W	C	S	G	Ad	スランブスランブフロー* (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
27N	27	N	53.5	12	20	168	315	804	1001	3.780	12.0	4.7	24.1
36N	36	N	45.0	12	20	175	389	720	1006	4.668	10.5	4.8	32.0
45N	45	N	37.0	18	20	170	460	762	916	4.600	19.0	5.1	29.2
60N	60	N	31.0	60*	20	170	549	773	851	7.686	51.0*	3.3	22.6
27BB	27	BB	51.5	12	20	166	323	791	1003	3.786	13.5	4.6	22.7
36BB	36	BB	44.0	12	20	174	396	705	1006	4.752	14.0	3.3	29.0



Fig.1 Photographs of Experiment

枠に規定されている条件を満たしたプラスチック製の軽量型枠を使用し、 $\phi 75\text{mm}$  供試体には同様の型枠が小型化されたものを使用した。今回の実験で使用した  $\phi 100\text{mm}$  供試体と  $\phi 75\text{mm}$  供試体の型枠を図 1(a)に示す。 $\phi 100\text{mm}$  供試体は JIS A 1132 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じて作製し、 $\phi 75\text{mm}$  供試体も現行の JIS と同様に、 $\phi 16\text{mm}$  の突き棒を用いて  $10\text{cm}^2$  に 1 回の割合で 2 層に分けて突き（1 層当り  $\phi 100\text{mm}$  供試体は 8 回、 $\phi 75\text{mm}$  供試体は 5 回突き棒で突く）、木槌で締め固めた。 $\phi 75\text{mm}$  供試体の作製の様子を図 1(b)~(d)に示す。

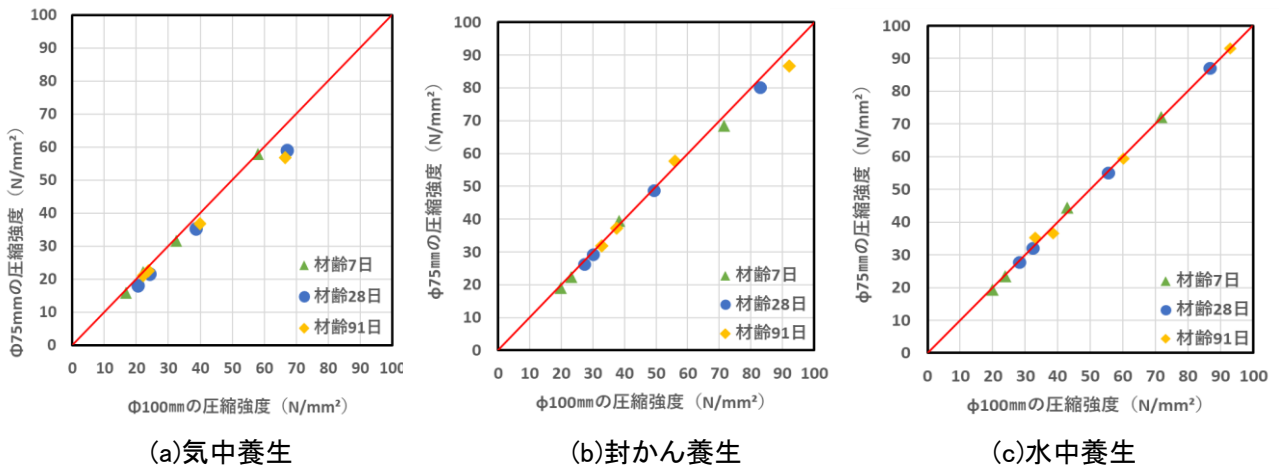
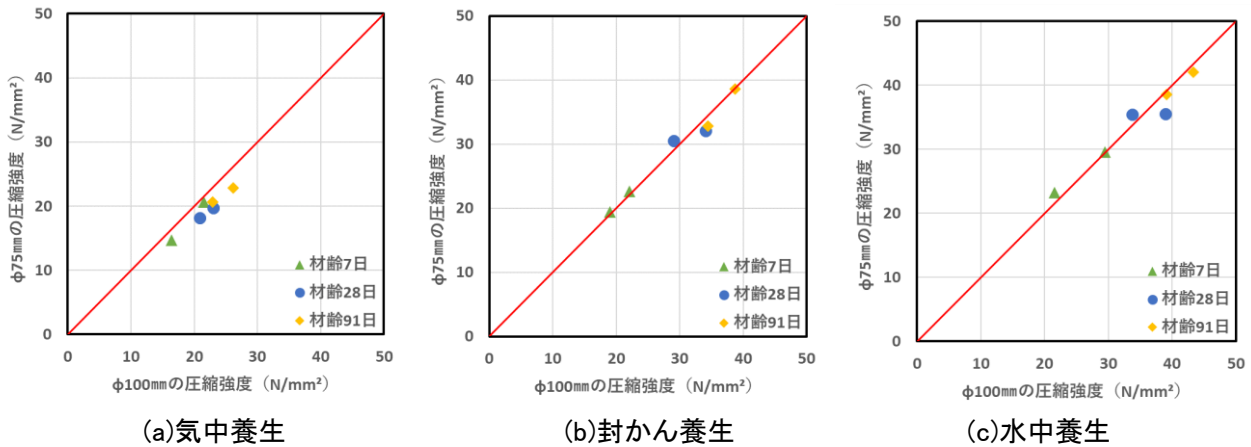
### 3.3 養生方法

供試体は打込み後 24~48 時間で脱型し、材齢 7 日、28 日および 91 日まで養生を行った。温度  $20^\circ\text{C}$ 、湿度 60% の環境を保持できる恒温恒湿室内において、気中養生を行う供試体および型枠を存置し

たままに封かん養生を行う供試体を、それぞれ所定の材齢まで保管した。また、水温を  $20^\circ\text{C}$  に保つことのできるコンクリート養生水槽内でそれぞれ所定の材齢まで水中養生を行った。供試体の養生の様子を図 1(e)~(g)に示す。

### 3.4 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠したアムスラー式圧縮試験機を用いて行った。 $\phi 75\text{mm}$  供試体の打込み面の研磨、直径、高さおよび質量の測定は  $\phi 100\text{mm}$  供試体と同様の方法で行った。供試体はコンクリートの品質管理の観点から管理強度となる N の材齢 28 日、そして長期において強さを発現する材料特性を考慮した BB の材齢 91 日を 9 本ずつ、それ以外の材齢では、3 本ずつ圧縮強度試験を行い、その平均値を圧縮強度とした。また、 $\phi 100\text{mm}$  供試体を小型化した  $\phi 75\text{mm}$  供試体の圧縮強度のば

Fig.2 Relation between compressive strength of  $\phi 100\text{mm}$  and  $\phi 75\text{mm}$  specimens (N)Fig.3 Relation between compressive strength of  $\phi 100\text{mm}$  and  $\phi 75\text{mm}$  specimens (BB)

らつきを表す変動係数および供試体の見掛け密度に及ぼす影響を検討した。圧縮強度試験の様子を図 1(h)に示す。変動係数はそれぞれの養生条件の供試体 9 本 (N は材齢 28 日, BB は材齢 91 日) からばらつきの度合いを表す標準偏差を不偏分散で算出し、その数値を圧縮強度の平均値で除した値の百分率とした。見掛け密度は、供試体研磨後の直径、高さおよび質量の測定結果から算出し、それぞれの養生条件の供試体 9 本の平均値とした。

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 圧縮強度

#### (1) 気中養生を行った場合

気中養生における  $\phi 100\text{mm}$  供試体と  $\phi 75\text{mm}$  供試体の圧縮強度の関係を、それぞれ図 2 (a)および図 3(a)に示す。図中の実線は、 $45^\circ$ のラインを示し、

そのライン付近であれば、 $\phi 100\text{mm}$  供試体と  $\phi 75\text{mm}$  供試体の圧縮強度が同程度であることを表している。気中養生では、N および BB ともに  $\phi 100\text{mm}$  供試体に比べて  $\phi 75\text{mm}$  供試体の圧縮強度は小さくなる傾向にあった。これは、供試体の寸法が小さいほど、コンクリートの内部まで乾燥して、強度発現が抑制されるためと考えられる。特に、単位セメント量の多い呼び強度 60 の高強度コンクリート、強度発現が緩やかな BB において乾燥の影響が大きく現れた。

#### (2) 封かん養生を行った場合

封かん養生における  $\phi 100\text{mm}$  供試体と  $\phi 75\text{mm}$  供試体の圧縮強度の関係を、それぞれ図 2(b)および図 3(b)に示す。封かん養生では、型枠の存置により供試体の水分の移動が抑制されたため、 $\phi 100\text{mm}$  供試体と  $\phi 75\text{mm}$  供試体の圧縮強度は同程度となり、N および BB ともに寸法の影響はほ



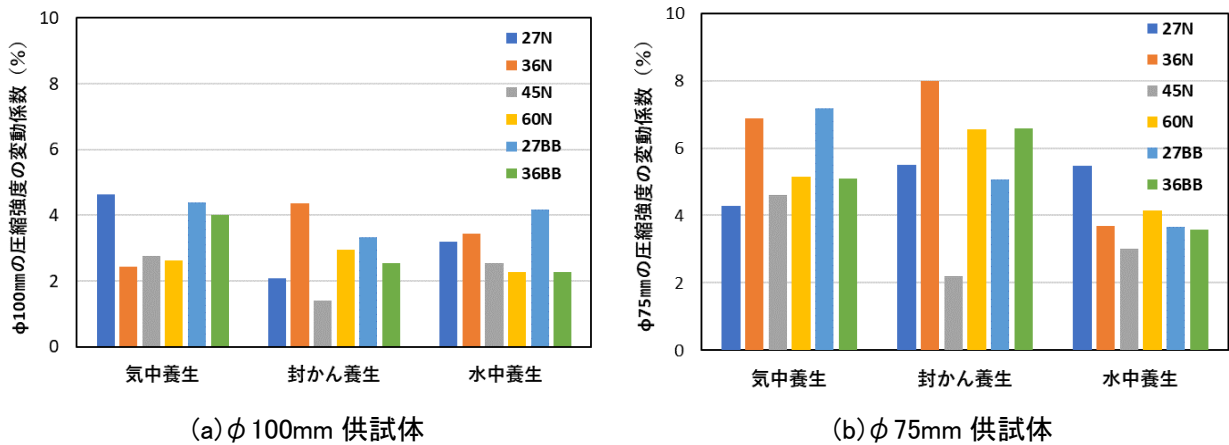


Fig.4 Coefficient of variation of φ100mm and φ75mm specimens

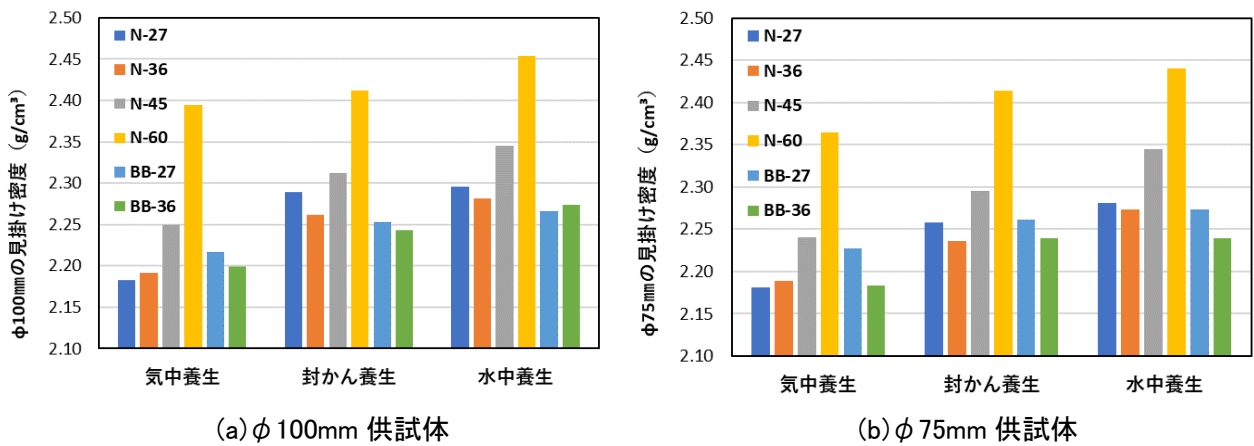


Fig.5 Density of φ100mm and φ75mm specimens

とんど見受けられなかった。

### (3) 水中養生を行った場合

水中養生における φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の圧縮強度の関係を、それぞれ図 2(c)および図 3(c) に示す。水中養生では、絶えず水分が供給されるため、封かん養生を行った場合より圧縮強度は大きくなった。そして、φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の圧縮強度は同程度であり、100N/mm<sup>2</sup>程度の高強度領域においても供試体寸法の差は見受けられなかった。

## 4.2 圧縮強度の変動係数

φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の圧縮強度の変動係数を、それぞれ図 4(a)および図 4(b) に示す。変動係数は、φ100mm 供試体が 2~5%程度に対して、φ75mm 供試体は 3~8%程度と若干大きくなる傾向にあった。

また、φ75mm 供試体の養生条件の違いにおける変動係数は、供試体に絶えず水分供給を行う水中

養生は 4%程度で、気中養生および封かん養生を行った場合より安定している。これは、外部から水分が十分に供給されたことにより硬化後のコンクリートの品質が安定したことによると考えられる。そして、円柱供試体の変動係数は一般的に 8%程度といわれているため(2022 年度 12 月期埼玉県生コンクリート品質管理監査会議資料では 7.6%)、φ75mm 供試体は、標準水中養生を行う管理用供試体および現場封かん養生供試体として活用できると考えられる。

## 4.3 見掛け密度

φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の見掛け密度を、それぞれ図 5(a)および図 5(b) に示す。見掛け密度は、気中養生、封かん養生、水中養生の順で大きくなっている。これは、養生中における水の供給量の序列に沿っており、コンクリートの含水率および強度発現の影響であると考えられる。また、単位セメント量の多い配合ほど、供試体の

見掛け密度は大きくなる傾向にあった。

φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の見掛け密度の差は小さく、供試体寸法が見掛け密度に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。すなわち、φ75mm 型枠であっても、十分にコンクリートが充填しているといえる。

## 5. まとめ

普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種の 2 種類のセメントを用い、呼び強度 27～60 のコンクリートについて、φ75mm 供試体と従来の φ100mm 供試体の圧縮強度、圧縮強度の変動係数および見掛け密度を比較検討した結果、以下の(1)～(5)が明らかになった。

- (1) 気中養生を行った場合、乾燥の影響により φ75mm 供試体の方が φ100mm 供試体に比べて、圧縮強度は小さくなった。
- (2) 封かん養生および水中養生を行った場合、20～100N/mm<sup>2</sup> の範囲内で、φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の圧縮強度は同程度となった。
- (3) 今回の実験において、圧縮強度の変動係数は、φ100mm 供試体よりも φ75mm 供試体が若干大きくなる傾向にあった。しかし、φ75mm 供試体の変動係数は 3～8%程度で、現行のレディーミクストコンクリート工場での実績の範囲内であった。
- (4) φ100mm 供試体と φ75mm 供試体の見掛け密度の差は小さく、供試体寸法が見掛け密度に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。
- (5) φ75mm 供試体は、標準水中養生を行う管理用供試体および現場封かん養生供試体として活用できると考えられる。

今後、レディーミクストコンクリート工場の協

力のもとデータを蓄積し、粗骨材最大寸法 25mm についても実験を行っていく予定である。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、近未来コンクリート研究会の十河茂幸氏、広島工業大学の竹田宣典教授、一般財団法人建材試験センターの中村則清氏、若林和義氏に多大なる御協力を賜りました。また、多くの実験をものづくり大学澤本研究室の学生が行いました。ここに記して深謝いたします。

## 文 献

- 1) 西林新蔵ほか編：コンクリート工学ハンドブック，朝倉書店，pp.367-368，2009
- 2) 日本コンクリート工学協会：コンクリート 便覧，技報堂出版，p.230，1996
- 3) 中村則清，若林和義，坂本大河，澤本武博：φ75mm コンクリート圧縮強度用供試体の作製方法に関する実験研究（その 1 見掛け密度の検討），日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.341-342，2019.9
- 4) 若林和義，中村則清，坂本大河，澤本武博：φ75mm コンクリート圧縮強度用供試体の作製方法に関する実験研究（その 2 圧縮強度の検討），日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.343-344，2019.9
- 5) 坂本大河，澤本武博，中村則清，若林和義：φ75 mm 供試体を用いたコンクリートの圧縮強度に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.319-320，2019.9
- 6) 竹田宣典，十河茂幸：供試体の直径を 75mm とした場合の圧縮強度に関する検討，土木学会令和元年度全国大会概要集，V-572，2019.9
- 7) 杉木六郎ら：供試体の大きさとコンクリートの圧縮強度，セメントコンクリート，4，1963
- 8) 笠井芳夫：供試体寸法とコンクリートの圧縮強度ならびに強度のバラツキとの関係，日本建築学会論文集第 100 号，pp.1-12，1964.7
- 9) 全国生コンクリート工業組合連合会 技術公害委員会 新技術開発研究専門委員会：圧縮強度試験用の供試体作製作業における合理化，No5，1986