

膨脹混和材は既にコンクリートの収縮を補償する目的として各方面に実用され良好な成果が得られているが、コンクリートと鋼材との複合効果を著しく高めるケミカルプレストレスの利用を目的としては、現在まで工場製品等のごく限られた分野を除いてほとんど利用されていない。これは部材に導入されるケミカルプレストレスを推定するに多大の困難があり、特に部材の力学的特性にも不明な点が多いに等しいためである。本研究はケミカルプレストレスの推定方法及び部材の曲げ特性およびせん断特性についての研究を趣意の作ものである。

本研究は東京大学園行正胤教授および岡村南助教授の御指導の下に行なわれたものである。特に実験にあたってはコンクリート研究所の同志に多大の御援助を頂いた。ここに謹んで厚く御礼申し上げる。なお本研究に対しては昭和廿六年吉田研究所奨励金を授与されたことに感謝の意を表す。

1) 使用材料 および 供試体

膨脹混和材はC/A系に属する電気化学工業株式会社製のもので、セメントは大部分日本セメント株式会社製の早強ポルトランドセメントであるが普通ポルトランドセメントおよび超早強ポルトランドセメントも用いた。骨材は富士川産の良質の川砂、川砂利を、鉄筋はSD30、SD35およびSD40を、PC鋼棒はC種1号に属するものを用いた。コンクリートはケミカルプレストレスの有無による比較的割合の時のものである。すなわち大部分の割合は単位毎に膨脹混和材量と40%、単位水量を17%、%を36%とし、膨脹混和材はセメントの置換率を0%、13%、15%、17%および20%と変化させた。拘束の程度はケミカルプレストレスの閉鎖を検討する目的で同一軸拘束供試体も、二軸拘束として若干の拘束鋼材比を0%から25%に変化させた。長さ90cmと120cm、断面がそれぞれ60mmと90mm厚さが15mmの鉄筋コンクリート床版を作製した。また部材の力学的特性を検討する目的には、高さ15mmから40mm、幅が10mmから30mm、長さ120mmから300mmの鉄筋コンクリート部材を作製した。それらの供試体は材令1日において脱模後20℃水中養生を行なったが、水中養生後20℃50%RH恒温下で乾燥させたものもある。

2) ケミカルプレストレスの推定方法

拘束の程度はケミカルプレストレスに大きく影響を及ぼし、一般に各材令を通じて拘束の程度が大きくなるに従って、拘束鋼材の伸びは小さくなるが、ケミカルプレストレスは大きくなる。この現象を自由膨脹を基として説明する手法を試みられており、計算に必要でコンクリートのクランプおよび弾性変形係数の定数を正確に見積るに必要とされは力学的法と思われる。しかしながらこれらの定数を正確に見積ることは相当困難である。よって、これらの定数が不明な場合、(1)式で示す“単位体積あたりの膨脹コンクリートが拘束に対して行う仕事量”の概念を導入する。

$$U = \frac{1}{2} \sigma_p \epsilon = \frac{1}{2} P E_s \epsilon^2 \quad (1)$$

- ただし
- σ_p : ケミカルプレストレス
 - ϵ : 拘束鋼材の伸び率
 - E_s : 拘束鋼材のヤング係数
 - P : 拘束鋼材比

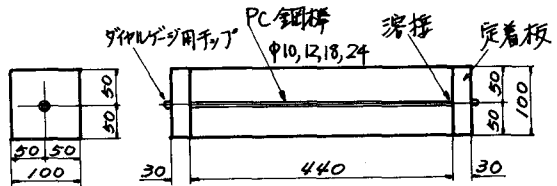


図-1 一軸拘束供試体

この仕事量と材令との関係を示した一例が図-2である。この図から通常使用される拘束鋼材比は約0.7%から2.3%の範囲において、原則上、仕事量は拘束の程度の影響を受けずほぼ一定とし、その誤差は小さくことが認められる。

図-3は鉄筋コンクリート部材において軸方向に生じた仕事量の一例である。この図から、ある方向に生じた仕事量は、原則上、その方向に直交方向の拘束鋼材の影響を受けずほぼ一定である。また仕事量の拘束鋼材比との関係は一定の値を示すことが明瞭である。

それ故一軸拘束に付いて、二軸拘束における各方向のヤングジュストリスもある基準の拘束鋼材比に等しい一軸拘束試験体の測定結果から求めた仕事量と、その方向の部材がもつ拘束鋼材比の場合の仕事量に等しいと置くと、図-4の式が推定できる。

$$\sigma_{qa} = \epsilon_a \rho_a E_p = \sqrt{2 \rho_a E_s} \sqrt{U} \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{2} \rho_s E_s \epsilon_s^2$$

図-4はこの式を推定したヤングジュストリスと実験値との関係を示した一例であり、この場合、基準とした拘束鋼材比は0.667%である。この図から明らかなことは、4.22%の場合を除けば各材令と通し約10%以内の精度で推定できる。なお基準とする拘束鋼材比と推定する拘束鋼材比の差は仕事量の大小と、またの品質がばらばらに等しい、この方法による推定の精度が悪くなる場合があるが、通常は基準とする拘束鋼材比等と置くと十分の精度内におさまることができると思われる。この方法も、ヤングジュストリスも推定する方法を提案したい。

3) 曲げ特性

通常の鉄筋コンクリート部材に比べて、ヤングジュストリス部材の曲げ剛性が耐力は一般に少く、ヤングジュストリスの存在が大きい場合には、曲げ剛性が養生後、外力に抵抗する引張鉄筋の応力度が引張ヤングジュストリス導入時に発生応力の分だけ小さくなる。このヤングジュストリスの効果は部材が乾燥収縮を生じた場合が認められる。図-5はヤングジュストリスの増量に伴って、ヤングジュストリス部材に於いて水中に20℃のRH、恒温槽に移し、約16週間乾燥させた部材に付いての試験結果である。縦軸には外力に付生じた引張鉄筋の応力度（平均値を計算値）、横軸には部材横断面の鉄筋重心位置に於いて、ヤングジュストリスのコンクリート型を計算値

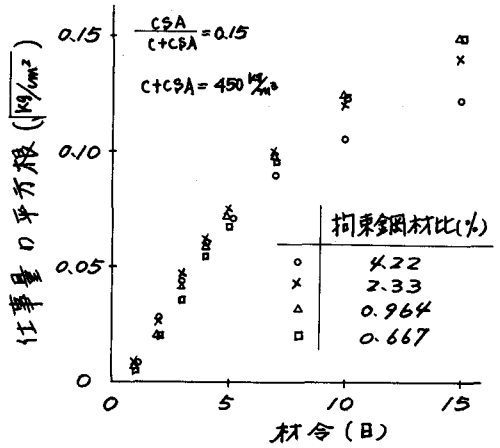


図-2 一軸拘束における仕事量

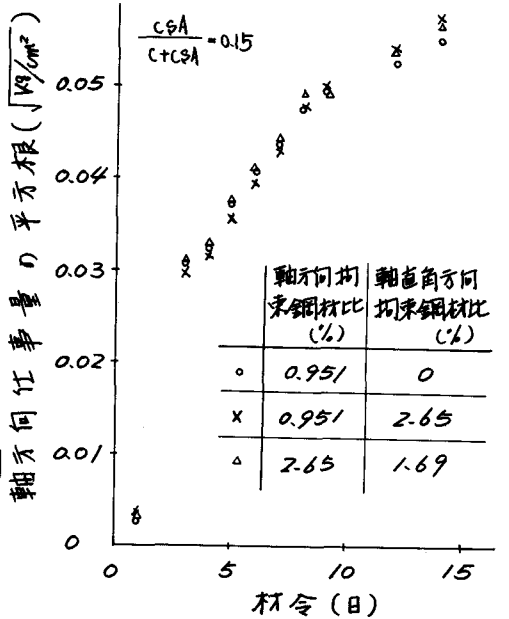


図-3 二軸拘束における仕事量

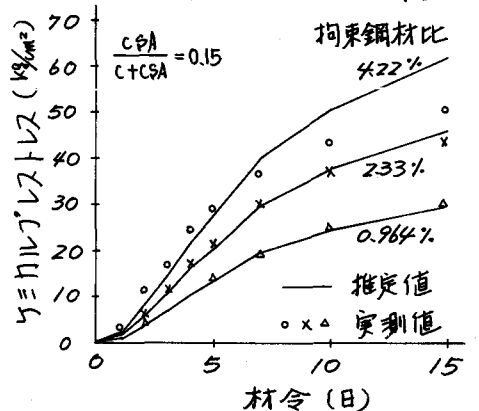


図-4 ヤングジュストリスの推定値と実験値

1) 伸びの減少が最大で、かつ個々の平均値を示している。曲げひびわれに対する増加、ひびわれ幅および残留ひびわれ幅の減少は明瞭であった、これは乾燥収縮に導入された「セメント」の効果が考えられる。

図5は鉄筋量の比較が異なる場合である。断面の寸法、配筋方法、コンクリートの配合および養生方法等と通常と異なる設計荷重作用時はひびわれを小さくすることが可能であり、ひびわれ幅が著しく減少する(図6参照)。また両端に斜切り加工した鉄筋を用いた「セメント」コンクリート部材および鉄筋コンクリート部材と同様の断面寸法および鉄筋の配置を有する「プレキャスト」コンクリート部材を作製して、ひびわれ幅と外力による引張鉄筋の応力値との関係を検討した結果、この関係は「セメント」コンクリート部材の機械的コンクリートに有無にかかわらず、ほぼ同一直線となることも確かめられた。またひびわれ間隔もほぼ同一であった。

それ故「セメント」コンクリートを利用する場合には、現在ひびわれ幅が制限されている高強度異形鉄筋の許容応力値を高めることができ、コンクリート部材の複合効果も高まることとなるのである。

4) せん断特性

軸方向の「セメント」コンクリート部材と通常の鉄筋コンクリート部材との斜ひびわれ発生時のせん断応力値を比較した結果から、試験した「セメント」コンクリートの効果は約20~40%斜ひびわれ面積が増加する²⁾。この効果は、軸持特性と同様に20%程度の恒温室で約16日間乾燥させたことが知られていることが認められた。

腹鉄筋の配置する「セメント」コンクリート部材が導入され、更に斜ひびわれに対する増加、鉄筋コンクリート部材の2倍程度にすることが可能である。これは斜ひびわれ発生時のせん断スパン中央断面における引張応力値は、 20.9 kg/cm^2 から 25.5 kg/cm^2 と約20%大きくなる。また斜ひびわれの発生場所が腹鉄筋の位置に移動する事も明らかにされた。つまり、斜ひびわれは腹鉄筋間に発生し、腹鉄筋量が増加すれば、腹鉄筋前と横切りの減少は、また横切りのひびわれ幅は非常に小さいのである。これは斜ひびわれの場合と同様に腹鉄筋に導入された引張応力値の効果であった、せん断特性においても、コンクリート部材の複合効果が「セメント」コンクリートに比べて顕著な例がある。

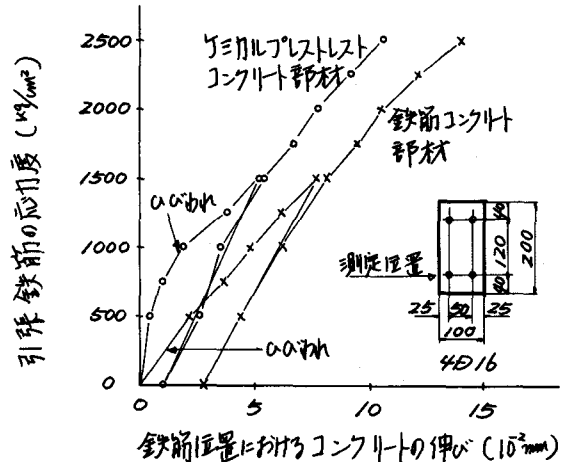


図5 乾燥収縮を生じた部材の曲げひびわれ性状

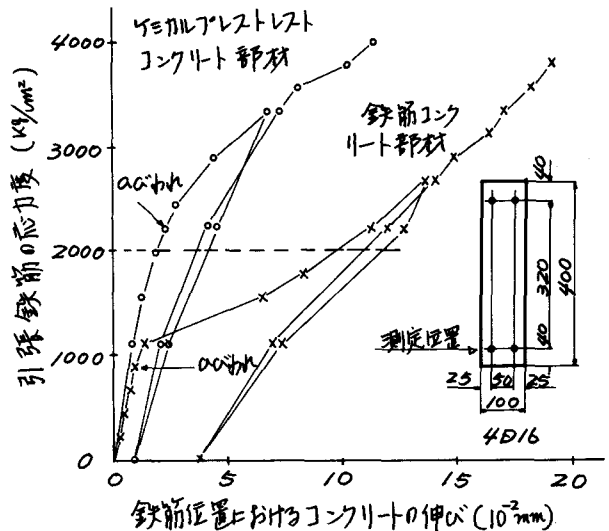


図6 部材の曲げひびわれ性状

参考文献

- 1) 同村達「セメントコンクリート部材の化学的性質」『勝野建設社』昭和37年
- 2) 同村達「セメントコンクリート部材の化学的性質」『土木技術年報』昭和37年