

# 大ききの異なる供試体のヤング係数について

加賀美 一二三\*・長谷川 博\*・兼 行 啓 治\*\*

On the Young's Modulus of Different Form for Standard Size

Hifumi KAGAMI, Hiroshi HASEGAWA and Keiji Kaneyuki

## Abstract

Past reports have been said that there are not the clear tendency between Young's modulus and size of specimen.

But, judging from the relationships of compressive test which was reported before in the Memoirs Yamaguchi University, effects on the size of specimen are recognized.

Then, authors experimented under several proportions of concrete, ages and curings, and defined the elastic and elastic-plastic limit owing to their discussion for experimental stress-strain curves.

We have the idea that each Young's modulus of specimen are the tendency of a straight line within elastic limit.

It is not recognized that influences depend on concrete proportions and ages in accordance with study larger mainly than those of standard specimen under the water curing.

The results of experimental research have mentioned in this paper.

## 1. 緒 言

コンクリートの圧縮強度試験用供試体の小型化に伴って、小型の供試体を使用すれば供試体の製作、品質管理、圧縮強度試験などあらゆる面で能率的である。

そこで標準供試体 ( $\phi 15 \times 30\text{cm}$ ) と小型供試体 ( $\phi 10 \times 20\text{cm}$ ) の圧縮強度の諸因子による関連性については既報告 (第21巻, 第1号) に報告している。本文においては、この二供試体の応力とひずみの関係により、ヤング係数の性状を、コンクリートの配合強度、材令及び養生方法が異なった場合に、これらが二供試体にいかに影響しているかを、実験的考察したものの報告である。

## 2. 使用材料

セメントは、宇部興産の普通ポルトランドセメントで比重は3.15である。骨材は細骨材として北九州市若松川沖合いの砂、粗骨材は山口県山陽町産の碎石を使用し、骨材は使用する前につきのことに注意して準備した。

細骨材は5mmフルイでフルイ分けて、打込日には表面乾燥飽水状態となるように準備し、粗骨材は5~10mm, 10~25mm, 25~40mmのフルイにより、打込日の1日前に良く水洗をしながらフルイ分け、容器に入れておき打込日にはいつも同じ状態で行なえるようにした。また骨材に表面水がある場合には、示方配

Table 1 Properties of aggregate

Each terms of experiment Kinds of aggregate	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of absolute volume	Fineness modulus	Organic impurities
Fine aggregate	2.58	1.01	1650	64.0	2.14	Good
Coarse aggregate	2.65	0.98	1630	62.5	7.54	—

\* 工業短期大学部土木工学科

\*\* 土木工学科

合を現場の補正を行なって打込んだ。

実験に用いる細粗骨材の物理的性質は、Table 1に示すとおりである。

### 3. 実験内容

コンクリートの配合設計は、一般に普通コンクリートの範囲内で設計基準強度を、A (140kg/cm<sup>2</sup>), B (180kg/cm<sup>2</sup>), C (220kg/cm<sup>2</sup>) D (300kg/cm<sup>2</sup>) の4種類に分け、本学の実験式  $\sigma_{28} = -153 + 228c/w$  によって計算を行なった。

なお打込みが容易で他に影響を与えないように、コンクリートのコンシステンシーを一定に定め、スランプの目標はほぼ  $5 \pm 1$  cm となるようにした。

以上の設計条件による示方配合は、Table 2に示すとおりである。

コンクリートの練り方は手練りによって十分に練り出来上ったコンクリートはスランプを測定し、もう一度軽く練りなおしてこれを供試体製作のコンクリートとした。

供試体の製作は、Table 3に示す基準によって、粗骨材の最大寸法、締固め程度の影響が入らないよう標準供試体との相似率をほぼ等しくして均一な供試体が得られるようにした。

打込み後5~6時間でキャッピングを行ない24時間後に脱型し養生方法別に分類、そして気温 24°C 湿度 75%に調節された恒温恒湿室(水槽完備)に空中養生(空中静置)、水中養生(水槽中)とに分けて各々所定の材令まで養生を行なった。

圧縮強度試験は、所定の材令に達した供試体について

JIS A1108にもとづいて行なった。荷重載荷速度も断面積の関係を考慮して Table 3より均一に載荷した。

圧縮ひずみの測定は、供試体の中央部のひずみを求めるために、供試体の両端面より5cmあて除いた部分にひずみリングを装置し、対角線方向にダイヤルゲージ(1/100mm目盛)2個を取り付け測定を行なった。これを Fig. 1に示す。

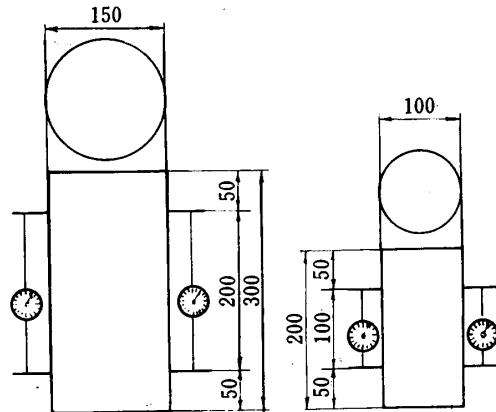


Fig.1 Measuring apparatus of strain

### 4. 応力とひずみの関係

コンクリートの応力とひずみの関係に影響する事項は、作用する荷重の大きさによるばかりでなく、配合種別、材令、養生方法、供試体の大きさ、あるいは載荷速度など種々の要素が考えられる。

本実験においてもこれらの諸要素の影響に関して検討するために、Fig. 2, 3, 4, 5に示す無次元化した

Table 2 Design of concrete proportion

Kind of concrete	Max. size of coarse aggregate	Slump (cm)	w/c (%)	s/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )			
					W	C	S	G
A	40	3.1, 4.1	78	39	170	219	747	1219
B	40	6.1, 3.8	68	37	170	248	700	1244
C	40	3.6, 3.8	61	37	170	271	697	1237
D	40	6.0, 6.4	50	33	170	338	600	1271

Table 3 Main factors of specimen works

Size of specimen (cm)	Max. size of coarse aggregate (mm)	Diameter of tamping rod (mm)	Tamping number	No. of compaction layers	Rate of load kg/cm <sup>2</sup> /sec
φ15×30	40	16	25	3	2.5
φ10×20	25	13	20	3	2.5

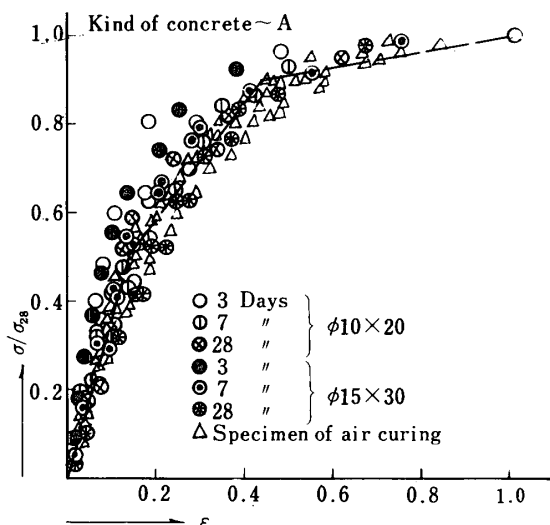


Fig. 2  $\sigma/\sigma_{28}$ -Strain curve

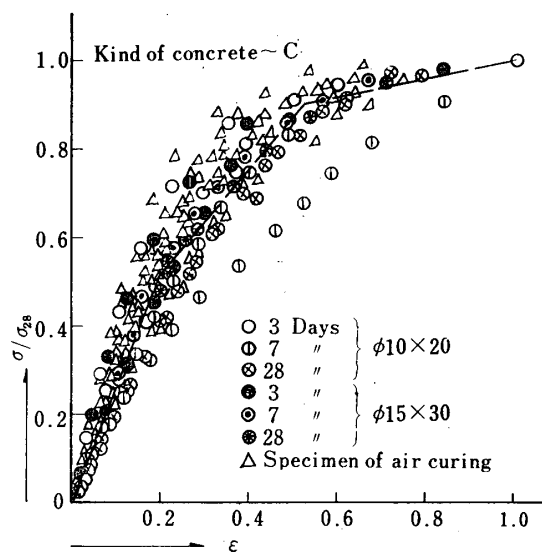


Fig. 3  $\sigma/\sigma_{28}$ -Strain curve

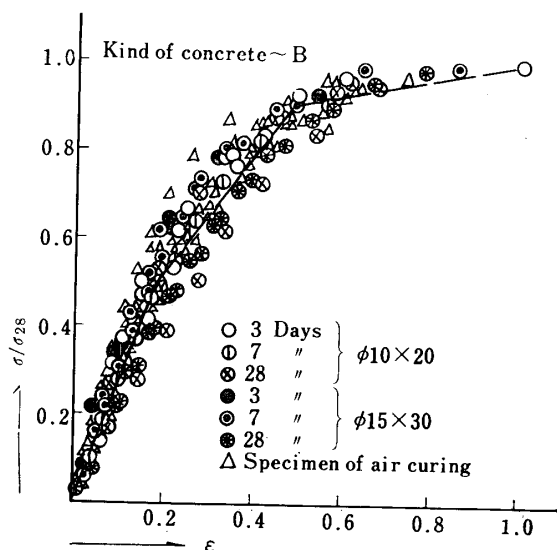


Fig. 4  $\sigma/\sigma_{28}$ -Strain curve

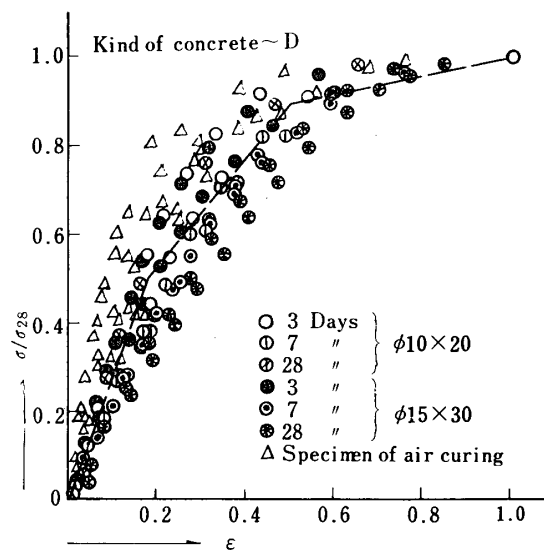


Fig. 5  $\sigma/\sigma_{23}$ -Strain curve

応力—ひずみ分布図を作成し、その傾向を吟味した結果次のことがいえる。

- (1) 一般に配合種別による影響は、養生方法、材令において若干の相違は認められるが一定の応力—ひずみ曲線をなしている。
- (2) 養生の影響も余り認められないが比較的空中養生のほうが、収束した曲線分布を示す。
- (3) 材令の影響においても大差ないが、圧縮強度でも前述したように、若令のものほど急勾配の分布、すなわち強度の増進に比べてひずみは伸びない傾向にある。
- (4) 供試体の大きさの影響については、相違は認められない。

以上の結果より、コンクリートの応力とひずみの関係には、諸因子にはわずかの影響のみであるが、ほぼ一定の曲線を描くことがわかり、この無次元化曲線に対してその変位点を弾性限、弾塑性限と定めると、弾性限は、圧縮破壊応力度の約50%でこのときのひずみは破壊時ひずみの17%程度で、弾塑性限についてみると圧縮破壊応力度の約90%でひずみは45%程度である。各供試体の弾性限と弾塑性限は、Table 4の値となる。

### 5. ヤング係数の決定と圧縮強度

各々の供試体のヤング係数の決定は、弾性限の割線ヤング係数として計算した。結果はTable 5であり、Table 6に圧縮強度試験結果を例示する。

Table 4 Elastic and elastic-plastic

Items	Curing Kind of concrete	Water curing				Air curing			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Elastic limit		0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.51	0.54	0.50
Strain ratio		0.12	0.19	0.16	0.21	0.15	0.17	0.18	0.18
Elastic-plastic limit		0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Strain ratio		0.39	0.47	0.47	0.54	0.46	0.41	0.44	0.45

Table 5 Test results of Young's modulus,  $\times 10^4 \text{kg/cm}^2$ 

Ages (days)	Kinds of concrete	Water curing		$\phi 10/\phi 15$	Air curing		$\phi 10/\phi 15$
		$\phi 10$	$\phi 15$		$\phi 10$	$\phi 15$	
3	A	14.79	16.14	0.92	16.95	15.09	1.12
	B	16.44	19.01	0.86	17.26	17.87	0.97
	C	19.44	18.72	1.04	22.37	22.68	0.99
	D	27.80	26.32	1.06	20.24	23.06	0.88
7	A	23.14	22.13	1.05	18.95	17.44	1.09
	B	26.15	23.31	1.12	20.99	21.53	0.97
	C	26.05	25.19	1.04	22.81	23.63	0.97
	D	31.97	30.02	1.06	27.14	28.36	0.96
28	A	27.76	25.91	1.06	18.26	18.86	0.97
	B	33.30	30.11	1.11	20.77	20.37	1.02
	C	33.25	30.11	1.10	21.22	26.69	0.79
	D	40.06	35.46	1.13	29.77	26.11	1.14

Table 6 Test results of compressive strength,  $\text{kg/cm}^2$ 

Ages (days)	Kinds of concrete	Water curing		$\phi 10/\phi 15$	Air curing		$\phi 10/\phi 15$
		$\phi 10$	$\phi 15$		$\phi 10$	$\phi 15$	
3	A	69.6	58.9	1.16	70.0	61.1	1.15
	B	76.8	79.2	0.97	87.0	81.5	1.07
	C	89.5	84.5	1.06	114	119	0.96
	D	139	137	1.01	130	131	0.99
7	A	112	94.7	1.18	98.0	96.7	1.01
	B	135	127	1.06	128	117	1.09
	C	153	152	1.01	138	165	0.84
	D	234	240	0.98	161	207	0.92
28	A	179	168	1.07	117	127	0.92
	B	225	207	1.09	150	161	0.93
	C	257	222	1.16	176	205	0.86
	D	326	350	0.89	241	252	0.96

6. 供試体の大きさに関する考察

供試体の大きさによるヤング係数の影響は、Table 5の資料により考察すると、水中養生供試体に対しては、材令7日、28日においてφ10供試体のほうがφ15供試体に比し、ヤング係数が5~10%内外大きい。

空中養生供試体においては、両供試体のヤング係数はほとんどかわらない。この結果はTable 6の圧縮強度試験結果と同様の傾向を示している。

φ15 供試体に対する φ10 供試体のヤング係数の関係を図示すると Fig. 6 のようになり両者の関係は次式にて示される。

$$E_{\phi 15} = 0.847 E_{\phi 10} + 0.271$$

$E_{\phi 15}$ : φ15×30cm 供試体のヤング係数  
( $\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ )

$E_{\phi 10}$ : φ10×20cm " " "

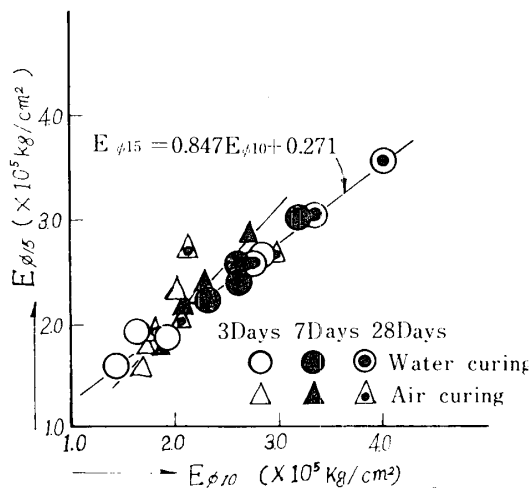


Fig. 6 Relation between  $E_{\phi 15}$  and  $E_{\phi 10}$

7. 配合種別に関する考察

設計基準強度、140kg/cm<sup>2</sup>、180kg/cm<sup>2</sup>、220kg/cm<sup>2</sup>、300kg/cm<sup>2</sup>の場合のヤング係数の影響は、Fig. 7, 8のごとくであり圧縮強度に比例してヤング係数も増加の傾向にある。この図より次のことがいえる。

(1) 材令の関係においては、材令3日では強度の増進よりもヤング係数が急激な増進を示し、材令7日、28日となるにしたがって強度の増進が大きくなり、逆にヤング係数の増加がゆるやかになる。

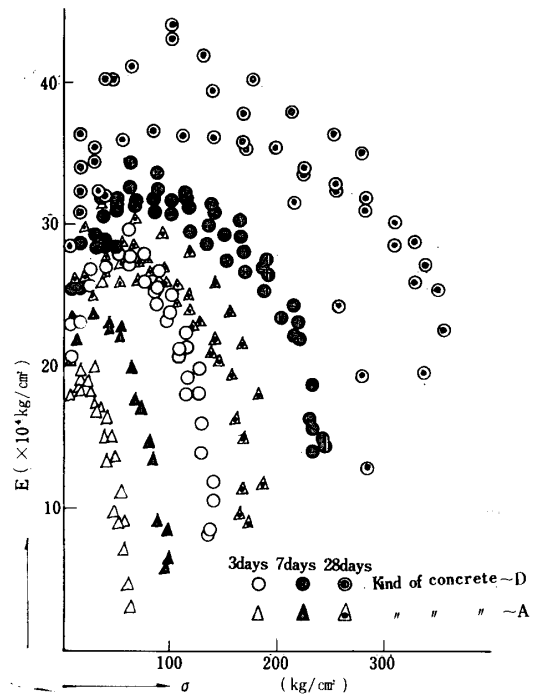


Fig. 8 Relation between stress and Young's modulus

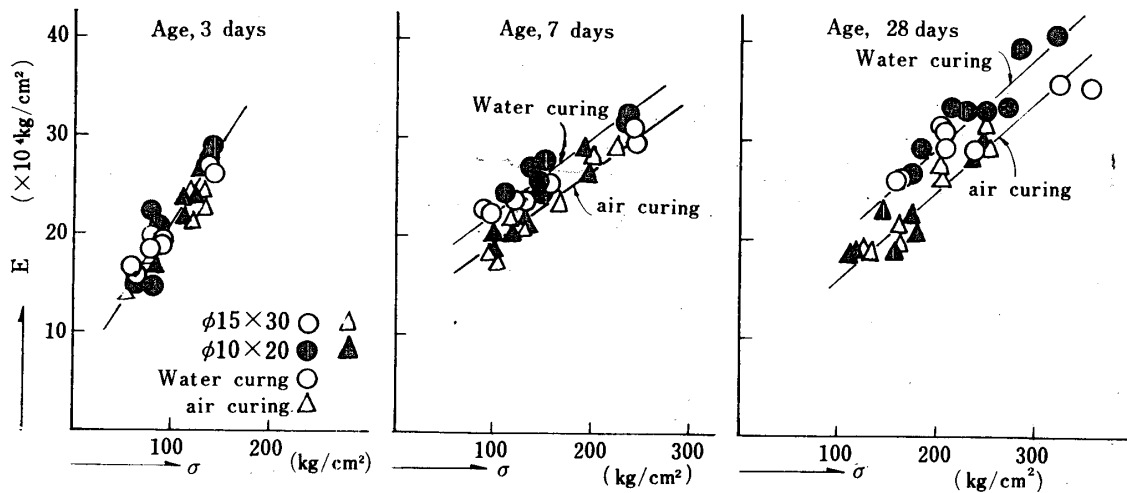


Fig. 7 Relation between stress and Young's modulus

- (2) 養生方法の影響は、材令3日では水中、空中養生とも変わらないが材令7日、28日では水中養生供試体が空中養生供試体より大きな値となる。
- (3) 供試体の大きさによる影響はみられない。これは配合強度が変化しても供試体に直接影響を与えないと考えられる。

8. 材令および養生方法に関する考察

材令の長短におけるヤング係数の増進状態は、Fig. 9に示すような変化を示す。この図の縦軸は、材令28日のヤング係数に対する材令3日、7日の比率を計算したものである。この図より

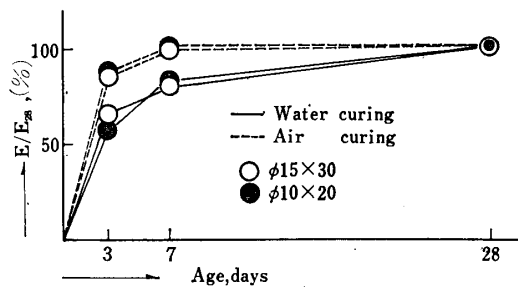


Fig.9 Relation between age and Young's modulus

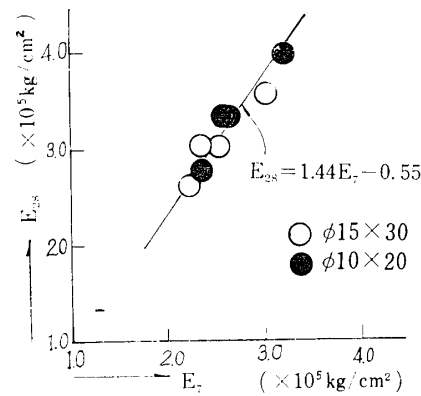
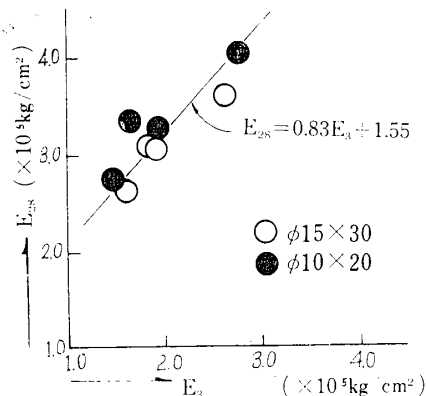


Fig.10 Relation between age and Young's modulus

9. 結 言

既往の研究報告によると、ヤング係数は供試体の大きさの影響を受けないという報告があるが、本実験においては、φ10×20cmの小型供試体のほうが、水中養生のみの場合にφ15×30cmの標準供試体より5～10%程度大きい値を示した。これは圧縮強度と同一の傾向になっているが、この理由は、供試体製作時におけるウェットスクリーニングと供試体の相似率を考慮したものと思われる。

材令の長短による養生方法の影響にもとづくヤング係数は、水中養生においては材令3日及び7日までは大きな増進を示し、7日から28日の間においても増進はする。

空中養生では、材令3日、7日までに急激に増進し  
Vol.21 No.3 (1971)

- (1) 水中養生において材令3日で、φ15供試体が約65%、φ10供試体が約57%、材令7日ではφ15供試体が約84%、φ10供試体が約30%の増進を示す。
- (2) 空中養生供試体においては、材令3日でφ15供試体で約85%、φ10供試体は約87%の増進をしており、水中養生の供試体の材令7日よりも増進している。材令7日になるとすでにφ15、φ10両供試体とも材令28日のヤング係数に達している。

このことより材令とヤング係数の関係についても圧縮強度の増進と同様の傾向を示すが、空中養生供試体においては、供試体の乾燥により応力の増進がにぶり、これと同時にひずみの伸率が急速化することによるものと思われる。

ヤング係数の材令28日に対する材令3日および7日の関係は Fig.10 よりほぼ直線の比例関係にあることがわかり、本実験結果においては次式が成り立つ。

$$E_{28} = 0.83E_3 + 1.55$$

$$E_{28} = 1.44E_7 - 0.55$$

( $E_{28}$ ,  $E_7$ ,  $E_3$ は材令:8日, 7日, 3日に対するヤング係数〔 $\times 10^5 \text{kg/cm}^2$ 〕)

材令7日で28日のヤング係数に達する、これは材令が進むにつれて供試体が乾燥することによって応力の増進が鈍り、同時にひずみの増進が急速になる理由にもとづくものと考えられる。

最後に本実験に熱心な協力を頂いた卒論生、篠田重信氏(東洋建設株式会社)に心から謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 近藤泰夫訳: マスコンクリート, 丸善, (1952)
- 2) 近藤泰夫, 坂 静夫, コンクリート工学ハンドブック, 朝倉書店, (1968)
- 3) 日本セメントコンクリート研究室: アサノライトコンクリートの圧縮強度と弾性性状: セメント工業誌, (1967)
- 4) 加賀美, 長谷川, 兼行: 山口大学工学部研究報告, 21, 41 (1970)

(昭和45年11月14日受理)