

鋼管を用いた杭頭構造に関する実験的研究

Experimental Study on Head Butt Joint using a Square Steel Pipe

中村敏晴* 三澤孝史* 向 広吉**

要 旨

鉄道RCラーメン高架橋は、兵庫県南部地震以降の耐震対策により鉄筋量が増加している。なかでも、1柱1杭式の接合部は、杭、柱、地中梁の鉄筋が輻輳するため、鉄筋組立てやコンクリート打設に労力および時間を費やす個所となっている。そこで、筆者らは、輻輳する鉄筋を減らすため杭の鉄筋を接合部に定着せず、代わりに杭頭部に埋め込んだ鋼管を接合部に定着する構造を考案した。本研究は、縮小試験体を用いた正負交番載荷試験結果から本構造の耐荷機構および変形性能を明らかにし、本構造が杭頭の接合部構造として有効であることを示すものである。

キーワード：鉄道RCラーメン高架橋、杭頭接合部、正負交番載荷、耐荷機構、変形性能

1. まえがき

鉄道RCラーメン高架橋は、兵庫県南部地震以前の設計基準に比べ、想定地震外力の大きな増加と地震時の損傷レベルが厳しく規定されるものとなり、各部材の鉄筋量が増加することとなった。なかでも、1柱1杭式の接合部は、円形に配置される場所打ちRC杭（以下「杭」と記す）の軸方向鉄筋、矩形に配置される柱の軸方向鉄筋、地中梁の軸方向鉄筋ならびにそれぞれの軸方向鉄筋を取り囲むせん断補強筋が輻輳するため、鉄筋組立てやコンクリート打設に労力および時間を費やす個所となっている。

そこで、筆者らは、輻輳する鉄筋を簡素化するため杭の鉄筋を接合部に定着せず、代わりに杭頭部に埋め込んだ角形鋼管（以下「鋼管」と記す）を接合部に定着する構造（以下「本構造」と記す）を考案した。なお、鋼管を角形としたのは地中梁の軸方向鉄筋の配筋を容易にするためである。

本構造を、図-1に示す。この構造を用いることにより、接合部に円形に配置され、配筋作業の大きな支障となっていた杭の軸方向鉄筋がなくなり、接合部の配筋作業の効率が大幅に改善される。

本研究は、縮小試験体を用いた正負交番載荷試験結果から本構造の耐荷機構および変形性能を明らかにし、本構造が杭頭の接合部構造として有効であることを示したものである。

2. 正負交番載荷試験の概要

正負交番載荷試験の目的は、杭の軸方向鉄筋を接合部

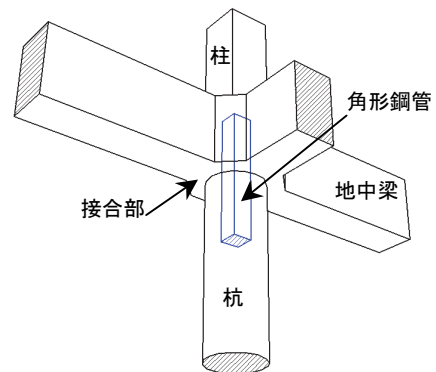


図-1 鋼管杭頭構造概念図

に定着する構造（以下「従来構造」と記す）と本構造杭頭部の地震時挙動の比較検討を行い、本構造の耐荷機構および変形性能を明らかにすることである。

2.1 試験体の種類および諸元

試験体は、図-2に示すように、鉄道RCラーメン高架橋の1柱1杭式の基礎に一般的に用いられるφ1000mmの杭を1/2に縮小してφ500mmとした。なお、試験体は実物の上下を逆にして接合部の上に杭が位置する状態で載荷した。

表-1および図-3に試験体の種類および諸元を示す。従来構造試験体の鉄筋量は、軸方向鉄筋および帯鉄筋ともに、φ1000mmの杭に用いられる鉄筋量のほぼ1/4をφ500mmの杭に配置した。本構造の試験体に用いる鋼管も、φ1000mmの杭に対する軸方向鉄筋と鋼管との離隔および鋼管内にトレミー管を挿入することを考慮して

*技術研究所 **技術本部関西土木技術部

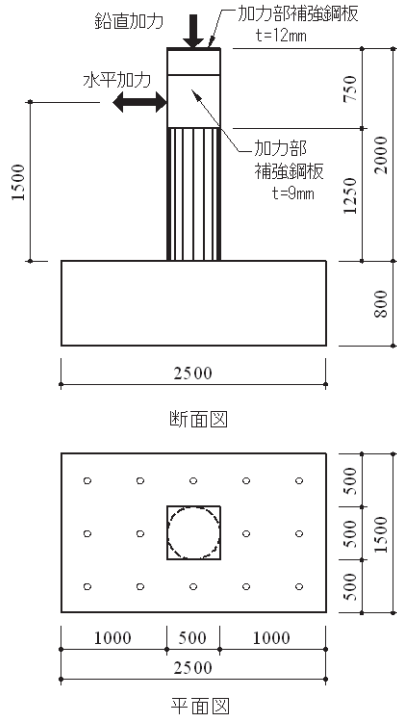


図-2 試験体構造図 (単位 mm)

400×400mm と定めた実構造の 1/2 相当の 200×200mm とし、鋼管の厚さは、鋼管を鉄筋とみなして、鉄道 RC 標準¹⁾ に準拠して断面の曲げ耐力を算定し、従来構造の曲げ耐力と同等になる 8.0mm とした。なお、曲げ耐力の算定には材料の規格値を用いた。鋼管内はコンクリートを充填している。

試験ケースは、帯鉄筋量を従来構造と同様 D10@60mm (帯鉄筋比 0.54%) に固定し鋼管の埋込長を 4d (800mm、d: 鋼管の断面高さ 200mm)、3d (600mm)、2d (400mm) と変化させた CASE-2~4 および鋼管の埋込長を 3d に固定し帯鉄筋量を D13@60mm (帯鉄筋比 0.94%)、D16@60mm (帯鉄筋比 1.49%) へ増加させた CASE-5、6 とした。

2.2 載荷方法

載荷方法は、試験体を反力床に固定し、反力壁に取り付けた油圧ジャッキで正負交番の水平力を加えるものである。試験体頭部には油圧ジャッキで一定の圧縮軸力 (既設 RC 柱の自重による圧縮応力度に相当する 1.0N/mm²) を加えた。

試験体の荷重と変位の制御は、CASE-1 (従来構造) において以下の手順で行った。

- ① 降伏変位までの載荷：水平荷重の載荷は水平ジャッキを押し出す方向から開始した。また、正負 1 サイクルの降伏変位までは荷重制御で載荷し、降伏の判定は、水平ジャッキを押し出す方向の載荷において引張側 45° 方向の軸方向鉄筋のひずみが降伏ひずみに達した時点の変位を降伏変位 Δ とした。
- ② 降伏変位以降の載荷：降伏変位 Δ の偶数倍の変位を変位抑制で各 3 サイクルずつ載荷した。

表-1 試験ケース

試験体名	形式	鋼管埋込長 mm	帯鉄筋量 (帯鉄筋比)	
CASE-1	従来構造	—	D10@60mm (0.54%)	
CASE-2	本構造	800 (4d)		
CASE-3		600 (3d)		
CASE-4		400 (2d)		
CASE-5		600 (3d)		D13@60mm (0.95%)
CASE-6				D16@60mm (1.49%)

鉄筋：SD345, コンクリート設計基準強度：24N/mm²
d：鋼管の断面高

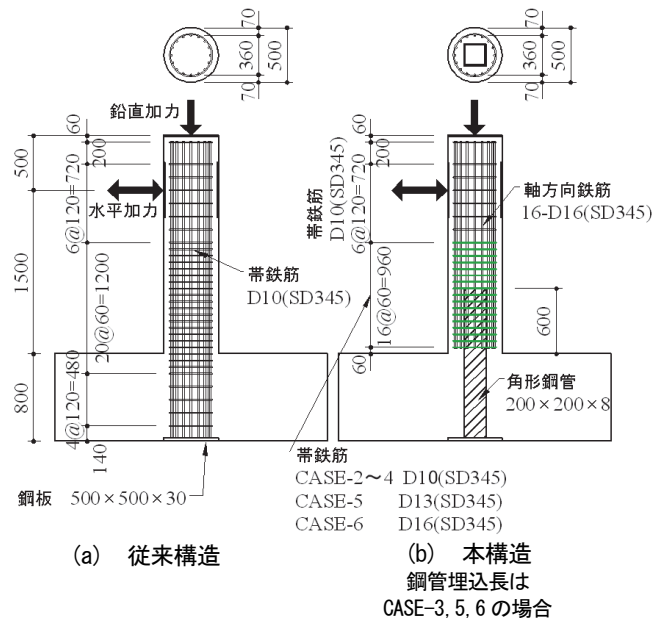


図-3 試験体配筋図および鋼管埋込長 (単位 mm)

CASE-2~6 の載荷試験は、試験体 CASE-1 (従来構造) で得られた降伏変位 Δ を用いて CASE-1 と同様の方法で行った。

以後、上述した CASE-1 の降伏変位 8.7mm を Δ で、水平ジャッキを押し出す方向の水平荷重と水平変位を+で、水平ジャッキを引き戻す方向の水平荷重と水平変位を-として記す。また、荷重および変位は水平荷重載荷点の水平荷重、水平変位を意味するものとする。

なお、試験結果の整理において終局変位は、荷重-変位曲線の包絡線で荷重が降伏時の荷重を下回らない最大の変位とした。

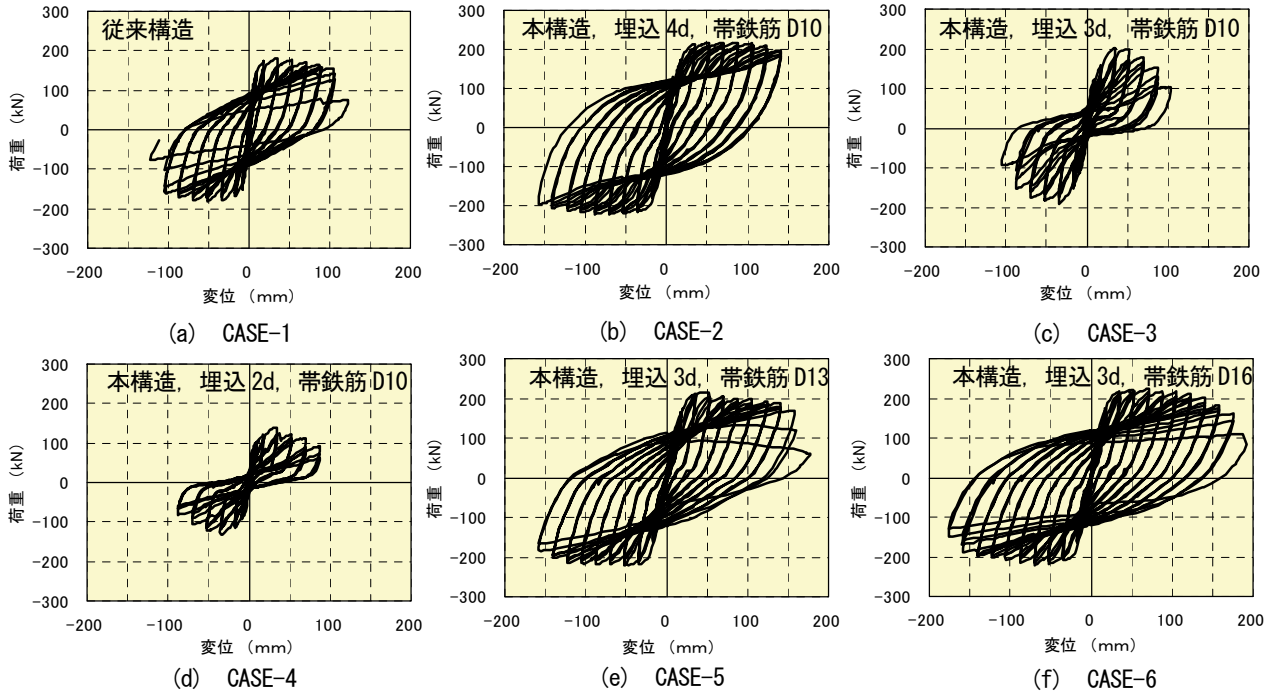


図-4 荷重-変位 (履歴)

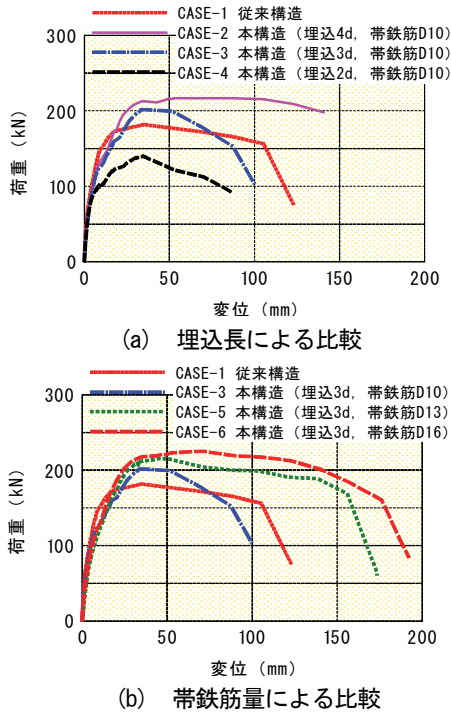


図-5 荷重-変位 (包絡線)

3. 試験結果

3.1 荷重と変位の関係

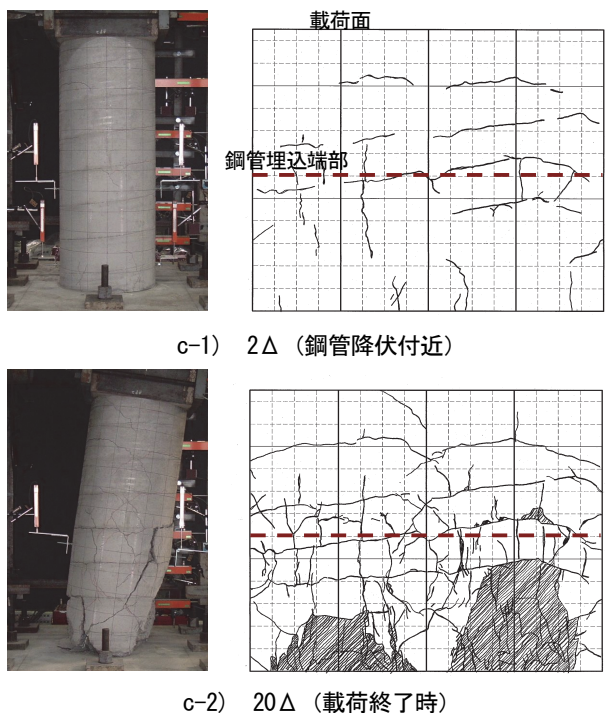
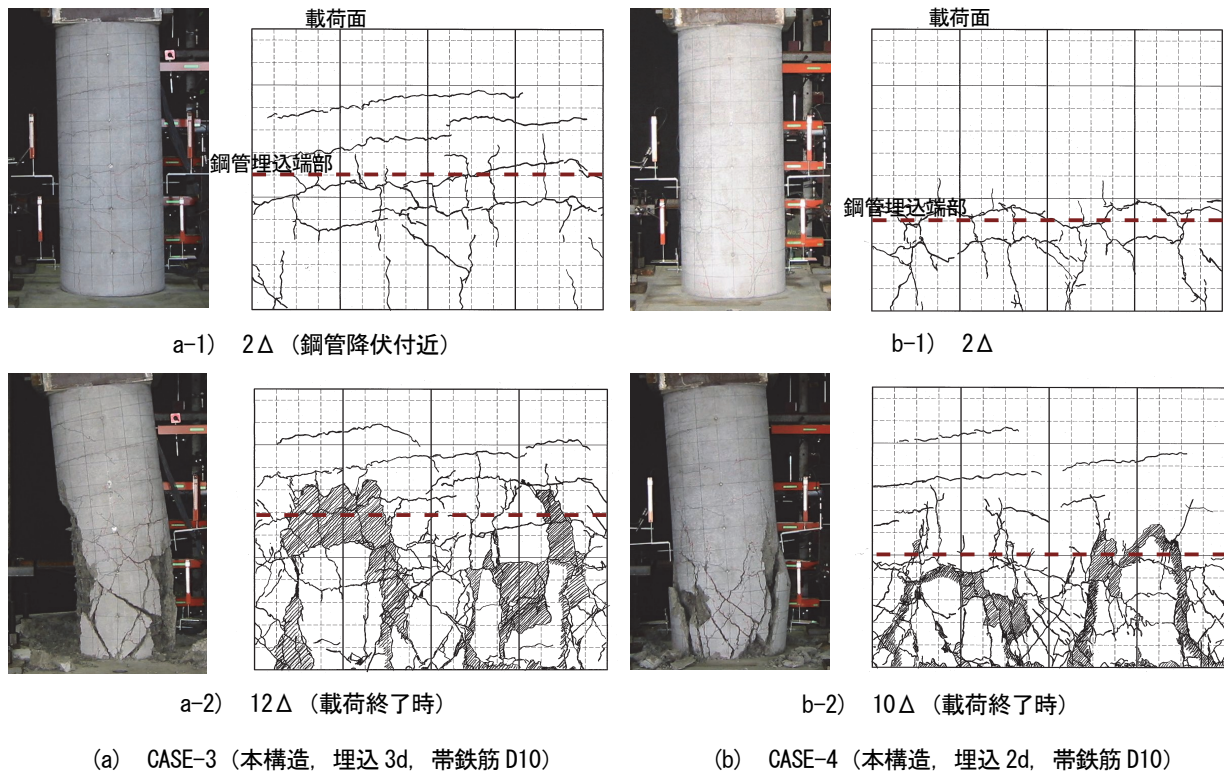
図-4 に荷重-変位の履歴曲線を示す。なお、荷重は軸力による偏心曲げモーメントの影響を荷重に換算し補正した。図より、試験体 CASE-2 (本構造、埋込 4d、帯鉄筋 D10)、CASE-5 (本構造、埋込 3d、帯鉄筋 D13)、

CASE-6 (本構造、埋込 3d、帯鉄筋 D16) の履歴曲線の形状は、試験体 CASE-1 (従来構造) と同様に紡錘型で吸収エネルギーが CASE-3 (本構造、埋込 3d、帯鉄筋 D10)、CASE-4 (本構造、埋込 2d、帯鉄筋 D10) に比べ大きいことがわかる。一方、CASE-3、4 の履歴曲線の形状はスリップ型で吸収エネルギーが CASE-2、5、6 に比べ小さいことがわかる。

図-5 に荷重-変位曲線の包絡線を示す。図-5 (a) は鋼管の埋込長による比較を示す。図より、CASE-2 は CASE-1 より変形性能が優れていることがわかる。CASE-3 は CASE-2 とほぼ同等の曲げ耐力を有するが変形性能は CASE-1 よりも劣る。CASE-4 は CASE-1 より曲げ耐力ならびに変形性能が劣ることがわかる。図-5 (b) は帯鉄筋量による比較を示す。図より、CASE-3 から CASE-5、6 と帯鉄筋量が増加すれば、CASE-3 で終局変位 73.3mm、CASE-5 で終局変位 150.5mm、CASE-6 で終局変位 163.1mm と変形性能が大きく向上することがわかる。

また、断面の曲げ耐力を本構造と従来構造で同等となるように計画したにもかかわらず、CASE-2、3、5、6 は CASE-1 より荷重すなわち曲げ耐力が大きくなっている。これは、鋼材の材料の規格値と実強度が軸方向鉄筋では降伏点規格値 345 N/mm² に対し実降伏点 381~391 N/mm²、鋼管 (SM490) では降伏点規格値 325 N/mm² に対し実降伏点 402~431 N/mm² と異なることに起因すると考えられる。

なお、図-5 は正載荷側の結果のみを示したが負載荷側についても同様の結果であった。



ハッチング部はコンクリートが剥落した部分を示す。

図-6 試験体の損傷状況

3.2 試験体の損傷状況

CASE-3 (本構造, 埋込 3d, 帯鉄筋 D10)、CASE-4 (本構造, 埋込 2d, 帯鉄筋 D10)、CASE-5 (本構造, 埋込 3d, 帯鉄筋 D13) について鋼管降伏付近の 2Δ、載荷終了時

の損傷状況を全周の展開図で図-6に示した。図中、水平方向の破線の間隔は 10cm、鉛直方向の破線の間隔は全周を 16 等分 (22.5° 間隔) したもので、約 9.8cm となり、鉛直方向の実線の間隔は全周を 4 等分 (90° 間隔) したものとなる。なお、CASE-2 (本構造, 埋込 4d, 帯鉄筋 D10)、CASE-6 (本構造, 埋込 3d, 帯鉄筋 D16) は CASE-5 (本構造, 埋込 3d, 帯鉄筋 D13) の損傷状況と同様であったことから省略した。

本構造の試験体は 2Δまでに水平の曲げひび割れが鋼管埋込部 (杭基部から図-6中に太い点線で示す鋼管埋込端部まで) の上部に2~4本発生するとともに、鋼管埋込端部から下方へ延びる鉛直の割裂ひび割れ、ならびに杭基部から上方へ延びる鉛直の割裂ひび割れが発生する。鉛直の割裂ひび割れは、加力方向を基準軸としてほぼ水平方向に±45° 回転した位置に集中して発生する。

その後変形が進むと、埋込長の大きい CASE-2 および帯鉄筋量の多い CASE-5、CASE-6 の試験体は、杭基部のコンクリートが圧壊する曲げ破壊となり、帯鉄筋量が少ないもしくは埋込長の小さい CASE-3、CASE-4 の試験体は、鋼管周囲のコンクリートが割裂破壊する。

なお、試験終了後に杭コンクリートを撤去して鋼管の観察を行った。その結果、CASE-2、5、6 は杭基部で鋼管が座屈していた。座屈は、いずれも鋼管の載荷前背面 (フランジ部分) 部に、鋼管外側へはらみ出す方向に生じ、座屈長が杭基部から約 60mm 程度、座屈変位が最大 10mm 程度のものである。

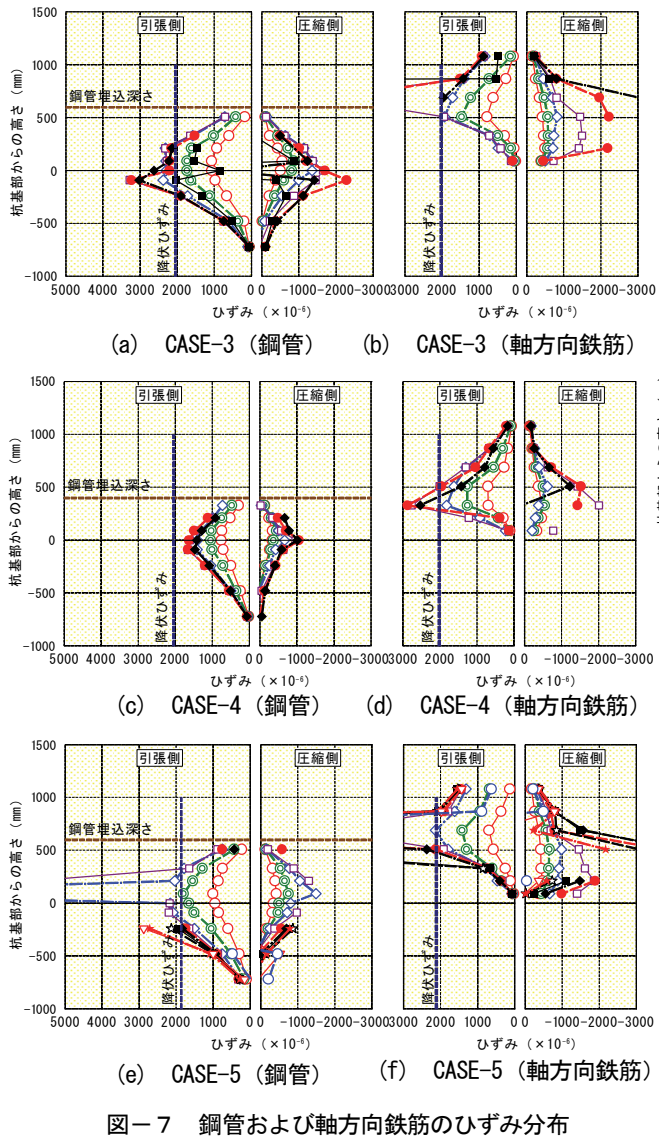


図-7 鋼管および軸方向鉄筋のひずみ分布

3.3 鋼管および軸方向鉄筋のひずみ

水平ジャッキを押し出す方向に荷重した時の鋼管および軸方向鉄筋の最外縁のひずみ分布を図-7に示す。

図-7より、鋼管のひずみは、鋼管埋込端部から杭基部へと大きくなり、鋼管が曲げモーメントを分担していることがわかる。また、鋼管埋込部の軸方向鉄筋は、鋼管埋込端部から杭基部にかけて徐々に断面の引張応力を分担しなくなることがわかる。

なお、水平ジャッキを引き戻す方向に荷重した時のひずみ分布も上記とほぼ同様の傾向を示した。

3.4 帯鉄筋のひずみ

水平ジャッキを押し出す方向に荷重した時の帯鉄筋のひずみ分布を図-8に示す。なお、図に示したひずみの水平断面内での位置は、図中に示すように、鉛直の割裂ひび割れが多く見られた加力方向を基準軸としてほぼ水平方向に±45°回転した位置に近いものである

図-8より、本構造の帯鉄筋のひずみは、鋼管埋込端部と杭基部で大きく鋼管埋込の中間部で小さい形状を示

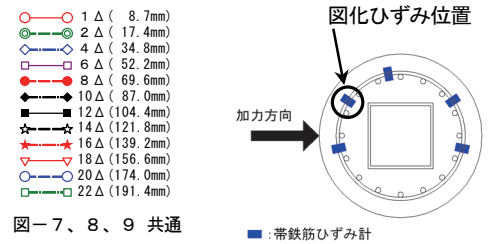


図-7、8、9 共通

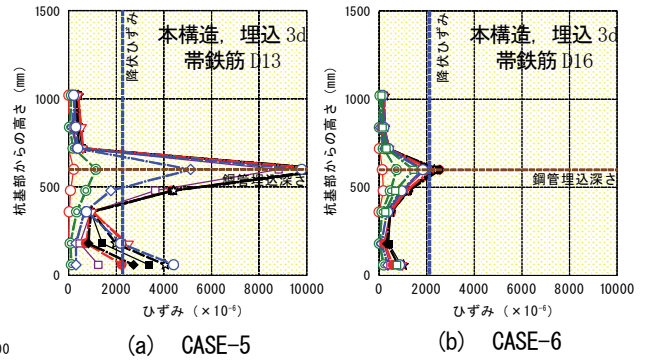


図-8 帯鉄筋のひずみ分布

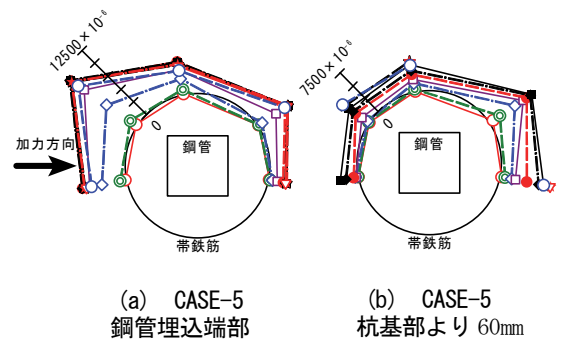


図-9 帯鉄筋のひずみ分布 (水平断面)

すことがわかる。これは鉛直の割裂ひび割れが鋼管埋込端部から下方へ延びるものと杭基部から上方へ延びるものが発生したことと一致する。また、図には示していないものもあるが、曲げ破壊した試験体 CASE-2、CASE-5、CASE-6 では鋼管埋込の中間部で帯鉄筋のひずみは降伏ひずみを超えないが、鋼管周囲のコンクリートが割裂破壊した CASE-3、CASE-4 では同位置の帯鉄筋のひずみは降伏ひずみを超えていた。

CASE-5 について水平断面内の帯鉄筋ひずみ分布を図-9に示す。図には図-8においてひずみの大きい鋼管埋込端部と杭基部より 60mm での断面を示した。図より、加力方向を基準軸としてほぼ±45°回転した位置すなわち鋼管と帯鉄筋が近い位置のひずみが卓越することがわかる。ひずみが卓越する位置は鉛直の割裂ひび割れが多く見られた位置と一致する。CASE-6 も同様であった。

なお、水平ジャッキを引き戻す方向に荷重した時のひずみ分布も上記とほぼ同様の傾向を示した。

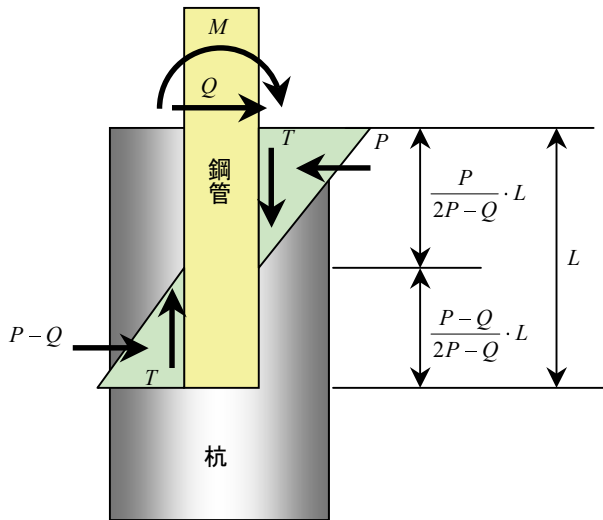


図-10 耐荷モデル

4. 本構造の耐荷機構と変形性能の評価

上述したように正負交番載荷試験によれば、本構造の鋼管埋込部の帯鉄筋量が不足すると鋼管周囲のコンクリートが割裂破壊し、曲げ耐力が低下するとともに変形性能も低下した。この結果を踏まえ、本構造の耐荷機構と変形性能を以下のように評価した。

4.1 本構造の耐荷機構

本構造の曲げモーメントと水平力に対する耐荷機構は、帯鉄筋のひずみ分布が鋼管埋込端部と杭基部で大きく中間部で小さいことから、図-10 に示すように、鋼管前背面のコンクリートの支圧力および鋼管とコンクリートの摩擦力等の抵抗力からなるものとした。この支圧力および摩擦力は、鋼管周囲のコンクリートが健全な状態の時に期待できるものである。前章の試験 CASE-3、4 の結果すなわち鋼管周囲のコンクリートが割裂破壊する場合には曲げ耐力および変形性能が低下することからわかるように、支圧力および摩擦力は期待できないものとなる。したがって、本構造において鋼管およびコンクリートの材料強度を充分利用して曲げ耐力および変形性能を効率よく発揮させるためには、鋼管周囲のコンクリートを拘束し割裂破壊しないような補強を施す必要がある。

抵抗力には他に加力方向に平行する鋼管側面の摩擦力、鋼管底面の支圧力と摩擦力が考えられるが、これらをここでは鉄道複合標準²⁾を参考に簡便さを考慮して上述した支圧力および摩擦力に含まれるものとした。

4.2 耐荷機構が成立するための帯鉄筋量

鋼管周囲のコンクリートを拘束し割裂破壊しないようにするために必要な帯鉄筋量の算定式を実験結果に基づいて、鉄道複合標準²⁾を参考に導いた。

図-10 に示した杭に作用する力のモーメントの釣合より次式が得られる。

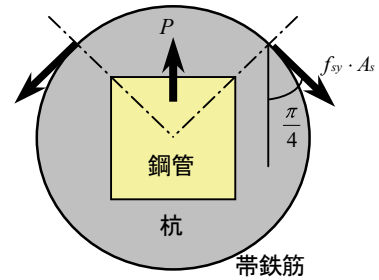


図-11 支圧力の合力と帯鉄筋拘束力の概念図

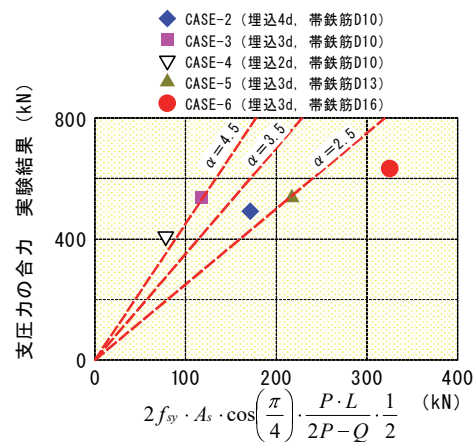


図-12 支圧力の合力と帯鉄筋拘束力の関係

$$M = T \cdot d + \frac{L \cdot P^2}{3(2P-Q)} + (P-Q) \cdot \frac{L \cdot (5P-2Q)}{3(2P-Q)} \quad (1)$$

ここに、 M : 作用曲げモーメント

Q : 作用水平力

P : 鋼管に作用する支圧力の合力

T : 鋼管に作用する摩擦力の合力

d : 鋼管の断面高さ

L : 鋼管埋込長

支圧力の合力 P は帯鉄筋の拘束力で発揮されるものとして次式で算定する。

$$P = \alpha \cdot 2f_{sy} \cdot A_s \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \frac{P \cdot L}{2P-Q} \cdot \frac{1}{2} \quad (2)$$

ここに、 f_{sy} : 帯鉄筋の引張降伏応力

A_s : 単位の鋼管埋込長当りの帯鉄筋断面積

α : 支圧力補正係数

式(2)は、図-11 に示すように、水平断面内で帯鉄筋のひずみが卓越した位置すなわち加力方向を基準軸としてほぼ $\pm 45^\circ$ 回転した位置での帯鉄筋の引張力で支圧力 P が規定されるとしたものである。

鋼管に作用する摩擦力の合力 T は、鉄道複合標準²⁾を参考に

M_c : 曲げひび割れ発生時の曲げモーメント
 M_y : 降伏時の曲げモーメント
 M_m : 最大曲げモーメント
 θ_c : 曲げひび割れ発生時の部材角
 θ_y : 降伏時の部材角
 θ_m : M_m を維持できる最大の部材角
 θ_n : M_y を維持できる最大の部材角

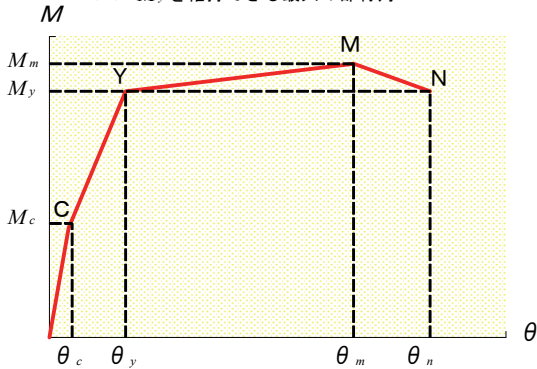


図-13 部材端部の曲げモーメントと部材角の関係

$$T = c \cdot d \cdot L \cdot \frac{P-Q}{2P-Q} + (P-Q)\tan\phi \quad (3)$$

ここに、 c : 粘着力 (0.7N/mm²)

ϕ : 摩擦角 (20°)

c 、 ϕ の値は鉄道複合標準²⁾に平鋼管を用いる場合として定義されているもの

支圧力補正係数 α は、支圧力 P を求める際の簡略化等に対する補正としての係数である。

図-12は縦軸に式(1)と式(3)を用いて実験から得られる支圧力、横軸に式(2)右辺の α を除いた項の値として実験値をプロットしたものである。実験から得られる支圧力を計算するための載荷荷重は、帯鉄筋の拘束力を十分期待できる範囲にとどめることを考慮して、帯鉄筋が降伏する時点のものとした。図より、鋼管周囲のコンクリートが割裂破壊し変形性能の劣るCASE-3、4は支圧力補正係数 α が4.5以上となり、曲げ破壊し変形性能の良いCASE-2、5、6は支圧力補正係数 α が2.5程度となる。なお、この時摩擦力合力 T による抵抗モーメントは作用曲げモーメント M の約10%程度であった。

以上より式(1)、(2)、(3)に支圧力補正係数 α を2.5以下として帯鉄筋量を算定し配置すれば、本構造は想定する耐荷機構のもとで良好な変形性能を発揮する。

4.3 本構造の曲げ耐力の評価

本構造の杭の軸方向鉄筋は、接合部に定着しないものとなっている。したがって、杭頭部で曲げに対する抵抗力は杭のコンクリートと鋼管で受け持たれる。

良好な変形性能を示したCASE-2、5、6について、鉄道RC標準¹⁾に準拠し、鋼管を鉄筋とみなし鉄筋コンクリート部材として材料試験結果の値を用いて算定した曲げ耐力は実験結果と良好な対応を示した。この結果より降伏および最大曲げモーメントは鋼管を鉄筋とみなして、

杭部コンクリートと鋼管からなる鉄筋コンクリート断面が曲げモーメントおよび軸方向力を受けるものとして算定すればよいことがわかる。

4.4 変形性能の評価

鉄道耐震標準³⁾および村田らの研究⁴⁾に基づき本構造の変形性能を評価することを試みた。

鉄道耐震標準³⁾では、鉄骨鉄筋コンクリート部材において、曲げ破壊モードの棒部材端部の曲げモーメント M と部材角 θ の関係を図-13のように与えている。

以下にこの部材角 θ_y 、 θ_m 、 θ_n の評価法の概要を示す。

Y点は、引張鉄筋が降伏するときの曲げモーメント M_y と引張鉄筋が降伏するときの部材角 θ_y で与えられる点である。曲げモーメント M_y は、前項で示したように、鋼管を鉄筋とみなして、杭部コンクリートと鋼管からなる鉄筋コンクリート断面として算定すればよい。部材角 θ_y はY点におけるく体変形による部材角と部材接合部からの軸方向鋼材の拔出しによる部材端部の回転角から成る。Y点における部材接合部からの軸方向鋼材の拔出しによる部材端部の回転角は鉄道耐震標準³⁾のコンクリート充填鋼管部材の埋込方式の式を準用して算定する。く体変形を算定する場合の軸方向鉄筋は、3.3節の引張側軸方向鉄筋のひずみ分布が鋼管埋込端部で最大となり、杭基部へ向かって減少することおよび図には示さなかったが鋼管埋込端部では鋼管と軸方向鉄筋のひずみが断面内で平面ひずみ状態を示すこと等を考慮して、鋼管埋込端部で断面積を100%有効とし、杭基部へ向かって線形で減少し、杭基部で0%とすることとした。

M点は、コンクリートの圧縮ひずみが0.0035に達するときの曲げモーメント M_m と部材角 θ_m で与えられる点である。部材角 θ_m のコンクリート部材としての特性は荷重変位曲線上で最大荷重程度を維持する最大変位までの部材角³⁾または、繰返し載荷で耐力低下が顕著にならない最大変位まで⁵⁾の部材角に相当する。曲げモーメント M_m は、前項同様、鋼管を鉄筋とみなして、杭部コンクリートと鋼管からなる鉄筋コンクリート断面として算定すればよい。部材角 θ_m はM点における塑性ヒンジ部以外の曲げ変形による部材角と塑性ヒンジ部の回転角およびM点における部材接合部からの軸方向鋼材の拔出しによる部材端部の回転角より成る。塑性ヒンジ部の回転角は鉄道耐震標準³⁾の鉄骨鉄筋コンクリート部材の項で示される式に本構造と鉄骨鉄筋コンクリート部材の鋼材位置の違い、本構造の鋼管とコンクリートの付着性状と鉄骨鉄筋コンクリート部材の付着性状の違い等を見込んだ式で評価する。また、部材接合部からの軸方向鋼材の拔出しによる部材端部の回転角は、鉄道耐震標準³⁾のコンクリート充填鋼管部材の埋込方式の式を準用して算定する。

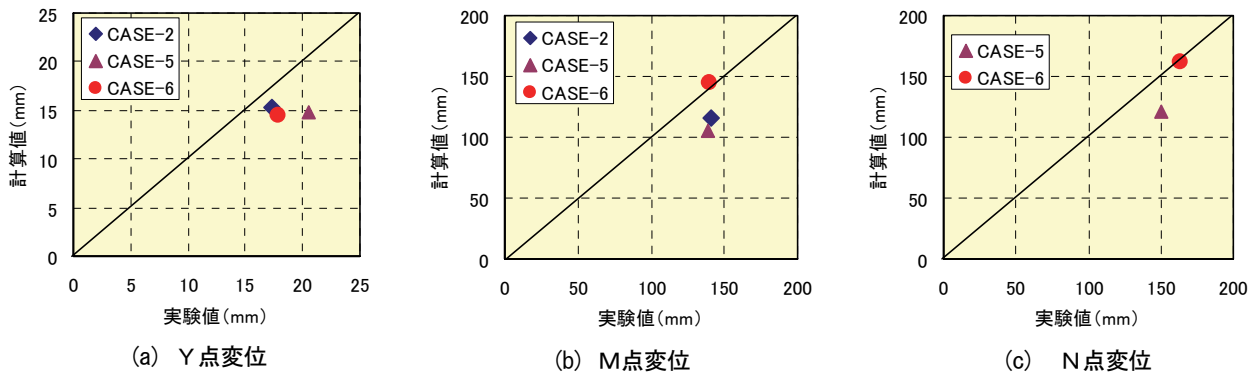


図-14 変位の計算値と実験値

N点の部材角は、M点から主に塑性ヒンジの回転角のみが進行するとする鉄道耐震標準³⁾の鉄骨鉄筋コンクリート部材の方法を準用することとした。

図-14はY、M、N点の変位の計算値と実験値を比較したものであり、計算値と実験値の対応はよいことがわかる。

なお、本章に示した評価法が成立するのは、載荷試験の範囲から鋼管の埋込長が3d以上である。また、杭径の適用範囲として800~1200mm程度を想定し、鋼管の断面高さは杭径1000mmに用いる場合400mmとし、その他の杭径ではこの鋼管の断面高さと杭径の比を大きく逸脱しない範囲とする。さらに、軸力が変形性能に与える影響については検討を行っていないこと、ならびにデータ数が少ないこと等を踏まえて、今後、変形性能評価法の精度向上のために追加実験および数値解析による検討も必要と考えている。

5. あとがき

杭の鉄筋を接合部に定着せず、代わりに杭頭部に埋め込んだ角形鋼管を接合部に定着する構造による耐荷機構および変形性能を明らかにすることを目的として実施した縮小試験体による正負交番載荷試験結果より以下のことが明らかになった。

- 1) 鋼管周囲の帯鉄筋量が同一のもので、鋼管の埋込長を4d (d: 鋼管の断面高さ) とすると、鋼管が杭基部近傍で座屈し杭が曲げ破壊する破壊形式となり、鋼管の材料強度を有効利用した良好な変形性能が得られる。一方、鋼管の埋込長を3d、2dと短くすると、鋼管周囲のコンクリートが割裂破壊する破壊形式となり、曲げ耐力およびじん性率ともに埋込長4dに比べ低下し、良好な変形性能が得られない。
- 2) 鋼管の埋込長3dのもので、鋼管周囲の帯鉄筋量を増加すると、鋼管が杭基部近傍で座屈し杭が曲げ破壊する破壊形式となり、鋼管の材料強度を有効利用した良好な変形性能が得られる。
- 3) 本構造が曲げ破壊する場合の耐荷機構は、鋼管前背

面のコンクリートの支圧力および鋼管とコンクリートの摩擦力等の抵抗力からなることを明らかにした。この支圧力および摩擦力は、鋼管周囲の帯鉄筋が鋼管周囲のコンクリートを拘束し割裂破壊しない状態の時に期待できるものである。この考えのもとで必要帯鉄筋量を算定する式を導いた。

- 4) 本構造による曲げ耐力は、鋼管を鉄筋とみなし鉄筋コンクリート部材として算定できることを確認した。
- 5) 本構造による杭の変形性能については、「鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計)」³⁾の鉄骨鉄筋コンクリート部材およびコンクリート充填鋼管部材を準用し、塑性ヒンジ部の回転角の算定に、本構造と鉄骨鉄筋コンクリート部材の鋼材位置の違い、本構造の鋼管とコンクリートの付着性状と鉄骨鉄筋コンクリート部材の付着性状の違いを見込むことによって、適切に評価することが可能である。

【参考文献】

- 1) 運輸省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物、丸善、2004。
- 2) 運輸省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物、丸善、1998。
- 3) 運輸省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、1999。
- 4) 村田清満、池田学、川井治、瀧口将志、渡邊忠朋、木下雅敬：鉄骨鉄筋コンクリート柱の変形性能の定量評価に関する研究、土木学会論文集、No. 619/ I-47、pp. 235-251、1999。
- 5) 渡邊忠朋、谷村幸裕、瀧口将志、佐藤勉：鉄筋コンクリート部材の損傷状況を考慮した変形性能算定手法、土木学会論文集、No. 683/V-52、pp. 31-45、2001。