

コンクリートの温度ひび割れに及ぼす自己収縮の影響

広島大学 正会員 田澤 栄一
 広島大学 学生員 筋野 晃司
 広島大学 学生員 ○大島 邦裕

1. はじめに

マスコンクリートのひび割れは強度低下等を引き起こすため重要な問題として取り上げなければならない。

従来、ひび割れ原因は温度に起因するひずみが拘束を受けることにより生じる自己応力であると考えられ、自己収縮の影響が考慮されていない。しかし、昨年までの広島大学の研究によりひび割れに対し、大きな自己収縮の影響が認められた。そこで、マスコンクリート内部の拘束状態及び温度を再現したモデル実験を行い、拘束された供試体のひずみからクリープの影響を考慮した自己応力を求め、自己収縮のひび割れに対する影響を示した。また、使用材料、養生温度によって自己収縮がどのように自己応力やひび割れに影響を与えるかを検討した。

2. 実験概要

実験には図 1. に示すコンクリート打込み時から拘束を与えることができる拘束型枠試験装置を用いた。拘束供試体は直線部と拡腹部とからなり、試験部は直線部の $10 \times 10 \times 50 \text{ cm}$ を使用する。比較試験として行う無拘束供試体は拘束を受けないように $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の発砲スチロール型枠に打込み、拘束供試体と同じ試験装置内に設置した。この実験装置の槽内は打設高さ 1.5m のスラブ中央部と同環境になるように設定した。

コンクリート打込み直後からひび割れ試験を開始し、ひび割れが発生するまで行った。供試体に発生する応力は拘束鋼管に貼り付けたひずみゲージを用いて測定し、拘束供試体、無拘束供試体に埋設したゲージによって温度、ひずみを一定の間隔で行った。また、温度と自己収縮の関係を求めるため 20°C 一定の試験及び温度変化を伴った養生条件の違う試験を行った。ここで用いた配合は $\text{W/C}=30\%$ の低熱セメント、 $\text{W/C}=20\%$ のシリカヒューム混入セメントである。

3. 実験結果及び考察

従来のひび割れの発生原因が温度に起因すると考えられている。そこで、温度の影響を受けない環境でコンクリートはどのような挙動を示すか実験を行った。ここでは低発熱セメントシリカフューム混入セメントを用い、共に 20°C 一定、同拘束条件で実験を行った。図 2. は低発熱セメントとシリカフューム混入セメントの時間とひずみの関係、図 3. は時間と応力の関係のグラフを示した。

図 3 より温度変化による影響を除いたため温度応力による圧縮応力の増加は見られず、逆に自己収縮によると思われる引張応力の増加が見られる。図 2 及び図 3 が示すように自己収縮の影響が大きいと思われるシリカフューム混入セメントでは収縮ひずみと引張応力の発生量が大きくひび割れが発生した。自己収縮の影響が比較的小さいと考えられる低発熱セ

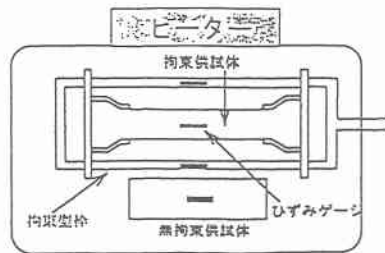


図 1. 実験装置の概要

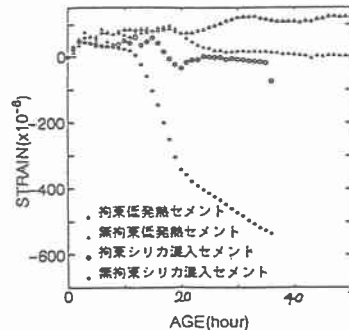


図 2. 時間とひずみの関係

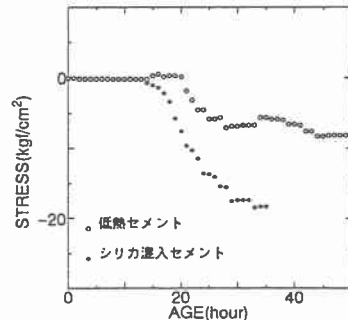


図 3. 時間と応力の関係

メントではひび割れが確認できなかった。これより、温度による影響をなくしても、自己収縮によるひび割れの発生が確認できた。また、低発熱セメントを用いたコンクリートは、自己収縮の大きな富配合コンクリートと比較して発生する自己応力が小さく、ひび割れが発生していないことも確認できた。一方、施工現場において、コンクリートのひび割れはこのような条件ではなく温度変化を伴う状態で発生しており、温度の影響を受ける場合を明らかにする必要がある。

ここでは比較的到自己収縮が大きいシリカフューム混入セメントを用いた。ひび割れを応力で考える場合、まず応力の分類が必要とされる。すなわち、自己応力を温度と自己収縮に起因するものとに分けることである。拘束ひずみも温度と自己収縮によるものとに分けて考える。

供試体が拘束されることによって生じる拘束ひずみを見かけの弾性ひずみと考え、拘束供試体の応力-ひずみの関係から有効弾性係数を求めることができる。また、ひび割れ試験時には圧縮試験及び弾性係数を測定しており、各材齢における弾性係数を推定することができる。以上のことからマチュリティーに対する自己収縮のみの影響を受けたクリープ係数の変化を(1)式から求めたところ、未凝結時の値は初期ではかなり大きいが、一定のマチュリティーからは約1.7の値を示した。

$$E_0 = E / (1 + \phi) \quad (1)$$

(E_0 : 有効弾性係数 E : 弾性係数 ϕ : クリープ係数)

この関係を図4に示す。このクリープ係数を考慮し弾性係数と任意時間でのひずみ差との関係から、発生されるそれぞれの応力の増加量を次式の一般式(2)から求めたところ、

$$\Delta \sigma = E(t) / (1 + \phi) (\epsilon_t - \epsilon_{t-1}) \quad (2)$$

マチュリティーに対する応力の変化でマチュリティーの増加に伴い自己収縮による引張応力も増加傾向を示した。また、発生する自己応力が温度に起因する応力及び自己収縮に起因するものとの和と考えるならば、温度による応力は実測した応力の値と自己収縮に起因する応力との関係から求められる。図5のように任意の時間における応力が初期からの応力増分の和とすれば、初期に発生する自己収縮による引張応力が大きい場合、温度の上昇による圧縮応力が増加するにも関わらず、引張応力の増加も確認されることによってひび割れが発生する可能性があると考えられる。つまり、富配合コンクリートでは、材齢初期の温度変化により温度応力による圧縮成分が増加しても、自己収縮の挙動によってはひび割れが発生する可能性があることを示し、ひび割れには温度だけでなく自己収縮も考慮すべきと考えられる。

4. 結論

1. シリカフュームなどを混入した自己収縮の大きい富配合コンクリートにおいて、20℃一定の養生条件で打込み直後より自由変形を拘束した場合でも引張応力が発生しひび割れを生じることがある。
2. 低発熱セメントを用いた様な自己収縮の小さなコンクリートでは自己収縮の大きいコンクリートと比較して発生する自己応力が小さいことを実験より確認した。
3. シリカフュームなどを混入した自己収縮の大きい富配合コンクリートにおいて、打込み直後より自由変形を拘束した場合、温度が上昇中であるにも拘らず引張応力を発生することを明らかにした。
4. 自己応力によるひび割れ発生を評価するには温度変化に限らず、自己収縮も考慮する必要がある。

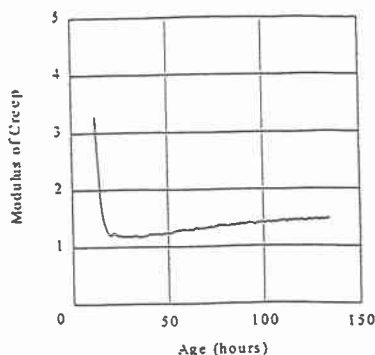


図4. クリープ係数の変移

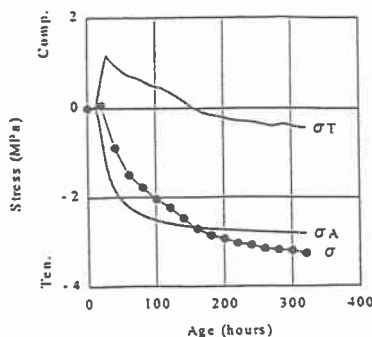


図5. 時間と自己応力の関係