

V-29 非閉鎖型補強筋とあばら筋を併用した RC 部材の付着割裂強度算定式の提案

高松高専 学生会員○田邊 泰子
高松高専 正会員 長友 克寛
京都大学 佐藤 裕一
高松高専 松原 三郎

1. 研究目的 RC 柱・はり試験体を用いた既往の研究により、非閉鎖型補強筋が付着割裂専用補強筋（以下ではフックと表記）として効果的であることは検証されている。しかし、フックによる補強を行った場合の付着割裂強度の改善効果は、十分に定量化されていない。そこで、本研究ではまず、様々な配筋計画の試験体を10体製作し、付着割裂強度を実験的に求めた。次に、付着割裂強度式を提案し、実験結果との比較を通して、その適用性を検証した。

2. 実験概要

2.1 試験体の形状・寸法 図-1に試験体の形状・寸法を示す。試験体は、幅200 mmまたは250 mm、高さ350 mm、スパン1800 mmの単純はりである。軸方向鉄筋は、断面寸法に応じて圧縮鉄筋 (D19, SD345) が2~3本、引張鉄筋 (以下では主筋と表記) (D19, SD390) が3~5本である。横補強筋としてあばら筋 (D6, SD295A, 間隔 $S_w=100$ mmまたは150 mm) およびフック (D6, SD295A, 間隔 $s_h=50$ mm, 100 mmまたは150 mm) を配置した。主筋の定着長は、支点近傍にステンレス製パイプをかぶせ、せん断スパン中央部付近に発泡スチロールを用いて幅40 mmの切り欠き部を設けることにより、400 mmに限定した。

2.2 載荷・測定方法 載荷には油圧ジャッキを用い、対称2点荷重を作用させた。試験体の左右のどちらか一方が破壊した場合、一旦除荷し、鋼板とPC鋼棒とで破壊した側を上下から締め付け、再載荷によってもう一方の側を破壊に至らせた。計測項目は、荷重、中央たわみ、主筋・あばら筋・フックの歪み、主筋の自

表-1 実験概要

試験体No.	コンクリート 圧縮強度 f_c' (MPa)	付着割裂 パラメータ b_s	あばら筋 間隔 S_w (mm)	あばら筋 1組の 脚数 N_w	フック 間隔 S_b (mm)	フック 1組の 脚数 N_b	あばら筋の 補強筋比 $p_w(\%)$	フックの 補強筋比 $p_b(\%)$	最大荷重時 平均付着 応力 τ_{uexp} (MPa)	計算付着 強度 τ_{ucal} (MPa)	$\frac{\tau_{uexp}}{\tau_{ucal}}$
1	24.8	1.618	100	2	無し	0	0.360	0.000	2.72	1.99	1.37
2	29.0	2.490	100	2	100	2	0.360	0.360	4.59	4.73	0.97
3	29.0	1.618	100	2	100	2	0.360	0.360	3.76	3.28	1.15
4	24.8	1.618	150	2	150	2	0.240	0.240	3.19	2.54	1.26
5	24.8	2.272	100	2	150	2	0.280	0.187	3.85	3.10	1.24
6	29.0	3.363	100	2	100	2	0.280	0.280	5.52	5.05	1.09
7	29.0	1.618	100	2	100	2	0.280	0.280	3.04	2.72	1.12
8	29.0	1.618	100	2	50	2	0.280	0.561	2.84	3.40	0.83
9	24.8	1.618	100	2	100	4	0.280	0.561	4.54	3.72	1.22
10	24.8	1.618	150	3	100	2	0.280	0.280	3.58	2.75	1.30

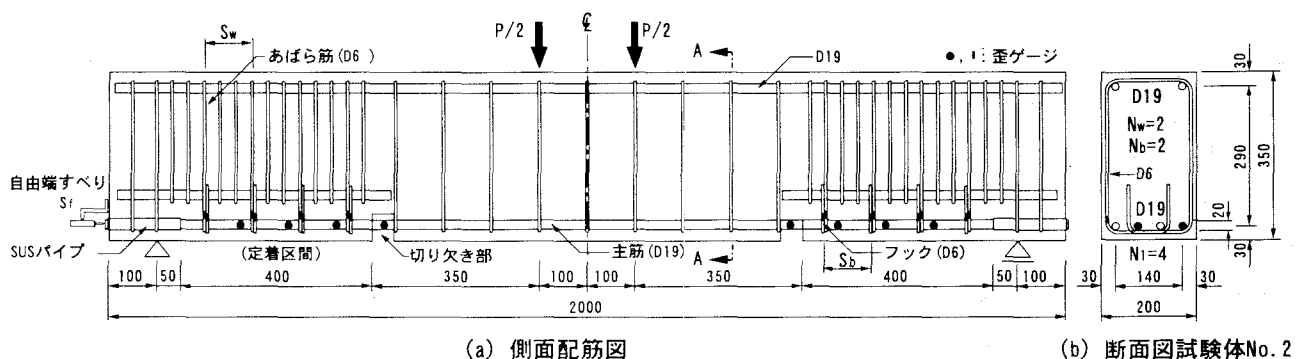


図-1 曲げ試験体の形状・寸法(単位mm)

由端すべり，破壊時のひび割れ状況である。

3. 付着割裂強度 一般に，付着割裂強度への主要な影響因子は以下の4つである。(1)コンクリート圧縮強度 f_c' ，(2)割裂線長さ比 b_{si} ，(3)横補強筋比 $(p_w + p_b)$ ，(4)横補強筋脚数／主筋本数比 $(N_w + N_b)/N_1$ 。横補強筋の付着割裂強度への影響に関しては，その降伏強度 f_{wy} は無関係であり，(3)と(4)が，大きいほど付着割裂破壊し難いことに注意を要する。

以下では，付着割裂強度の実験値をコンクリート圧縮強度の平方根で無次元化した $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ とこれら影響因子との関係について考察する。なお，試験体は，せん断破壊したNo.8を除き，全て付着割裂破壊を生じた。

図-2に $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ と b_{si} の関係を示す。 b_{si} が大きい(主筋本数 N_1 が小さい)ほど $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ は増加し， b_{si} が同じであれば $(p_w + p_b)$ が大きいほど $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ は大きい。

図-3に $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ と $(p_w + p_b)$ の関係を示す。 $(p_w + p_b)$ が大きいほど $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ は増加し， $(p_w + p_b)$ が同じであれば $(N_w + N_b)/N_1$ が大きい(主筋本数に対して横補強筋の脚数が多い)ほど $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ は大きい。

図-4に， $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ と $(N_w + N_b)/N_1$ の関係を示す。 $(N_w + N_b)/N_1$ の増加に伴い $\tau_{u \text{ exp}}/\sqrt{f_c'}$ は，ほぼ直線的に増加している。

4. 付着割裂強度式の提案 以上の実験結果に基づき，あばら筋とフックを併用した場合の付着割裂強度に占めるこれら2種類の横補強筋負担分 k_{st} の算定式を，次式のように提案する。この式は，日本建築学会靱性保証型耐震設計指針(案)に示されている信頼強度式を修正したものである。

$$k_{st} = \{56 + 47 \cdot (N_w + N_b)/N_1\} \cdot (b_{si} + 1) \cdot (p_w + p_b)$$

ここに， N_w ：あばら筋1組の脚数， N_b ：フック1組の脚数， N_1 ：主筋本数， $b_{si} = (b - N_1 \cdot d_b)/(N_1 \cdot d_b)$ ：割裂線長さ比， b ：はり幅， d_b ：鉄筋径， $p_w = a_w/(b_e \cdot s_w)$ ：あばら筋の補強筋比， a_w ：あばら筋1組の断面積， b_e ：はり有効幅， s_w ：あばら筋間隔， $p_b = a_b/(b_e \cdot s_b)$ ：フックの補強筋比， a_b ：フック1組の断面積， s_b ：フック間隔である。

5. 付着強度の実験値と算定値との比較 図-5に付着強度の算定値 $\tau_{u \text{ cal}}$ に対する実験値 $\tau_{u \text{ exp}}$ の比を示す。せん断破壊した試験体No.8を除けば両者はよく一致しており，提案式の適用性の高さが分かる。U字型フックを用いた試験体No.2およびNo.6の実験値がやや低目に出ているが，この2つの試験体は b_{si} が大きく，どちらの影響が強く現れているのかについては，今後の検討課題である。

6. まとめ 付着割裂破壊専用非閉鎖型補強筋の効果を実験的に確認すると共に，これを用いた場合の付着割裂強度算定式を提案し，実験結果をもとにその適用性を確認した。

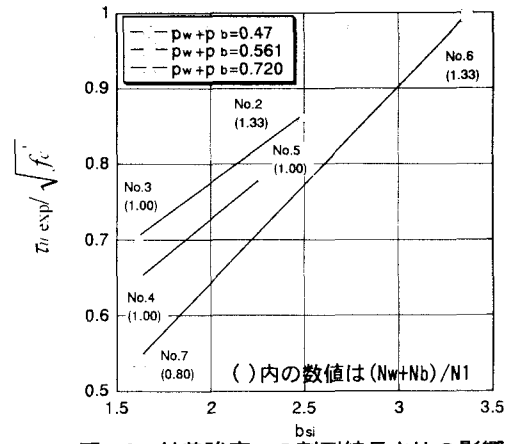


図-2 付着強度への割裂線長さ比の影響

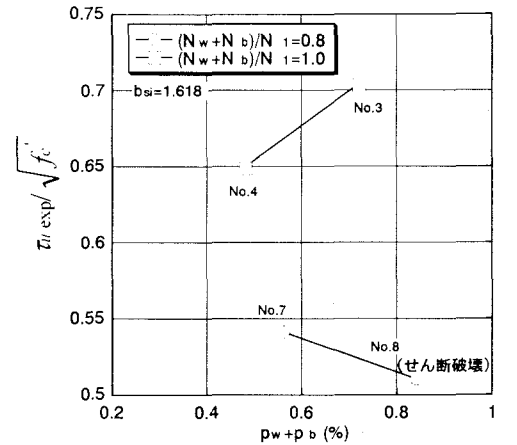


図-3 付着強度への横補強筋比の影響

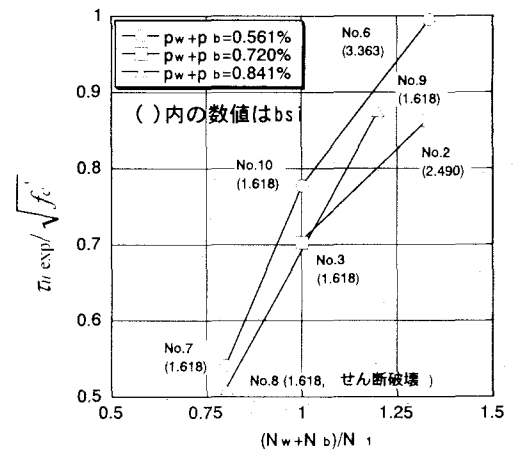


図-4 付着強度への主筋本数の影響

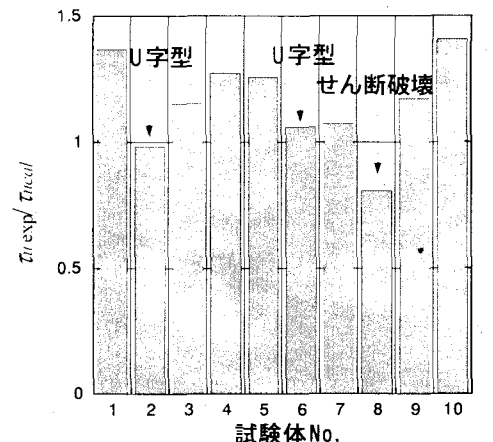


図-5 付着強度の実験値と算定値との比較