

防衛大学校土木工学教室 正員 工博 淨法寺 朝美
防衛大学校土木工学教室 正員 ○ 加 藤 清志

1 概観 セメント・モルタルまたはコンクリートにおいて、細粗骨材とペーストとの弾性係数の大さには一般にかなりの差異が認められるものであるが(図-1参照)、この点に着目しコンクリートと粗骨材との容積比と、それぞれの Secant modulusとの関係を Structural model に基づいて考察し、さらに内部構造によつて材料の非弾性効果を Mechanical model を設定して、いかにコンクリートの諸性質が影響されるかを研究するものである。

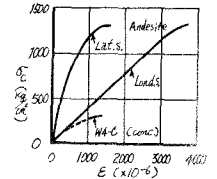


図-1

2 Structural model と骨材容積比 E_a, E_m をそれぞれ骨材、モルタルの弾性係数また C をコンクリート中に占める粗骨材の容積比とする。図-2は均質材料の成層組合せが荷重方向に対して、series-parallel の配列を示す。

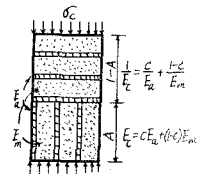


図-2

図-2 から、 $\frac{1}{E_c} = (1-A) \left[\frac{C}{E_a} + \frac{1-C}{E_m} \right] + A \left[\frac{1}{C E_a - (1-C) E_m} \right]$ ここでコンクリートは一般に巨視的に isotropy と考えられるから $A = \frac{1}{2}$ である。ここで modular ratio を $m_1 = E_a/E_m, m_2 = E_c/E_m$ とし、 $m_1 - 1 = \varphi$ として C を求めると $C = \left[-(2m_2 - 1) + \sqrt{(2m_2 - 1)^2 + 8(m_1 - m_2)} \right] / 2\varphi$ ①表-1に示した粒度の粗骨材を用い $W/C=55\%, S/A=37\%, G/S=170$.

単位セメント量を 302 kg の配合とし、91日強度時の諸種の値を表-1に示した。①式および配合設計時のそれぞれの C を C_s, C_p とし粗骨材最大寸法および粒度との関係は図-3、図-4、図-5のようになる。図-3から同一 C_p であつても骨材の最大寸法によつて容積比 C は変化する。ゆえに $|C_p - C_s| = \Delta C$ が粒径に影響されていると考えられる。さらに図-4、5において同一の

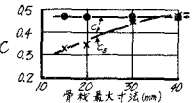


図-3

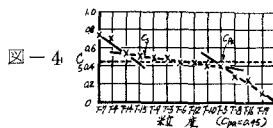


図-4

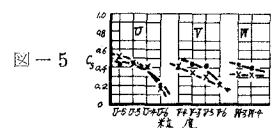


図-5

表-1

粒 度 mm	T																U				V				W	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	
50~40	2.5	3.2	3.7	3.7	3.0	4.5	5.6	4.2	5.6	4.2	5.0	11.1	6.7	9.1	9.1											
40~30	22.5	—	28.8	33.3	27.3	—	—	—	50.0	37.5	45.0	—	—	—	81.8	1.8	4.0	2.9	24.0							
30~25	22.5	28.8	—	33.3	27.3	—	50.0	37.5	—	—	45.0	—	—	81.8	—	0.7	1.6	1.1	2.3							
25~20																27.5		44.0		5.0	11.8	7.4	50.0			
20~15	32.5	42.4	42.4	—	39.4	59.1	—	54.2	—	54.2	—	—	86.7	—	—	27.5		44.0		57.5	—	85.2	—	5.0	9.5	
15~10																12.5	27.8							40.0	76.2	
10~5	17.5	22.4	22.4	25.7	—	31.8	38.9	—	38.9	—	—	77.8	—	—	—	25.0	55.6			32.5	76.4	—	—	47.5	—	
5~0	2.5	3.2	3.2	3.7	3.0	4.5	5.6	4.2	5.6	4.2	5.0	11.1	6.7	9.1	9.1	5.0	11.0	8.0	8.0	5.0	11.8	7.4	50.0	7.5	14.5	
C _s	0.48	0.71	0.39	0.44	0.75	0.28	0.50	0.40	0.39	0.45	0.39	0.55	0.51	0.25	0.09	0.45	0.42	0.52	0.15	0.35	0.42	0.30	0.22	0.35	0.35	
E _s (x10 ⁴ kg/cm ²)	325	348	205	211	286	187	229	209	206	215	206	234	231	178	154	219	214	235	162	208	212	190	177	202	196	
E _p (x10 ⁴ kg/cm ²)	375	444	284	289	400	512	312	337	300	287	533	342	312	287	287	342	362	362	337	308	317	312	342	350	325	

骨材最大寸法を用いたコンクリートにおいても粒度によつて極めて影響されていることがわかる。ここで Baker, A. L. L. によるコンクリート構造に関する lattice system によつて考察を進めると、外力は骨材粒子の相互作用および骨材粒子間のモルタルに働く direct thrust により伝達されるのであるから図-6 (a) の骨材間の void にモルタルが満されている場合と (b) のように void のモルタル中に、さらに小径の骨材が填充されている場合とでは後者の方が、応力を強度の大きい骨材 (図-1 参照) で受け持つことになり細骨粒を適度に混じていることが必要である。

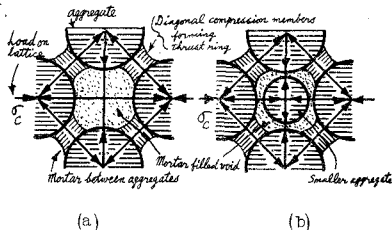


図-6

3 Mechanical model と粒度 前述の C_s を用い Retardation time T および Relaxation time T_m 並びに Coefficient of viscosity η_m を求め、骨材最大寸法および C_s との関係は図-8、図-9 のようになる。但し Mechanical model は図-7 に示す。

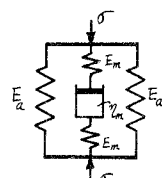


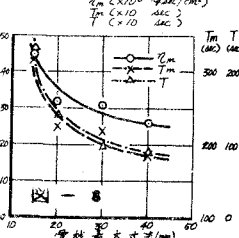
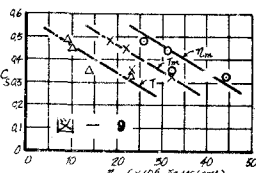
図-7

$$\sigma = \sigma_k \cdot t = C E_a \epsilon + (1-C) E_m \epsilon - \frac{t}{T_m} \left(\int_0^t \sigma \frac{t}{T_m} \epsilon dt \right), \quad \dot{\epsilon} + \frac{1}{T} \epsilon = \epsilon_k \left(1 + \frac{t}{T} \right) \quad \text{但し } T = \eta_m \left(\frac{1-C}{C} \frac{1}{E_a} + \frac{1}{E_m} \right)$$

$$T_m = \eta_m / E_m, \quad \epsilon_k = \frac{\sigma_k}{C E_a - (1-C) E_m}$$

$$\lambda = \frac{1-C}{C} \frac{E_m}{E_a} \quad \text{とすれば} \quad \epsilon = (1+\lambda) \epsilon_k \left[t - \lambda T_m (1 - \exp(-\frac{t}{T})) \right] \quad (2)$$

図-8 から標準粒度において粗骨材最大寸法が大きくなるに従つて、 η_m, T_m, T は共に対数的に減少し、また図-9 から粗骨材比 C_s が減少すれば、 η_m, T_m, T は共に直線的に増大する。さらに骨材最大寸法および骨材使用量を一定にし、粒度を変化させた場合の η_m, T_m, T は、図-10 のようになり明らかに粒度の影響を受け、中間径以下の粗骨材の過少な粒度の配合をもつコンクリート程、長い緩和時間をもつ。この事実は A. M. Freudenthal も述べている様に、セメント量の多いコンクリートは本質的には粘弾性材料の如く挙動し、集合体 (この場合粗骨材) が多い程、粘性や、凝集力の影響が少なく、内部摩擦の効果が大きくなるという概念と一致する。なお $\sigma = \sigma_k \cdot t$ なる圧縮力を加えた時に生ずる歪は次式で表わされる。



$$T - \epsilon = K_5 \{ t - T_m (1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) \} \times 10^{-6}$$

$$U - \epsilon = 17.5 \{ t - T_m (1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) \} \times 10^{-6}$$

$$V - \epsilon = 22.2 \{ t - T_m (1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) \} \times 10^{-6}$$

$$W - \epsilon = 22.9 \{ t - T_m (1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) \} \times 10^{-6}$$

4 参考文献

- "Modulus of Elasticity of Concrete affected by Elastic Moduli of Cement Paste Matrix and Aggregate": By Teddy J. Hirsch, Mar. 1962 ACI, "Creep Mechanism in Cement Mortar": By Joseph Glucklich and Ori Ishai July 1962 ACI

あとがき 本実験に協力を戴いた本学勤務 角井正氏に篤く感謝の意を表するものである。