

コンクリートの乾燥時における引張・曲げ強度低下について

岩手大学 正員 藤原 忠司
学生員 ○飯泉 章

1. 序

コンクリート構造物には、乾燥過程に於ける場所的乾湿差、水和熱および外部温度の変化により生ずる場所的な温度差等により内部応力が発生し、これがコンクリート構造物の安全性をそこなう原因となることが少なくない。特に軽量コンクリートにおいて、乾燥時の引張・曲げ強度低下が著しいのもコンクリート内部の乾湿差により生ずる内部応力によるものと思われる。このような内部応力の多くは必然的に発生するもので、その発生を完全に防止するという本質的解決は難しく現段階ではその値を正確に把握し、あらかじめ設計の際に組み入れておく応急的解決方法がより現実的と思われる。

以上の観点に立ち筆者らは、乾燥時の諸強度低下を取り上げ内部応力の量的把握に努めてきた。コンクリートの内部応力を測定する方法は、いまだ確立されておらず本研究においてもいまだ定量的把握には到っていないがここではその方法論を中心に現在まで得られた結果を報告する。

2. 乾湿差に伴う内部応力の測定方法

コンクリート構造物の表面部と内部が同程度に乾燥するには歳月を要する。表面部は容易に乾燥しても内部はなかなか乾燥しない。そのため表面部の収縮は、内部の収縮に比して大きくなる。そして表面部に引張応力が発生し内部には圧縮応力が発生しこの引張応力が、引張・曲げ強度低下の原因となりコンクリートの伸び能力を越えれば構造物表面に亀裂が生ずる。

この経時変化を模式的に示せば図-1 のようになる。図中の自由ひずみとは、表面部の理論的には厚さ $a \approx 0$ の薄片を自由に乾燥させた場合の収縮ひずみであり拘束ひずみとは、この薄片が隣接する部分によって拘束されるから乾燥収縮したときのひずみである。これら両者の差が内部応力によるひずみと考えられるが、この内部応力は一種の持続荷重と考えてよくそのためクリープが発生し内部応力によるひずみはある程度解消され実際には図のようになる。従って内部応力によるひずみ ϵ_i は次のようになる。

$$\epsilon_i = \epsilon_f - \epsilon_g - \epsilon_c \quad \text{----- (1)}$$

この ϵ_i を知ることでなければ内部応力は、次式により求まる。

$$\sigma_i = E \epsilon_i \quad \text{----- (2)}$$

実験的に ϵ_i を求めるためその方法を種々考えてみたが、筆者らは次の方法により ϵ_i を求めその値を比較検討することとした。

- (i) 時刻 t_0 において表面部分を隣接部分の拘束から解放し ϵ_i を直接的に求める。
- (ii) $\epsilon_f, \epsilon_g, \epsilon_c, \epsilon_0$ を測定し (1) 式により ϵ_i を求める。
- (iii) ϵ_i はコンクリート内部の含水状態および乾湿差に伴うコンクリート内部の骨材の体積変化の関数であると考えこれらの値を測定し ϵ_i を間接的に求める。

以下各方法について説明する。

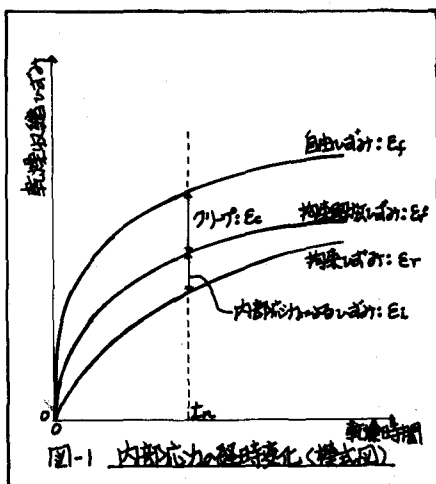


図-1 内部応力の経時変化(模式図)

3. 直接的な方法

この方法による結果については既に報告済みであるので詳述しないが、この方法により内部応力が確かに存在していること、その値は予想以上に大きく乾燥28日で最大を示すこと等が認められた。

4. 1式による方法

実験技術上 E_s を求めることは容易であり E_s および E_c については難しい。 E_s を測定する時 $\alpha \neq 0$ とするのは不可能なので $\alpha = 1.5\%$ とし一面乾燥させ表面(乾燥面)と裏面(コーティング面)のひびきを測定したところ図-2の結果が得られた。表面と裏面との差はさうによるものと思われるが、厚さの大きい構造物の場合は、この差が拘束されることになりこの結果は、内部応力についての1資料となりうる。

その影響をなくすために種々の寸法の角柱コンクリート供試体を容積配合を同一にして普通・軽量について作り、中心の乾燥収縮(10×10×40cm、4×4×16cm) および乾燥面の乾燥収縮(4×4×4cm) を測定したところ図-3が得られた。

図より乾燥初期において乾燥収縮ひびきの大きさ・速度は、供試体の寸法によって異なり寸法が小さいと大きい。しかしある時期を過ぎると寸法が大きい供試体の乾燥収縮ひびきの速度は増加する。そして寸法の差異による乾燥収縮ひびきの差は縮まっていくことが認められる。また軽量コンクリートは普通コンクリートの乾燥収縮ひびきより小さいがその差も日時の経過に伴い縮まる傾向がある事が認められる。これは骨材の特性の差によるものと思われる。

図-4は、乾燥収縮ひびきと重量損失率との関係に及ぼす供試体寸法の影響を示したものである。図より曲線勾配は、乾燥初期において緩くおぼろの重量損失率に対して多少の乾燥収縮ひびきを示さるゝが次第に勾配は急になり少しの重量損失率に対しておぼろの乾燥収縮ひびきとなるようになる。これは、コンクリート中水分の蒸散機構つまり初期には、乾燥収縮ひびきにそれ程影響のない自由水が蒸散し次に乾燥収縮ひびきに影響の大きいゲル水の蒸散へと移行することによるものと考えられる。

また図から乾燥収縮ひびきと重量損失率との関係に及ぼす供試体寸法の影響は、少ないように思われる。よって重量損失率がわかれば、図-4により E_s が推定可能と思われる。

つまりは、荷重を加えておくと日時の経過に伴いひびきが増加する性質であり、内部応力を解消しコンクリート構造物のひびわれ発生を防止するのに有効なものである。

内部応力により発生するクリープの測定方法は難しく確立されていないが、図-4の様にすれば測定可能でありうる。つまりくわつの様な供試体を作り、これを一面から乾燥させ他面はコーティングして

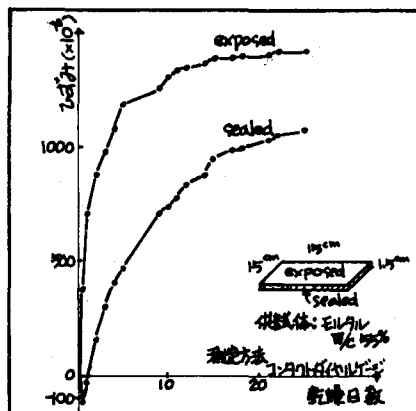


図-2 養分供試体の一面乾燥収縮

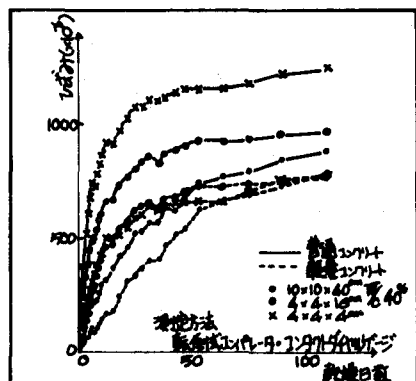


図-3 乾燥収縮に及ぼす
骨材および供試体寸法の影響

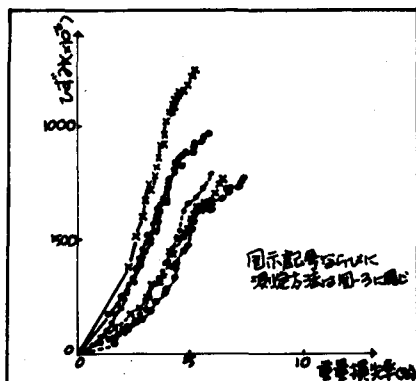


図-4 乾燥収縮と重量損失率の関係に
及ぼす供試体寸法の影響

乾燥を防止する。一方く(α)の乾燥面と断面面積を有し厚さ $\alpha \div 0$ の供試体く(β)く(γ)を作り、く(β)は一面のみ乾燥させ他面はコーティングし自由に収縮させる。く(γ)は接着剤・ボルト等で拘束しく(α)供試体と同程度収縮するように拘束を調節しながら一面のみ乾燥させる。よしてある時刻 t_n におけるひずみへまり拘束ひずみ ϵ_n を読み、その後解放して拘束解放ひずみ ϵ_n を記録する。またこの時のく(β)のひずみ ϵ_n 、時刻 t_n における自由ひずみ ϵ_n を与えるのでフリー ϵ_n は、 $\epsilon_n - \epsilon_n$ となる。

ら。間接的な測定方法

コンクリート供試体(4×4×16cm)を一面のみ乾燥させ他面はコーティングある乾燥時期に乾燥面から1・2・3・4・5・11cmの所を切断し、含水量を測定してコンクリート内部の含水状態の変化を調べた結果が図-6、図-7である。図-6は、骨材の多いおよび軽量骨材の初期含水量の違いによる乾燥に伴うコンクリート内部の含水量の変化を示したものであり、図-7は、供試体乾燥面からく(0~1cm)とく(1~2cm)との間の含水量差の経時変化を示したものである。

図-6より普通・軽量コンクリートとも表面付近の含水量勾配が急で内部に行くに従って緩くなっていて、乾燥するに伴い表面付近と内部との含水量の差は縮まることが認められる。又、普通コンクリートと軽量コンクリートを比べてみると軽量コンクリートの方が含水量勾配は急である。これは、軽量骨材は普通骨材に比べて吸水量が多いという特性によるものであり、よって、軽量コンクリートの内部応力が大きく従って諸強度低下の著しいことが推定される。

又、図-7より乾燥面付近2地奥間の含水量の差は、2週間付近で最大値を示しその後減少することが認められる。この時期は諸強度低下の著しい時期がほぼこのあたりであることを考えられる。この結果を内部応力と結びつけるためには、含水量とひずみへまりにクリープとの関係を知る必要がある。クリープの影響は、図-4の測定方法よりわかる。含水量とひずみへまりとの関係は、図-4より知る得る。

おわりに、本研究に御協力して戴いた岩手大学 椎子匡成氏に厚く御礼致します。

参考文献

の藤原：乾燥に伴うコンクリート表面部に発生する内部応力について
土木学会第28回年次学術講演会

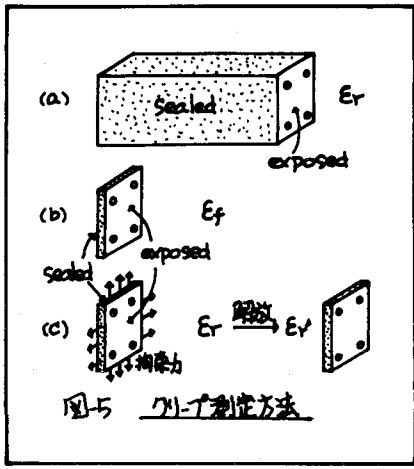


図-5 クリープ測定方法

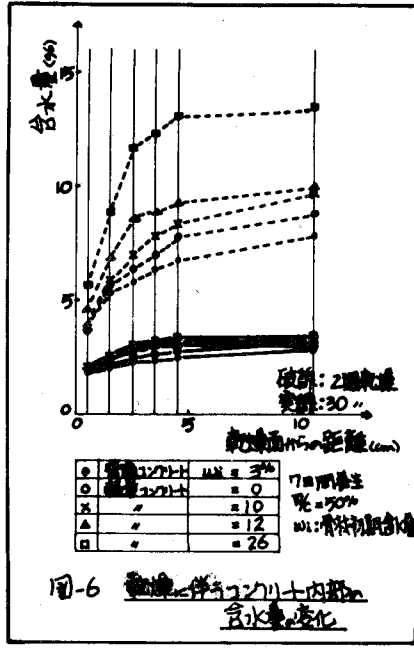


図-6 乾燥に伴うコンクリート内部の含水量変化

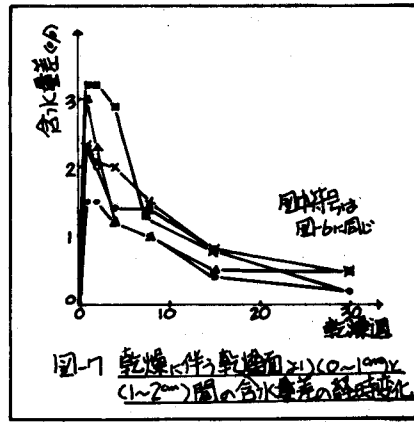


図-7 乾燥に伴う乾燥面より(0~1cm)と(1~2cm)間の含水量差の経時変化