論文 高強度コンクリートの強度に及ぼす供試体寸法の影響に関する実験 的研究

金久保 雅之*1·黒井 登起雄*2·宮澤 伸吾*2·松村 仁夫*3

要旨:本研究は、60N/mm²以上の高強度領域のコンクリートの圧縮強度について、円柱形供 試体およびコア供試体の寸法(直径および高さ)の影響を実験によって検討するとともに、 コア供試体の成形時の形状も把握した。実験の結果、 ϕ 100mm と ϕ 150mm 供試体の圧縮強 度は、良好な相関が認められる。また、 ϕ 50、 ϕ 75 および ϕ 100mm コア供試体間の圧縮強度 においても強い相関が認められる。しかし、高強度領域のコンクリートのコア供試体の圧縮 強度に及ぼす h/D の影響は、普通強度領域のコンクリートより変動が大きくなる。

キーワード:高強度コンクリート,圧縮強度,供試体寸法,コア供試体

1. はじめに

近年,混和剤の開発研究は,急速に進展し, 高強度, 高流動コンクリートなどの高性能, 高 機能および高品質のコンクリートが各方面で研 究され,広く実用に供されるようになってきた。 その研究の多くは、コンクリート施工の改善性 能や硬化コンクリートの特性を把握すること等 を目的としたものが主体となっている。しかし、 コンクリートの圧縮強度試験は、JISA 1108「コ ンクリートの圧縮強度試験方法」および JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び 圧縮強度試験方法 に従って行うため、コンク リートの強度試験においては、供試体寸法の影 響を把握することが重要となる。普通コンクリ ートの供試体寸法と圧縮強度の関係は,既往の 研究が幾つか上げられる 1), 2) が, 高強度領域の コンクリートの圧縮強度に及ぼす供試体寸法の 影響を調べた研究は見当たらない。そのため、 高強度領域のコンクリート強度の影響要因は, いまだ不明な部分が多いと言える。そこで、本 研究では、高強度コンクリートの圧縮強度に及 ぼす供試体寸法の影響を検討した。また、JISA 1107 における高強度コンクリートの圧縮強度

とコア供試体の寸法との関係を検討するととも に、コア供試体の形状(直角度)についても検 討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料および物理的性質は表・1 に示す。高 強度領域のコンクリートおよびモルタルの配合 は、W/C=20 および 30%(スランプ=10±1cm、 フロー=210±10mm、空気量=5±1%)とし、普 通強度領域のコンクリートおよびモルタルの場 合には、W/C=40、50 および 60%(スランプ =10±1cm、フロー=210±10mm、空気量=5±1%) とした。混和剤は、高強度領域のコンクリート の場合に高性能 AE 減水剤を、普通強度領域の コンクリートおよびモルタルの場合に、AE 剤 あるいは AE 減水剤を使用した。

2.2 実験方法

 (1) 圧縮強度に及ぼす供試体寸法の影響に関 する実験

コンクリートの練混ぜは,容量 100ℓのパン型 強制練りミキサで行い,供試体は,同一配合, 同一水準について,練混ぜ直後に φ 100×200mm,

*1 足利工業大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (正会員)*2 足利工業大学 工学部都市環境工学科教授 (正会員)*3 足利工業大学 工学部都市環境工学科 (正会員)

	種類	密 度(g/cm³)	吸水率(%)	粗粒率
セメント	早強ポルトランドセメント(T 社製)	3.13		
及び	シリカフューム(エファコ社製)	2.2		
結合材	普通ポルトランドセメント(T社製)	3.16		
細骨材	鬼怒川産川砂	2.58~2.63	1.39~2.28	2.67 ~ 2.88
	葛生産砕砂	2.63	0.49	2.98
粗骨材	最大寸法 25mm 鬼怒川産川砂利	2.56	1.84	6.78
	最大寸法 20mm 葛生産砕石(硬質砂岩)	2.60~2.64	0.45~1.03	6.64~7.13
	最大寸法 13mm 葛生産砕石(硬質砂岩)	2.60~2.65	0.50~0.95	6.45 ~ 7.33
	" 葛生産砕石(玄武岩)	2.86	0.75	7.21
	" 田沼産砕石(玄武岩)	2.91	0.52	6.33
	最大寸法 10mm 葛生産砕石(硬質砂岩)	2.62	0.85	6.52

表-1 使用材料の物理的性質

表-2 実験の要因と水準

コア供試体	コアの直径 (D)	100mm,75mm	
	コアの高さ(h) (8 水準)	D×1.0, (1.2) ,1.4, (1.6) ,1.8,1.9,2.0,2.1	

(2) 圧縮強度に及ぼすコア供試体寸法および 高さの影響に関する実験

コンクリートおよびモルタルは,(1)と同様に 練り混ぜ,30×40×25cmのコア採取用試験体を 作製し,7日間湿布養生後に気中養生した。材 齢は,14~91日とし,材齢までの間にコア供試 体(同一材齢,同一寸法で各3個)を採取した。 コア供試体は,直径の異なる φ50, φ75 および ϕ 100mm の 3 種類とした(高さと直径の比を 2.0 と一定とした)。また,高さの影響を調べる 実験の場合の供試体は,表-2 に示すコア供試体 の高さと直径の比(h/D)を主要因とした。採 取したコアは,コンクリートカッターで所定の 高さに切断し,両端面を研磨し成形した。圧縮 強度試験は,供試体の側面形状を変位測定用デ ジタルゲージで測定した後,JIS A 1107 に従っ て行った。直角度 α は,側面形状の測定データ から最小二乗法によって直線式を求め,(1)式お よび(2)式で算出した。(図-1 参照)

$$\tan \alpha = \frac{h}{\chi - \chi_0} \tag{1}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{h}{\chi - \chi_0} \tag{2}$$

ここで, $\alpha > 0$ のとき α , $\alpha < 0$ のとき 180+ α とした。



図-1 直角度,上下端のずれの算出方法



図-3 ϕ 100×200mmと ϕ 150×300mmと の圧縮強度の相関関係

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度に及ぼす供試体寸法の影響

図-2(近似式)および図-3(±10%の変動幅) は、コンクリートおよびモルタルの高強度領域 および普通強度領域における φ100×200mm と φ150×300mm 供試体の圧縮強度との相関を示 したものである。なお、高強度および普通強度 領域における相関直線の近似式を,図中に示す。

図-2より,高強度領域のコンクリートの圧縮 強度は,直線式の乗数が0.93となり,供試体寸



法の影響を殆ど受けず,良好な相関が認められた。また,普通強度領域の場合の圧縮強度も, 直線式の乗数が0.88となり,若干小さくなる傾向がある。これは,供試体の個数が少ないこと が原因と考えられる。図-3より, φ100×200mm と φ150×300mm 供試体の圧縮強度は,殆どが ±10%の変動幅の範囲である。しかし,60MPa 以上の高強度領域におけるコンクリートには, 圧縮強度の相関の変動が若干大きくなる傾向が 認められた。これは,加圧板の拘束力の影響, 球座の可動の影響が供試体の大小の双方に表れ, 相対的に変動が大きくなったものと考えられる。

3.2 供試体の表面および内部の細孔径分布

供試体寸法の違いによる圧縮強度への影響を 把握する目的で,供試体寸法(ϕ 100×200mm, ϕ 150×300mm)および位置(中央,側面部)ご とによる細孔径および細孔径容積を比較検討し た。図-4は,モルタルの細孔径と細孔径容積と の関係の一例を供試体寸法および位置(中央, 側面部)ごとに示したものである。図より,モ ルタルの細孔径分布は,供試体中央部と側面部 の両方とも,0.005~0.015×10⁻⁶mの範囲の細孔 が多く,殆ど同じである。また, ϕ 100mm と ϕ 150mm 供試体の寸法の違いによる細孔径分 布にも,違いが殆ど認められない。

図−5 コア供試体における圧縮強度の相関

3.3 圧縮強度に及ぼすコア供試体の寸法の 影響

図-5,図-6 および図-7 は、20~100N/mm² の普通強度から高強度領域までの φ100mm の コンクリートおよびモルタルのコア供試体とそ れより小さいコア供試体(φ50 および φ75mm) の圧縮強度の相関を示したものである。図-5 は, 高強度および普通強度領域における供試体寸法 ごと(φ100-75mm, φ100-50mm)の相関直線 を示し、図-6 は、それぞれの相関の±10%の変 動幅で示した。図-7 は、高強度領域(W/C=20 ~30%)および普通強度領域(W/C=40~60%) ごとの相関直線を示した。なお、直線式は、図 中に示した。

図-5 および図-7 の相関直線式より,高強度領域におけるコア供試体(ϕ 100-75mm)の圧縮強度は,直線式の乗数が 0.94 となり, ϕ 100-50mmコア供試体の直線式の乗数1.00よりも若干小さくなる傾向がある。また,普通強度領域におけるコア供試体(ϕ 100-75mm)の圧縮強度も,直線式の乗数が 0.95 となり,良好な相関が認められた。しかし, ϕ 100-50mmコア供試体の強度は,直線式の乗数が 1.13 と若干大きくなった。これは、モルタルのコア供試体の個数が少なかったためと考えられる。また、図-7 より、高強度および普通強度領域のコア供試体の圧縮強度

図-7 コア供試体における圧縮強度の相関

ともに, 強度の直線式の乗数が 0.96 および 1.00 となり, 強度領域およびコア寸法の違いに関係 なく, 良好な相関が認められた。 図-6 より, 高強度および普通強度領域ともに, 強度の相関 が変動幅の±10%範囲にあり, 供試体寸法 (φ100-75mm, φ100-50mm)による圧縮強度 相関に及ぼす粗骨材の最大寸法(5~20mm)の 影響は殆どないと考えられる。

3.4 圧縮強度に及ぼすコア供試体の高さと直径の比(h/D)の影響

図-8および**図-9**は,普通強度から高強度領域 におけるコンクリートの φ75mm および φ100mm コア供試体の圧縮強度比とh/D との

関係を示したものである。なお,図は,高さと 直径の比(h/D)が2.0ときの圧縮強度を1.0と 表し,そのときの高強度および普通強度領域の 圧縮強度は,それぞれ56.1~82.7N/mm²および 29.0~49.2N/mm²である。図-8より,W/C=20~ 30%の高強度領域のh/D=1.0~2.1の圧縮強度は, 強度の変動が大きく,粗骨材の最大寸法および 供試体寸法(φ75,φ100mm)の影響を明らか にできなかった。また,図-9より,普通強度か ら高強度領域におけるコンクリートの圧縮強度 の比とh/Dとの関係は,普通強度領域のコンク リートの場合,JIS A 1107の補正係数に基づく 関係曲線とほぼ同じ傾向が認められた。しかし,

=13mm, 材齢 28 日, h/D=1.0~2.1)

高強度領域におけるコンクリートの圧縮強度の 比と h/D との関係を示す,最小二乗法によるそ の曲線式は,JIS A 1107の補正曲線とほぼ同じ であるが,各 h/D における強度の変動が大きく なる(曲線の相関係数 r =0.22)。これは,3.1 で 述べた加圧板の拘束力および球座の影響が h/D の変化に伴って増幅されることによるものと考 えられる。従って,今後は,これらの影響を考 慮するとともに,試験データを集積する必要が ある。

3.5 コア供試体の形状測定結果

コア供試体の圧縮強度の妥当性を明らかにす る目的で,コア供試体の側面形状,直角度およ び上下端のずれの検討を行った。

(1) コア供試体の側面形状について

図-10 は、直径の異なる φ50、φ75 および φ100mm(h/D=2.0) コア供試体の側面形状を 測定した結果の一例を示したものである。また、 図-11 は、h/D=1.0~2.0 にした場合の測定結果 の一例である。図-10 および図-11 より、コア供 試体の形状は、良好な直線性を示しており、高 強度領域のコンクリートの場合でも良好なコア 供試体が採取できるものと考えられる。また、 コアを採取する際の供試体寸法の影響および高 さの影響は殆どないものと考えられる。

(2) 直角度および上下端のずれについて

図-12 は、コア供試体の直角度の頻度分布を 示したものである。図より、高強度領域のコン クリートのh/D=2.0におけるコア供試体の直角 度およびh/D=1.0~2.1 にしたときの直角度は、 殆どが±0.5°の範囲内にあり、普通強度領域のコ ンクリートの直角度とほぼ同じと考えられる。 しかし、高強度領域のコンクリートの場合の直 角度は、JIS の規定値 90±0.5°の範囲を超えるも のが増える傾向にある。また、高強度領域のコ ンクリートにおけるh/D=2.0のときのコア供試 体の上下端のずれは、-2.508~1.805mm の範囲 であり、普通強度領域のコンクリートの上下端

のずれの範囲-1.938~2.527mm とほぼ同じであ る。また, h/D=1.0~2.1 における上下端のずれ も,ほぼ同じ傾向である。

4. まとめ

高強度領域のコンクリートの圧縮強度に及ぼ す供試体寸法の影響について検討し,以下の結 果が得られた。

(1) φ100×200mm と φ150×300mm の圧縮強度
との関係は、高強度領域のコンクリートの場合
も、普通強度領域の場合と同様に、良好な相関
が認められる。

 (2) 高強度領域の φ100×200mm および φ150×300mm のコンクリート供試体における
中央部と側面部における細孔径分布は、ほぼ同じ傾向である。

(3) 高強度領域のコンクリートのコア供試体の 圧縮強度と寸法との関係は,普通強度領域のコ ンクリートの場合と同様に, φ100mmコア供試 体とそれより小さい(φ50, φ75mm)コア供 試体の強度との間に強い相関が認められる。ま た,コア供試体の形状測定結果から,比較的良 好なコア供試体を採取できたと考えられる。

(4) h/D と圧縮強度との関係は,普通強度領域 のコンクリートの場合 JIS A 1107 の補正係数曲 線と同様の傾向であることが確認されたが,高 強度領域のコンクリートの場合,h/D による強 度の変動が大きく,今後は,変動要因を把握し, 試験データを集積することにより現在の JIS の 補正係数の適用を検討する必要がある。

参考文献

- V.M.Malhotra : Are 4×8 Inch Concrete Cylinders as 6×12 Inch Concrete Cylinders for Quality Control Concrete? , J.CI, 73-1, 1976.1
- 2) 笠井: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 建築学会論文報告集,No.100, pp.1-12, 1964.7