

供試体の大きさとコンクリートの圧縮強度

山口大学	正員	加賀米一三
山口大学	正員	○長谷川 博
山口大学	正員	兼行 啓治

1. まえがき

プレストレストコンクリート、人工軽量骨材コンクリートなどでは、圧縮強度試験を $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 供試体で実施している例もあるが、一般現場の品質管理試験は標準供試体によって行われていることが多い。小型供試体を採用できれば、製作、養生、試験にいたるすべての作業が能率的であるので、この実施化の根拠を立証するために、配合、養生方法、材料の国産から小型供試体使用の可否を検討したものである。

2. 使用材料

セメントは宇都宮産普通ポルトランドセメント 比重=3.15、細骨材は北九州市若松産 粗骨材は山口県山陽町産の砕石で、あらかじめ5、15、25、25、25、40mmの各群に分けてそれぞれ等量で混合して用いた。骨材の性質は表-1のとおりである。

表-1 骨材の性質

	比重	吸水量 (%)	単位容積重量 (kg/m^3)	含水率 (%)	粗骨率	有機不純物
細骨材	2.58	1.01	1650	62.0	2.12	良
粗骨材	2.69	0.90	1620	61.5	2.52	—

3. 実験

配合強度を140、160、220 および $300 \text{ kg}/\text{cm}^2$ の4種としてセメント量を変化させた。その結果を示すと表-2のとおりである。

表-2 コンクリートの配合

配合 種別	粗骨材 の最大寸法 (mm)	スラング (cm)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材 率 S/A (%)	単位量 (kg/m^3)			
					W	C	S	G
A	40	3.1, 4.1	78	39	170	219	727	1219
B	40	6.1, 3.8	68	37	170	248	700	1244
C	40	3.6, 3.8	61	37	166	271	697	1237
D	40	6.0, 6.4	50	33	170	338	600	1271

コンクリートは手練りで十分に練り出されたコンクリートをウェットスクリーニングして粗骨材の最大寸法が40mm、25mm、10mmとなるように分け、表-3の基準によって打込み、各供試体の相似率をほぼ等しくなるようにした。

表-3 供試体の製作要項

供試体の寸法 (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	突き棒の径 (mm)	突き数	締め固め
$\phi 15 \times 30$	40	18	25	3
$\phi 10 \times 20$	25	13	20	3
$\phi 5 \times 10$	10	9	15	3

打込み後24時間を経て脱型し、温度25℃、湿度75%の恒温恒湿室で水中養生と空養生（室内静置）に分け所産の材料まで養生した。

供試体の種別は、配合(A, B, C, D)、養生方法（水中、空）および材料(3, 7, 28日)をかえることによって24種類とした。圧縮試験供試体は3本とし試験要項はJISA1108により実施した。

4. 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験の結果を示すと表-4のとおりである。また、図-1へ3に $\phi 15$ と $\phi 10$ 、 $\phi 15$ と $\phi 5$ 、 $\phi 10$ と $\phi 5$ 供試体の圧縮強度の関係を示した。

4.1 配合の影響：表-4によって圧縮強度比の傾向と配合別にみると、 $\phi 10$ 供試体はセメント量の少ないA、Bコンクリートが大きくあらわれるようであるが、 $\phi 5$ 供試体の場合は、はっきりした傾向は認められない。本項に關しての既報⁽³⁾によれば、圧縮強度比は高配合コンクリートが大きいと

表-4. 圧縮強度試験結果

材令 (日)	配合	圧縮強度 (kg/cm ²)						圧縮強度比							
		水中養生			空中養生			水中養生				空中養生			
		φ15	φ10	φ5	φ15	φ10	φ5	φ10	平均	φ5	平均	φ10	平均	φ5	平均
3	A	58.9	62.6	62.9	61.1	70.0	72.0	1.16		1.18		1.15		1.17	
	B	72.2	76.8	76.7	81.5	82.0	90.0	0.97	1.05	1.16	1.10	1.07	1.02	1.10	1.08
	C	82.5	82.5	82.9	119	119	107	1.06		1.00		0.96		0.90	
	D	137	139	151	131	130	150	1.01		1.10		0.99		1.13	
7	A	94.7	112	112	96.7	98.0	86.6	1.18		1.18		1.01		0.90	
	B	127	135	148	117	128	119	1.06	1.05	1.17	1.10	1.02	0.97	1.02	0.93
	C	152	153	148	165	138	129	1.01		0.97		0.84		0.78	
	D	240	234	227	247	191	209	0.98		1.24		0.92		1.01	
28	A	168	179	178	127	117	107	1.07		1.07		0.92		0.84	
	B	207	225	222	161	150	132	1.09	1.05	1.07	1.08	0.93	0.92	0.82	0.81
	C	222	257	239	205	176	185	1.16		1.08		0.86		0.71	
	D	350	326	320	252	241	221	0.89		1.09		0.96		0.88	

されているが、本実験では、供試体製作時にシュートス
クリーニングしたこと、単位セメント量の範囲が220
へ340 kg/cm²であったことなどによるものと思われる。

4.2 養生方法および材令の影響

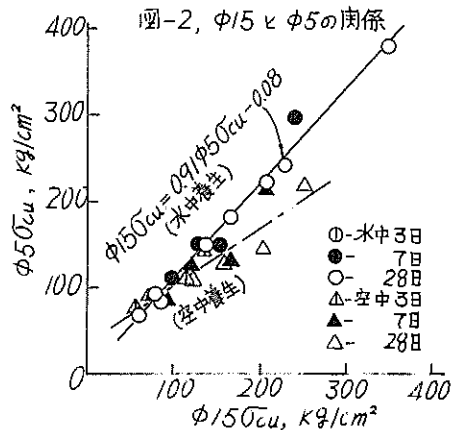
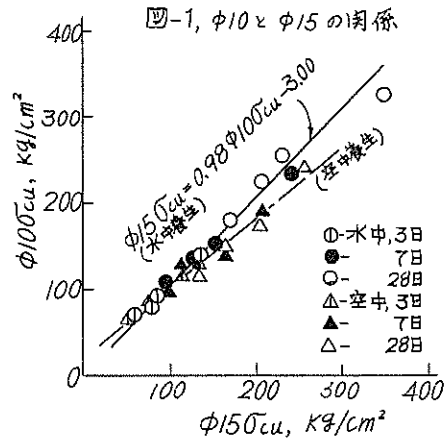
水中養生供試体の圧縮強度比は材令とは関係なく、小
型供試体にはほぼ大きい比率を示す。実験ではφ10
供試体で約5%、φ5供試体で約10%であった。

空中養生の場合は材令によって支配され、その傾向は
供試体寸法によって異なり、複雑な傾向を示す。図-4
によれば材令3日でφ10、φ5両供試体とも標準供試体
より大きい比率を示すが、材令の進行につれて減少し、
材令28日ではφ10供試体で約8%、φ5供試体では約
20%減少した。

つぎに、材令28日の圧縮強度を1として、供試体寸
法が異なる場合の圧縮強度の増進率を比較してみると、
空中養生供試体の増進率は、供試体が小型で初期である
ほど大きく、前述した圧縮強度比の関係を支配している
といえる。水中養生供試体は空中養生の場合ほど明確で
はないが、その発現性は小型供試体が大きい。水中養生
供試体の各材令ごとの総平均した値を示すと、φ15、
φ10およびφ5供試体の順に材令3日で1.378、1.382、
1.386 また材令7日では1.638、1.643、および1.674
であった。

4.3 変動係数 : 各種供試体の変動係数を示すと

表-5のとおりである。本実験に用いた供試体全種類の変動係数はほぼ5%以下とみられる。



供試体寸法別に総平均した値は $\phi 15=3.1$, $\phi 10=2.9$, $\phi 5=3.1$ となり 供試体の大きさが異なる場合であっても同程度とみることができろ。

つぎに グループ別平均値のなかから 大きい値を示したものを取出すと、材令のちがいで3日の値が1%程度大きく、配合別にもと セメント量の少ないA配合が若干大きい。

5. 実験結果の考察

5.1 圧縮強度比について

標準供試体と $\phi 10$ 供試体を比較した既報の結果は

- $\phi 10$ 供試体が0%~6%大きい(平均3%)⁽²⁾
- 系用上からは修正係数を考えなくてよい⁽³⁾
- $\phi 10$ 供試体が2.5%程度小さい⁽⁴⁾

などとなっている。

本実験の結果は前述のごとく、 $\phi 10$ 供試体で約5%、 $\phi 10$ 供試体で約10%大きく、a) 項に近い値といえるが 一方相関性については、図-5からも 本実験の場合のみ直線関係にあり異なる傾向を示した。

これは 供試体直径をさらに大きくして 広範囲の実験結果によって検討しないとつきりしないが、一応 本実験の範囲では 供試体の小型化に伴ない相似性を付加したことにより直線関係があらわれたものと考えられる。

供試体が小型化するにつれて圧縮強度が大きくなる理由としては既報のなかにも、周辺の影響、外皮の影響などお提唱されており、このことは 本実験においても確かめられているとかりであるが、水中養生供試体の飽和湿度の面積比は、その直径が小なるほど大きく、これが水硬効果を高める原因と思われる。供試体の周辺の含湿の程度は 養生条件が一定であれば 材令による変化はきわめて微弱であり無視しても差支ないものようである。圧縮強度比が材令にほぼ一定値を示したことは、図-1へ3にみられるごとく、寸法の異なる両供試体が直線関係にあることはこの理由によると考えられる。

空中養生供試体は、その直径が小なるほど乾燥面積比が大きくなり、よって 4.2 項でのべたごとく材令の進行に伴ない圧縮強度比は低下してゆくものと考えられる。

5.2 小型供試体使用の可否

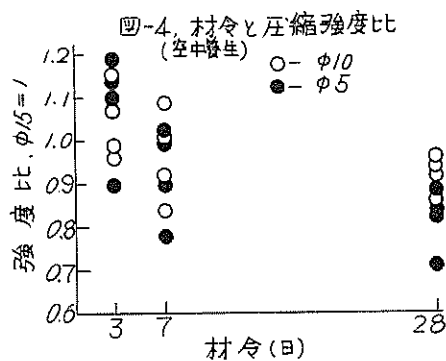
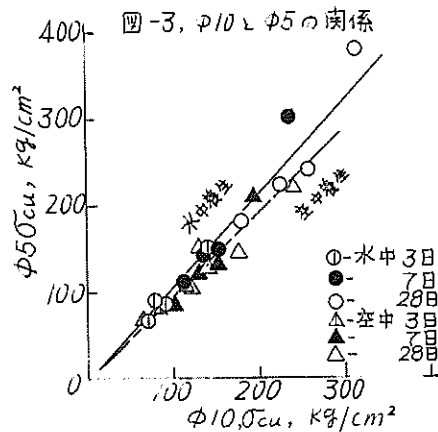


表-5 変動係数

材令 (日)	配合	水中養生			空中養生		
		$\phi 15$	$\phi 10$	$\phi 5$	$\phi 15$	$\phi 10$	$\phi 5$
3	A	1.6	2.6	3.6	3.0	1.5	4.6
	B	3.0	2.9	2.0	3.6	2.5	2.0
	C	3.5	3.0	5.6	3.2	1.5	2.7
	D	2.3	2.9	2.1	3.3	2.2	2.2
7	A	1.6	3.1	1.0	6.9	1.8	2.8
	B	2.1	2.2	2.8	1.7	2.3	2.0
	C	2.3	1.1	2.0	3.2	1.0	1.9
	D	2.7	2.7	1.6	5.5	1.7	2.0
28	A	2.9	3.3	2.8	2.6	2.8	3.8
	B	2.8	2.7	2.6	1.2	3.7	3.1
	C	2.3	2.5	2.1	2.8	1.2	1.6
	D	2.7	1.0	3.2	2.7	1.3	5.9

標準供試体から小型供試体に移行し、これを現場試験に適用する段階では、前項までのべた圧縮強度比、圧縮強度の発現性が、試験結果のばらつきに与える対比関係と同時に造形作業のしやすさなども重要なことである。標準供試体に比較して、φ10供試体は型わく組立て、水濡れ防止、キャッピング作業、脱型などあらゆる面で取扱いが便利である。

φ5供試体はφ10以上に軽便であるが打込作業時の変位度が大なり、キャッピングに当たっては型わくを固定する必要があるなど、同一の試験精度を維持するためには一様の考慮を要する。表-3に示した供試体の製作事項は試的段階であるが、φ5供試体の場合は、突き数10、締り用カチエ程度で十分であることを確かめられた。標準供試体と小型供試体の対比については、本実験の結果、次式の関係が成立する。

$$\phi 15 \sigma_{cu} = 0.98 \phi 10 \sigma_{cu} - 3.00, \quad \phi 15 \sigma_{cu} = 0.91 \phi 5 \sigma_{cu} - 0.08$$

小型供試体は圧縮強度が幾分大きくあらわれる結果をえたが、実験結果を総合的に検討して、小型供試体の実用性は認められることのできると思われる。

5.3 小型供試体の早期試験について

現場配合の決定と品質管理上から、できれば早期に判断することが望ましいと思われるので、図-6に小型供試体を含む場合の材令と圧縮強度の関係を示した。図中の推定式は変動係数が同程度の水中養生供試体に基づいた結果である。

6. 結言

(1) 現場コンクリートの圧縮強度試験用供試体として、φ10およびφ5供試体はともに実用的価値が認められる。実験結果の信頼度は、面供試体とも比較にならないが、現場の実状とそれに対応する安全性を付加して、現場段階ではφ10供試体によることが望ましい。

(2) 小型供試体で試験した結果は、5.2項の実験式により標準供試体強度に換算できる。水中養生供試体の場合は、強度の発現性が一律的ではないので、実験式はつくられなかった。

(3) 小型供試体で材令の短縮化をすすめるために、材令と圧縮強度の関係式に供試体寸法の影響を加えたものとした(図-6)。早期試験であっても、ばらつきが一般に大きいと断言できないことが、どが判明した。以上により今後小型供試体の利用がらに早期試験の実施が望まれる。

参考文献：(1) H.F. Gonneman: Effect of size and shape of Test Specimen on Compressive Strength of Concrete. Proc. of ASTM (1925)

(2) 近藤泰夫(訳) マスコンクリート。(1952) P-32, 36, 37

(3) 杉村昭、張上祐三、藤井敏郎、供試体の大きさコンクリートの圧縮強度。セメントコンクリート No.184

(4) 近藤泰夫、坂静夫、コンクリート工学ハンドブック。(朝倉) 1968. P-276

図-5、供試体の大きさと圧縮強度

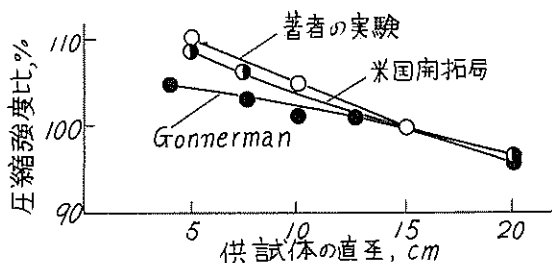


図-6、材令と圧縮強度 (水中養生)

