

V-427

P R C 部材の斜めひびわれ耐力について

九州産業大学 正員 宮川 邦彦
同 正員 佐藤 武夫

1. まえがき

近年、軸方向鉄筋で一部補強されたP R C部材(以下、P R C部材と呼ぶ)の施工が増加している。P R C部材は、通常のP C部材(組立て鉄筋として0.5 %以下の軸方向鉄筋が配筋されることもある)と比較して、ひびわれ発生以後の曲げ剛性の低下やひびわれ幅の拡大を低減できるが、一方、軸方向鉄筋がコンクリートの時間依存ひずみ(乾燥収縮およびクリープ)を拘束し、その結果、コンクリート断面に導入されるプレストレスが徐々に減少するため、ひびわれ耐力の面では不利になることが懸念される。

そこで本研究では、R CおよびP R C部材を作製し、特に軸方向鉄筋による内部拘束が部材の斜めひびわれ耐力に及ぼす影響について検討を行った。以下に本研究の概要および結果について報告する。

2. 実験概要

本実験では、セメントに早強ポルトランドセメント(比重:3.13)、細骨材に海砂(表乾比重:2.56、吸水率:1.29%、粗粒率:2.67)、粗骨材に結晶片岩砕石(表乾比重:2.79、吸水率:0.66%、粗粒率:6.73、最大寸法:20 mm)を用い、コンクリートの配合は単位水量 $180\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位セメント量 $420\text{kg}/\text{m}^3$ 、空気量 3%、単位粗骨材容積 $400\text{ l}/\text{m}^3$ とした。軸方向鉄筋にはD10(降伏強度: $40\text{kgf}/\text{mm}^2$)、D16(降伏強度: $35\text{kgf}/\text{mm}^2$)およびD19(降伏強度: $38\text{kgf}/\text{mm}^2$)を、スターラップにはD6(降伏強度: $34\text{kgf}/\text{mm}^2$)を、また、P C鋼材にはSWPR-7A(降伏荷重:13.9tf、引張荷重:16.3tf)を用いた。部材は、図-1のような鋼材量および配筋状態の異なるR C部材4本(湿潤および空气中各1本)、P R C部材4本を作製した。なお、P R C部材は、プレテンション方式(初期緊張力 $P_i = 8.0\text{ tf}$)で作製し、材令3日で応力を導入した。作製した部材は、湿潤養生部材(IおよびII)を除き、材令3日から恒温室内(温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 5\%$)に静置し、部材表面および軸方向鉄筋に貼付したひずみゲージを用いて、約60日間部材各部のひずみ変化を実測し、破壊試験時における部材の下縁応力度を推定した。破壊試験は、図-2のような対称二点載荷(せん断スパン比 $a/d = 3$)で行い、部材が破壊するまで単調載荷しながら断面各部のひずみやひびわれ発生状況などを調べた。

3. 実験結果および考察

図-3に静置期間中の部材Vの実測ひずみ-時間曲線の一例を、また、図-4にモデル解析法(紙面の関係上、モデル解析法の詳細は割愛する)から求めた同部材の解析曲線を示す。両図のように実測結果と解析結果とはほぼ一致していることがわかる。

表-1に各部材の破壊試験結果の一覧を示す。なお、表中の σ_c はモデル解析法から求めた破壊試験時における部

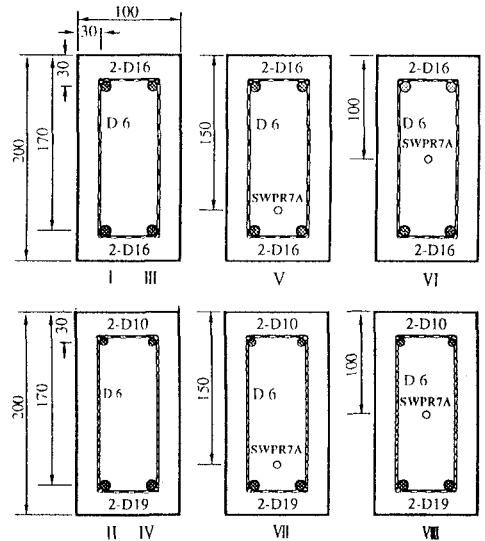


図-1 各部材の配筋状態

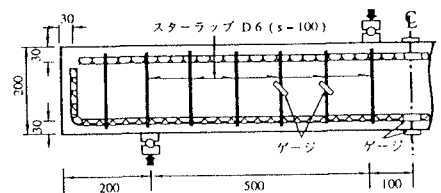


図-2 載荷試験方法

材下縁の圧縮応力度である。同表のように σ_c は配筋状態で大幅に相違することがわかる。また、同表の V_c はひずみゲージの値が急変する点および目視から求めた斜めひびわれ耐力の実測値を、 V_d と V_a は現行の土木学会コンクリート標準示方書の算定式から求めた計算値を示している。ただし、計算値は、安全係数をすべて1.0とし、部材の有効高さに関する係数 β_d および軸方向鉄筋比に関する係数 β_p に対する制限を無視し、軸圧縮力に関する係数 β_n を $\beta_n = 1 + 2 M_o / M_u$ として求めた。ここに、 M_o は軸方向力による部材引張縁の応力を打消すのに必要な曲げモーメント、 M_u は部材の曲げ破壊モーメントである。なお、 V_d は軸方向鉄筋による内部拘束の影響を無視したときの値、 V_a はそれを考慮したときの値である。

表-1のように V_c/V_d の値は、静置期間（約60日間）中に軸方向鉄筋の拘束作用を受けた部材のそれらが1.0強であるのに対し、拘束を受けていない部材のそれらは1.2強と若干大きくなっていることがわかる。これは、現行の斜めひびわれ耐力の算定式が従前のRC部材に対する多くの実測結果を基に求められた経験式ではあるが、通常、作製された部材は破壊試験まで空気中に静置されることが多く、その結果、すでにコンクリート断面にはある程度の収縮応力が生じているため、前述のような結果が得られたものと考えられる。したがって、さらに長期間乾燥やクリープの影響を受ける実構造物の場合、現行の斜めひびわれ耐力の算定式から求めた値では若干危険になることも予想される。一方、 V_c/V_a の値は全部材とも1.2~1.3程度であり、このように軸方向鉄筋による内部拘束の影響を係数 β_n の項で考慮すれば、現行の斜めひびわれ耐力の算定精度は大幅に改善されることがわかる。

4. まとめ

本研究では、軸方向鉄筋による内部拘束がRCおよびPRC部材の斜めひびわれ耐力に及ぼす影響について検討を行った。以下に本研究から得られた結果を要約する。

- (1). 鋼材で補強されたコンクリート部材内部の応力状態は、コンクリートの時間依存ひずみにより大幅に経時変化する。したがって、部材の斜めひびわれ耐力を算定する際にはその影響を適切に評価すべきである。
- (2). PRC部材の断面内部における応力状態は、軸方向鉄筋がコンクリートの時間依存ひずみを拘束するため、通常のPC部材のそれと比較して、大幅に相違する。
- (3). コンクリート標準示方書に規定されている斜めひびわれ耐力の算定式は、軸方向鉄筋による内部拘束の影響を係数 β_n の項で考慮すれば、その算定精度が大幅に改善されるようである。

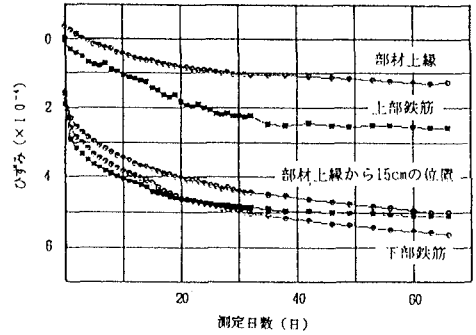


図-3 部材Vの実測ひずみ-時間曲線

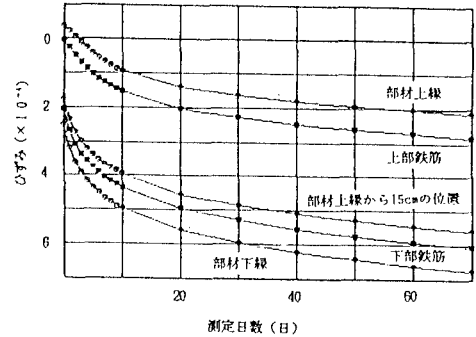


図-4 部材Vの解析ひずみ-時間曲線

表-1 各部材の試験結果および計算値

部材	σ_c	V_c	V_d	V_a	V_c/V_d	V_c/V_a
I	0	3.10	2.52	2.52	1.23	1.23
II	0	3.40	2.84	2.84	1.20	1.20
III	-21.4	2.70	2.52	2.15	1.07	1.26
IV	-32.8	3.10	2.84	2.45	1.09	1.26
V	21.3	3.50	3.24	2.71	1.08	1.29
VI	-1.8	3.10	2.88	2.50	1.08	1.24
VII	2.3	3.80	3.54	2.86	1.07	1.33
VIII	-20.6	3.40	3.19	2.64	1.07	1.29

注). 単位 σ_c : kgf/cm^2 V_c, V_d, V_a : tf
破壊試験時の圧縮強度: $f'_c = 497$ (513) kgf/cm^2
()は湿潤養生供試体 ($\phi 10 \times 20 \text{cm}$) の値