

論文 Article

φ75mm 供試体を用いたコンクリートの圧縮強度に関する研究

原稿受付 2019 年 6 月 25 日

ものづくり大学紀要 第 9 号 (2019) 18~23

坂本大河^{*1}, 澤本武博^{*2}, 地頭菌博^{*3}, 中村則清^{*4}, 若林和義^{*4}, 十河茂幸^{*5}, 竹田宣典^{*5}^{*1}ものづくり大学大学院 ものづくり研究科^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3}ダイヤリフォーム株式会社^{*4}建材試験センター 中央試験所^{*5}近未来コンクリート研究会

A Study on Compressive Strength of Concrete with φ 75mm Specimen

Taiga SAKAMOTO^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*2}, Hiroshi JITOSONO^{*3},
Norikiyo NAKAMURA^{*4}, Kazuyoshi WAKABAYASHI^{*4}, Shigeyuki SOGO^{*5} and Nobufumi TAKEDA^{*5}^{*1} Graduate School of Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*3} DIAREFORM Co., Ltd.^{*4} Japan Testing Center for Construction Materials (JTCCM), Central Test Laboratory^{*5} Near Future Concrete Association

Abstract

In this study, for the purpose of rationalization and labor saving of compressive strength test of concrete, we suggest φ 75 mm specimen. So, it was examined whether cylindrical specimen of φ 75 mm can be used as a specimen for concrete compressive strength test, and compared with φ 100 mm specimen. As a result, the compressive strength of φ 75 mm specimen was about the same strength as the φ 100 mm specimen, when the sealed curing and the underwater curing were carried out. The coefficient of variation of φ 75 mm specimen was about 5%. Therefore, it is considered that φ 75 mm specimen can be used as management specimen for standard underwater curing and on-site sealed curing specimen.

Key Words : Concrete, Specimen size, 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 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¹⁾。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、φ 100mm の供試体を使

用しなければならない。しかし、φ 100mm 供試体は、1 本の質量が約 3.6kg、体積が約 1570cm³ であるため、φ 75mm 供試体が使用できれば、質量が約 1.5kg、体積が約 660cm³ と約 6 割減となる。そのため、従来の φ 100mm 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。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

Table 1 Mix proportions of concrete

Sign	Cement	W/C (%)	Slump (cm)	Gmax (mm)	Unit content(kg/m ³)					Test results		
					W	C	S	G	Ad	Slump (cm)	Air (%)	Temperature (°C)
N-1	N	53.5	12	20	168	315	804	1001	3.780	12.0	4.7	24.1
N-2	N	45.0	12	20	175	389	720	1006	4.668	10.5	4.8	32.0
BB-1	BB	51.5	12	20	166	323	791	1003	3.786	13.5	4.6	22.7
BB-2	BB	44.0	12	20	174	396	705	1006	4.752	14.0	3.3	29.0

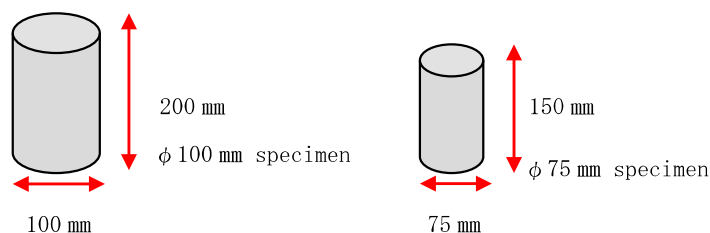


Fig. 1 Specimen size



Fig. 2 Mold using

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²⁾。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みなされている³⁾。

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、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た。そして、φ75mm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かどうか、従来のφ100mm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を、気中養生、封かん養生および水中養生を行った場合について比較検討した。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

今回の実験で使用したコンクリートの配合を表1に示す。セメントには普通ポルトランドセメント（以下、Nと称す）および高炉セメントB種（以下、BBと称す）の2種類を用いた。NおよびBBともに粗骨材最大寸法20mmかつスランプ12cmという条件をそろえた異なる2パターンの配合のレディーミクストコンクリートを使用し、合計4配合で検討した。

2.2 供試体の作製

供試体は図1に示したように、φ100×200mm、φ75×150mmの寸法の円柱供試体とした。φ100mm供試体の型枠はJIS A 5308 附属書E（規定）軽量型枠⁴⁾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、φ75mm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φ100mm供試体とφ75mm供試体の型枠を図2に示す。φ100mm供試体はJIS A 1132に準じて作製し、φ75mm供試体も現行のJISと同様に、φ16mmの突き棒を用いて10cm²に1回の割合で2層に分けて突き（1層当りφ100mm供試体は8回、φ75mm供試体は5回突き棒で突く）、木槌で締め固めた。φ75mm供試体の実験の様子を図3に示す。

2.3 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°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°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4に示す。

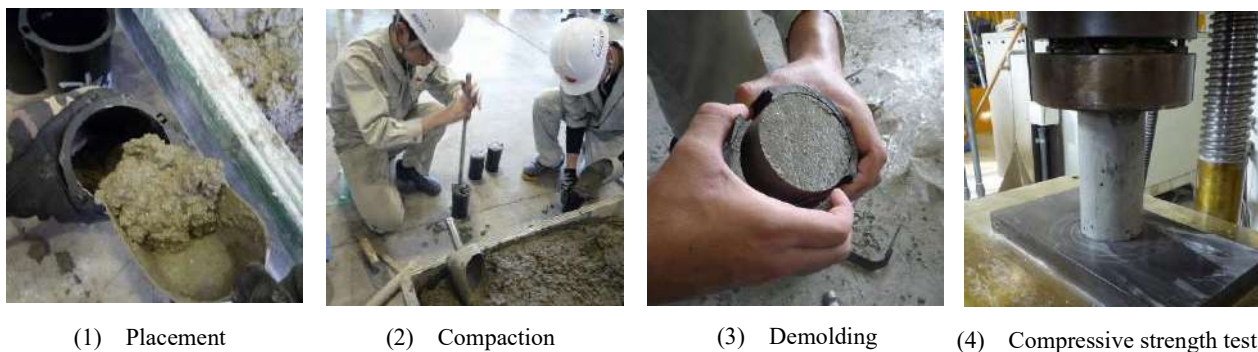


Fig. 3 Test for φ75 mm specimen

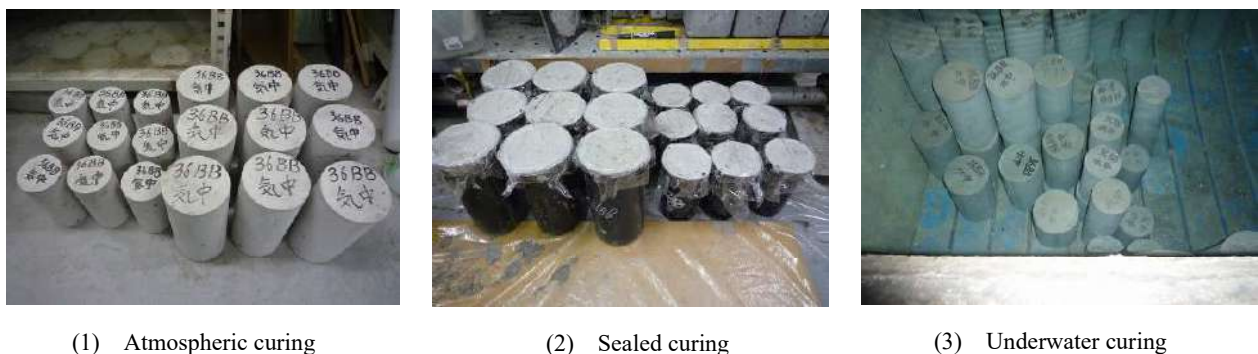


Fig. 4 Curing method

2.4 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠したスラー式圧縮試験機を用いて行った⁵⁾。φ75mm 供試体の打込み面の研磨、直径、高さおよび質量の測定はφ100mm 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、φ100mm 供試体を小型化したφ75mm 供試体の圧縮強度のば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。変動係数はそれぞれの養生条件の供試体 3 本または 9 本からばらつきを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 3 本または 9 本の平均値とした。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度試験結果

(1) 気中養生を行った場合

気中養生におけるφ100mm 供試体とφ75mm 供試体の圧縮強度の関係を図 5 に示す。図中の実線は、45° のラインを示し、そのライン付近であれば、φ100mm 供試体とφ75mm 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φ100mm 供試体に比べてφ75mm 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、強度発現が進みにくくなるためと考えられる。特に BB の圧縮強度が大きい場合に、この現象が顕著に見受けられ、強度発現が緩やかな BB においては材齢 91 日と長期材齢に乾燥の影響が大きく現れたと考えられる。

(2) 封かん養生を行った場合

封かん養生におけるφ100mm 供試体とφ75mm 供試体の圧縮強度の関係を図 6 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

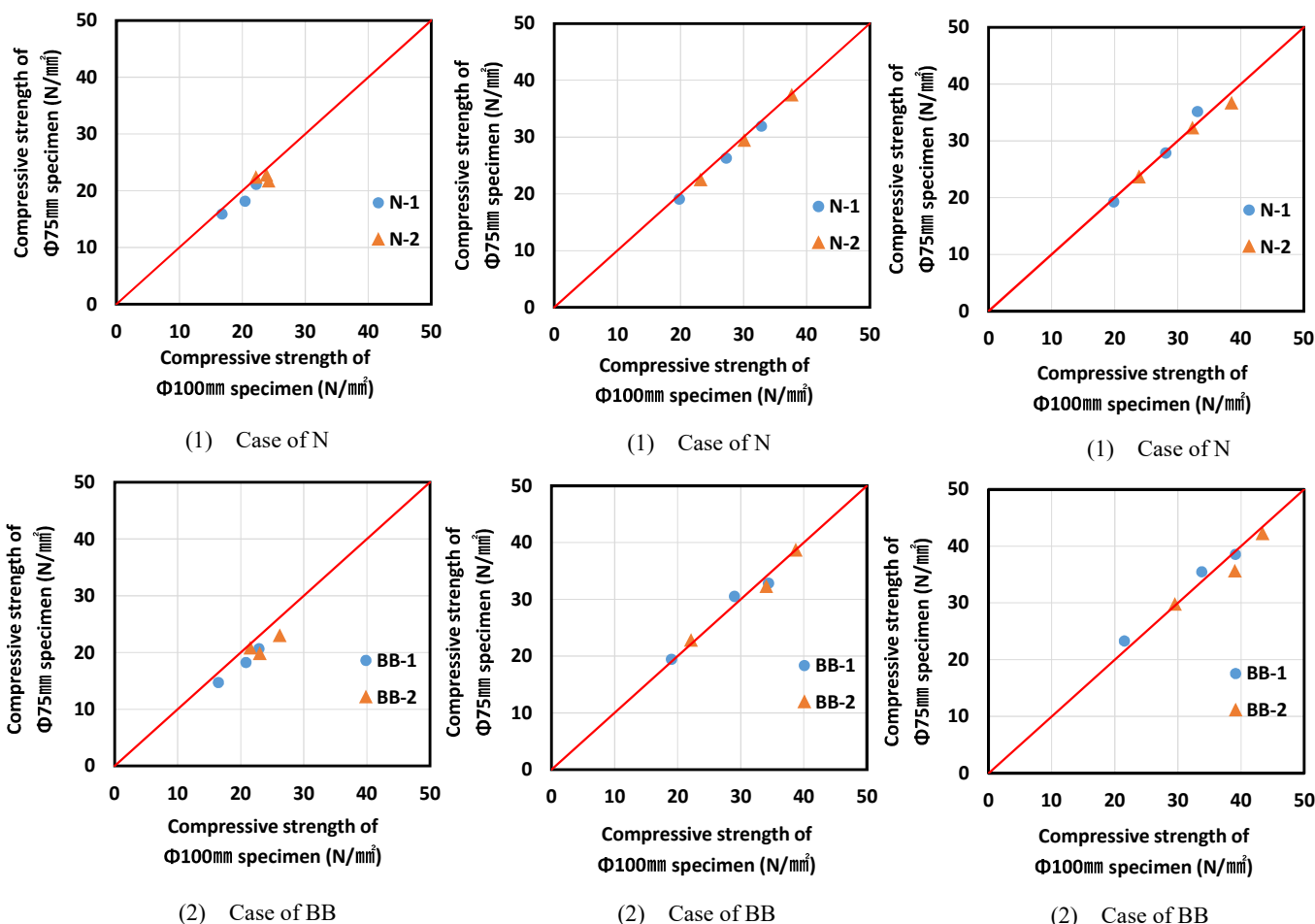


Fig. 5 Atmospheric curing

Fig. 6 Sealed curing

Fig. 7 Underwater curing

あると考えられる。また、 $\phi 100\text{mm}$ 供試体よりも抑制されたため、 $\phi 100\text{mm}$ 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 $\phi 100\text{mm}$ 供試体と $\phi 75\text{mm}$ 供試体の圧縮強度の関係を図 7 に示す。水中養生では、直径の小さい $\phi 75\text{mm}$ 供試体の方がコンクリートの内部まで水分供給が進むことも考えられたが、水中養生期間が 7 日以上と長いため、 $\phi 100\text{mm}$ 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とんど見受けられなかった。

3.2 圧縮強度の変動係数と養生の関係

$\phi 100\text{mm}$ 供試体と $\phi 75\text{mm}$ 供試体の圧縮強度の変動係数の一覧を表 2 に示す。なお、N の材齢 28 日および BB の材齢 91 日の網掛けの数値は供試体が 9 本の条件となっている。また、N の材齢 28

日および BB の材齢 91 日の圧縮強度の変動係数を図 8 に示す。変動係数は、 $\phi 100\text{mm}$ 供試体が 3% 程度に対して、 $\phi 75\text{mm}$ 供試体は 5% 程度と若干大きくなる傾向にあった。しかし、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、 $\phi 75\text{mm}$ 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。また、 $\phi 100\text{mm}$ 供試体と $\phi 75\text{mm}$ 供試体の変動係数の差は水中養生において小さくなっている。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。

3.3 見掛け密度と養生の関係

$\phi 100\text{mm}$ 供試体と $\phi 75\text{mm}$ 供試体の見掛け密度の一覧を表 3 に示す。また、N の材齢 28 日および BB の材齢 91 日の見掛け密度を図 9 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、養生の保水性の序

Table 2 Coefficient of variation of compressive strength

		Coefficient of variation of compressive strength (%)											
Curing method	Diameter (mm)	N-1			N-2			BB-1			BB-2		
		7days	28days	91days	7days	28days	91days	7days	28days	91days	7days	28days	91days
Atmospheric	100	4.74	4.63	1.22	1.14	2.45	10.65	5.54	2.45	4.40	1.05	1.06	4.01
	75	1.29	4.29	3.64	3.32	6.88	4.80	3.02	4.21	7.18	4.07	3.94	5.09
Sealed	100	2.98	2.10	3.37	2.05	4.38	0.31	3.01	6.94	3.34	1.86	4.07	2.56
	75	7.08	5.50	2.87	3.18	7.99	5.07	5.21	4.99	5.08	1.07	4.76	6.58
Underwater	100	5.25	3.21	1.04	1.66	3.45	3.92	1.58	2.60	4.18	2.40	2.37	2.26
	75	4.51	5.47	11.27	3.67	3.70	1.46	5.29	3.12	3.66	5.91	4.48	3.58

* The colored value in the table is the state of 9 specimens.

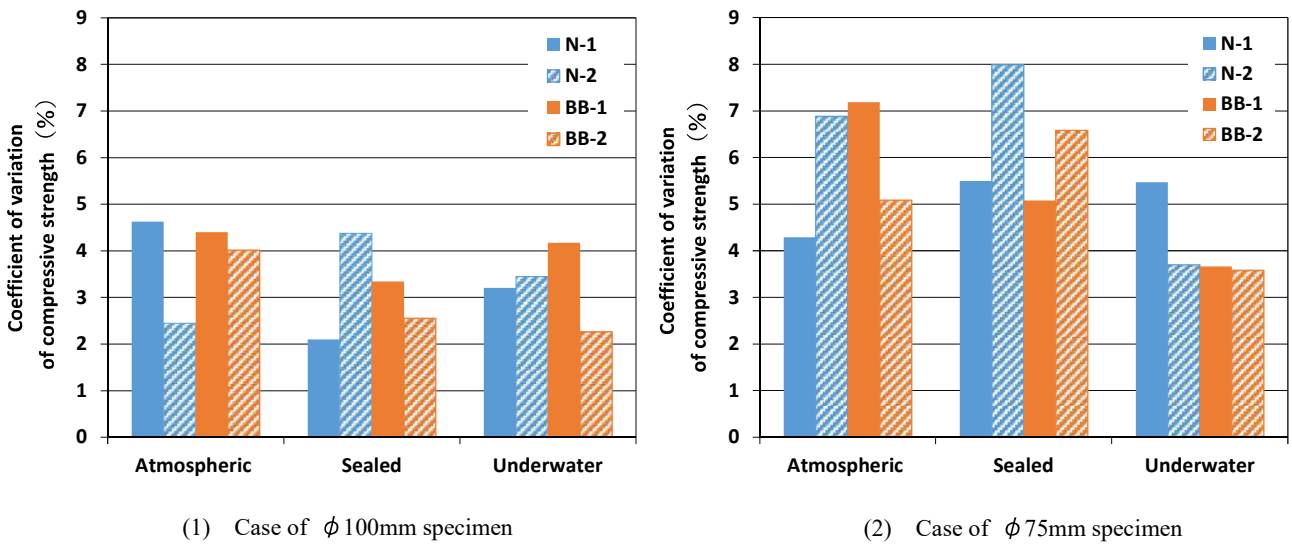


Fig 8 Coefficient of variation of compressive strength at state of 9 specimens

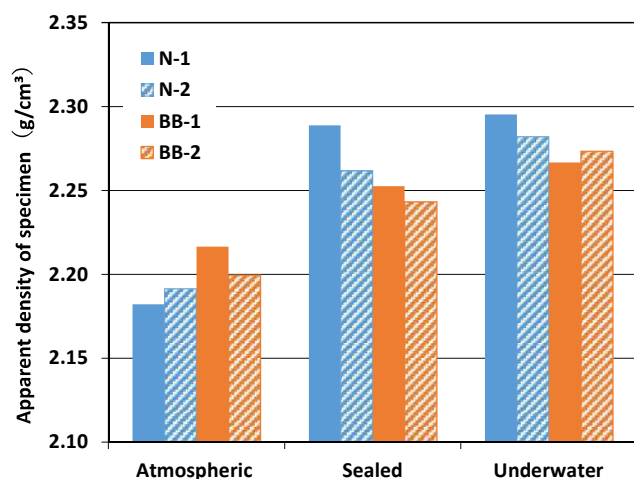
Table 3 Apparent density of specimen

		Apparent density of specimen (g/cm ³)											
Curing method	Diameter (mm)	N-1			N-2			BB-1			BB-2		
		7days	28days	91days	7days	28days	91days	7days	28days	91days	7days	28days	91days
Atmospheric	100	2.204	2.182	2.202	2.196	2.191	2.194	2.201	2.179	2.217	2.220	2.205	2.199
	75	2.240	2.181	2.237	2.162	2.189	2.166	2.193	2.201	2.227	2.178	2.192	2.184
Sealed	100	2.288	2.289	2.246	2.260	2.262	2.262	2.259	2.248	2.253	2.248	2.269	2.243
	75	2.250	2.259	2.264	2.217	2.236	2.244	2.254	2.256	2.261	2.240	2.232	2.239
Underwater	100	2.285	2.295	2.287	2.270	2.282	2.281	2.280	2.262	2.267	2.271	2.278	2.273
	75	2.266	2.281	2.280	2.262	2.273	2.271	2.280	2.278	2.273	2.249	2.235	2.239

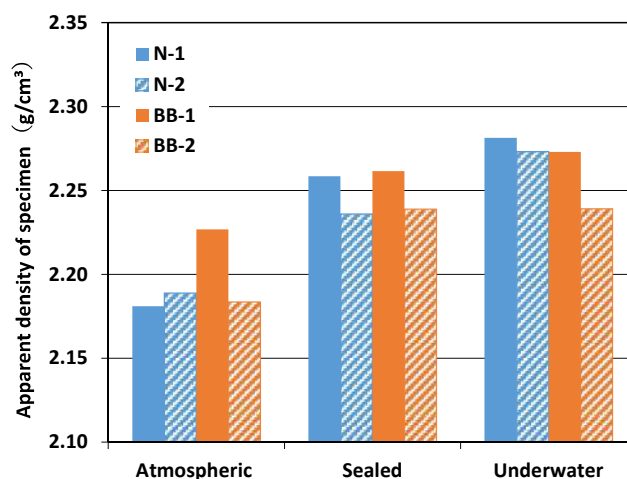
* The colored value in the table is the state of 9 specimens.

列に沿っており、コンクリートの含水率の影響で φ75mm 供試体の方が見掛け密度は BB-1 を除いて若干小さくなる傾向にあるが、その差はかなり

小さく、同程度と考える。これらのことから φ75mm 供試体が、見掛け密度にあたる影響は非常に少ないと考えられる。



(1) Case of φ 100mm specimen



(2) Case of φ 75mm specimen

Fig 9 Apparent density of specimen at state of 9 specimens

4. 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、φ 75mm 供試体と従来の φ 100mm 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気中養生、封かん養生および水中養生で比較した結果、以下の(1)~(4)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 φ 75mm 供試体の方が φ 100mm 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、φ 100mm 供試体と φ 75mm 供試体の圧縮強度は同程度となった。
- (3) 変動係数は φ 100mm 供試体よりも φ 75mm 供試体が若干大きくなる傾向にあるが、5%程度と通常のばらつきの範囲内であった。
- (4) 見掛け密度は φ 100mm 供試体よりも φ 75mm 供試体の方が若干小さくなる傾向にあるが、その差はかなり小さく、同程度と考えられる。

したがって、従来の φ 100mm 供試体より質量および体積が約 6 割小さい φ 75mm 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。

謝 辞

本研究を行うにあたり、ダイヤリフォーム株式会社の皆様ならびにもものつくり大学技能工芸学部建設学科澤本研究室の皆様にご多大なる御協力を賜りました。

文 献

- 1) 日本工業規格：JIS A 1132 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」，2014
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 日本工業規格：JIS A 5308 「レディーミクストコンクリート」附属書 E (規定) 軽量型枠，2014
- 5) 日本工業規格：JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」，2018