

九州大学 学生員○後藤修次

同上 正員 松下博通

同上 正員 牧角龍憲

1. まえがき

以前より、コンクリートの弾性係数をその圧縮強度の関数として表示する方法については多くの提案があるが、近年注目されている高強度コンクリートに関してはあまり言及されていない。また、静弾性係数の測定においては、試験方法を設定しておかなければその測定はできないし、近年、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の円柱供試体による試験が多く行なわれており、供試体寸法による影響を把握しておく必要がある。そこで、本研究においては強度を $250 \text{ kg/cm}^2 \sim 800 \text{ kg/cm}^2$ と変化させて、広範囲にわたり強度と弾性係数との関係を調べるとともに、試験方法および供試体寸法が強度と弾性係数に及ぼす影響を比較、検討することを目的とした。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合 セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.17）、細骨材は海砂（比重2.59, F.M. 2.85）粗骨材は角セメント砕石（比重2.95, 最大寸法20mm）、混和剤は $W/C = 27.3 \sim 34.4\%$ に対してはボゾリス N_{40} を、 $W/C = 40 \sim 70\%$ に対してはNL-4000とそれぞれ使用した。配合表を表-1に示す。

(2) 供試体および養生 供試体は、 $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ と $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の2種類の円柱供試体で、各配合について同一バッチより採取し、各条件ごとに3本づつJISに準じて作成した。材料1日で脱型した後、温度 20°C 、湿度 95% にて標準養生を行ない、材料28日で試験に供した。

(3) 試験方法 JIS 原案に基づく方法とASTM, C-469-65による方法の2種類の試験方法によって、圧縮強度および静弾性係数を測定した。ひずみの測定にはコンプレッソメータを用い、次式によりそれぞれの割線弾性係数を求めた。

$$\text{JIS 原案に基づく方法 } E_c = \frac{\sigma_{1/3} - \sigma_0}{\epsilon_{1/3} - 50 \times 10^{-6}}$$

$$\text{ASTM, C-469-65による方法 } E_c = \frac{\sigma_{0.4} - \sigma_0}{\epsilon_{0.4} - 50 \times 10^{-6}}$$

ここに、 $\sigma_{1/3}$, $\sigma_{0.4}$ はそれぞれ圧縮強度の $1/3$, 40% の応力、 σ_0 はひずみが 50×10^{-6} の時の応力、 $\epsilon_{1/3}$, $\epsilon_{0.4}$ はそれぞれ応力 $\sigma_{1/3}$, $\sigma_{0.4}$ の時のひずみである。

この他、動弾性係数および超音波伝播速度をも同時に測定した。

表-1 配合表

No.	W/C (%)	S/a (%)	単位重積 (kg/m ³)				混和剤 (1/m ³)	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G			
1	27.3	33	150	549	566	1308	16.5	15.0	1.4
2	30	37	150	500	649	1259	15.0	19.0	1.0
3	34.4	39	155	451	695	1238	13.5	17.0	0.9
4	40	39	173	433	667	1189	3.2	4.0	2.2
5	45	40	173	384	700	1196	2.9	5.0	2.2
6	50	41	173	346	730	1197	2.6	6.0	2.9
7	55	42	173	315	769	1194	2.4	5.5	2.5
8	60	43	172	287	788	1190	2.2	4.0	2.3
9	65	44	172	265	814	1180	2.0	5.0	2.7
10	70	45	172	246	840	1169	1.8	5.0	3.0

表-2 実験結果一覧表

3. 実験結果および考察

表-2に、実験結果を示す。これらは全て3本の供試体の平均値である。

図-1, 2は、それぞれ $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$, $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ の供試体において、同一配合から得られた静弾性係数を2種類の試験方法

W/C (%)	$\phi 10 \times 20$ JIS					$\phi 15 \times 30$ JIS					$\phi 10 \times 20$ ASTM					$\phi 15 \times 30$ ASTM				
	σ_c (kg/cm ²)	E_c (10 ³ kg/cm ²)	E_d (10 ³ kg/cm ²)	V (km/sec)		σ_c (kg/cm ²)	E_c (10 ³ kg/cm ²)	E_d (10 ³ kg/cm ²)	V (km/sec)		σ_c (kg/cm ²)	E_c (10 ³ kg/cm ²)	E_d (10 ³ kg/cm ²)	V (km/sec)		σ_c (kg/cm ²)	E_c (10 ³ kg/cm ²)	E_d (10 ³ kg/cm ²)	V (km/sec)	
27.3	800	3.88	5.54	4.99		744	3.94	5.32	4.94		824	3.92	5.46	4.99		770	3.97	5.28	4.94	
30	721	4.08	5.39	4.98		611	3.95	5.38	4.95		699	3.97	5.56	4.98		639	3.93	5.32	4.95	
34.4	567	3.90	5.24	4.95		560	3.78	5.19	4.96		582	3.42	5.21	4.95		584	3.91	5.16	4.96	
40	484	3.29	4.89	4.83		452	3.42	4.62	4.72		495	3.42	4.90	4.83		480	3.70	4.70	4.72	
45	472	3.13	4.58	4.75		413	3.56	4.55	4.73		466	3.19	4.67	4.75		431	3.46	4.44	4.73	
50	413	3.58	4.43	4.62		386	3.13	4.38	4.61		404	3.02	4.40	4.62		385	3.36	4.33	4.61	
55	412	2.99	4.26	4.64		373	3.18	4.32	4.59		395	3.08	4.31	4.64		362	3.05	4.26	4.59	
60	348	3.08	4.45	4.63		320	3.11	3.88	4.58		327	3.20	4.30	4.63		327	3.30	3.93	4.58	
65	272	2.91	4.17	4.50		266	2.43	3.53	4.44		276	2.59	4.04	4.50		270	2.64	3.65	4.44	
70	267	3.02	3.85	4.56		259	2.21	3.54	4.51		285	2.68	4.06	4.56		265	2.31	3.58	4.51	

で比較したものである。この図から、2種類の試験方法による静弾性係数の値にはほとんど差がないと考えられる。

図-3, 4は、それぞれJIS原案, ASTMに基づく試験方法において、各配合ごとの静弾性係数を供試体寸法で比較したものである。供試体寸法の影響も、静弾性係数に関してはほとんどないと考えられる。

図-5は、同一配合から得られた圧縮強度と供試体寸法で比較したもので、図中の直線は回帰直線である。この図から、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の供試体の方が $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ の供試体より圧縮強度が高くなる傾向にあることがわかる。これは、供試体が大きいほど弱い欠陥をもった要素が介入する確率が高いことによって生じにものと思われる。また、低強度ほど供試体寸法の影響は小さいようである。

図-6に、JIS原案に基づく方法により得られた圧縮強度と静弾性係数との関係を、回帰曲線とともに示す。

この図より、 $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ の供試体の方が、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の供試体より回帰曲線の立ち上がりが大きいくことがわかる。これは、図-3, 5において、同一配合では静弾性係数については供試体寸法の影響はほとんどなく、圧縮強度については、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の供試体の方が $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ の供試体より大きくなり、その差が高強度ほど大きくなる傾向が認められたことより裏づけられる。

図-7に、本研究結果と3種の規格との比較を示す。ここで、筆者のプロット点は、 $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ の供試体でJIS原案に基づく試験方法によるものである。本研究結果は、強度 400 kg/cm^2 以下では他の規格とはほぼ一致しているが、強度 400 kg/cm^2 以上では、特に土木学会の折れ線とは差が現われ、静弾性係数が小さくなっている。このことから、土木学会の規格に従えば、不静定構造物の設計においては安全側となるが、部材のにわけ計算などにおいては弾性係数を過大に見積ることになり、危険であると考えられる。本研究は、円柱供試体を用いたの実験であり、この結果を直接実構造物に適用することはできないが、特に高強度コンクリート構造物の設計の際には、本研究結果と土木学会の規格との高強度域での差を十分考慮する必要があると思われる。その点について、今後さらに検討する予定である。

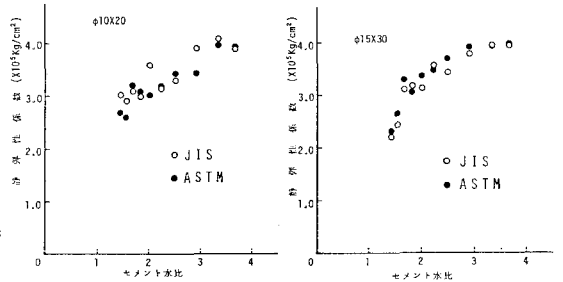


図-1

図-2

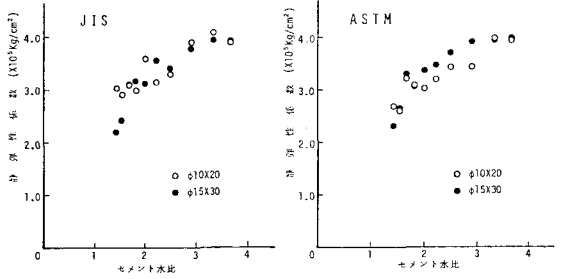


図-3

図-4

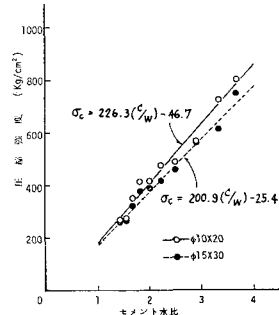


図-5

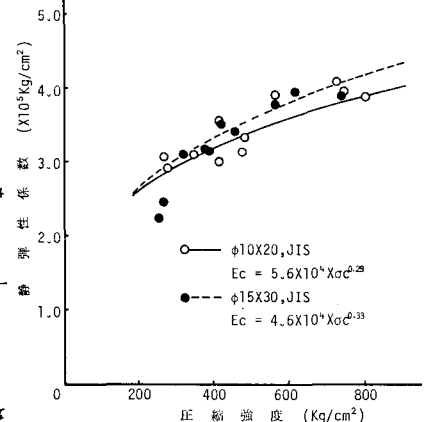


図-6

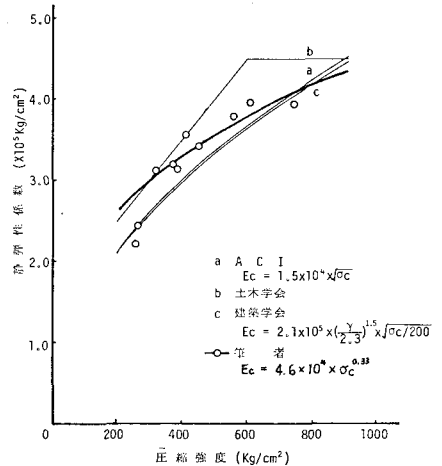


図-7