直径の異なるコア供試体の強度試験結果の信頼性に関する検討

RELIABILITY OF COMPRESSIVE STRENGTH TEST RESULTS USING VARIOUS DIAMETER CORES

大池 武 ——*1 川口 徹 ——*2

Takeshi OHIKE ——*1 Toru KAWAGUCHI ——*2

キーワード：
構造体コンクリート強度, コア強度, コア直径, 信頼性

Keywords：
Concrete strength in structures, Strength of cores, Diameter of cores, Reliability

This paper describes an investigation into the reliability of compressive strength test results using various diameter cores.

The following conclusions were obtained,

- 1) Decreasing core diameters led to dispersion of compressive strengths, and compressive strengths became too low compared with standard compressive strengths.
- 2) When the core specimen diameter was under 50mm, care must be taken in evaluating the test results.

1. はじめに

地球環境の保護、資源の有効利用から建物の長寿命化が求められている。RC構造物の長寿命化を図る上で計画的な維持管理が欠かせない。維持管理の基本データとしてRC構造物中のコンクリート強度の調査がある。RC構造物中のコンクリート強度を調査する方法として、非破壊試験と破壊試験の2つがある。非破壊試験は破壊試験に比べ試験結果の信頼性に限界がある。破壊試験としては構造物から抜き取ったコア供試体を用いる方法が一般的である。実用的な観点からは、できるだけ直径の小さいコア供試体で信頼性の高い結果が得られることが望ましい¹⁾²⁾。

ここでは、標準の強度試験用供試体(φ100×200mm)と同時に成型した供試体(φ150×300mm)からコア供試体を抜き取り、両者の強度試験を行い、直径の異なるコア供試体の強度試験結果の信頼性について比較検討した。

2. 試験概要

2.1 コンクリート試験

2.1.1 試験の要因と水準

試験に用いたコンクリートは、一般RC構造物から超高層RC構造物に用いられる設計基準強度をカバーできるように、調合上の水セメント比を25%、30%、40%、50%、60%の5水準とした。

コア供試体の直径は、水セメント比40%以上のコンクリートを対象とした試験は、φ20、φ30、φ50、φ75ならびにφ100の5水準とした。直径φ20のコア供試体は一部で実施した。水セメント比25%、30%の超高強度コンクリートを対象とした試験では、φ50、

φ75ならびにφ100の3水準とした。

圧縮強度試験は、材齢4週及び13週の2水準で実施した。養生方法は、標準養生の1水準とした。

試験の要因と水準を整理して表-1に、コンクリートの調合を表-2にそれぞれ示した。

2.1.2 コンクリートのフレッシュ性状

コンクリートのフレッシュ性状は、水セメント比40%以上のコンクリートでは、スランプ15±2.5cm、空気量4.5±1.5%とした。水セメント比25%、30%の超高強度コンクリートでは、スランプ

表-1 実験要因と水準

要因	水準	備考
コア直径	5	W/C=40%以上：φ20、φ30、φ50、φ75、φ100 繰返し試験数12回 W/C=30%、25%：φ50、φ75、φ100 繰返し試験数3回
水セメント比	5	W/C=25%、30%、40%、50%、60%
試験材齢	2	材齢4週、13週
養生方法	1	標準養生

表-2 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	質量(kg/m ³)				高性能AE減水剤 (C×%)	AE減水剤 (C×%)	補助AE剤 (Aタイプ)
		単位水量	単位セメント量	細骨材	粗骨材			
25	45.0	170	680	676	846	2.00	—	—
30	45.0	165	550	738	928	2.00	—	—
40	37.8	176	440	627	1059	—	0.25	3
50	41.6	168	336	733	1059	—	0.20	3
60	43.6	163	272	798	1059	—	0.20	3

*1 榊大林組技術研究所 主任研究員
(〒204-8558 清瀬市下清戸4-640)

*2 榊大林組技術研究所 室長・博士(工学)

*1 Chief Research Engineer, Technical Research Institute, Obayashi Corporation

*2 General Manager, Technical Research Institute, Obayashi Corporation, Dr. Eng.

ロー 60 ± 5cm、空気量 3.0 ± 1.5% とした。

2.1.3 使用材料

使用したセメントは、水セメント比40%以上の調査では普通ポルトランドセメントを、水セメント比30%のものは低熱ポルトランドセメントを、水セメント比25%のものはシリカフェウムセメントをそれぞれ用いた。なお、粗骨材には最大寸法20mmの碎石を用いた。

使用材料を整理して表-3に示した。

2.1.4 試験方法

供試体は、標準の強度確認用のφ100×200シリンダーとコア供試体成形用のφ150×300シリンダーを同一バッチで成型し、標準養生を行った。

コア供試体の抜き取りは、強度試験材齢の3日前から実施し、直径と高さの比が1:2となるようにコンクリートカッターで成形した。成形後は試験時まで標準養生を続けた。なお、コア供試体の端面は、研磨処理を施し、キャッピングを行っていない。研磨は、コア端面が所定の平面度(0.05mm以内)を満足するように行った。なお、コア直径が小さいφ20とφ30は、写真-1に示す供試体固定用の専用治具を製作して行った。

コア供試体は、すべての試験条件で3本一組とした。直径φ75ならびにφ100のコア供試体は、1本のφ150×300シリンダーから1本のコア供試体を、直径φ50以下のコア供試体は、1本のφ150×300シリンダーから3本のコア供試体を抜き取った。

コア供試体の抜き取りにはフリーセンターボール盤(ボーリングマシン)を用いた。また、コアビットは、それぞれの直径が確保できるものを用いた。コア供試体の抜き取りは、供試体側面に凹凸が生じないように慎重に行った。抜き取り速度はおよそ1~2.5cm/min程度であり、コア直径が小さいものほど抜き取り速度を早くした。抜き取り状況を写真-2に示す。また、コアビットの交換は行っていない。

なお、水セメント比40%以上のコンクリートを対象とした試験は、12回の繰り返し試験を、水セメント比25%、30%の超高強度コンクリートを対象とした試験は3回の繰り返し試験を行った。強度試験に用いた試験機は、コア直径に係わらず全て2000kNアムスラー試験機を用いた。コア直径φ20の载荷状況を写真-3に示す。

この試験は、JIS A 1107「コンクリートからのコア及びはりの切り取り方法ならびに強度試験方法」に準じて行っている。

2.2 モルタル試験

コンクリートからコアを抜き取る際に、コア直径が小さい場合には内部に含まれる粗骨材の存在が試験結果に多大な影響を与えると推察される。ここでは、粗骨材のないモルタルを対象としてコンクリートと同じ方法でコア直径が試験結果に及ぼす影響を調査してみた。

試験に用いたモルタルは、目標フロー200mmの1:3モルタルとし、水セメント比は50%の1水準とした。コア供試体の直径は、φ20、φ30、φ50、φ75ならびにφ100の5水準とし、2回の繰り返し試験とした。

供試体の成型方法、強度試験材齢、コア供試体成形方法などの試験方法は、コンクリート試験と同じ方法で行っている。また、使用材料は、セメントは普通ポルトランドセメントを用い、細骨材にはコンクリート試験と同じものを用いた。

表-3 使用材料

材料名	種類・性質
セメント	W/C=40%以上用：普通ポルトランドセメント(密度3.16) W/C=30%用：低熱ポルトランドセメント(密度3.22) W/C=25%用：シリカフェウムセメント(密度3.08)
細骨材	木更津産山砂(密度(表乾)2.59、吸水率1.86%、粗粒率2.50)
粗骨材	青梅産碎石(硬質砂岩、最大寸法20mm、密度(表乾)2.66、吸水率0.72%、粗粒率6.76)
混和剤	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系) AE減水剤標準型 補助AE剤

写真-1 専用治具を使った研磨状況 (コア直径φ20)

写真-2 コア抜き取り状況 (コア直径φ20)

写真-3 圧縮強度試験状況 (コア直径φ20)

図-1 フレッシュコンクリートの試験結果 (W/C=40% 以上)

3. 試験結果と考察

3.1 コンクリート試験

3.1.1 フレッシュコンクリートの試験結果

水セメント比40%以上の調合のコンクリートの供試体成型時のフレッシュ性状を図-1に、水セメント比25%、30%の調合のフレッシュ性状を図-2示す。これらの図から、ほぼ目標とするフレッシュ

図-2 フレッシュコンクリートの試験結果 (W/C=30%以下)

図-3 コア直径 100mm 試験結果

図-4 コア直径 75mm 試験結果

図-5 コア直径 50mm 試験結果

図-6 コア直径 30mm 試験結果

図-7 コア直径 20mm 試験結果

性状で供試体を成形することができた。

3.1.2 強度試験結果

強度試験結果を図-3～図-7に示した。図は、コア供試体強度を縦軸、標準供試体強度を横軸としてプロットしている。プロットしている点は、3本の供試体強度の平均値である。また、図には回帰曲線、相関係数ならびにデータの95%信頼区間を示した。

これらの図から、コア供試体の直径が小さくなるほど、期待値(図中の $Y=X$ の直線)からのズレが大きくなり、95%の信頼区間が広がりデータのばらつきが大きくなっていること、この結果、当然のことながら相関係数も小さくなっていることがわかる。特に、コア直径が30mmと20mmの場合は、圧縮強度が大きくなればなるほど標準供試体強度との差が大きくなることがわかる。

また、コア直径50mm以上の図-3～図-5では、水セメント比25%ならびに30%のコンクリートの試験結果を合わせて示した。これらの図から、コア直径が50mmの場合、圧縮強度が約80N/mm²～110N/mm²前後の超高強度域になると標準供試体強度に比べやや低下する傾向が認められた。しかしながら、その低下の程度は、それほど大きくない。

さらに、標準供試体強度の90%(図中の $Y=0.9X$ の直線)以上の評価が可能なコア直径について検討してみる。コア直径100mmならびに75mmの場合は、当然、超高強度域を含めて可能であると言える。コア直径50mmの場合は、60N/mm²以下では、90%をやや下回るものがあるものの可能であると言える。また、60N/mm²を超える領域においても平均値での評価は出来るものと考えられる。一方、コア直径が30mm以下になると平均値での評価としてみても可能な強度レベルは、コア直径30mmで40N/mm²程度以下、コア直径20mmでは今回のデータから類推して20N/mm²程度以下とさらに小さくなることがわかる。

なお、水セメント比40%以上のコンクリートについては12回の繰り返し試験を行ったが、試験結果の評価を大きく変えるようなものはなかった。また、調合上の水セメント比や強度試験材齢の違いにより試験結果の評価を変える必要は認められなかった。

これより、粗骨材最大寸法の2倍以下のコア直径つまり直径20mmや30mmのコア供試体による強度試験では、試験結果のばらつきが大きくなると同時に得られた強度は実際の強度を過小評価する傾向が強くなると言える。従って、構造体コンクリート強度をコア供試体強度で直接評価しようとした場合、コア供試体の直径は、圧縮強度がおおよそ60N/mm²前後以下の場合は、少なくとも粗骨材最大寸法の2.5倍、つまり、直径50mmが必要であり、圧縮強度が60N/mm²前後を超える場合は、粗骨材最大寸法の3.5倍の直径75mm以上が必要であると考えられる。

3.2 モルタル試験

モルタル強度試験結果を図-8に示した。図は、コア供試体強度を縦軸、標準供試体強度を横軸としてプロットしている。プロットしている点は、3本の供試体強度の平均値である。また、図には回帰曲線を示した。

モルタル試験は、試験回数2回と少ないが、コア直径が小さい30mmと20mmの場合は、標準供試体圧縮強度との差が大きいことがわかる。

図-8 モルタル試験結果

このように、粗骨材が含まれていなくても、コア直径が30mmや20mmの場合は、得られた強度は実際の強度を過小評価する傾向があることが認められた。

4. まとめ

直径の異なるコア供試体の強度試験結果の信頼性について比較検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

コア直径が小さくなるほど、強度試験結果のばらつきが大きくなり、標準の強度試験結果に比べ、強度を過小評価する傾向が強くなる。

粗骨材最大寸法の2.5倍未満の直径のコア供試体を用いる場合には、その試験結果の評価には注意する必要がある。

なお、コア供試体による構造体コンクリート強度の適切な確認は、維持管理のための調査に限らず、最近の超高強度コンクリートや超高強度コンクリートの普及に伴って構造体コンクリート強度検査の判定値に重大な影響を及ぼすS値を設定するための基本データとしてコア供試体による構造体コンクリート強度の確認が求められる機会が多くなった。

そのような場合に、コア抜き取り方法も含めたコア供試体による強度試験方法の標準化が必要ではないかと考える。試験方法の標準化に向けて今回の試験データが役に立てれば幸いである。

参考文献

- 1) 谷川 恭雄 他:小径コアによる構造体コンクリート強度の推定法に関する実験的研究(その1:供試体の寸法効果に関する研究)(その2:圧縮強度試験時の載荷方法が圧縮強度に及ぼす影響)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp705～708、1999.9
- 2) 笠井 芳夫 他:小径コアによるコンクリートの圧縮試験方法、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp709～710、1999.9

[2001年10月19日原稿受理 2002年2月18日採用決定]