

鉄筋を斜めに配置した RC 橋脚の軸方向鉄筋途中定着部に対する

耐震補強効果（曲げ）に関する実験的検討

ジェイアール東日本コンサルタンツ 正会員 ○幸田 和明

J R 東日本 正会員 池津 大輔

J R 東日本 正会員 築嶋 大輔

J R 東日本 正会員 菅野 貴浩

1. はじめに

既設 RC 橋脚において、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、軸方向鉄筋途中定着（以下、段落しという）部のせん断耐力が向上することが確認されている¹⁾。今回は、この方法による段落し部の耐震補強効果のうち、曲げ耐力向上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、表 1 に供試体諸元を示す。段落し部を設けず、斜め鋼材をフーチングに定着させた供試体を X20m、段落し部を設け、段落し部付近で交差するように斜め鋼材を配置した供試体を X20dand とした。供試体寸法は柱断面を 650mm×650mm とし、せん断スパンは X20m を 1850mm、X20dand を 2000mm とした。X20dand 供試体の段落しは柱下端から高さ 956mm とした。斜め鋼材の配置角度は、部材軸方向から 20°とし、斜め鋼材は載荷方向に対して垂直に配置した。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、強度 T は式（1）により算定した。なお、X20m においては、柱基部の曲げ耐力により斜め鋼材の曲げ補強効果を評価した。

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

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（°）

供試体の製作は、X20m 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。X20dand は実際の施工状況を考慮し、斜め鋼材両端に圧着グリップを装着した PC 鋼より線を用い、その周囲にらせん状の鉄筋を配置したものをおと挿入した。供試体はフーチングを PC 鋼棒により床面に固定し、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、柱上部に取り付けた水平方向ジャッキにより、X20m は一方向載荷、X20dand は静的正負交番載荷とした。交番載荷は、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 回ずつ変位制御で載荷した。

3. 実験結果

X20m で降伏ひずみに達した時点、および X20dand で最大荷重（ 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、荷重変位関係を図 3 に示す。なお、X20dand は無次元化包

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

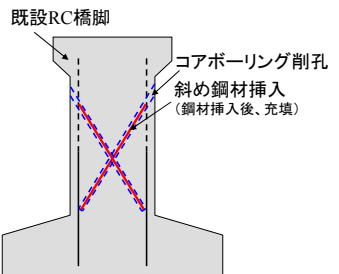


図1 斜め鋼材概要図

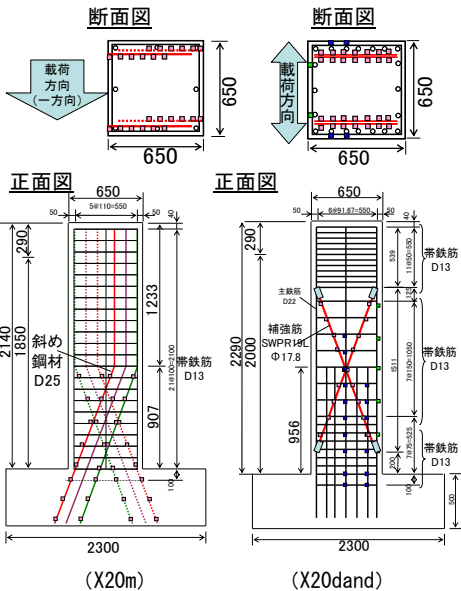


図2 試験体形状寸法

表1 供試体諸元

試験体番号	斜め鋼材			曲げ耐力比		記事
	配置角度	径	本数(片側)	補強前 M_{u1c}/M_{u2c}	補強後 M_{u1c}/M_{u2c}	
X20m	20	D25	6	—	—	斜め鋼材をフーチングに定着
X20dand	20	φ17.8	2	0.87	1.21	斜め鋼材を段落し部に配置

ここに、 M_{u1c}/M_{u2c} ：補強前曲げ耐力比、 M_{u2c}/M_{u1c} ：補強後曲げ耐力比

M_{u1c} ：補強前の柱の段落し部の断面における曲げ耐力

M_{u2c} ：補強後の柱の段落し部の断面における曲げ耐力

絡線で示し、無補強の供試体 M20dan¹⁾における荷重変位関係も示した。

X20m では、載荷後、柱下端から 800mm 程度の範囲内で曲げひび割れが発生し、水平荷重 350kN 付近において、柱下端の斜め鋼材が最初に降伏ひずみに達した。その後、載荷面側の引張側では、柱下端から概ね 400mm 程度の範囲内でひび割れが多く発生した。

X20dand では、柱下端よりせん断スパンの 1/2 程度の高さの範囲内で曲げひび割れが発生し、段落し部付近の軸方向鉄筋が最初に降伏ひずみに達した。この時の柱基部付近の軸方向鉄筋のひずみは 1700×10^{-6} 程度であった。 $2\delta_y$ で最大荷重となり、段落し部付近から発生した曲げひび割れが斜め下方へと進展し、複数のひび割れが発生した。その後、 $4\delta_y$ で柱下端から高さ 1d 程度の範囲内にあるひび割れの幅が拡大し、 P_y 付近まで荷重が降下した。 $7\delta_y$ では側面で、最外縁に位置する軸方向鉄筋に沿った位置付近の縦方向のひび割れ幅が拡大し、 $8\delta_y$ で段落し付近以下のかぶりコンクリートが剥落した。しかし、その後は段落し部付近での損傷は進まず、基部付近で損傷が進み、 $12\delta_y$ 程度まで M20dan と比較しても急激な荷重降下は見られなかった。

X20dand における斜め鋼材および軸方向鉄筋のひずみ分布図を図 4 に示す。斜め鋼材のひずみは P_y 時では段落し部付近、および柱基部のひずみが比較的大きかった。 P_{max} 時では、段落し部付近より下部のひずみが一樣に大きくなったが、それに対し、柱基部付近のひずみは若干小さい値となった。 P_y 低下時においては、ひずみは全体にわたって小さな値となった。軸方向鉄筋は、降伏時には段落しされていない鉄筋のひずみが、段落し部付近および柱基部付近で大きな値を示し、段落し部付近で降伏ひずみに達した。その後、 P_{max} 時、 P_y 低下時ではほぼ同様のひずみ分布の傾向で柱全体にわたってひずみが増加し、段落し部付近より下部でも降伏ひずみに達した。また、 P_{max} 時、 P_y 低下時では段落し部付近で降伏ひずみをはるかに超える値を示した。一方、段落しされた鉄筋では、降伏時に柱基部付近で大きなひずみを示した。 P_{max} 時において柱基部で降伏ひずみに近い値を示すが、それ以上の高さではひずみは減少傾向にあった。

式(1)により算定した柱基部の曲げ降伏耐力の計算値、ならびに水平荷重の実験値を表 2 に示す。X20m、X20dand とともに実験値は計算値に近い値を示した。X20dand では、軸方向鉄筋は段落し部付近で初めに降伏ひずみに達したが、斜め鋼材の配置により、段落し部付近の曲げ耐力が増加し、柱基部付近のひずみも降伏ひずみに近い値を示していたためと考えられる。

4. 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。

- ・斜め鋼材の配置角度を補正し曲げ耐力を算定することで評価できる。
- ・軸方向鉄筋は段落し部付近で最初に降伏ひずみに達したが、柱基部が曲げ降伏するのと同程度となり、段落し部における脆性的な破壊を防止することが可能であった。

参考文献

- 1) 幸田和明, 池津大輔, 松尾伸二, 菅野貴浩: 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, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 5-483, pp.965-966, 2008.9

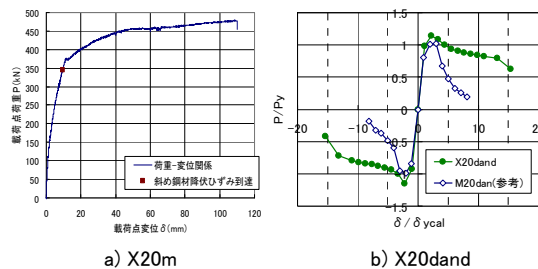


図3 荷重変位関係

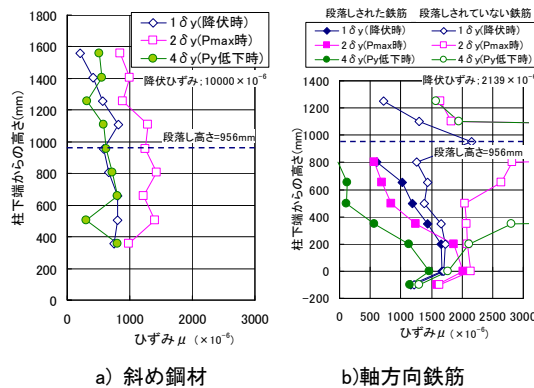


図4 ひずみ分布(斜め鋼材)

表2 曲げ耐力と水平荷重

試験体名	せん断スパン La(mm)	曲げ降伏耐力計算値(基部) M _{yd} (kN・m)	水平荷重実験値	
			P _y (kN) ^{※1}	P _y ・La(kN・m)
X20m	1850	616.7	344.0	636.4
X20dand	2000	748.6	353.6	707.2

※1 X20dand試験体は、正側、負側の平均値とした。