

[86] 若材令コンクリートにおける鉄筋付着の時間依存性

正会員 米山 紘一 (新潟大学工学部)
 正会員 ○米倉 亜州夫 (広島大学工学部)
 正会員 宮沢 伸吾 (広島大学工学部)
 正会員 井上 毅 (広島大学工学部)

1. まえがき

マッシブなコンクリートの構造物に発生するひびわれは、水和熱による温度変化に起因し、その幅が一般に大きく、コンクリートの耐力、耐久性、水密性などの観点から問題となることが多い。

従来、この種のひびわれに対しては、セメントの選択、配合設計、養生などを適切に行なって、その発生を防止しようとするのが主な傾向であった。しかし、実際にはこのような努力にも拘らずしばしばひびわれが発生し問題となることが多かったため、場合によってはひびわれの発生を認め、生じるひびわれの幅を許容値以内におさめて設計するという考え方が出てきた。温度ひびわれ幅の算定方法として種々の方法が提案されているが、温度ひびわれ幅は複雑であってその推移を予測する方法は未だ確認されておらず、またひびわれ幅に大きな影響をもたらすと思われる若材令時の付着とそのクリープ特性なども十分に明らかにされていない。

本研究は、温度ひびわれ幅の予測を最終の目的とし、それに資するために若材令時における鉄筋とコンクリートとの付着特性、特にその強度とクリープについて実験を行ない、それらを取りまとめたものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

構造物に発生する温度ひびわれの幅は、鉄筋の拘束作用に影響される。このような状態での温度ひびわれ幅の予測に資するデータを得るため、図-1に示すごとくひびわれ発生位置から鉄筋の軸方向の各位置における局部付着性状を調べることにした。これをシュミレートするため、図-2に示す如く、異形鉄筋の3つのフシとその部分のリップを残して丸棒に切削し、その切削部分をコンクリートと絶縁し、加工のない部分のみをコンクリートと付着させた。

(2) 使用材料および配合

鉄筋には直角フシ形の異形鉄筋SD35で、D13およびD19を使用した。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、配合は表-1に示すが、圧縮強度は約200kgf/cm²(3日)、270kgf/cm²(6日)である。

(3) 実験条件

本実験における実験条件を表-2に示す。かぶり高が2Dと3Dの場合についてそれぞれ新潟大学および広島大学で実験を行なったため、コンクリートの使用材料、締固め方法、養生条件、供試体形状、載荷装置および引抜量の測定箇所が若干相違する。かぶり高3Dの場合の載荷装置を図-3に示すが、鉄筋およびコンクリートにはともに引張応力が作用する構造とした。かぶり高2Dの場合の載荷装置も基本的には図-3と同様である。付着クリープ試験における持続付着応力度の大きさは、前もって静的載荷により求めた各条件下の付着強度1/3のおよび2/3を目安とした。付着クリープ実験時には、脱型後直ちに供試体に

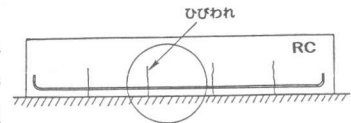


図-1 温度ひびわれ

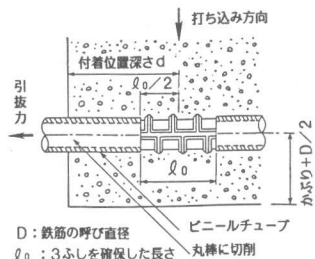


図-2 供試体

表-2 実験条件

要因	条件
鉄筋の種類	D13, D19
付着位置深さ	1.5D, 3.0D, 4.5D
載荷時材令	3日, 6日
付着応力レベル	1/3 × σ_{max} , 2/3 × σ_{max}

表-1 コンクリートの配合

かぶり	G _{max} (mm)	スランパ の範囲	空気量の 範囲	練り上り 温度(°C)	W/C s/a		単位量 (Kg/m ³)					add.	AE助剤 ml/m ³
					(%)	(%)	W	C	S	G	ml/m ³		
2D	25	8 ± 2cm	4 ± 1%	12.0~20.6	50	42	1150	800	780	1074	750	0~300	
3D	20	"	5 ± 1%	14.5~19.5	"	43	"	"	790	1105	900	-	

また、前もって静的載荷により求めた各条件下の付着強度1/3のおよび2/3を目安とした。付着クリープ実験時には、脱型後直ちに供試体に

乾燥を防ぐ処置を講じ、試験終了まで $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 恒温空に設置した。この際、引張力の経時低下を緩和する目的でスプリングを介して引張力を導入した。

(4) 測定方法

引抜力の管理はPC鋼材に貼付した2枚のストレインゲージにより行ない、鉄筋の引抜量は鉄筋とコンクリート表面の相対的なすべり量としてとらえ、その測定は4個の変位計 ($2000 \times 10^{-6} / \text{mm}$) により10日間行なった。なお、引抜力の10日間における損失は10%程度以内と小さかったため、再緊張や補正は行なわなかった。

3. 実験結果および考察

(1) 付着強度試験

図-4~6は、付着応力度と鉄筋の弾性伸びを補正した鉄筋引抜量の関係を示したものである。ここで、付着応力度は鉄筋の引張力を付着部分の鉄筋表面積で除した平均値とした。付着強度試験においてD13, 埋め込み位置 4.5Dの場合に鉄筋とコンクリートの付着が破壊されて鉄筋が引き抜けたが、その他の条件下での破壊形態はコンクリートの割裂破壊であった。従ってD13, 埋め込み位置 4.5Dの場合の値は真の意味での付着強度であるがその他の場合は、鉄筋フシ間のコンクリートがせん断破壊される前に割裂で破壊したためかぶりや付着位置深さが大きくなるに従って、破壊に際して割裂すべきコンクリートの体積が増すことにより、図-7, 8に示すように見掛け上の付着強度が大きくなっている。

破壊後のコンクリートの鉄筋との付着面の観察より、付着位置深さが大きい場合、フシ間のコンクリートが削り取られており、このことが付着位置深さが小さい場合よりも引抜量が大きくなった原因と考えられる。このように、すべり量はコンクリートのせん断抵抗に支配され、付着応力度-引抜量関係は付着位置深さによらず同一曲線上に得られると考えられる。また、D13のフシの高さはD19のそれより

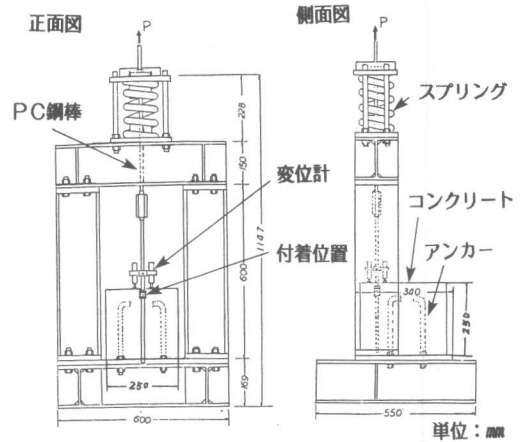


図-3 荷重装置 (かぶり: 3D)

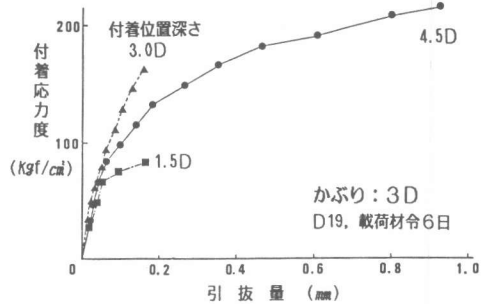


図-4 引抜量と付着応力度の関係

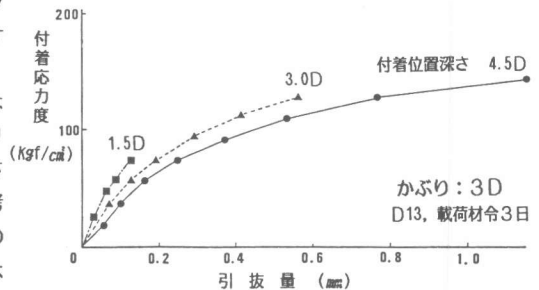


図-5 引抜量と付着応力度の関係

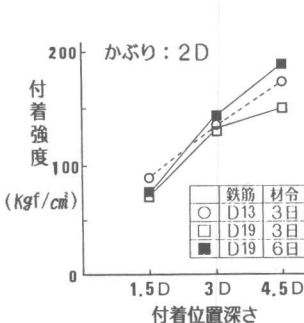


図-7 付着位置深さと付着強度の関係

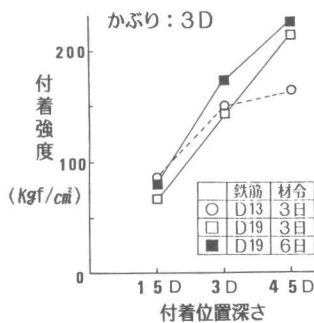


図-8 付着位置深さと付着強度の関係

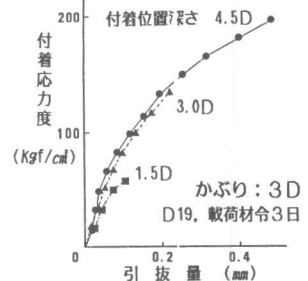


図-6 引抜量と付着応力度の関係

低くせん断抵抗が小さいため、引抜量が大きく、付着強度も小さくなる。

(2) 付着クリープ試験

図-9, 10は付着クリープ試験用供試体における引張り導入時の付着応力度と引抜量 (δ_0) の関係を示したものである。

鉄筋の引抜量の測定は、鉄筋を囲むようにセットした4個の変位計で行なったが、図-11に示すように、かぶり側の変位計から求めた場合のようがかぶりと反対側の場合より10日間の引抜量の時間的増加量 (δ_c : 10日間の付着クリープとよぶ) が小さくなっている。これは、引抜力によるコンクリート表面の盛り上がり量の時間的増加量がかぶり側のほうが大きいためである。鉄筋がコンクリート断面の図心にないため、引抜量の測定に際して上述のような問題点があるが、ここでは、付着クリープを4か所の変位計からえられるデータの平均値としてとらえた。なお、引張力の10日間における損失は、導入引張力の高々10%程度と小さかったので、この間の鉄筋の弾性伸び量の変化による引抜量の補正は行なわなかった。

図-12は、単位付着応力度当りの引抜量の経時変化を示したものである。引抜量は引張り導入後、短時間に急激に増加する。すなわち、10日間の付着クリープの2/3程度が最初の数時間で生じ、その後はあまり増加しない。

図-13, 14は、持続付着応力度 (σ_0) と10日間の付着クリープ (δ_c) の関係を示したものである。かぶり厚3Dの場合、鉄筋径の影響は顕著ではないが、かぶり厚2Dの場合では、同一付着応力度において、D13のほうがD19の場合より δ_c が大きくなっている。

図-15, 16は、付着応力度 σ_0 と単位付着応力度当

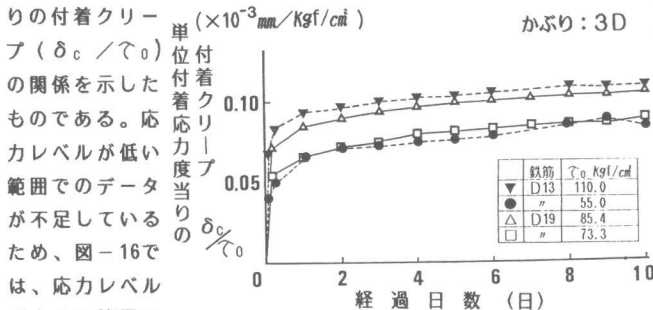


図-12 単位応力当りの引抜量の経時変化

りの付着クリープ (δ_c / σ_0) の関係を示したものである。応力レベルが低い範囲でのデータが不足しているため、図-16では、応力レベルが小さい範囲で δ_c / σ_0 が急激に変化するようになってしまう点に注意を要するが、本実験の応力レベルの範囲では付着クリープは応力に比例しないことが認められ、さ

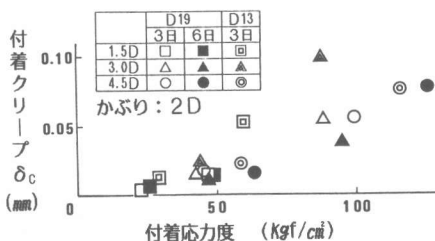


図-13 付着応力度と付着クリープの関係

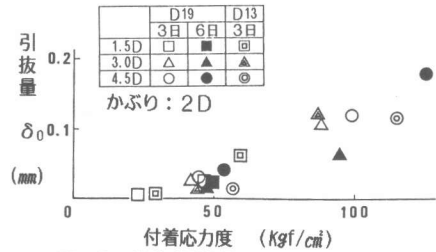


図-9 載荷時引抜量と付着応力度の関係 (付着クリープ供試体)

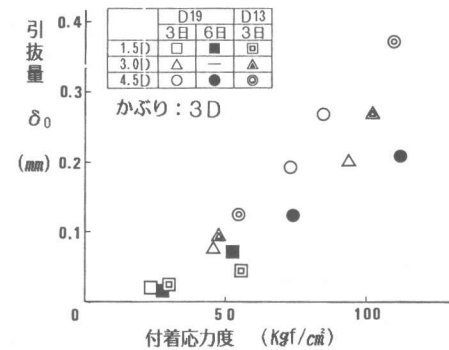


図-10 載荷時引抜量と付着応力度の関係 (付着クリープ供試体)

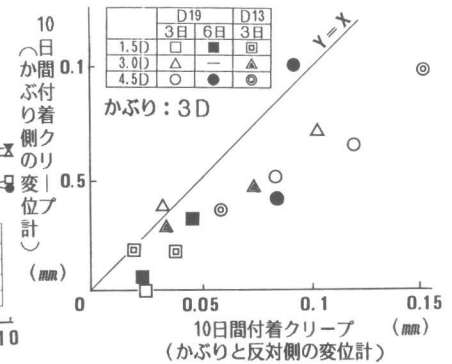


図-11 変位計の位置が引抜量に及ぼす影響

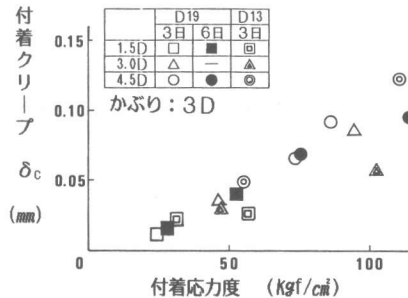


図-14 付着応力度と付着クリープの関係

らに、コンクリートの通常の圧縮クリープの場合に比べてかなり低い応力レベルの段階から付着クリープが応力に比例しなくなることが予想される。D19の場合よりD13の場合のほうが δ_c / τ_0 が大きくなる傾向が、特にかぶり2Dの場合に認められる。

図-17, 18は、引張力導入時の引抜量に対する10日間の付着クリープの比(ここでは付着クリープ係数とよぶ)を示したものである。付着応力度が小さいときに付着クリープ係数が特に大きくな

っているケースがあるが、これは、引抜量の絶対量に対する測定誤差の影響がかなり大きくなったためと考えられるが、これらの点を除くと、10日間の付着クリープ係数は応力レベルの大きさにはあまり影響を受けず、おおむね0.3~0.8程度である。また、かぶり厚2Dの場合にD13のほうが若干付着クリープ係数が大きくなっているが、かぶり厚3Dの場合では、鉄筋径の影響はあまり認められない。なお、データにかなりのばらつきがあるが、付着クリープ係数は、付着位置深さが大きい程若干小さくなる傾向が認められる。

4. まとめ

鉄筋と若材令のコンクリートにおいて、単位付着応力度当りの付着クリープはD19よりD13のほうが大きくなることから、実際の設計において従来、ひびわれ幅を低減するためには所要の鉄筋量に対して使用する鉄筋径は小さい方が良くとされていたが、鉄筋の選定に当っては本研究結果をふまえ鉄筋本数との兼ね合いを考慮に入れ、鉄筋によるひびわれ幅の制御に関してより一層の検討が必要である。

最後に、本研究は、昭和59年度および60年度の文部省科学研究費補助金総合研究(A)59350031(研究代表者 東京工大教授 長瀧重義)の分担研究である。記して、感謝の意を表します。

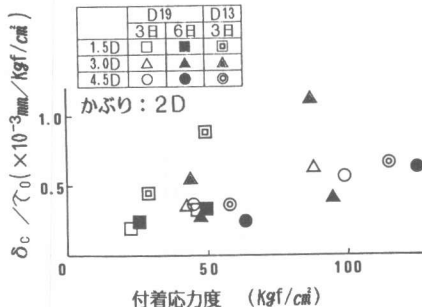


図-15 単位付着応力度当りの付着クリープ

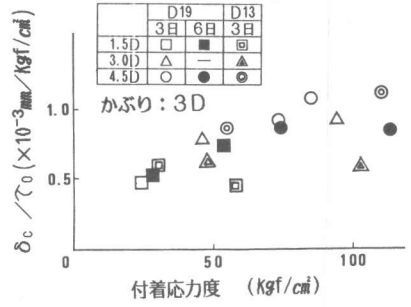


図-16 単位付着応力度当りの付着クリープ

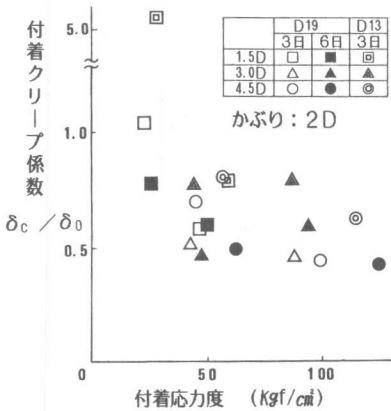


図-17 付着応力度と付着クリープ係数の関係

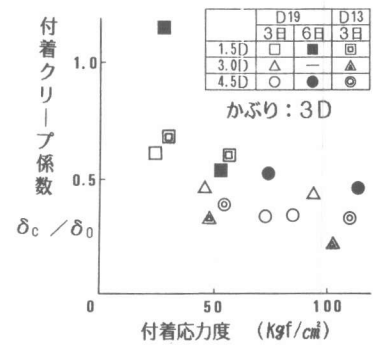


図-18 付着応力度と付着クリープ係数の関係