

九州産業大学工学部 正員 逸井 頼隆

山崎 竹博

宮川 邦彦

まえがき

コンクリートは巨視的にも、数種の材料から構成された粒状複合体であり、それ故、コンクリートの力学特性はそれら構成素材の特性値、容積割合、およびその配列状態などの諸条件を考慮することにより定め得るものとする。ただし、構成素材の一つであるセメントは練り混ぜ水との化学反応過程でその特性値が時々刻々変化する活性材料であるため、コンクリート自体の特性値も直接その影響を受け、同一材料・配合のコンクリートでもその力学特性は材令、養生条件などの相違で異なる。

実験概要

本実験の使用材料は、セメントとして三菱普通ポルトランドセメント（比重：3.18）、細骨材として志賀島海砂（比重：2.56、相対率：2.91）、粗骨材として河老津安山岩砕石（比重：2.73、相対率：6.77、最大寸法：20mm）を用いた。供試体の配合、寸法、養生方法は次の通りである。コンクリートの配合は単位水量（ $W=190\text{kg/m}^3$ ）、単位細骨材率（ $S/a=42\%$ ）、空気量（ $A=3\%$ ）を一定とし、水セメント比を6種類（ $W/C=0.40, 0.44, 0.48, 0.52, 0.56, 0.60$ ）変化させ、また、供試体寸法は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ を、養生方法としては、打設1日後脱型した供試体を水中（温度：20℃）、空気中（温度：20℃、湿度：80%前後）の2種類とし、なお、同一配合のセメントペースト供試体（寸法： $\phi 5 \times 10\text{cm}$ ）も比較検討のため作製した。

試験内容は打設時にスランパ、空気量、ブリージング率の測定を行なったが、ブリージング率は実際の供試体内部における水分変化を考慮するため、上記の供試体と同一寸法の容器を用い打設後時間のそれを測定した。硬化後の試験としては、測定材令6種類（ $t=3, 7, 14, 28, 42, 91$ ）について供試体重量、圧縮強度、静弾性係数、動弾性係数の測定を行った。

結果および考察

表-1は打設時のコンクリートおよびセメントペーストの実験結果を示す。打設は夏期高温下で行ったため、コンクリート温度が26℃前後となり、初期の特性値に多少影響したものと考える。コンクリートのブリージングとペーストのそれとは、大きな差が見られるが、これはコンクリートの場合練混ぜ水が骨材表面に吸着され、またその後ペースト部からのブリージング水が骨材で阻止され、その下面に溜るため、コンクリートの力学特性に重大な影響を及ぼすものとする。

表-1 打設時の諸性質

水セメント比 (%)	打設時コン リット温度(℃)	スランパ (cm)	空気量 (%)	ブリージング率(%)	
				コンクリート	ペースト
4.0	26.0	4.6	2.2	0.05	5.5
4.4	25.5	6.5	3.1	0.27	6.1
4.8	26.5	6.9	3.3	0.67	6.7
5.2	25.5	10.2	3.3	0.87	9.5
5.6	25.5	10.3	2.7	1.34	12.2
6.0	25.5	14.1	3.5	1.34	14.6

次に変形特性としては、表-2に示すように、割線弾性係数に対する動弾性係数の比は複合化が進むほど大きくなるが、水セメント比の変化ではあまり相違はない。ただし、コンクリートの空気中養生に関しては、その比が水セメント比に伴い増大するが、これは上記のブリージング差に起因し、コンクリート内部における骨材-ペースト間

表-2 動弾性係数/割線弾性係数

水セメント比 (%)	コンクリート		セメント ペースト	
	水中養生	空気中養生	水中養生	空気中養生
4.0	1.30	1.25	1.23	1.29
4.4	1.31	1.24	1.19	1.38
4.8	1.29	1.29	1.16	1.15
5.2	1.28	1.32	1.24	1.22
5.6	1.32	1.37	1.18	1.17
6.0	1.30	1.38	1.16	1.19

の結合状態が水セメント比の増大に伴い弱くなるため、弾性係数測定時に内部破壊を生じやすく、特に割断弾性係数の低下を引起したものと考える。

圧縮載荷時の応力-ひずみ曲線の概略を図-1に示す。図-1は一定速度で圧縮強度の1/3応力まで載荷し、その後急速に除荷してひずみがほぼ安定する3分後の測定値を表わしたものである。このように短時間の載荷でもすでに遅延弾性ひずみ(ϵ_d)が発達しており、実際の残留ひずみ(ϵ_p)は除荷時のその半分程度になる。ただし、この残留ひずみは養生状態に左右され、空气中養生の残留ひずみは水中養生のそれよりも明らかに大きく、これは上に述べたことと一致する。二相材料の弾性係数に関する研究はこれまでも多く見られるが、これらの研究においては、その結果として

$$E_c = (V_a \cdot E_a + V_{cp} \cdot E_{cp}) / 2 + 1/2 (V_a / E_a + V_{cp} / E_{cp}) \cdots \text{式-1}$$

ここに E_{cp} , E_a ; セメントペーストおよび骨材の弾性係数
 V_{cp} , V_a ; 容積割合

式-1が実験値とよく適合すると報告されているが、この場合骨材表面あるいは下面に付着した水分の影響を全く考慮されておらず、実際には時間依存ひずみや、内部ひび割れによる塑性ひずみを含んだ弾性係数値を用いければ $E_c = V_a \cdot E_a + V_{cp} \cdot E_{cp} \cdots \text{式-2}$

式-2を適用できるものとする。すなわち、瞬間的に載荷された二相材料の場合、各相のひずみが等しいとすべきであろう。

コンクリートの圧縮強度と材令および水セメント比との関係例を図-3に示す。図-3は、6種類の配合について、強度と材令との関係を双曲線式で表わしたもので、各配合の定数 a, b と水セメント比の関係は図-2のように、一次の関係で表わすことができる。その関係式を図-3中に示す。一般的には圧縮強度と水セメント比との関係、あるいは圧縮強度と材令との関係に関しては多くの実験式が提案されているが、このような実験式を用いれば水セメント比と材令を決めることにより、そのときの圧縮強度を簡単に求めることができる。ただし、本実験式では水セメント比の範囲を広く取り過ぎたため、低水セメント比で実験値と差を生じた。また同様に式でセメントペーストの強度や弾性係数も表示できる。

あとがき

以上のように、本実験では特定材料、一定単位水量のコンクリート配合に関するもので、力学特性に及ぼす諸要因の影響を満足に検討するまでには至らなかったが、今後このような実験を継続することにより一層詳細な結果を得ることができるものとする。

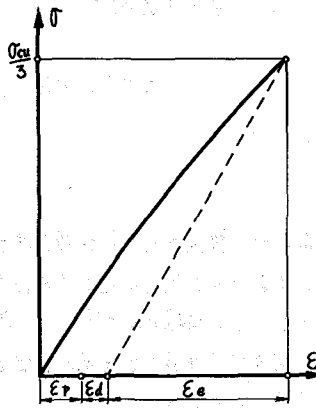


図-1 応力-ひずみ概略図

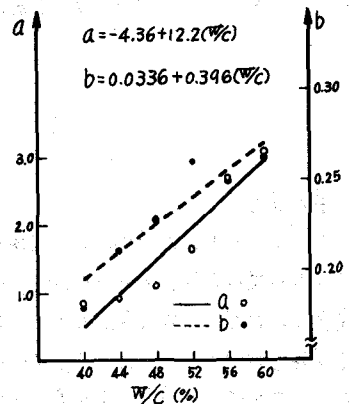


図-2 $a, b - w/c$ の関係

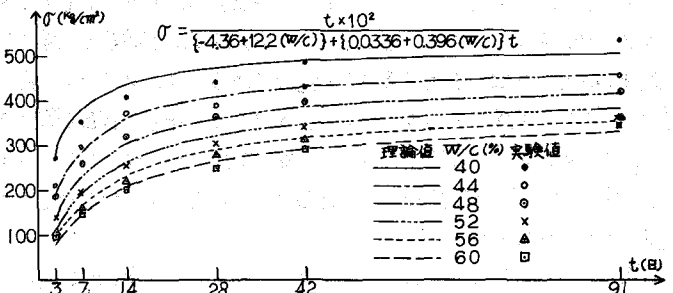


図-3 コンクリートの圧縮強度 (水中養生)