

# [67] 初期材令時に荷重を受けたコンクリートの物性について

正会員 ○福留 和人(間組 技術研究所)  
正会員 喜多 達夫(間組 技術研究所)

## 1. まえがき

コンクリートの早期脱型や施工の機械化に伴って、コンクリートが十分に硬化していない時期に荷重が作用する場合が考えられる。このような場合には、若材令時のコンクリートの強度を精度よく推定するだけでなく、若材令時に受けた荷重がコンクリートの長期的な物性に対して悪影響がないことも確かめる必要がある。しかしながら、若材令時に受けた荷重の影響に関しては、データも少なく、未解明な点が多い。

本研究は、若材令時の一時的な荷重がコンクリートの圧縮、曲げ強度および鉄筋とコンクリートの付着性状に及ぼす影響を、載荷材令および載荷荷重をパラメータとして、実験的に検討したものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料およびコンクリートの配合

使用したセメントは、比重3.16の普通ポルトランドセメントである。細骨材は、湯西川産の川砂(比重2.55)、粗骨材は、秩父産の砕石(比重2.69)である。混和剤としては、リグニンスルホン酸塩系のAE減水剤をセメント重量の0.25%用いた。

コンクリートの配合は、表-1に示すように $W/C=50, 60\%$ の2種類である。なお、曲げ強度試験および付着試験については、 $W/C=50\%$ の配合のみとした。

両引き試験では、鉄筋のひずみ分布を求めるために、図-1に示すような方法でゲージを貼付した。すなわち、半円形に加工した鉄筋に溝を作り、その中にゲージを貼付したのち両面を接着剤で接着した。

### 2.2 供試体

圧縮強度試験用として $\phi 10 \times 20$  cmの円柱供試体、曲げ強度試験用として $10 \times 10 \times 40$  cmの角柱供試体を用いた。付着試験は、引抜き試験用として $15 \times 15 \times 15$  cmの立方体供試体のセンターにD16の鉄筋を埋込んだ供試体、両引き試験用として $10 \times 10 \times 40$  cmの角柱供試体のセンターにD16の鉄筋を埋込んだ供試体を用いた。(図-2)

### 2.3 載荷方法および測定項目

圧縮、曲げ強度試験は、ブルーピングリングを装備した手動載荷装置および50tアムスラー万能試験機を用い、強度発現状況に応じて使いわけた。付着試験は、50tアムスラーを用いて載荷した。引抜き試験は、載荷端の鉄筋の拔出し量および自由端の引込まれ量を測定した。両引き試験は、端部の鉄筋の拔出し量、供試体全体の変位および鉄筋のひずみを供試体のセンターから4 cmごとに測定した。(図-3)

### 2.4 初期載荷材令および荷重

初期載荷材令は、7, 12, 24, 72時間(曲げ強度試験:12,

表-1 コンクリートの配合

最大寸法(mm)	スランプの範囲(mm)	空気量の範囲(%)	水セメント比 $W/C$ (%)	細骨材率 $S/G$ (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
20	12 ±1.25	4 ±1	50	45.5	172	344	788	977	0.861
					60	287	858	966	0.718

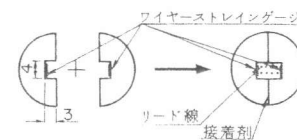
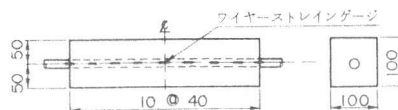


図-1 ゲージ貼付方法



(a) 引抜き試験用供試体



(b) 両引き試験用供試体

図-2 付着試験用供試体

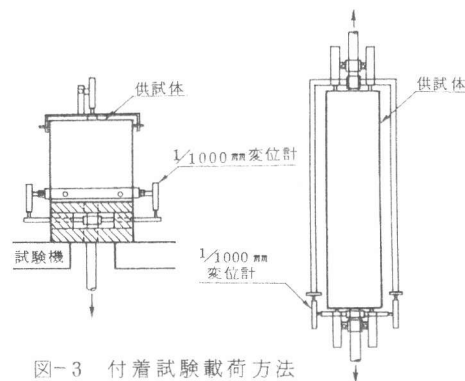


図-3 付着試験載荷方法

24時間、付着強度試験：12, 24, 72時間）とした。初期載荷荷重は、圧縮・曲げ強度試験の場合、初期載荷材令時の強度を事前に測定し、その強度に対して50, 75, 100%に相当する荷重とした。引抜き試験の場合は、初期載荷時の自由端のすべり量を基準とし、その値が0.05, 0.10, 0.25 mmとなる時の荷重まで載荷した。両引き試験の場合は、鉄筋の応力度を基準とし、鉄筋の許容応力度(1,800Kg/cm<sup>2</sup>)および降伏応力度(3,000Kg/cm<sup>2</sup>)に相当する荷重を載荷した。荷重は、所定の荷重に達した後ただちに載荷時と同程度の速度で除荷した。

初期載荷した供試体は、すべて材令7日において試験を行った。初期載荷の影響は、同時に作製した無載荷の供試体の試験結果と比較することによって評価した。(※100%に相当する荷重は、供試体が破壊する直前に除荷している。)

### 2.5 養生条件

養生温度は、各試験とも20℃とした。供試体は、打設後ただちに恒温恒湿槽(20℃, 湿度80%以上)に搬入した。所定の材令時に初期載荷を行った供試体は、載荷後20℃の恒温室内に湿布でおおった状態で静置した。材令24時間以降は、恒温水循環装置を備えた水槽中(20℃)で水中養生を行った。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 圧縮強度に及ぼす初期載荷の影響

実験結果を図-4, 図-5に示す。図の横軸は、初期載荷応力の強度に対する比(%)であり、縦軸は、無載荷の供試体の強度( $\sigma_T$ )に対する初期載荷を受けた供試体の強度( $\sigma_T$ )の比(%)である。

図からわかるように、若材令時に破壊荷重まで載荷した供試体でも、強度低下はほとんど見られない。強度低下が最大となるのは、 $W_C=50\%$ で材令7時間に破壊まで載荷した場合であるが、この場合でも無載荷の強度の90%以上である。逆に応力強度比が50, 75%の場合では、無載荷の強度よりやや大きくなるケースも見られる。 $W_C=60\%$ については、破壊まで載荷した場合でも強度低下はまったく見られなかった。

このように破壊荷重まで載荷した場合でも強度低下がほとんど見られないのは、初期載荷時に生じたひびわれが、その後の水和によってある程度ゆ着するためであると思われる。また、若材令時と硬化後の破壊機構が異なるために、初期に生じたひびわれが硬化後の強度にさほど影響を与えないのではないかとすることも考えられる。一方、応力強度比が50, 75%の場合に強度増加が見られるのは、初期載荷によって内部構造が密実になるためであると思われる。

### 3.2 曲げ強度に及ぼす初期載荷の影響

実験結果を図-6に示す。横軸、縦軸は図-4, 5と同様である。

図からわかるように、初期載荷荷重が破壊荷重以下であれば、無載荷の供試体の強度とほとんど差がない。一方、破壊荷重まで載荷してひびわれが生じた場合は、強度低下が見られ、材令12時間に載荷した場合で基準強度の30%, 材令24時間に載荷した場合で60%の強度低下があった。これから、初期載荷時に生じたひびわれがその後の水和反応によりある程度ゆ着したことが示される。

### 3.3 付着性状に及ぼす初期載荷の影響

#### (a) 引抜き試験

表-2 試験条件

試験の種類	載荷材令(時間)				荷重条件
	7	12	24	72	
圧縮強度試験	○	○	○	○	最大荷重の50, 75, 100%
曲げ強度試験		○	○		"
引抜き試験		○	○	○	自由端すべり量が0.05, 0.10, 0.25mmの時の荷重
両引き試験		○	○	○	3.2 ton (許容応力度) 5.0 ton (降伏応力度)

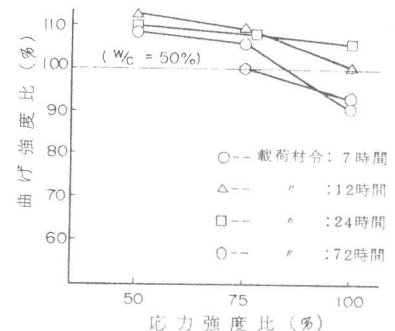


図-4 圧縮強度に及ぼす初期載荷の影響

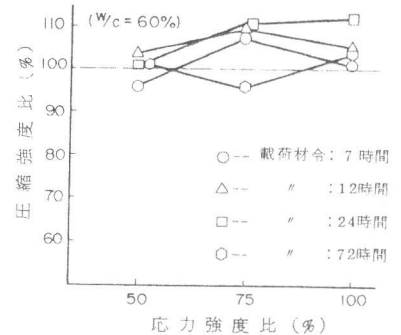


図-5 圧縮強度に及ぼす初期載荷の影響

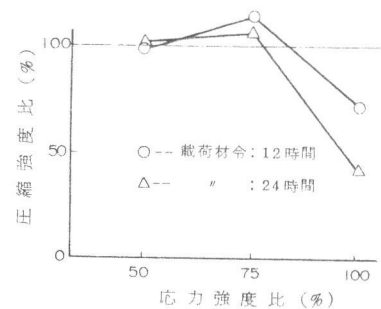


図-6 曲げ強度に及ぼす初期載荷の影響

図-7~9は、材令初期に荷重を載荷した供試体を材令7日において載荷した時の付着応力と自由端すべり量の関係を示したものである。

まず、自由端がすべり始める時の応力を見ると材令12時間、載荷応力  $\tau_{0.05}$  の場合が無載荷の場合に比べて低い値となっているが、他の場合は、無載荷の場合と同程度かやや大きい値となっている。傾向として、載荷荷重が大きいほど、載荷材令が遅いほど大きい値となっている。自由端のすべり始めた後を見ても、すべり量の増加が小さく、初期の勾配は、無載荷の場合に比べてかなり大きくなっており、付着すべりに対する低抗性が大きくなっていることがわかる。

以上のことは、図-10を見ても明らかのように、すべり量が0.05mmとなる時の平均付着応力が大きくなっているということからも理解できる。一方、破壊時の付着応力は、載荷材令、載荷荷重の大きさにかかわらずほぼ無載荷の場合と同程度の値となっている。

以上のように、材令初期の載荷によって付着すべりに対する抵抗性が大きくなるのは、リブの載荷端側のコンクリートがリブに押されることによって部分的に強度が増加することによるものと思われる。また、破壊時の付着応力に差がないのは、破壊がすべて割裂であったことから、付着性状の差が現れず、破壊がコンクリートの強度に支配されたためであると思われる。

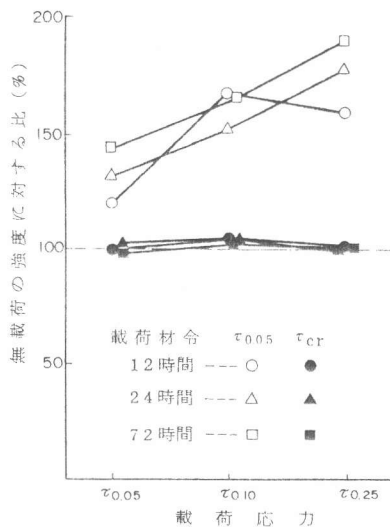


図-10 付着強度に及ぼす初期載荷の影響

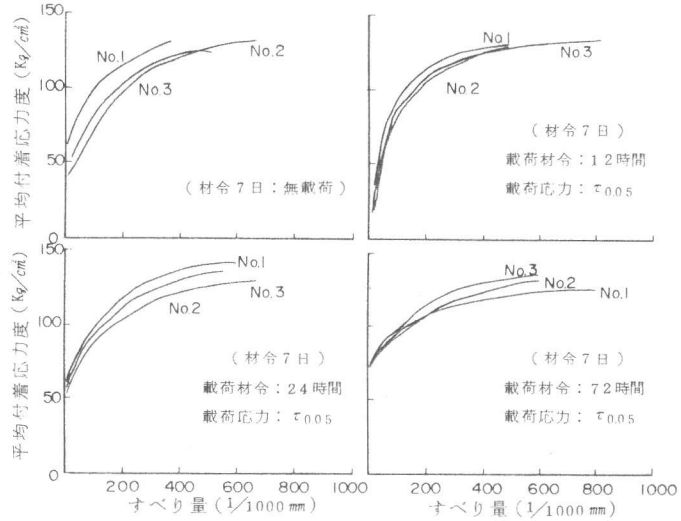


図-7 付着応力とすべり量の関係

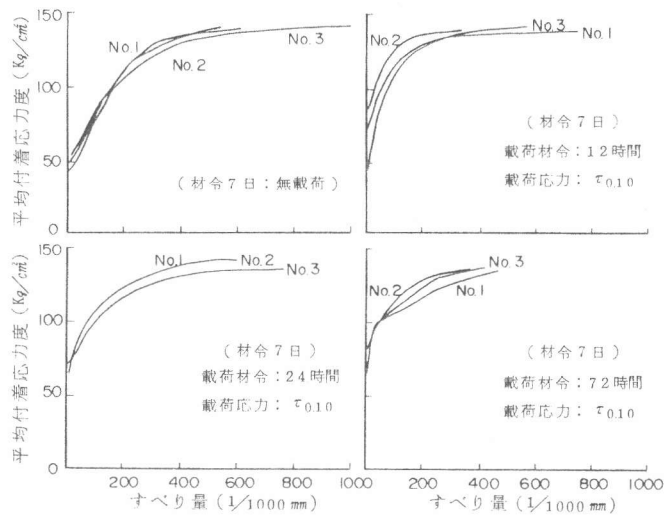


図-8 付着応力とすべり量の関係

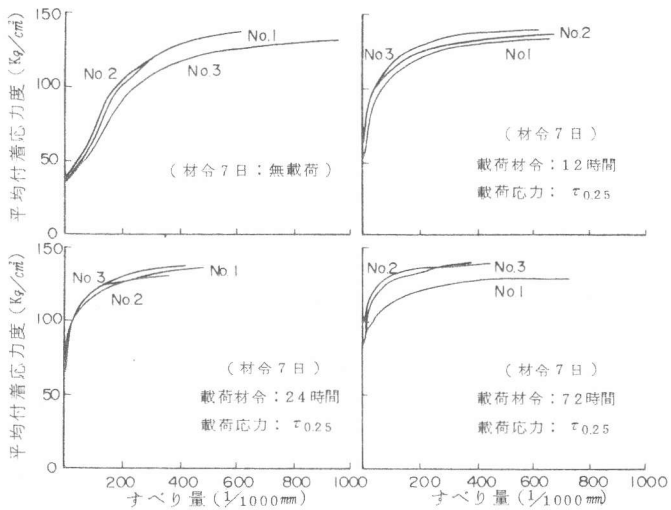


図-9 付着応力とすべり量の関係

(b)両引き試験

図-11～17は、材令初期に荷重を載荷した供試体を材令7日において載荷した時の鉄筋の応力分布を示したものである。図からわかるように、材令初期に載荷された供試体は、低荷重の段階から全断面にわたって鉄筋応力が大きくなっており、初期荷重の載荷による付着劣化のために低荷重の段階から付着すべりが生じていることがわかる。その後、荷重が大きくなるにつれて、応力分布は、無載荷の場合(図-11)に近い形となる。これは、鉄筋のすべりが大きくなるに従って、鉄筋のリブの機械的抵抗による付着力が生じはじめたことを示している。このように低荷重の段階から付着すべりが生ずるのは、材令初期の載荷によってリブ近傍に空げきができること、および初期のすべりによって鉄筋とコンクリートの粘着力が低下することによるものと考えられる。引抜き試験の場合、初期載荷によって生ずるとされる空げきが載荷方向と逆の方向であるため、初期載荷の悪影響は現れなかったが、両引き試験のように鉄筋のすべり方向に空げきが生じた場合、付着性状にかなり影響を与えると思われる。

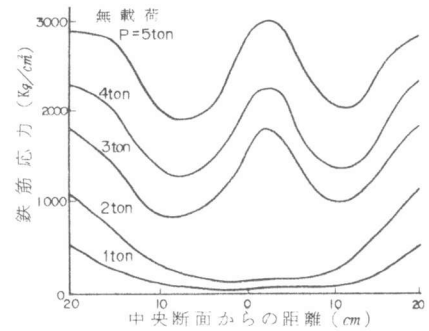


図-11 鉄筋の応力分布

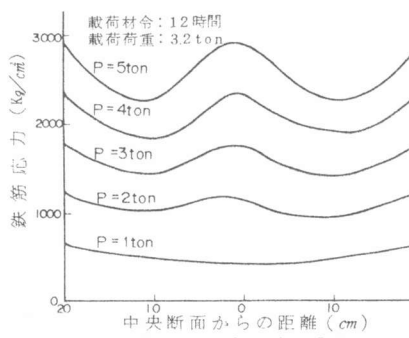


図-12 鉄筋の応力分布

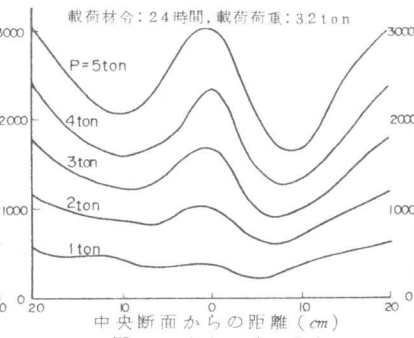


図-13 鉄筋の応力分布

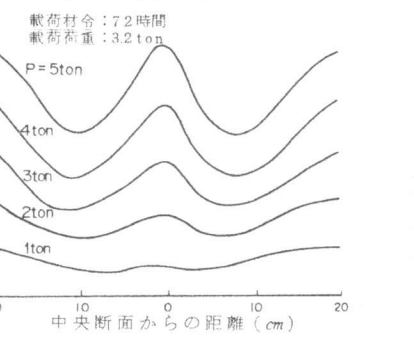


図-14 鉄筋の応力分布

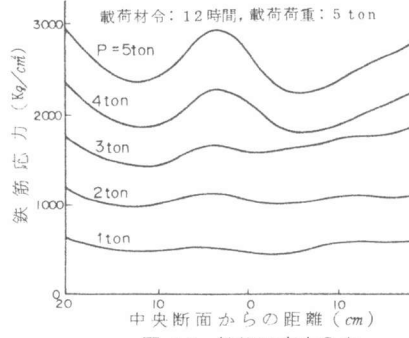


図-15 鉄筋の応力分布

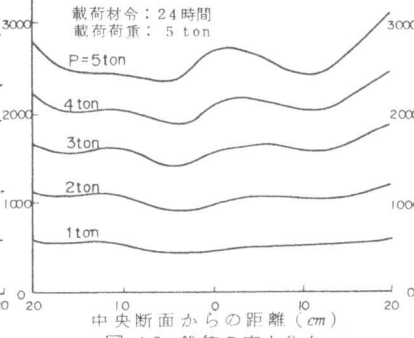


図-16 鉄筋の応力分布

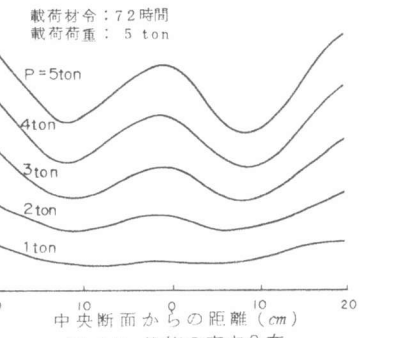


図-17 鉄筋の応力分布

4. まとめ

今回の実験結果をまとめると次のようになる。(1)材令初期の荷重は、圧縮強度に対してさほど影響がない。破壊荷重まで載荷した場合でも基準強度の90%以上の強度を有する。(2)材令初期の曲げ荷重は、ひびわれ発生荷重以下であればほとんど影響がない。また、ひびわれが生じた場合でも基準強度の40~70%まで強度回復が見られる。(3)付着性状については、引抜き試験では初期荷重の悪影響は、顕著に現れないが、両引き試験ではその影響が明確に現れる。すなわち、材令初期に載荷されると付着劣化が生じ、低荷重の段階から付着すべりが生ずるようになる。

参考文献：(1)田代忠一他；「載荷履歴をもつモルタルの強度発現と微細構造」第5回コンクリート工学年次講演会論文集，1983年6月，(2)追田恵三；「初期材令に荷重履歴のあるコンクリートの性質」第5回コンクリート工学年次講演会論文集，1983年6月，(3)Craig R.Clark et.al.「Early Loading Effects on Bond Strength」ACI Journal, Proc., Vol.80, No.6, Nov./Dec., 1983,