

小径コア採取による既存コンクリートの圧縮強度推定の高度化

山本 大介¹、濱田 秀則²、佐川 康貴³

著者1、2、3 九州大学大学院工学研究院

概要：小径コアを用いた圧縮強度試験は、構造物に与える損傷が小さく有用であるが、圧縮強度の試験値は大きく変動する傾向を示すため、この変動の影響要因について検討した。その結果、載荷時に偏心が生じやすいことなどが変動の要因となることを明らかにした。これらの結果を基に小径コアを用いた圧縮強度試験結果におけるデータ棄却の方法について一つの考え方を示した。

1. はじめに

既存コンクリート構造物を長年月供用するためには、定期的な点検を行うことが重要である。現在、土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]において、点検や調査の方法について示されている。調査で重要な項目の一つに、コア採取によるコンクリート材料の圧縮強度試験がある。コンクリートの圧縮強度の把握は、中性化抵抗性や塩分浸透抵抗性の予測にも繋がるため、圧縮強度の把握は維持管理計画を策定する際に、非常に重要な情報源となる。

コアを用いた圧縮強度試験は通常 $\phi 100 \times 200$ mm コアで行われる。しかし、PC 部材のように鋼材が密に配置されたものや、厚みが 200mm 以下の部材では、 $\phi 100 \times 200$ mm コアを採取することが困難な場合も多い。また、点検後も供用するため、既存構造物へ与える損傷が極力少ない調査法が望まれる。上記の背景から、調査時には超音波法やシュミットハンマー法など非破壊で圧縮強度を推定する手法が数多く採用されているが、非破壊試験の多くは使用材料や測定環境に試験結果が左右されるため、非破壊試験で正確な圧縮強度を推定することが困難となる場合も多い。

そこで、本研究では微破壊試験の一つである小径コア法による圧縮強度試験に着目した。本論文では、鉄筋が密に配置された構造物からも鉄筋を切断することなく採取できるように、また構造物へ与える損傷を極力小さくし、主要構造部材から供試体を採取できるように、小径コアの寸法を $\phi 25 \times 50$ mm とした。しかし、一般的な構造物の粗骨材最大寸法は 20~25mm のため、小径コア断面に占める粗骨材面積が大きくなる。JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」にはコア直径は粗骨材最大寸法の 3 倍以上と規定されている。小径コアでは上記規定を満足できず、粗骨材の含有状態が圧縮強度試験値に大きく影響を及ぼす。

よって、小径コア圧縮強度試験では $\phi 100$ mm コ

アに比べ圧縮強度試験値が変動する傾向が見られる。そのため小径コア圧縮強度試験値の最小値が低くなり、平均圧縮強度が小さくなることが指摘されている¹⁾。よって、小径コアを用いた圧縮強度試験では、 $\phi 100$ mm コアに比べ多くの本数で平均圧縮強度を求めることが必要とされており、既往の文献によれば小径コア 6 本による圧縮強度の推定精度は、 $\phi 100$ mm のコア供試体 3 本による測定精度と同等であるとの報告もある²⁾。しかし、小径コアの圧縮強度試験値の変動要因に関しては未だ解明されていない点も多く、小径コア圧縮強度試験値を $\phi 100$ mm コア圧縮強度試験値と同等に扱うには更なる知見の蓄積が望まれる。

そこで、小径コア圧縮強度試験値の変動に関し、変動要因の実験的考察、および小径コア圧縮強度試験値をコンクリート圧縮強度として扱うための整理方法について実験的考察を行った。

2. 試験概要

2.1 供試体概要

小径コア圧縮強度試験値の変動について考察するため、以下の I、II、III の実験を行った。

実験 I ではコア供試体の寸法が圧縮強度試験値に及ぼす影響について検討するため、水セメント比 $W/C=45\%$ のモルタル供試体を作製した。小径コア採取用供試体は、寸法を $100 \times 300 \times 300$ mm とし、打設面より小径コア供試体 ($\phi 25 \times 50$ mm) を採取した。 $\phi 50 \times 100$ mm および $\phi 100 \times 200$ mm 供試体については、円柱型枠を用いて供試体を作製した。

実験 II では、粗骨材含有状態、および W/C の違いが小径コア破壊性状に及ぼす影響について考察するため、実験 I で製作した $W/C=45\%$ モルタル (AM 配合) がコンクリートから粗骨材成分を除いたものとなるように $W/C=45\%$ のコンクリート A 配合を決定し、また $W/C=61\%$ のコンクリート B 配合を決定した。コンクリート供試体寸法は $300 \times 500 \times 300$ mm とし、打設面と直交する型枠面か

表-1 コンクリートおよびモルタルの示方配合

	配合名	粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AE減水剤 (g/m ³)	AE剤 (g/m ³)	高性能 AE減水剤 (g/m ³)	スラブ(cm) もしくは モルタルフロー(mm)	空気量 (%)
					水	セメント	高炉スラグ 微粉末	細骨材	粗骨材					
実験 I	AM	-	45	-	290	645	-	1188	-	2016	2580	-	250(フロー)	-
実験 II	A	20	45	41	169	376	-	693	1127	1761	1502	-	7.5(スラブ)	5.1
	B	20	61	45	169	277	-	811	1107	866	1108	-	7.0(スラブ)	4.7
実験 III	C	20	35	43	160	229	228	732	1143	-	-	2290	10.0(スラブ)	2.8

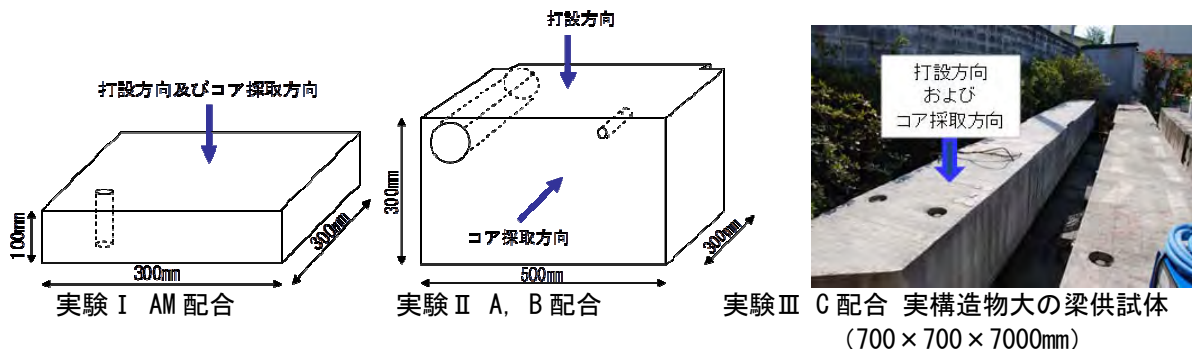


図-1 供試体形状および外観

表-2 使用材料

材料	A, AM, B配合	C配合
セメント	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³	早強ポルトランドセメント 密度3.14g/cm ³
混和材	-	高炉スラグ微粉末, 密度: 2.91g/cm ³ 比表面積6100cm ² /g
細骨材	海砂 表乾密度 2.58g/cm ³ 絶乾密度 2.54g/cm ³ 吸水率 1.59%	川砂 表乾密度 2.55g/cm ³ 絶乾密度 2.50g/cm ³ 吸水率 1.76%
粗骨材	碎石2005 表乾密度 2.87g/cm ³ 絶乾密度 2.85g/cm ³ 吸水率 0.71%	碎石2005 表乾密度 2.99g/cm ³ 絶乾密度 2.97g/cm ³ 吸水率 0.72%
AE減水剤	リグニンスルホン酸 およびポリオール複合体	-
AE剤	アルキルエーテル系 陰イオン界面活性剤	-
高性能 AE剤減水剤	-	ポリカルボン酸系

表-3 各要因供試体本数

供試体名	コア径 (mm)	供試体 本数	圧縮強度	
			平均値 (N/mm ²)	変動係数 (%)
AM-L	φ100	3	54.5	3.9
AM-M	φ50	7	50.9	6.3
AM-S	φ25	9	45.3	13.3
A-L	φ100	3	49.6	1.2
A-M	φ50	3	49.8	4.1
A-S	φ25	10	42.9	14.1
B-L	φ100	3	34.8	5.3
B-M	φ50	8	31.8	12.8
B-S	φ25	10	32.4	7.5
C-M	φ62	3	59.0	14.9
C-S	φ25	17	52.9	13.5

ら各寸法のコア供試体を採取した。なお、コア採取方向が実験 I と異なるが、コア採取面の高さが 300mm のため、採取位置の違いやコア採取方向の違いによる強度変化はないものとして取り扱った。

実験 III では、実構造物大の桁供試体より採取したコア供試体を用い、小径コア圧縮強度試験の実構造物への適用性について考察した。

各供試体の示方配合を表-1 に、使用材料を表-2 に示す。また、各供試体形状および外観を図-1 に示す。なお実験 I, II では、コア寸法を φ100mm(L), φ50mm(M), φ25mm(S) とし、供試体名を(配合名)-(コア寸法)表記とした。実験 III ではコア寸法を φ62mm(M), φ25mm(S) とした。成形した供試体名および本数を表-3 に示す。

2.2 試験方法

コア採取後、端面研磨機を用いて成形を行った。なお、圧縮強度試験前に気乾状態の密度を計測し、載荷面にテフロンシートを挿入し、気乾状態にて

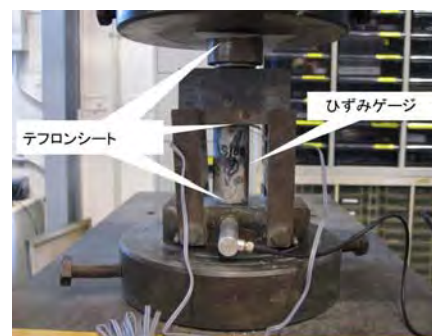


図-2 圧縮試験時計測器取付状況

減摩載荷を行った。また、小径コア圧縮強度試験の際には、球座付角柱モルタル載荷用治具を使用した。なお、圧縮強度試験時にはひずみ計測および AE 計測を行った。ひずみゲージはコア寸法 φ100mm(L) では検長 60mm を、φ50mm(M), φ25mm(S) では検長 30mm を使用し、載荷時側面の長手方向 2 箇所に対称に貼付け、その平均値をひずみ値とした。AE センサーには共振周波数 140kHz を用

い、感熱接着剤により載荷治具金属面に接着させた。また圧縮強度試験終了後に破壊状況の外観観察を行った。圧縮強度試験時の状況を図-2に示す。また、圧縮強度試験最大荷重時における2枚のひずみゲージによるひずみ差 δ を式(1)のように定義した。

$$\delta = \frac{|\varepsilon_1 - \varepsilon_2|}{\bar{\varepsilon}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

ここに、 δ : ひずみ差(%)

ε_1 : 最大応力時のひずみ 1($\times 10^{-6}$)

ε_2 : 最大応力時のひずみ 2($\times 10^{-6}$)

$\bar{\varepsilon}$: 最大応力時のひずみ平均($\times 10^{-6}$)

3. 試験結果

3.1 コア寸法の違いが破壊性状に及ぼす影響

(実験 I)

粗骨材の影響を除いた条件で、コア寸法の違いが圧縮強度に及ぼす影響について検討するため、配合 AM 供試体より成形した $\phi 100$, $\phi 50$, $\phi 25$ mm コア供試体を用いて実験を行った。AM シリーズ試験結果を表-4に示す。表より、コア寸法が小さくなるにつれ圧縮強度平均値が低下し、圧縮強度変動係数が増加している。またひずみ差 δ が大きい場合、圧縮強度が小さい供試体が多く見られた。

ひずみ差 δ の小さい供試体 AM-L3, AM-M1, AM-S2 について、圧縮強度試験時における累積 AE カウントとひずみの関係を図-3に示す。AM-L3 は AM-M1, AM-S2 と比べ累積 AE カウントの急増するひずみ値が小さい。いずれの場合も最大荷

重前より累積 AE カウントが急増する点が見られ、その立ち上がりは供試体寸法が小さいほど緩やかである。次に、AM-S 中で圧縮強度試験値の低い AM-S5, AM-S8 について、累積 AE カウントとひずみの関係を図-4に示す。図-4では、図-3に見られる終局前の累積 AE カウントの立ち上がりが見られず、また最大応力時のひずみ量(以下、最大ひずみと呼ぶ)および累積 AE カウント数が小さい。破壊後の供試体を観察すると(図-5)、供試体の一部が破壊し、その他の部位にはひび割れが発生していなかった。

表-4に示す通り、小径コア AM-S は AM-L や AM-M に比べ、ひずみ差 δ が大きいものが多い。

表-4 AM シリーズ試験結果

供試体名	番号	圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮強度 平均値	密度 (g/cm ³)	最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)	ひずみ差 δ (%)	圧縮強度 変動係数 (%)
AM-L	1	56.9	54.5	2.07	3028	6	3.9
	2	51.8		2.07	2518	57	
	3	54.9		2.07	2850	3	
AM-M	1	52.4	50.9	2.09	3154	3	6.3
	2	52.6		2.09	2822	22	
	3	45.6		2.10	2208	63	
	4	47.7		2.09	2882	18	
	5	55.7		2.09	3186	8	
	6	49.5		2.08	2902	27	
	7	52.9		2.09	2978	16	
AM-S	1	53.7	45.3	2.03	3390	30	13.3
	2	51.0		2.05	3342	17	
	3	48.4		2.05	2689	24	
	4	44.9		2.05	2853	44	
	5	37.5		2.05	1977	4	
	6	50.2		2.04	3038	32	
	7	46.5		2.05	2441	81	
	8	35.1		2.05	1623	94	
	9	40.6		2.07	2308	39	

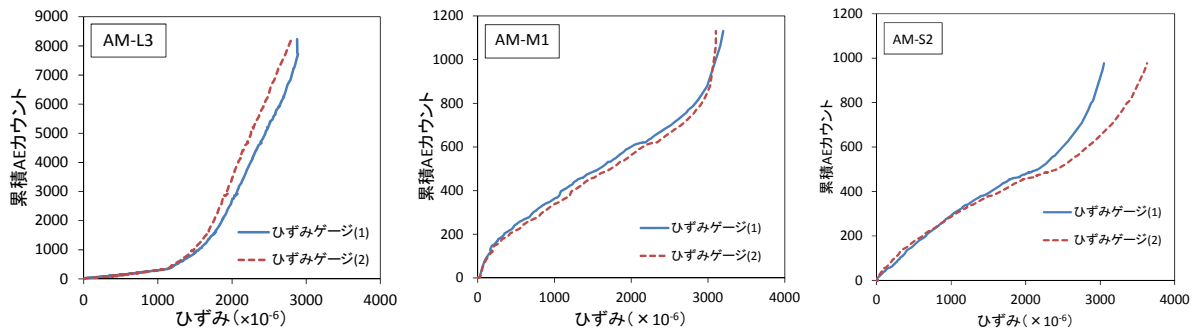


図-3 AM シリーズ 累積 AE カウント-ひずみ関係

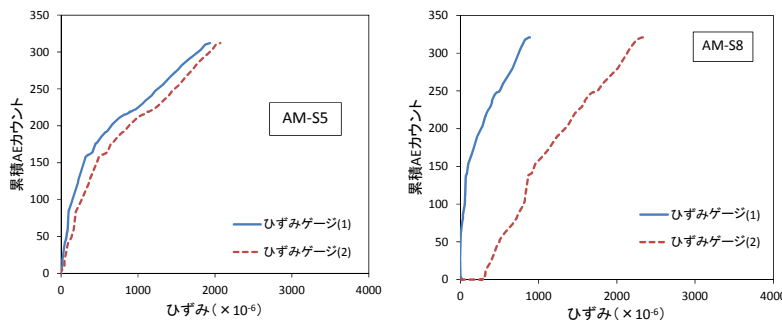


図-4 AM シリーズ 累積 AE カウント-ひずみ関係



図-5 AM-S8 破壊後状況

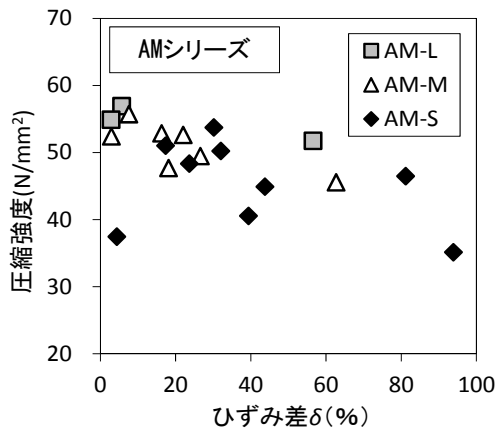


図-6 圧縮強度とひずみ差 δ の関係

表-5 A シリーズ試験結果 (W/C=45%)

供試体名	番号	圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮強度 平均値	密度 (g/cm ³)	最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)	ひずみ差 δ (%)	圧縮強度 変動係数 (%)
A-L	1	48.9	49.6	2.46	1758	23	1.2
	2	50.3		2.42	1932	29	
	3	49.5		2.38	2273	8	
A-M	1	47.3	49.8	2.37	-	-	4.1
	2	52.3		2.41	2037	8	
	3	49.8		2.41	1774	3	
A-S	1	49.7	42.9	2.60	1292	18	14.1
	2	48.7		2.43	1958	54	
	3	49.0		2.37	2363	11	
	4	37.8		2.43	1384	36	
	5	35.3		2.50	1951	107	
	6	52.5		2.39	2363	21	
	7	42.2		2.51	2229	32	
	8	38.5		2.36	1159	184	
	9	37.0		2.41	1748	63	
	10	38.4		2.36	1772	81	

図-6 に圧縮強度とひずみ差 δ の関係を示す。図より、ひずみ差 δ が約 40% 以上の場合に圧縮強度試験値が小さい供試体が多い。ひずみ差 δ に影響する要因として、内部空隙や平面度等が挙げられるが、ここでは平面度に着目した。小径コア供試体端面の面積は $\phi 100\text{mm}$ コアよりも小さいため、 $\phi 100\text{mm}$ コア成形時よりも高精度な端面処理が要求される。しかし、小径コアは元々寸法が小さいため、研磨の精度を高めることが困難である。そのため JIS では $\phi 100\text{mm}$ のコア平面度は 0.05% 以下と規定されているが、本実験の範囲では小径コア平面度の平均精度は 0.20~0.35% 程度となった。さらに精度の高い試験を行う場合には、小径コア端面仕上げ方法を改善する必要がある。

3.2 骨材の含有状態および水セメント比の違いが小径コア破壊性状に及ぼす影響 (実験 II)

骨材の含有状態が小径コアの破壊性状に及ぼす影響について考察するため、モルタル供試体 AM と、モルタル成分が同様のコンクリート供試体 A の比較を行った。表-5 に A シリーズ試験結果を示す。A シリーズでも AM シリーズ試験時と同様に、コア寸法が小さいほど圧縮強度の変動係数が大きい。また、A-L, A-M の圧縮強度の平均値は同程

表-6 粗骨材含有率 R_g 計算結果

供試体名	番号	粗骨材含有率 R_g (%)	粗骨材含有率 標準偏差	粗骨材含有率 (%) 平均値
A-L	1	48.8	4.5	44.5
	2	44.9		
	3	39.9		
A-M	1	37.5	3.1	41.0
	2	42.7		
	3	42.9		
A-S	1	67.5	10.2	44.4
	2	45.1		
	3	37.5		
	4	45.8		
	5	36.8		
	6	40.4		
	7	56.3		
	8	36.2		
	9	42.7		
	10	36.1		

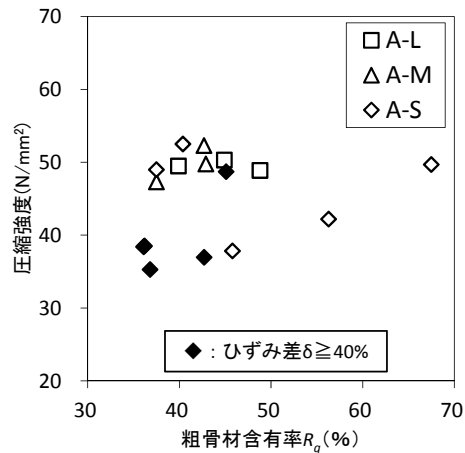


図-7 圧縮強度と粗骨材含有率 R_g の関係

度であるが、A-S のみ小さい。密度に関しては、A-L, A-M は全て同程度であるが、A-S のみ変動が大きい。なお、AM-S では密度の大きな変動はなかった。これは、小径コアに含まれる粗骨材体積の割合の変動が、 $\phi 100, \phi 50\text{mm}$ コアに対し大きいためである。そこで、コンクリート中に含有される粗骨材含有率 R_g を式(2)より算出した。

$$R_g = \frac{\rho_c - \rho_m}{\rho_a - \rho_m} \times 100(\%) \quad (2)$$

ここに、 R_g : 粗骨材含有率 (%)

ρ_c : コンクリートの気乾密度(g/cm³)

ρ_a : 粗骨材の絶乾密度(g/cm³)

ρ_m : モルタルの気乾密度(g/cm³)

A シリーズについて、粗骨材含有率 R_g を算出した結果を表-6 に示す。A シリーズの配合より、均等に粗骨材が混入した時の粗骨材含有率 R_g は 39.1% となる。表-6 より A-L, A-M と比較し、A-S の粗骨材含有率の変動が大きい。これは小径コアの寸法に対し粗骨材寸法が大きいことに起因する。任意にコア採取を行った場合、A-S10 のように粗骨材含有率が極端に小さい場合や AS-1 のように

表-7 Bシリーズ試験結果 (W/C=61%)

供試体名	番号	圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮強度 平均値	密度 (g/cm ³)	最大ひずみ (×10 ⁻⁶)	ひずみ差 δ (%)	圧縮強度 変動係数 (%)
B-L	1	33.2	34.8	2.34	1853	245	5.3
	2	37.4		2.37	2077	72	
	3	33.7		2.36	1605	72	
B-M	1	34.3	31.8	2.41	2626	104	12.8
	2	32.9		2.40	1575	3	
	3	36.1		2.37	1765	22	
	4	28.1		2.38	1279	89	
	5	37.1		2.40	1783	18	
	6	25.2		2.40	1417	12	
	7	27.5		2.44	1553	9	
	8	33.5		2.42	1786	42	
B-S	1	32.7	32.4	2.42	1664	81	7.5
	2	29.2		2.29	2201	24	
	3	29.6		2.31	1556	84	
	4	29.7		2.34	1485	153	
	5	35.8		2.49	1799	71	
	6	33.0		2.38	1833	31	
	7	32.2		2.33	1773	81	
	8	37.0		2.35	2144	80	
	9	32.4		2.42	2031	34	
	10	32.5		2.36	2324	115	

極端に多い場合が発生する。

図-7 に粗骨材含有率 R_g と圧縮強度試験値との関係を示す。ここで、図中の塗潰し点は、ひずみ差 δ が 40%以上となった小径コアである。前述したように、小径コアによる圧縮強度試験では、ひずみ差 δ が大きくなり易く、強度低下の一因であると考察した。塗潰し点の小径コアはひずみ差 δ が大きく強度低下を示す要因をすでに含んでおり、この塗潰し点を除外したとしても粗骨材含有率 R_g と強度には明確な関連性は見られない。そのため、小径コアの圧縮強度に及ぼす粗骨材の影響要因として考慮すべき項目として、偏った箇所に粗骨材が集中するなどの粗骨材の配置条件が挙げられる。これに関しては今後詳細な検討が必要である。

次に W/C の違いが小径コア圧縮強度試験値に与える影響について考察する。W/C の異なる B シリーズの試験結果を表-7 に示す。A シリーズと同様に、ひずみ差 δ の大きい供試体の圧縮強度は低くなる傾向を示した。なお、B シリーズでは $\phi 50\text{mm}$ (M) と $\phi 25\text{mm}$ (S) で圧縮強度の試験値に大きな差が生じなかった。またその変動係数は $\phi 25\text{mm}$ (S) の方が小さくなった。

3.3 小径コア圧縮強度試験値の棄却方法の検討

前述の試験結果より、小径コアによる圧縮強度試験値は、偏心の影響を受けやすく、また含有する粗骨材の配置などの影響を受けることが推測された。また小径コアの圧縮強度が低い場合、局所的破壊を生じ、最大ひずみが小さい傾向にあることも示された。そこで、ひずみ差 δ および最大ひずみに着目し、小径コアの圧縮強度試験値の棄却方法について考察を行った。

(1) ひずみ差 δ による棄却の検討

偏心が大きい場合、圧縮強度試験値は本来の圧縮強度より小さくなる。そこで偏心の程度を表す

表-8 ひずみ差 δ による棄却結果

供試体名	ひずみ差 δ の棄却域 (%)	棄却本数	圧縮強度 平均値 (N/mm ²)	圧縮強度 変動係数 (%)
A-S	100	2	44.4	13.1
	90	2	44.4	13.1
	80	3	45.3	12.7
	70	3	45.3	12.7
	60	4	46.7	10.7
	50	5	46.7	11.7
	40	5	46.3	11.7
	30	7	50.4	3.7
	20	8	49.4	1.0
	10	10	-	-
B-S	100	2	32.8	7.7
	90	2	32.8	7.7
	80	6	32.6	7.2
	70	7	31.5	5.3
	60	7	31.5	5.3
	50	7	31.5	5.3
	40	7	31.5	5.3
	30	9	29.2	-
	20	10	-	-
	10	10	-	-

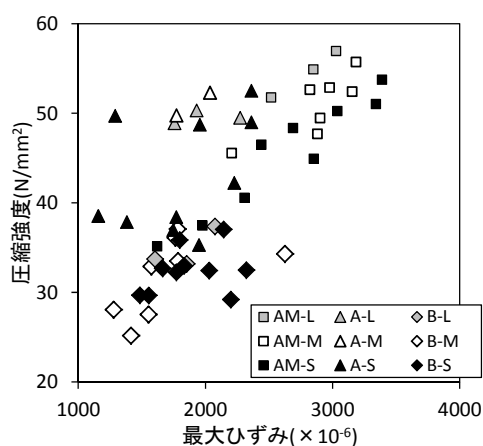


図-8 圧縮強度と最大ひずみの関係

ひずみ差 δ の大きさを棄却基準とした時の、棄却本数および平均圧縮強度、変動係数の関係について調べた。ここで、ひずみ差 δ 棄却域とは、式(1)で算出されるひずみ差を基に定める棄却域である。表-8 に結果を示す。これより、A-S ではひずみ差 δ 棄却域 40%から 30%で、圧縮強度平均値が比較的大きく増加している。B-S ではひずみ差 δ と圧縮強度には相関性は見られず、棄却域を大きくすると圧縮強度平均値は小さくなる。これは B-S10 本の圧縮強度の変動が大きいことに起因する。これらより、A-S の場合、棄却域 40%が棄却基準の目安となると考えられる。

(2) 最大ひずみによる棄却の検討

図-8 に A, AM, B シリーズの圧縮強度と最大ひずみの関係を示す。図より、全てのコア寸法において最大ひずみが小さいほど圧縮強度試験値が小さい傾向がある。これは、圧縮強度試験時に局所的破壊が進行した場合に、圧縮強度試験値が小さくなることを示している。また、小径コアの最大ひずみの変動が特に大きい。最大ひずみが小さい小径コアは局所的破壊が生じ、本来の圧縮強度

試験値より小さな圧縮強度となったと推測される。そこで、小径コア圧縮強度試験値の棄却方法として最大ひずみに着目した。

表-9 に、小径コアの最大ひずみ平均値を基準とした時の、最大ひずみ変動下限値をしきい値として小径コアを棄却した小径コア平均圧縮強度と圧縮強度変動係数を示す。表より、A-S では変動下限値を大きくするほど平均圧縮強度は大きく、圧縮強度変動係数は小さくなった。また-20~-5%間で圧縮強度平均値、および圧縮強度変動係数は一定値を示した。B-S では変動下限値を大きくするほど平均圧縮強度は大きくなるが、圧縮強度変動

表-9 小径コアの最大ひずみ値を用いた棄却方法

供試体名	小径コア最大ひずみ平均値 ($\times 10^{-6}$)	最大ひずみ変動下限値 (%)	変動下限値のひずみ値 ($\times 10^{-6}$)	棄却本数	圧縮強度平均値 (N/mm ²)	圧縮強度変動係数 (%)
A-S	1822	棄却なし	-	0	31.6	14.9
		-25	1366~	2	42.6	15.4
		-20	1457~	3	43.3	15.7
		-15	1548~	3	43.3	15.7
		-10	1639~	3	43.3	15.7
		-5	1730~	3	43.3	15.7
		0	1822~	5	45.5	15.0
B-S	1881	棄却なし	-	0	32.4	7.9
		-25	1411~	0	32.4	7.9
		-20	1505~	1	32.7	7.7
		-15	1598~	2	33.1	7.2
		-10	1693~	3	33.2	7.7
		-5	1787~	4	33.3	8.3
		0	1881~	6	32.8	9.8

表-10 小径コアの棄却後圧縮強度試験値

供試体名	棄却前			棄却後		
	圧縮強度標準偏差	圧縮強度平均値 (N/mm ²)	圧縮強度変動係数 (%)	圧縮強度標準偏差	圧縮強度平均値 (N/mm ²)	圧縮強度変動係数 (%)
A-S	6.1	42.9	14.1	4.3	47.9	8.9
B-S	2.4	32.4	7.5	1.7	31.5	5.3

係数は-15%を境に減少から増加に転じた。そのため、変動下限値-15%以上では正常な圧縮強度を測定できた小径コアまで棄却した可能性がある。以上より、本論文では最大ひずみ変動下限値による棄却域を-15%とした。

(3) ひずみ差 δ と最大ひずみを用いた小径コア圧縮強度試験値の棄却方法

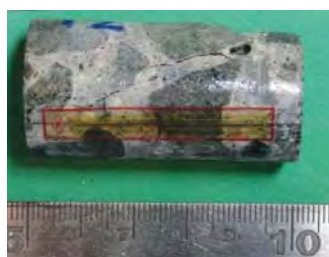
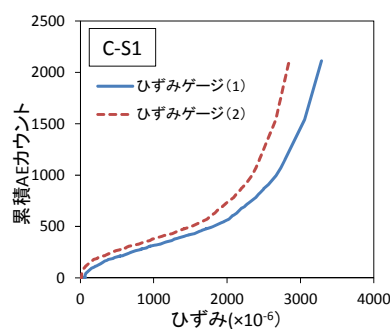
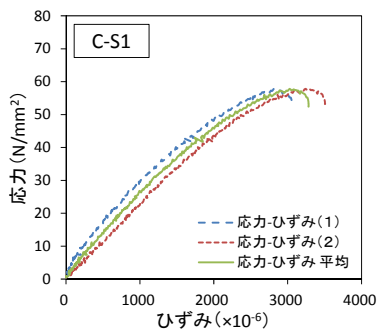
本実験で対象とした小径コア圧縮強度試験結果より、ひずみ差 δ が 40%以上、最大ひずみ変動下限値-15%以下を棄却した時の、 $\phi 100\text{mm}$ コア圧縮強度試験値との比較を行った。表-10 に棄却後の小径コア圧縮強度試験値および圧縮強度変動係数を示す。表-10 より、A-S, B-S とともに棄却後の方が圧縮強度変動係数は小さい結果となった。B-S

表-11 C-M, C-S コア供試体試験結果

供試体名	番号	圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮強度平均値	密度 (g/cm ³)	最大ひずみ (平均)	ひずみ差 (%)	圧縮強度変動係数 (%)
C-M	1	61.8	59.0	2.49	2385	15	4.9
	2	68.2		2.47	3198	3	
	3	47.1		2.41	1720	105	
C-S	1	59.2	52.9	2.44	2814	14	13.5
	2	47.6		2.54	1698	1	
	3	38.8		2.42	2059	6	
	4	57.3		2.44	3998	54	
	5	54.3		2.51	3146	9	
	6	49.7		2.48	2699	5	
	7	47.7		2.44	3481	48	
	8	57.7		2.46	3815	33	
	9	41.8		2.48	1616	26	
	10	58.4		2.49	2983	8	
	11	56.9		2.48	3208	0	
	12	57.4		2.46	3090	34	
	13	64.5		2.45	2896	47	
	14	52.6		2.47	1616	22	
	15	50.0		2.41	1736	37	
	16	43.4		2.48	4226	158	
	17	62.5		2.43	3502	1	



C-S1 破壊状況



C-S2 破壊状況

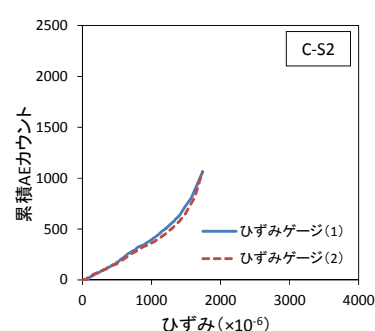
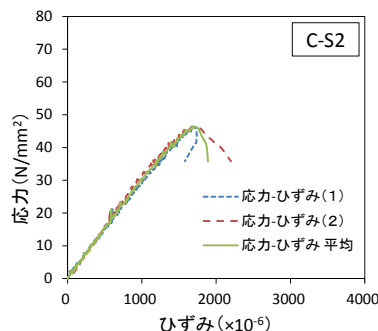


図-9 棄却されない小径コア(上段)と棄却される小径コア(下段)の破壊性状の違い (C-S)

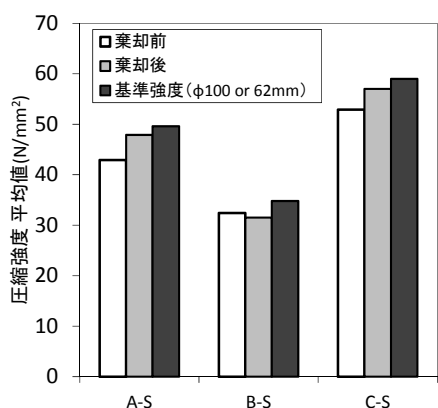


図-10 小径コア圧縮強度と基準強度との差
(小径コア圧縮強度における棄却前後)

に関しては棄却後の方が圧縮強度平均値は小さい。これはB-Sは、ひずみ差 δ が大きい供試体が多く、棄却されなかった供試体の圧縮強度は 29.2 N/mm², 33.0 N/mm², 32.4 N/mm² の3本であった。その中の1本に圧縮強度の低い29.2 N/mm²が残りに、圧縮強度平均値が低下する結果となった。

3.4 小径コア圧縮強度試験値棄却方法の実構造物大供試体への適用(実験Ⅲ)

本実験で用いた棄却方法を実構造物大梁供試体より採取した小径コアへ適用し、小径コア圧縮強度試験値の変動の制御を試みた。実構造物大の梁供試体より採取したコア供試体 C-M(ϕ 62mm)と C-S(ϕ 25mm)の試験結果を表-11に示す。供試体形状の制約より ϕ 100mm コアの採取が出来なかったため、基準供試体寸法を ϕ 62mmとした。

A, B シリーズの試験結果と同様に、圧縮強度変動係数はC-MよりもC-Sの方が大きい。ここで前述の小径コア実験結果から導いたひずみ差 δ が40%以上、最大ひずみ変動下限値が-15%以下の場合に棄却する方法をC-Sに適用し、小径コア圧縮強度試験値変動の制御を検討した。

本棄却方法で棄却されないC-S1と棄却されるC-S2の破壊状況の違いを図-9に示す。棄却されないC-S1は図-3に示すAM-S2と同様に最大荷重前に累積AEカウントが急増する点が見られ、また応力-ひずみ曲線も緩やかに増加している。それに比べ、棄却対象であるC-S2は累積AEカウントの急増する点は明確ではなく、累積AEカウント数および最大ひずみ値も小さい。破壊後の写真では、C-S1は供試体長手方向全体にひび割れ進展が見られるのに対し、C-S2は側面から斜めにひび割れが進展し局所的に破壊が生じていた。

本棄却方法を用いた結果を図-10に、 ϕ 100もしくは ϕ 62mm コア圧縮試験値を基準強度として示す。A-S, B-S, C-S共に、小径コア圧縮強度試験値は基準圧縮強度(ϕ 100mmもしくは ϕ 62mm)に近づけることができると分かる。また、圧縮強度

変動係数も棄却前は13.5%であったのに対し、棄却後は6.1%と低下させることができた。

4. まとめ

小径コア圧縮強度試験について、供試体寸法、および粗骨材含有状況が圧縮強度試験値に及ぼす影響について検討を行った。また、小径コア圧縮強度試験値の棄却方法について一つの考え方を示した。本論文で得られた知見を以下に示す。

- (1) モルタル供試体による実験より、コア寸法が小さいほど圧縮強度変動係数が大きい結果となった。よって、粗骨材が影響しない条件でもコア寸法に起因するひずみ差が生じ、圧縮強度試験値に影響することが明らかとなった。
- (2) コンクリートの小径コア圧縮強度試験より、粗骨材含有率が圧縮強度に及ぼす影響は小さいとわかった。よって、粗骨材の大きさや配置条件が圧縮強度に及ぼす影響が大きいことが推察された。また、圧縮強度が小さい小径コアは最大ひずみ値が小さく、局所的な破壊を生じていた。
- (3) 小径コア圧縮強度試験結果から異常な破壊を生じた供試体の棄却方法として、ひずみ差 δ が40%以上、また最大ひずみでは小径コア最大ひずみの平均値から-15%以下を棄却の対象と定めた。この結果、小径コア圧縮強度試験値の変動をある程度抑制できた。
- (4) 本論文で提案した小径コア圧縮強度試験値棄却方法を実構造物大の梁供試体から採取された小径コアに適用した。その結果、基準とする ϕ 62mm コアの圧縮強度に値が近づいたことから、小径コアの圧縮強度試験値の棄却方法として有用である可能性が示された。

本報告内容は、「小径コアによる圧縮強度試験値の変動に関する実験的考察」として、第11回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム(2011.10.)にて報告を行わせていただきました。((社)日本材料学会、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第11巻、pp.313-320)

参考文献

- 1) 清水厚年ら；コアの寸法の違いによる試験値の差に対する各種要因の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.30, No.2, pp805-810, 2008
- 2) (財)土木研究センター：建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術 小径コアによるコンクリート構造物の調査技術「ソフトコアリングC⁺」、2003.12