

V-498

重ね継手部分を円形断面の鋼板で補強した部材の交番載荷試験

J R 東日本 東京工事事務所 ○正会員 大屋戸理明

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 山内 俊幸

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 野澤伸一郎

1. はじめに 鉄筋コンクリート(RC)部材において、鉄筋の重ね継手を同一断面に集中して設けた場合や応力の大きい箇所に設けた場合は、割裂に伴うぜい性的な破壊が問題となる。それを防ぐために部材周囲を角形の鋼板で補強した試験体による正負交番載荷試験を行ったが、鋼板のはらみだしが起こり靱性能の改善効果は小さかった¹⁾。今回鋼板による拘束効果を高めるため、重ね継手部の部材断面を円形として鋼板巻き補強した試験体による正負交番載荷試験を行ったので、その結果から変形性能と付着性状に着目して考察する。

2. 試験概要 試験体概要を図1に、諸元を表1に示す。図1のハッチ区間で主鉄筋を重ね継手とし、帯筋を省略しかつコンクリート強度を他の部分と変更した。また、その上下30mmを鋼板で補強した。載荷は文献¹⁾に準じ、主鉄筋歪が降伏歪に達するまでは単調載荷とし、その後正負交番載荷した。

3. 破壊状況 試験体B3, B7は載荷点水平変位が $14\delta_y$ (δ_y は主鉄筋降伏時の載荷点水平変位)まで明確な耐力低下が認められず、非常に良好な靱性能を示した。その他の試験体は、載荷点水平変位が $25\sim 50\text{mm}$ ($2\sim 6\delta_y$)付近に載荷途中で鋼板最下部がはらみだして鋼板内部のコンクリートが剥落し、重ね継手部より下の断面のかぶりコンクリートの剥落と主鉄筋の座屈が起こり耐力低下に至った。主鉄筋の歪は全試験体とも降伏歪に達した。全試験体の荷重-変位包絡曲線を図2に、耐力と靱性能の総括を表2に示す。図2から、継手長が長いほど、コンクリート強度が大きいほど、鋼板が厚いほど靱性能が向上することがわかる。なお、表2によると押し側の靱性能が引き側のそれより大きい場合があるが、これは最初に載荷する押し側で鋼板内部のコンクリートが損傷を受けたためと考えられる。

試験終了後に鋼板をはがして確認した、載荷方向に平行な面のひびわれ発生状況を、試験体B2とB6を例に図3に示す。ひびわれは鋼板の円周上の内部角型柱が接する4点で、重ね継手部全長にわたり縦方向に発生した。また、鋼板が薄い試験体B6では鋼板内部でせん断ひびわれが多数発生した。かぶりコンクリートのはつりを行ったところ、試験体B1, B4, B6, B8は下側主鉄筋の周囲の節の間にコンクリートとの摩擦作用によるコンクリート粉が付着していた。このことから、通常のRC部材の付着破壊ほどぜい性的でない荷重-変位包絡線を示すこれらの試験体においても、付着破壊が発生していたと考

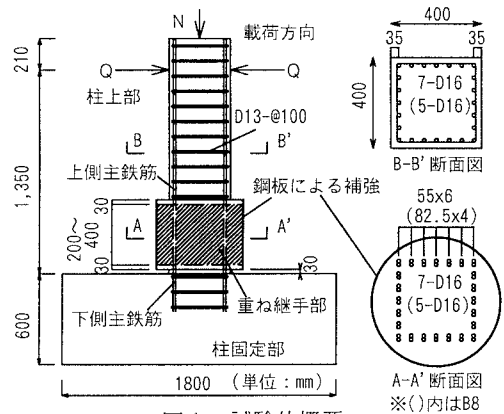


図1 試験体概要

表1 試験体諸元

試験体名	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
断面寸法 (cm)	B×H=40×40, 重ね継手部分56.5φ							
主鉄筋 (本数)	7×7							5×5
(特性値)*1	D16, SD345, $\sigma_y=387(\text{N/mm}^2)$, $\sigma_u=560(\text{N/mm}^2)$, $\epsilon_u=2020(\mu)$							
帯鉄筋(特性値)*1	D13, SD345, $\sigma_y=394(\text{N/mm}^2)$, $\sigma_u=585(\text{N/mm}^2)$, $\epsilon_u=2200(\mu)$							
コンクリート(上部)	24.9	25.6	23.9	21.3	20.3	18.7	20.5	20.5
強度(重ね継手部)	27.2	27.2	27.1	10.6	10.5	33.1	33.1	33.1
(N/mm ²)(柱固定部)	29.8	29.7	30.0	19.1	20.6	31.5	33.4	33.4
鋼板 厚t(mm)	3.2							
t/B	0.008				0.004			
$\sigma_y(\text{N/mm}^2)$	365				338			
継手長 ℓ (cm)	20	30	40	30	40	30	30	30
ℓ/ϕ	12.5	18.8	25.0	18.8	25.0	18.8	18.8	18.8

*1 鉄筋特性値は引張試験値

キーワード：重ね継手、鋼板巻き補強、交番載荷、付着応力、靱性能

連絡先：〒151-8512 渋谷区代々木2-2-6 TEL：03-3320-3482 FAX：03-3372-7980

えられる。一方、試験体B2,B3,B5,B7はかぶりコンクリートが強固にRC断面と一体化して はつりが行えず、これらは付着破壊が発生しなかったと考えられる。

4. 円形断面の鋼板で補強した場合の付着強度 文献²⁾で導出された、鋼板や横補強筋のない重ね継手部分の主鉄筋の付着強度の算定式(付着強度の無補強分)を下に示す。

$$\tau_{ojb} = (1.2 + 3 \cdot C_b / \phi + 50 / (l_s / \phi)) \cdot 0.265 \cdot \sqrt{f'_{cd}}$$

ここに、 f'_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度(kgf/cm²)、 ϕ : 定着する鉄筋の直径(cm)、 C_b : 定着する鉄筋のかぶり、定着する鉄筋のあきの1/2のうち、小さい方の値(cm)、 l_s : 重ね継手長。

この式に、鋼板の補強による付着強度増加分を加算することにより、円形断面の鋼板で補強したRC部材の付着強度を算定することを考えた。図4に、外縁に鋼板で補強されたRC部材の鉄筋周囲と鋼板近傍の応力状態を模式的に示す。微小区間の鉄筋周囲の付着応力を u とすると、外縁の鋼板が受ける材軸直角方向の応力は $w = u \cdot \tan \theta$ (θ は鉄筋軸と抵抗力 v のなす角)となる。鋼板の周方向引張力 T には $T = w \cdot r$ の関係があることを利用して w を消去すると、鋼板の補強による付着強度増加分 τ_{ss} が求まる。これより、合計の付着強度 τ は以下のようになる。

$$\tau = \tau_{ojb} + \tau_{ss}, \quad \tau_{ss} = t \cdot f_{sy} / (r \cdot \tan \theta)$$

ここに、 f_{sy} : 鋼板降伏点(kgf/cm²)。

この仮定では θ により算定値が変化する。主鉄筋が降伏した時点の実験値が算定値を上回らないとすると θ は40°程度以下となり、 $\theta = 40^\circ$ とした算定値は表2の値となった。なお、実験値は下の式で求めた。

$$\tau_{ex} = \varepsilon_y \cdot E_s \cdot A_s / (\phi \cdot l_s)$$

ここに、 ε_y : 主鉄筋降伏時の継手部近傍での最大歪、 A_s, E_s : 主鉄筋公称断面積と静弾性係数(引張試験値)。

5. おわりに 今回の試験を通じて、以下のことが得られた。

1. 継手長が長いほど、コンクリート強度が大きいほど、鋼板が厚いほど靱性能が向上し、重ね継手を一断面集中で使用しても十分な靱性能を確保できる。

2. 継手付着強度算定値が主鉄筋降伏時点の実験値を上回るには、 θ は40°程度以下となる。

参考文献

- 1) 吉田忠司、大屋戸理明、山内俊幸、野澤伸一郎: 重ね継ぎ手部分を鋼板巻き補強した部材の交番載荷試験(その1: 試験概要と変形性能)、土木学会第25回関東支部技術研究発表会講演概要集、第V部門、平成10年
- 2) Orangun, C.O. et al.: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Vol. 74, pp. 114-122, 1977

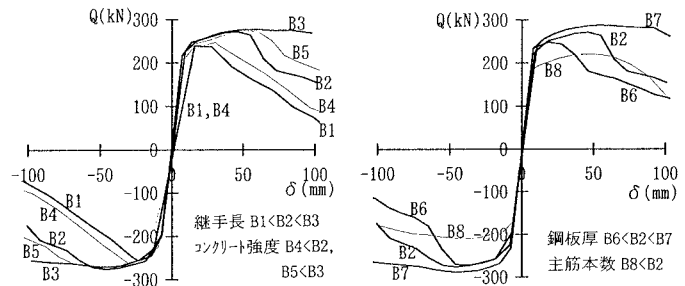


図2 荷重-変位包絡曲線

表2 試験結果総括

試験体名	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
主鉄筋本数	7×7						5×5	
継手部コンクリート強度(N/mm ²)	27.2	27.2	27.1	10.6	10.5	33.1	33.1	33.1
鋼板厚t(mm)	3.2						1.6	3.2
継手長ℓ(cm)	20	30	40	30	40	30	30	30
降伏耐力(kN・m) *1	316	287	279	318	292	312	314	239
終局耐力(kN・m) *1	334	375	373	345	370	355	393	294
降伏変位(mm)(押し側)	12.3	7.2	6.8	15.7	9.1	8.2	7.5	6.2
靱性率 (押し側)	2.8	13.1	>14	2.6	9.6	6.9	>14	>16
降伏変位(mm)(引き側)	16.0	9.2	7.2	16.6	8.7	10.5	7.9	6.5
靱性率 (引き側)	1.7	6.7	>14	2.2	9.6	2.8	>14	12.5
付着強度実験値(N/mm ²)	7.7	3.7	3.8	5.1	3.6	4.8	4.4	5.1
付着強度計算値(N/mm ²)	8.0	7.5	7.2	6.5	6.3	5.1	11.8	7.7

*1 降伏耐力および終局耐力は押し側と引き側の平均

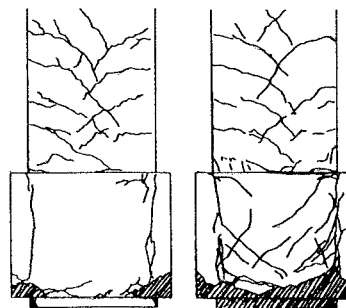


図3 ひびわれ状況(左 B2, 右 B6)

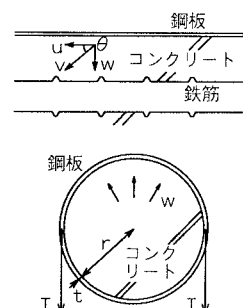


図4 応力状態