

V-388

重ね継手を円形断面の鋼管で補強した部材の載荷試験

JR 東日本 東京工事事務所 ○正会員 吉田 忠司 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 渡部 太一郎
JR 東日本 東京工事事務所 正会員 山内 俊幸 JR 東日本 東京工事事務所 フェロー 野澤 伸一郎

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)部材において重ね継手を一断面に集中して設け、その部分を円形断面の鋼管で補強した梁試験体を製作し載荷試験を行なった。その試験結果より付着性状に着目して考察する。

2. 試験概要

図1に試験体形状を示す。試験体は一般部が矩形断面、重ね継手部とその両側の余長を含む鋼管補強部が円形断面となっており、それぞれコンクリートを別々に打設している。主鉄筋には D16 を用い、一般部でせん断破壊をしないようにスターラップを D13-100mm 間隔で配置しているが、鋼管補強部では配置していない。

表1に試験体諸元を示す。鋼管は SS400 を用いている。試験体のパラメータは、重ね継手長、鋼管補強部コンクリート強度、鋼管厚及び、鋼管長を考えた。

試験方法は鋼管補強部両外側 50mm の位置を載荷点とした2点載荷であり、部材の破壊まで単調載荷した。

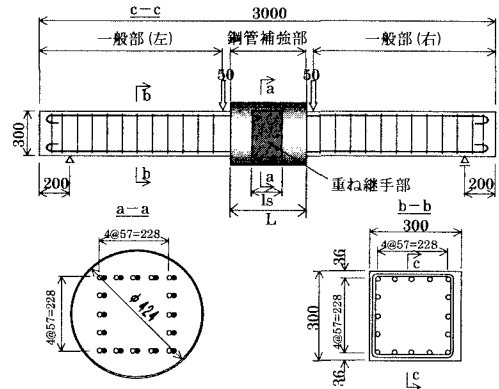


図1 試験体形状

3. 試験結果

(1) 破壊性状

写真1, 2は図2に示す継手部余長($L-l_s$)が 4cm の試験体 No.1 と 20cm の No.5 であり、試験終了後に鋼管を撤去した状態である。どちらも鋼管と矩

表1 試験体諸元

試験体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
主鉄筋	SD345 D16-5 $\sigma_{yk}=376.9\text{N/mm}^2$, $\epsilon_{yk}=2040\mu$											
コンクリート強度 (N/mm^2)	左 33.9 中 24.1 右 38.1	32.5 25.5 40.3	35.7 36.8 40.3	33.2 10.1 41.8	33.8 10.3 44.1	34.4 11.0 43.2	38.4 4.2 34.8	38.1 25.2 35.5	36.8 23.9 33.7	43.0 36.7 39.8	41.5 56.5 39.4	37.4 6.1 34.4
鋼板厚 t (mm)	1.2	1.6	1.6	1.2	1.6	2.3	3.2	1.6	1.6	1.2	1.2	1.2
t/D (%)	0.28	0.38	0.38	0.28	0.38	0.54	0.75	0.38	0.38	0.28	0.28	0.28
鋼板長 L (cm)	12	12	12	28	28	28	28	20	30	28	28	36
継手長 l_s (cm)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	16.0
$L-l_s$ (cm)	4	4	4	20	20	20	20	12	22	20	20	20

形断面の隅角部が接する部分で重ね継手に沿ったひび割れが発生しているが、鋼管の拘束により大きくは開いていない。一方で、継手部余長が小さい写真1では矩形断面から張り出した切欠き円の部分に、継手部余長が大きい写真2ではかぶりコンクリート外周に、それぞれ断面方向の大きな割裂が見られる。また、さらにかぶりコンクリートをはつったところ、この割裂は継手部鉄筋の重なり始めの断面から角度 $\theta=55\sim 70^\circ$ の方向に生じていることが確認された。以上より、どちらの試験体も鋼管の拘束効果により通常の付着割裂破壊とはならず、最大荷重に到達後は上記の断面方向の割裂が広がり、鉄筋が鋼管補強部から抜け出して破壊に至ったと考えられる。これは文献1)による継手長が長い場合とも異なる破壊形態であった。この破壊形態は他の試験体も同様であり、コンクリート強度、鋼管厚などのパラメータは最大耐力のみに影響していた。

図2は破壊面と鋼管長との関係を図化したものである。かぶりコンクリートに主鉄筋軸方向から角度 θ の方向へ破壊面が生じるとすれば、図2に示される有効鋼管長 l の範囲にのみ鋼管の拘束効果は生じること、すなわち、鋼管長が小さい試験体では継手部に対する十分な補強効果が得られないことを表している。

キーワード：重ね継手、鋼管補強、付着強度

連絡先：〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-7-11 tel.03-3214-4672, fax.03-3212-3945



写真1 破壊性状 No. 1



写真2 破壊性状 No. 5

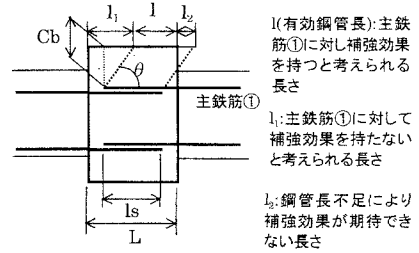


図2 想定破壊面と有効鋼管長

図3に鋼管長以外の条件が等しい試験体の荷重－変位関係を示す。鋼管長が小さい試験体ほど、最大荷重が小さく、また耐力の低下が急であると言える。なお、主鉄筋の歪は試験体 No.7 において1本の主鉄筋が降伏歪に達した他はどの試験体も降伏歪に達していなかった。

(2) 鋼管で補強された重ね継手強度の算定

本研究では重ね継手の強度を表す指標として、鉄筋の重なり始めの断面に着目し、その断面における鉄筋引張力に等しい付着力を、鋼管で補強された重ね継手の強度 T と考え、次の式(1)の関係に基づいてその算定を試みた。

$$T = T_{ojb} + T_{ss}, \quad T_{ojb} = \pi \cdot \phi \cdot l_s \cdot \tau_{ojb}^{(2)} \quad \cdots (1)$$

T_{ojb} : 鋼管補強無しでの重ね継手の強度(N)、 T_{ss} : 鋼管補強による強度増加分(N)、 ϕ : 主鉄筋径(mm)、 l_s : 重ね継手長(mm)、 τ_{ojb} : 鋼管補強無しでの付着強度²⁾(N/mm²)。

ここで、図2より鋼管による補強効果は想定される破壊面に挟まれた有効鋼管長 l のみで作用すると考えれば、鋼管補強による強度増加分は累加付着強度 $\tau_{ss}^{(1)}$ を用いて以下の通りとなる。

$$T_{ss} = \alpha \cdot \pi \cdot \phi \cdot l \cdot \tau_{ss}, \quad \tau_{ss} = t \cdot f_{sy} / (r \cdot \tan \theta)^{(1)} \quad \cdots (2)$$

ただし、(i) $(L - l_s) / 2 > C_b / \tan \theta$ のとき $l = l_s$ 、(ii) $(L - l_s) / 2 \leq C_b / \tan \theta$ のとき $l = (L + l_s) / 2 - C_b / \tan \theta$

α : 回帰分析により $\alpha = 3.49$ 、 l : 有効鋼管長(mm)、 t : 鋼管厚(mm)、 f_{sy} : 鋼管の降伏強度で 250(N/mm²)と仮定、 r : 鋼管半径(mm)、 θ : 鉄筋が引張力を受けたときに周囲のコンクリートに及ぼす合力が鉄筋軸となす角度で 60° と仮定、 C_b : コンクリートのかぶり(mm)。

図4に継手強度の推定値と実験値との比較を、表2に試験結果を示す。推定値と実験値とは良い対応を示しており、式(1)、(2)による算定は妥当であると考えられる。なお、実験値 T_{exp} は最大荷重時の主鉄筋引張応力度 σ_{ss} より、 $T_{exp} = A_s \cdot \sigma_{ss}$ として求めている (A_s : 主鉄筋断面積)。

4. おわりに

今回の試験より以下のことが確認された。

(1) 短い重ね継手を鋼管で補強した部材の破壊形式は、長い場合とは異なることを確認した。

(2) 補強鋼管長の違いと拘束効果との関係に着目し、鋼管で補強された重ね継手強度の算定式を考案した。

参考文献: 1) 大屋戸, 山内, 野澤: 重ね継手部分を円形断面の鋼板で補強した部材の交番荷重試験, 土木学会第53回年次学術講演会, V-498, pp.996-997, 1998.10 2) Orangun.C.O.et al: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, vol.74, pp.114-122, 1977

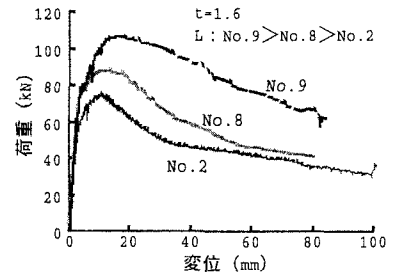


図3 荷重－変位関係

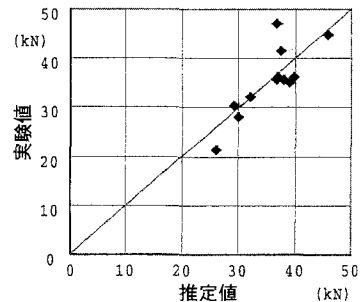


図4 継手強度の比較

表2 試験結果総括

試験体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
継手部外径(mm)	24.1	25.5	36.8	10.1	10.3	11.0	4.2	25.2	23.9	36.7	56.5	6.1
鋼板厚 t (mm)	1.2	1.6	1.6	1.2	1.6	2.3	3.2	1.6	1.6	1.2	1.2	1.2
鋼板長 L (cm)	12	12	12	28	28	28	28	20	30	28	28	36
継手長 l _s (cm)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	16.0
終局耐力 (kN・m)	42.7	45.3	60.8	29.2	38.3	49.6	46.7	50.4	58.5	49.9	64.6	62.3
継手強度実験値 (kN)	30.3	32.1	35.6	21.5	28.1	36.3	36.3	35.7	41.6	35.0	44.8	47.1
継手強度計算値 (kN)	29.3	32.2	36.8	25.9	29.9	37.0	39.8	38.1	37.5	39.1	45.7	36.8
実験値/推定値	1.04	1.00	0.97	0.83	0.94	0.98	0.91	0.94	1.11	0.90	0.98	1.28