

北海道大学工学部 正員 横道 英雄

" " 角田 与史雄

" " 〇高田 宣之

1) まえがき 著者らは数年来コンクリートの内部ひびわれ、特にコンクリートの σ - ϵ 曲線に関して物性的研究を行ない、その結果について発表してきた。即ちコンクリートの内部構造からレオロジカル模型を仮定し、コンクリートの構成要素の性質に適合する理論式を誘導し、これに含まれる諸常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。又静的載荷におけるコンクリート内部の局部破壊すなわち微小ひびわれの発生、成長過程について、その時に生ずる弾性波を鋭敏な受振子により受信し検出しうることを述べ、光学

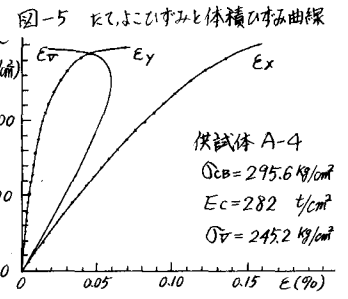
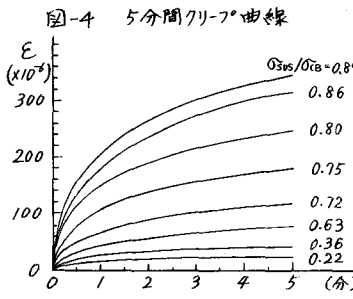
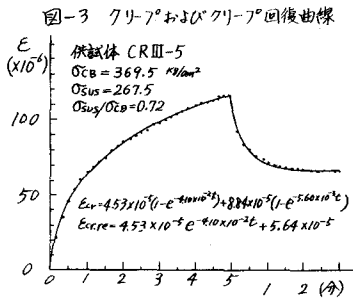
図-1 コンクリートのレオロジカル模型

的観察と併用して研究を行ってきた。本研究はその一環として、数分間クリープ試験を行ない、その変形のレオロジー模型による解析とクリープ中の微小ひびわれの発生状況とを検討しようとするものである。図-1 にこのレオロジカル模型を示す。(1)の部分はコンクリートの弾性的性質を表わすフック模型で、(2)および(3)はコンクリートの粘弾性的性質を表わし、それぞれ回復性および非回復性のクリープを表わすフォークト模型で定応力のクリープに対して、 $E_k = E_{ke} + E_{kp} = \frac{\sigma}{E_e}(1 - e^{-\frac{E_e}{\eta_e}t}) + \frac{\sigma}{E_p}(1 - e^{-\frac{E_p}{\eta_p}t}) \dots (1式)$ が成立し、常数 E_e, η_e, E_p, η_p は最小二乗法で求められる。(4)の部分は著者らが提案している模型(クシ型模型)でクシの歯の強度は0から σ_{ch} まで変化しており、第1回の載荷によりその応力のまでの歯が破壊し、それに応じた非回復性の瞬間ひびわれが生ずる、そのレオロジー方程式は $E_p = E_{ip} = \alpha(e^{\beta\sigma} - 1) \dots (2式)$ で表わされる。

2) 供試体および実験方法 実験に用いた供試体は $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ のシリンダーで、製作1日後に脱型し、試験日まで $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の水中養生を行なった。コンクリートの配合はコンクリート 1m^3 につき、セメント 310kg 、砂 931kg 、砂利 1117kg 、 $W/C = 0.5$ としスランプ 5cm 、強度 $300 \sim 400\text{kg/cm}^2$ のものを用い、静的試験および短時間クリープ試験を行なった。載荷装置は電子管式万能試験機(島津製作所製容量 50t)を用い、歪の測定は供試体中央部の対称位置に於て、よこ各2枚のワイヤーストレンゲージ(英和 $KP-70, KP-20$)により測定した。なお試験中の温度変化を除くために供試体およびダミー用シリンダーを布でカバーして試験を行なった。測定は

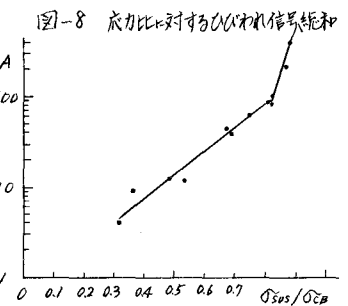
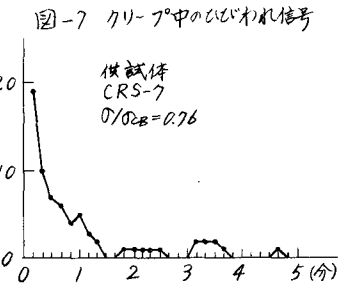
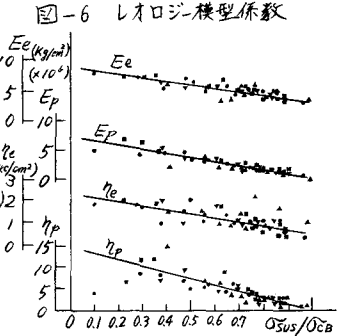
図-2 ひびわれ弾性波の検出装置

静的試験において約10分間で載荷し、載荷速度を一定に保つために各荷重毎に時間を測定した。短時間クリープ試験においては所定荷重までの載荷に要した時間の測定を行なって、あとで計算によってクリープ変形に対する補正を行なった。試験方法は、所定荷重を5分間持続させ、10秒間隔で歪を測定した。回復は急激な除荷を行ない、約3分間これも10秒間隔で歪を測定した。内部微小ひびわれの



検出には、その時に発生する弾性波を Brüel & Kjær の加速度計により捕え、直接またはテープレコーダののちシンクロスコープにより10秒間ごとに信号の大きさと数を検べた。ひびわれ弾性波の検出装置のブロックダイアグラムを図-2に示す。

3) 実験結果 実験で得られたクリープ歪および回復歪の測定の一例を図-3に示す。図においてプロットされている点は測定値で曲線は最小二乗法によって得られたものである。尚計算式中のσは初単位値である。図-4は種々の応力で行なったクリープ試験のクリープ量を比較するもので、曲線はすべて計算値(最適値曲線)である。図-5は静的試験における長ておひずみより得られた体積歪をプロットしたものの一例である。図-6は計算によって得られたレオロジー模型の係数を持続荷重に対してプロットしたものである。図-7はクリープ中のひびわれ発生数を10秒間ごとに数えてプロットしたものの代表的なものを示し、図-8にクリープ時間中(5分間)に発生したひびわれ信号の振幅を考慮した総和を σ_{sus}/σ_{CB} に対してプロットしたものである。以上の結果より、クリープ中の微小ひびわれは $\sigma_{sus} = 0.3 \sigma_{CB}$ 程度の応力状態からすでにその発生がみとめられるが、模型常数、体積歪等への影響は見られず、独立した微小な Bond Crack の発生と推察される。応力の増加と共にこれら微小ひびわれの成長、さらに新たなひびわれの発生が顕著になり、 $0.5 \sim 0.6 \sigma_{CB}$ あたりでこれら独立したひびわれが互に、しかも急激に連結し合うようになるものと考えられる。又静的試験における体積歪のグラフで明らかのように、体積が減少から増加(膨脹)に転ずる点が $0.5 \sim 0.6 \sigma_{CB}$ 附近に存在しており、圧縮力を受ける供試体の体積が減少せずに増加していくということは、内部構造上に大きな変化が急激に行なわれているためと考えられ、この応力が上述のクリープ試験におけるひびわれの変化点とよく一致していることから、内部ひびわれが急激に成長する段階の応力状態と考えられる。



- 参考文献
- 1) 横道 高田 コンクリートの瞬時変形について、セメント技術年報 XXVI 1968.1
 - 2) 横道 高田 高田 コンクリートのひびわれ発生に関する2-3の実験、セメントコンクリート 1966.2
 - 3) Thomas Microcracking of Plain Concrete and Shape of the Stress Strain Curve, Jour. of ACI Vol.60 No.2 1963
 - 4) M. Reiner The Rheology of Concrete, Eirich-Rheology Vol. III, P. 358 1960
 - 5) Hansen Creep and Stress Relaxation of Concrete, Handlinging NR 31 1960