

1. 序

乾燥の進行にもちい、コンクリートの引張および曲げ強度が低下することは衆知の事実であるが、とくに、軽量コンクリートの場合にこの傾向が著しく、軽量コンクリートの重大な欠陥のひとつに挙げられている。土不構造物の曲げ部材に軽量コンクリートを用いることが盛んになってきて今日、この問題の解決を急がねばならない。

問題解決の方法には次の2通りが考えられる。ひとつは本質的解決方法であり、他のひとつは応急的解決方法であろう。本質的解決とは問題の本質的原因を究明し、その原因を除去する方法を見い出すことであり、この問題に関する筆者の研究もこの観念のもとに出發した。強度低下が軽量コンクリートの場合にとくに著しいのは、軽量骨材自体の特性にその原因が存在するものと考え、骨材自体の諸特性を明らかにすべく種々の実験を行ない、ある程度の結論を得ることができた。しかし、その結論をもとに強度低下をいくぶん緩和せよとしたとしても、根本的解決にはほど遠く、普通コンクリートでさえ同様の強度低下が生ずることからしても問題の本質的解決は難しいことが推察される。

したがって、次に考えられるのは強度低下量を知ってあらかじめ設計の際にこの低下量を組み入れる応急的解決方法であろう。この場合、強度低下の原因であり、コンクリート表面部に発生していると思われる引張内部応力を正しく把握しなければならぬ。従来、この観念からの研究も2、3行なわれており、理論的説明はある程度進んでいるように思われるが、しかし、この内部応力の存在を直接的に確認した例はほとんど見当らず、ましてやその値を定量的に把握した例は益無である。内部応力の値には骨材の吸水乾燥にもちい体積変化、コンクリート内部の含水量の状態、外部の気候条件およびクリータ等が複雑に絡んでおり、理論的に解析することは容易でないが、その解析の初歩的段階として内部応力の存在を実験的に確かめ、その値を大略でも把握しておくことが必要であり、その大略段階ではこのようを実験が最も実用的であるとも言える。

以上の観念に立って、筆者は本質的と原因究明とともに、内部応力の存在の確認および量の把握に努めてきた。ここでは現在まで得られた結果を報告する。

なお、本研究は東北大学工学部後藤藤正教授の御指導のもとに行なったものでここに深く感謝いたします。また、若平大学工学部石田宏助教授には適切な御助言を、同僚子園成枝官には実験の御援助を賜り厚く御礼致します。

2. 内部応力存在の理論的根拠

図-1のようコンクリート構造物中の微小な直六面体 $ABCD-A'B'C'D'$ について考えれば、乾燥面は AB 、 CD および $A'B'C'D'$ の2面だけであり、乾燥はZ軸方向Zにだけ行なわれるとしても差支えない。このよう直六面体の乾燥について考えれば、乾燥は当然のことながら乾燥面が最も著しく内部はそれにくらべ遅れる。このため、乾燥にもちい六面体は図-2の(a)のように収縮しようとするであろう。しかし、コンクリートは平面保持の法則により平面を保とうとする性質がある等の理由により、実際の变形は図-2の(b)のようになる。したがって、乾燥面 AB には図-3のよう引張の内部応力 σ_{zs}

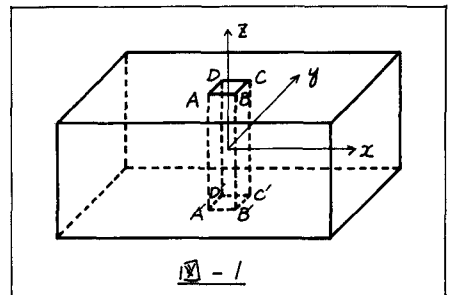


図-1

が生ずる。

$$\sigma_{ts} = E(\epsilon_{1s} - \epsilon_{2s})$$

ϵ_{1s} : E_1 の乾燥面でのひずみ, ϵ_{2s} : E_2 の乾燥面でのひずみ

E : コンクリートのヤング係数

σ_{ts} を理論的に求めるには ϵ_{1s} および ϵ_{2s} を知ることが必要であり, Pickett, G.⁽¹⁾がこの ϵ_{1s} および ϵ_{2s} を理論的に解析しているが, とくに軽量コンクリートを対象とする場合には, コンクリート中の骨材の体積変化が大きな影響を及ぼすものと考えられ, 彼の理論とさらに考慮させる必要がある。

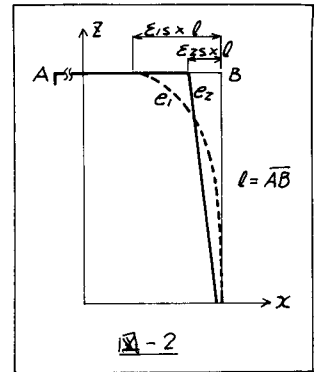


図-2

3. 内部応力の測定

金属の内部に発生する応力(残留応力)を測定する方法は種々考案されているが, コンクリートについての測定例はほとんど見当たらない。その理由のひとつとして, コンクリートは不均一な物質のため普通用いられる削り法や孔あけ法が技術的に難しいことが挙げられる。また, 切断する方法を用いるにしても, 本実験では切断時に水を使用したり, 熱を発生させたりすることは許されず。何故なら内部応力に大きな影響を及ぼすと思われるコンクリート内部の含水量の状態が変化を及ぼすのである。

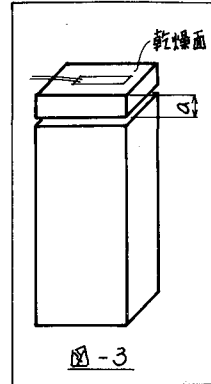


図-3

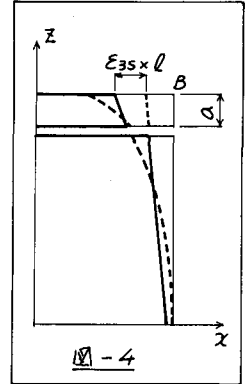


図-4

以上の点を考慮し, ここでは図-3の如くコンクリート乾燥面からの距離 a のところで衝撃を加えて瞬間的に切断し, 切断による乾燥面の変形を測定して乾燥面に付いている内部応力を推定することにした。供試体は $4 \times 4 \times 16$ cmの角柱軽量コンクリート(細骨材: 川砂, 粗骨材: 非道粒型人工軽量骨材M)であり, 1面(4×4 cm)からだけ乾燥させ, 他の面は全てシールした。変形の測定には電気抵抗線ひずみゲージを用いた。

引張の内部応力が存在しているか否かは, 切断による応力の解放された乾燥面の収縮し, $a \neq 0$ であれば $\epsilon_{2s} - \epsilon_{1s}$ の値が記録されることとなる。しかし, 実験の技術上 $a \neq 0$ とすることは不可能であり, 試験的に切断してみたところ $a = 1$ cmが限界であった。したがって, a が有限のときは図-4の ϵ_{3s} が記録されることとなる。

図-5に測定結果を示す。図より, コンクリート乾燥面に引張の内部応力が確かに存在していることが認められる。

また, その内部応力は乾燥4週目が最大の値を示し, その後は減少している。実際に, 乾燥にともなう面げ強度の変化を調べてみると, 乾燥4週目付近で強度低下量が最大となりその後は回復する傾向を示すが, このことは内部応力の変化とよく一致している。

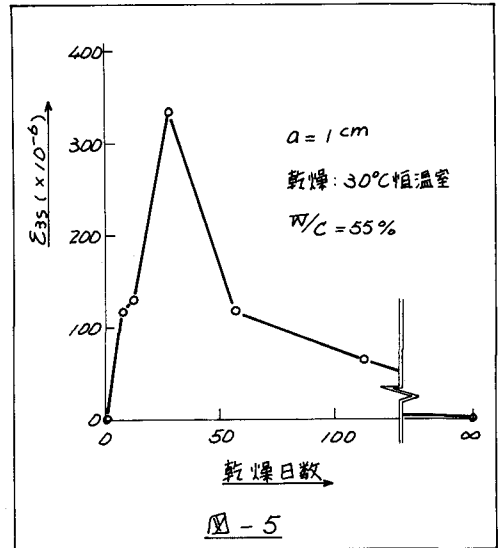


図-5

参考文献: (1) Pickett, G.: "Shrinkage Stress in Concrete"

Proceedings of American Concrete Institute, Vol. 42, 1946