

鉄筋を斜めに配置した RC 橋脚の軸方向鉄筋途中定着部の耐震補強効果に関する実験的検討

JR 東日本 正会員 ○幸田 和明
 JR 東日本 正会員 池津 大輔
 JR 東日本 正会員 松尾 伸二
 JR 東日本 正会員 菅野 貴浩

1. はじめに

既設 RC 橋脚に対する耐震補強において、一般的な工法が施工困難な場合、図1に示すとおり、く体上部から斜め下方に削孔した孔に補強鋼材（以下、斜め鋼材という）を挿入し、充填材を充填して既設 RC 橋脚との一体化を図ることで、せん断耐力が向上することが確認されている¹⁾。今回は、この方法による軸方向鉄筋途中定着（以下、段落しという）部の耐震補強効果について実験的検討を行ったので報告する。

2. 実験概要

図2に供試体形状寸法を示す。供試体寸法は柱断面を 650mm×650mm，せん断スパンを 2000mm とし，段落しは柱下端から高さ 956mm とした。

表1に供試体諸元を示す。斜め鋼材の配置角度は，部材軸方向から 20°と一定とし，斜め鋼材量を変化させ，段落し位置で交差するよう配置した。補強後の曲げ耐力 M_{u2c} は，斜め鋼材の部材軸方向成分が曲げ耐力に寄与するとし，斜め鋼材の軸方向成分の強度 T は式（1）により算定した。表1に示したとおり，補強前の曲げ耐力比は 0.8 程度とし，補強後の曲げ耐力比は 1.0，1.5 程度とした。

$$T = A_{w2} \cdot f_{wy2} \cdot \cos\theta \quad (1)$$

ここに， A_{w2} ： 載荷方向の片側に配置される斜め鋼材の総断面積（mm²）

f_{wy2} ： 斜め鋼材の引張降伏強度（N/mm²）

θ ： 斜め鋼材と部材軸がなす角度（°）

補強後のせん断耐力 V_{y2c} は，斜め鋼材の部材軸直角方向成分がせん断耐力に寄与するとし，斜め鋼材が受け持つせん断耐力 V_{s2} は式（2）により算定した。記号は式（1）に同じである。表1に示したとおり，補強前のせん断耐力比は 0.7 程度とし，補強後のせん断耐力比は 1.0，1.5 程度とした。

$$V_{s2} = A_{w2} \cdot f_{wy2} \cdot \sin\theta \quad (2)$$

供試体の製作は，斜め鋼材配置後に型枠を設置し，コンクリートを打設した。供試体はフーチングを PC 鋼棒により固定し，鉛直方向ジャッキで 0.75N/mm² に一定とした軸力を導入した。水平方向載荷は，く体上部に取り付けた水平方向ジャッキによる静的正負交番載荷とした。荷重制御で最外縁軸方向鉄筋が材料試験結果から定まる降伏ひずみに達するまで載荷し，その変位を降伏変位（ δ_y ），水平荷重を降伏荷重（ P_y ）とした。2 δ_y 以降は， δ_y の整数倍の変位毎に各1回ずつ，10 δ_y 以降は δ_y の偶数倍の変位ごとに各1回ずつ変位制御で交番載荷した。

3. 実験結果

供試体の最大水平荷重（ P_{max} ）時と，その後 P_y 付近まで水平荷重が低下した時点（ P_y 低下時）での損傷状況を写真1に示す。また，荷重変位関係の包

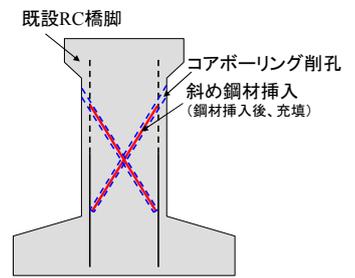


図1 斜め鋼材概要図

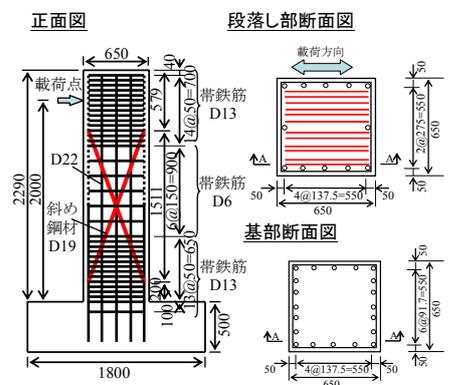


図2 供試体の形状寸法(単位:mm)

表1 供試体諸元

供試体番号	斜め鋼材			曲げ耐力比		せん断耐力比	
	配置角度	径	本数(片側)	M_{u1c} / M_{uRC}	M_{u2c} / M_{uRC}	V_{y1c} / V_m	V_{y2c} / V_m
M20dan	—	—	—	0.76	—	0.71	—
X20dana	20	D19	4	0.76	1.00	0.73	1.06
X20danb	20	D25	6	0.87	1.48	0.82	1.77

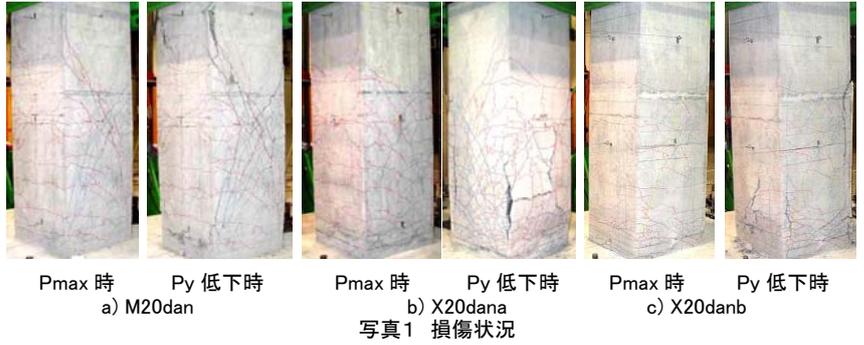
ここに、 M_{u1c} :補強前曲げ耐力 M_{u2c} :補強後曲げ耐力
 M_{uRC} :く体基部が曲げ耐力に達する時に
 段落し部において発生する曲げモーメント
 V_{y1c} :補強前の柱のせん断耐力で、 $V_{y1c} = V_c + V_{s1}$
 V_c :コンクリートが受け持つせん断耐力
 V_{s1} :帯鉄筋が受け持つせん断耐力
 V_{y2c} :補強後の柱のせん断耐力で、 $V_{y2c} = V_{y1c} + V_{s2}$
 V_{s2} :斜め鋼材が受け持つせん断耐力
 V_m :柱基部が曲げ耐力に達する時のせん断耐力で、 $V_m = M_u / L_u$
 M_u : 曲げ耐力 L_u : せん断スパン

キーワード 耐震補強，斜め鋼材，途中定着，鉄筋コンクリート橋脚

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2丁目2番2号 東日本旅客鉄道(株)建設工事部 TEL 03-5334-1288

絡線を図3に示す。

斜め鋼材を配置しない M20dan においては, 段落し部付近の高さにおける軸方向鉄筋が初めに降伏ひずみに達した. ひび割れは主に段落し部付近から発生し, 斜めひび割れへと移行した. $2\delta_y$ で柱上部から大きな斜めひび割れが生じ, 載荷面側では段落し部付近の高さで水平方向のひび割れ



が多く発生したとともに, 段落しされていない軸方向鉄筋に沿った位置付近で縦方向のひび割れが発生した. $3\delta_y$ で P_{max} に達し, $4\delta_y$ で柱上部のかぶりコンクリートが剥落し, 急激に荷重が低下してせん断破壊に至った.

X20dana において, 段落し部付近の高さにおける軸方向鉄筋が初めに降伏ひずみに達した. 段落し部付近のひび割れが斜めひび割れへと移行し, $2\delta_y$ で P_{max} に達した. $2\delta_y$ 負側荷重時には, 引張側載荷面で段落しされた軸方向鉄筋に沿った位置付近で縦方向のひび割れが発生した. $3\delta_y$ で斜めひび割れや基部付近の曲げひび割れが多く発生し急激に荷重が低下した. その後は緩やかな荷重低下となり, $6\delta_y$ で軸方向鉄筋に沿った位置付近のひび割れの幅が拡がり, 段落し部以下でかぶりコンクリートが剥落した. その後は基部に損傷が集中した.

X20danb においては, 柱基部において軸方向鉄筋が初めに降伏ひずみに達した. $2\delta_y$ にて段落し部付近から斜めひび割れへと移行するものの進展することなく, $3\delta_y$ で基部における曲げひび割れが進行した. $5\delta_y$ にて P_{max} に達し, 側面の段落し部以下で縦方向にひび割れが発生した. $6\delta_y$ にて段落し部の高さ付近で軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生し, 急激に荷重が低下した. その後緩やかに荷重が低下していき, $8\delta_y$ で軸方向鉄筋に沿ったひび割れ幅が拡大し, $10\delta_y$ にて段落し部の高さ程度で載荷面側のかぶりコンクリートが剥落した.

X20dana, X20danb における斜め鋼材のひずみ分布を図4に示す. P_y 時以降, P_{max} 時まではひずみは増加するが, P_y 低下時にはひずみは減少する傾向にある. X20dana では, P_{max} 時に段落し部(斜め鋼材交差部)付近において降伏ひずみに達したが, X20danb では, 降伏ひずみに達しなかった.

最外縁に配置した軸方向鉄筋のひずみ分布を図5に示す. 斜め鋼材を配置していない, もしくは少ない M20dan, X20dana では, P_y 時に段落しされていない軸方向鉄筋が段落し部付近で降伏ひずみに達したのに対し, 斜め鋼材の多い X20danb では, P_y 時に基部で降伏ひずみに達した. また, 斜め鋼材を配置していない M20dan は, 基部で降伏ひずみに達していないが, 斜め鋼材のある供試体は, 基部で降伏ひずみを超える値となった.

5. まとめ

今回の試験の範囲において得られた知見を以下に示す.

- ・斜め鋼材量が多く, 降伏ひずみに到達しない場合は, 基部に損傷が集中し, 段落し部の破壊を防止する効果があった.
- ・斜め鋼材を配置しても, 軸方向鉄筋に沿ったひび割れによる耐力低下を防止できない.

参考文献

1) 幸田和明, 松尾伸二, 長澤徹, 菅野貴浩: 鉄筋を斜めに配置した RC 柱の耐震補強効果に関する実験的検討, 土木学会第 62 回年次学術講演会, 5-161, pp.321-322, 2007.9

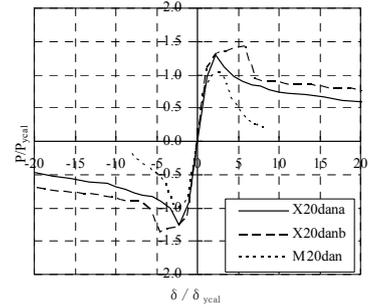


図3 荷重変位包絡線(無次元化)

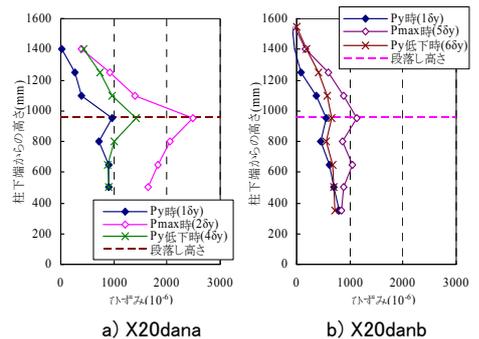


図4 ひずみ分布(斜め鋼材)

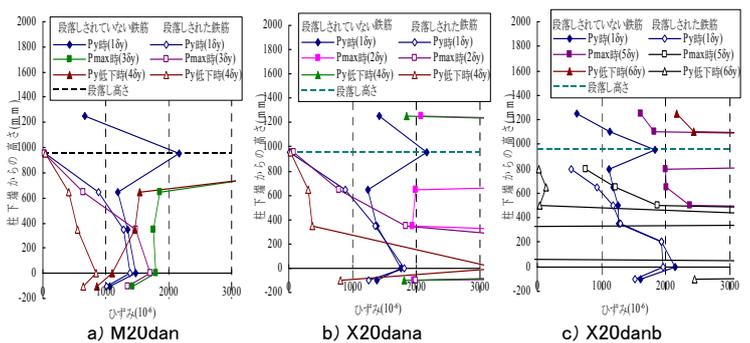


図5 ひずみ分布(軸方向鉄筋)