

北海道大学工学部 工博 横道英雄

北海道大学工学部 工修 松岡健一

1. 概 要, 本研究はコンクリートの応力-ひずみ特性に対しレオロジー的考察を加えたものである。すなわち、まずコンクリートの構成要素(骨材とペースト)の性質およびコンクリートの内部構造からレオジカル模型を仮定し、実際の応力-ひずみ曲線に適合する理論式を誘導した。そしてこの理論式が実験結果によく一致し、かつこれに含まれる諸定数とコンクリートの構成要素の性質および強度との間に有意義の関係のあることを確かめた。ただし変形は全て瞬時的なものとて取扱った。

2. 実験材料および実験方法, 骨材としては性質の均一なガラス球を用いて、その粒径も 1^{mm} , 2^{mm} , 4^{mm} であるべくばうきをつけた。セメントはアサノ普通セメントを用い、使用水も不要な影響を除くため蒸留水を用いた。実験方法は供試体 $\phi 5 \times 10^{cm}$ を用い JISA 1108 の圧縮試験方法により載荷し、ひずみは二方向のストレインゲージを両面対称に貼り応力度 25 kg/cm^2 毎に破壊まで測定した。

3. レオジカル模型および理論式, 模型で(1)の部分はコンクリートの弾性的性質を表わすものであり、(2)および(3)はコンクリートの粘弾性的性質を表わす。(4)の部分は著者が提案する模型(櫛型模型)であってこの詳細図は図-1(b)に示す様に櫛の歯の部分は段階的に強度の増加するもので図では歯の厚さでそれを示す。実際には歯の部分は不連続なものではなくては非常に小さく歯の厚さは無視出来、その強度分布のしかが考えられる様な模型である。この模型(4)はコンクリートの内

レオジカル模型は図-1の如くである。模

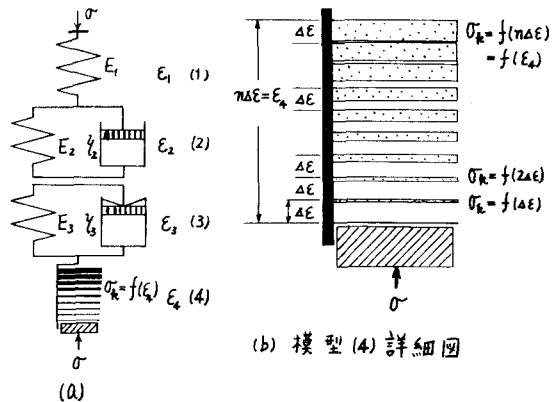


図-1 レオジカル模型

部構造の変化を表わす。すなわち、コンクリートの応力-ひずみ曲線は図-2の如くであり応力に対してクリープ的現象を示す。しかも減衰応力に対しては図-2実線の如く動弾性係数の勾配に近い値で変り、永久変形を生ずる。この変形はコンクリート内部の微細ひびわれの成長、転位の発生、成長等の内部構造の変化によるものである。図-1の模型ではこの理論に従って(4)の部分の強度分布を決定することにより応力-ひずみ特性を説明出来る。今、 a ;

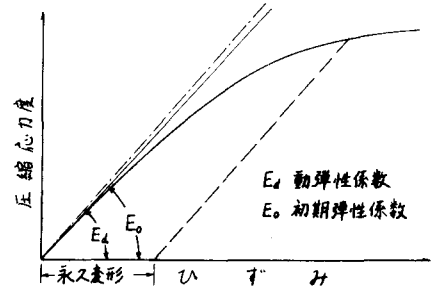


図-2 応力-ひずみ図

コンクリート内部に存在する元永久変形, ε_0 ; 応力 σ のとき測定される永久変形, ε ; 永久変形の増加率とすると永久変形と応力の関係は, $\varepsilon = a(e^{b\sigma} - 1)$ — ① (4) の衛型模型の強度分布に従って永久変形に対して, $\sigma_0 = \log(\varepsilon/a + 1)/b$ — ② とはりレオロジカル模型による応力-ひずみ曲線は, $J_0 = 1/E_0$ (動弾性コンプライアンス) とすると, $\varepsilon = J_0\sigma + a(e^{b\sigma} - 1)$ — ③ となる。くり返し応力に対しては, 既に σ_0 の応力をうけたものでは $\sigma < \sigma_0$ で $\varepsilon = a(e^{b\sigma} - 1)$, $\sigma > \sigma_0$ で $\varepsilon = a(e^{b\sigma} - 1) + J_0(\sigma - \sigma_0)$ すなわち全体のひずみはそれぞれ, $\varepsilon = J_0\sigma + a(e^{b\sigma} - 1)$, ($\sigma < \sigma_0$) $\varepsilon = J_0\sigma + a(e^{b\sigma} - 1) + J_0(\sigma - \sigma_0)$, ($\sigma > \sigma_0$) であり図-2の曲線に一致する。

4. 実験結果の考察

式②に従って実験された応力-ひずみ曲線に適合するように各係数を決定した結果は図-3, 4, 5の如くである。 $J_0 = 1/E_0$ に対しては Hirsch 氏の理論⁽¹⁾によく合う(図-5)。骨材容積比と強度および係数 a , b の関係は図-3の如くであり a は強度と同じ様で, b は逆の傾向を示している。この傾向は直接強度と比較した図-4でさらにはっきりしている。 b は強度に対して逆比例し, a は二次的に増加している。この

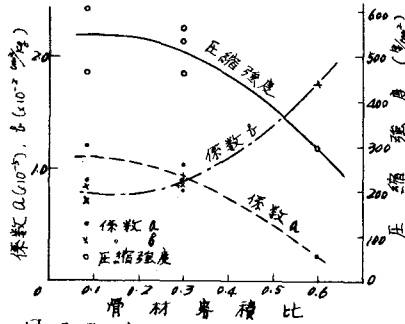


図-3 骨材容積比と係数 a , b および圧縮強度の関係

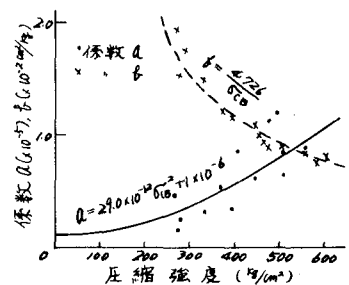


図-4 圧縮強度と係数 a , b

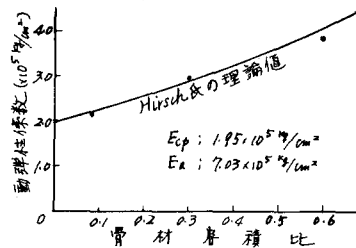


図-5 骨材容積比と動弾性係数

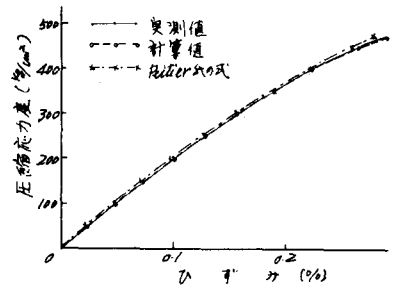


図-6 奥測値と計算値の比較

ことは強度の高いコンクリートでは永久変形の増加率も小さく, その反面強度の高いコンクリートはこの実験ではセメント量が多く従ってペーストの硬化の際の微細ひびわれが多く元永久変形 a が大きい値をとることを示している。強度と係数の数値的關係は図-4から, $a = 2.90 \times 10^{-12} \sigma_c^2 + 1.0 \times 10^{-6}$, $b = 4.726 / \sigma_c$ (cm^2/kg) — ④ が求められ応力-ひずみ曲線は, $\varepsilon = J_0\sigma + 1.290 \times 10^{-12} \sigma_c^2 + 1.0 \times 10^{-6} (e^{4.726/\sigma_c} - 1)$ となる。

奥測値, 奥測値から式②により係数を求めた理論式, Peitier 氏の式⁽²⁾により計算した値を図-6に示す。Peitier 氏の式は a が大きい値を示しコンクリートの内部構造との関連性に対して考察が不十分である。

参考文献: (1) "Modulus of Elasticity of Concrete affected by Elastic Moduli of Cement Paste Matrix and Aggregate", by Teddy J. Hirsch, Mar. 1962 ACI, (2) "Note sur la Rhéologie du Béton Fortement Précontraint", by R. Peitier, Annales des Ponts et Chaussées No.4 1963