

鋼管斜杭の杭頭接合構造の変形性能確認実験

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正員 ○山崎 貴之 * 正員 丸山 修 *

レールウェイエンジニアリング 正員 青木 一二三 *

鉄道総合技術研究所 正員 神田 政幸** 正員 千葉 佳敬**

1. はじめに

鉄道高架橋・橋梁基礎の耐震設計では、地震時において列車走行性を確保するために、水平方向に大きな変位が生じないように設計することが重要である。斜杭基礎は通常の鉛直杭基礎に比べて横方向剛性が大きく、地震時の水平方向の変位を抑制できるが、地震時の挙動が未解明であることなどが課題であり、近年鉄道構造物では利用されていなかった。本発表では、鋼管斜杭の杭頭接合構造で課題となるアンカー鉄筋と地中梁・フーチング鉄筋との過密化・交錯・干渉の克服と地震時の鋼管斜杭の杭頭接合構造に要求される靱性能・変形性能を確認する目的で実施した模型鋼管斜杭接合部の水平載荷実験結果について報告する。

2. 新杭頭部接合構造の提案

鋼管杭頭部は、地中梁もしくはフーチングに対して、杭のアンカー鉄筋が円形配置のため、地中梁の鉄筋と杭のアンカー鉄筋や帯鉄筋が互いに干渉し合う。そこで図1に示すように杭頭部のアンカー鉄筋を杭径よりも小さく矩形に配置し、地中梁の鉄筋との干渉を抑制した接合構造を考案した。また斜杭構造では、杭頭部に高い変形性能が要求される¹⁾ことから、既往の杭頭部の変形性能向上の研究事例²⁾を参考に、杭頭部の杭径もアンカー鉄筋形状に合わせて杭地中部よりも小さい矩形形状とし、杭頭部付近に帯鉄筋を密に配置する構造とした。

3. 模型水平載荷実験

提案した鋼管斜杭の新杭頭接合構造の施工性と地震時の変形性能を確認するため、1/2 スケール模型を作製し、水平交番載荷実験を行なった。実験ケースを表1に、供試体の形状を図1に示す。Case1,2は新杭頭接合構造で、Case1が斜杭、Case2が直杭である。Case3は比較対象とした従来接合構造³⁾で、中埋コンクリートとアンカー鉄筋による仮想RC断面の耐力がCase1,2の杭頭部のRC断面耐力と同程度となっている。ただし文献3)に示された鋼管による拘束効果の影響は考慮しない条件で比較している。

表1 実験ケース

試験体	斜角度 (度)	接合部 径(mm)	杭 (SM490)	主鉄筋 (SD345)	帯鉄筋 (SD345)
Case1	5	□305	φ450×9mm	D19-32	D13-15
Case2	0	□305	φ450×9mm	D19-32	D13-15
Case3	0	φ450	φ450×9mm	D16-18	D10-3

載荷方法は、一定の軸力(1175kN)を加えた状態で、水平交番荷重を高さ1350mmの位置で鋼管杭軸直角方向に載荷した。軸力は鋼管杭の全断面軸耐力の30%で、鉄道橋脚の耐震設計において発生する軸力を想定したものである。水平交番載荷は、杭頭部のアンカー鉄筋が最初に降伏するときの水平変位を δ_y として、その整数倍の変位で3回繰返しながら漸次振幅を増加させた。

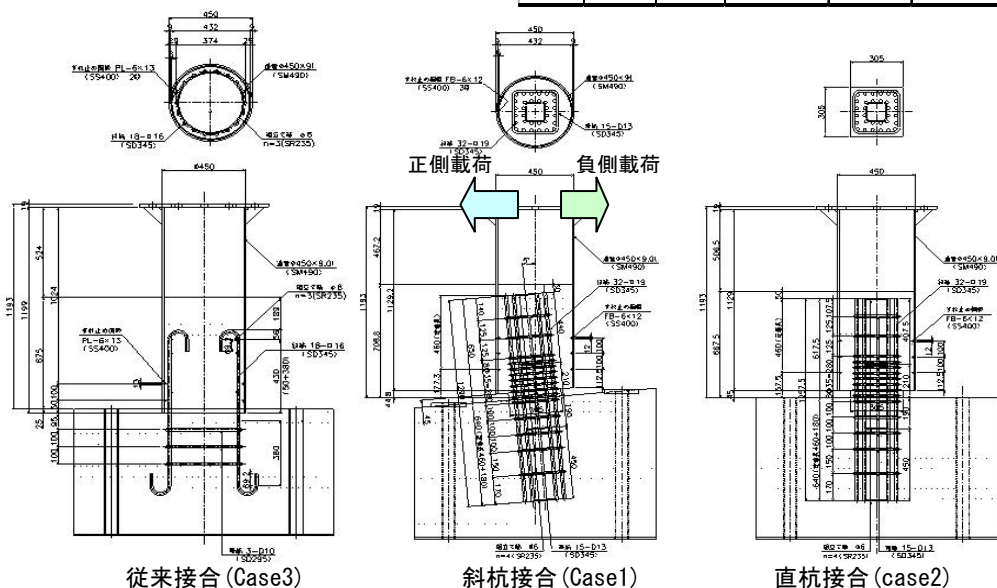


図1 新杭頭接合構造

Key Words : 斜杭, 杭頭接合部, 鋼管杭, 交番載荷実験, 塑性変形

* 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー

Tel.045-222-9082 Fax.045-222-9102

**〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel.042-573-7261 Fax.042-573-7248

4. 実験結果と考察

各実験ケースの水平荷重と水平変位関係を図2に、斜杭(Case1)と直杭(Case2)の杭頭の曲げモーメントと回転角の関係を図3に示す。

図2より、新接合構造(Case1,2)は、最大耐力後の荷重低下が緩やかで、変形性能に優れた構造であることがわかる。一方、従来構造(Case3)は、最大耐力が新接合構造を上回るものの、脆性的な荷重低下を示しており、変形性能という観点では新接合構造に劣る。これは新接合方式では、鋼管とフーチングに隙間を設けたことと、アンカー鉄筋周囲に密に配置した帯鉄筋による拘束効果が寄与してヒンジ構造的な挙動を示したためと考えられる。

図3の斜杭(Case1)の正負の曲げモーメントを比較すると、変位が小さい領域では正側に比べて負側が5%程度大きい耐力を示しているが、変位が大きくなるにつれてその差が小さくなり、回転角 $60 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以上では正側に比べて負側の方が小さくなっている。一方このような逆転現象は直杭(Case2)では見られない。

通常、曲げを受けるRC構造は降伏点には引張側のアンカー鉄筋の降伏の影響が大きく、最大耐力付近では圧縮側コンクリートの破壊か、圧縮側のアンカー鉄筋の局部座屈の影響が大きい。提案した斜杭構造では、杭軸線に対してアンカー鉄筋が傾斜していることから、水平荷重によって杭頭接合部の矩形断面に鉛直分力が生じる。この鉛直分力は、図4に示すように、正側載荷で引張力、負側載荷で圧縮力となる。そのため、載荷の初期段階では、アンカー鉄筋が正側載荷の方が負側載荷より早く引張降伏するために耐力が小さくなる。一方最大耐力以降では、負側載荷の方が圧縮力が大きいため圧縮側のアンカー鉄筋の局部座屈やコンクリートの剥落が生じて正側載荷よりも耐力が低下したものと推察できる。

5. まとめ

実験結果をまとめると下記のとおりである。

- ・ 鋼管斜杭の新杭頭接合方法は、アンカー鉄筋が矩形配置のため、地中梁の鉄筋との干渉を避けることができ、配筋作業の施工性を向上することができる。したがって、鋼管斜杭のみならず鋼管直杭にも応用可能である。
- ・ 新杭頭接合構造を用いた斜杭と直杭を比較すると、正側載荷では斜杭の降伏耐力が直杭のそれに比べて5%弱小さくなり、負側載荷では斜杭と直杭で最大耐力に差はない。
- ・ 鋼管杭の新杭頭接合構造は、最大耐力後の荷重低下が緩やかであり変形性能に優れている。
- ・ 最大耐力以後の耐力の低下は、斜杭の正側載荷が直杭や斜杭の負側載荷と比べて小さい。

参考文献

- 1) 池亀, 丸山, 青木, 神田, 出羽: 鉄道高架橋の地震時挙動に対する斜杭の影響解析(静的解析による検討), 第62回年次講演会概要集, 土木学会, 2007.9(投稿中) 2) 神田, 濱田, 山東, 青木: 密帯鉄筋RC杭頭接合構造の変形性能のモデル化, 第60回年次講演会概要集, 土木学会, 2005.9 3) 平田, 神田, 谷口, 濱田, 江口, 木下: 鋼管杭とフーチングとの接合部に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 50A, 2004.3

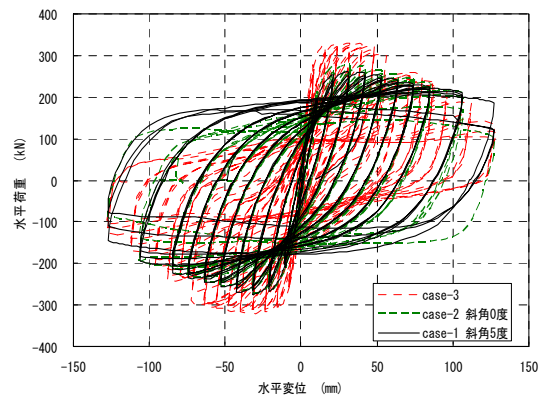


図2 水平荷重—水平変位の関係

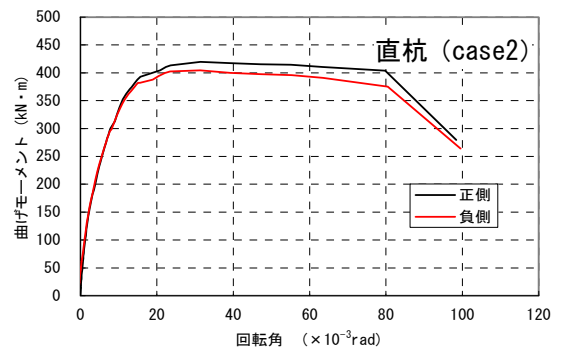
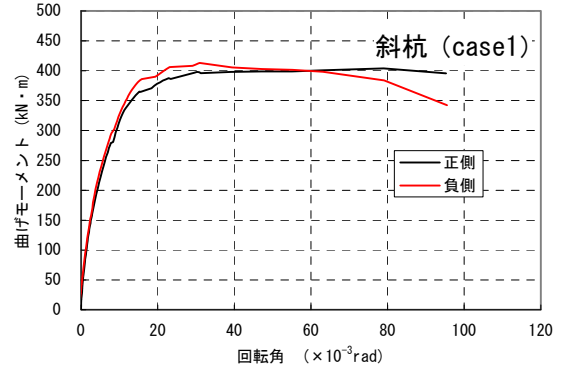


図3 杭頭曲げモーメント—回転角の関係

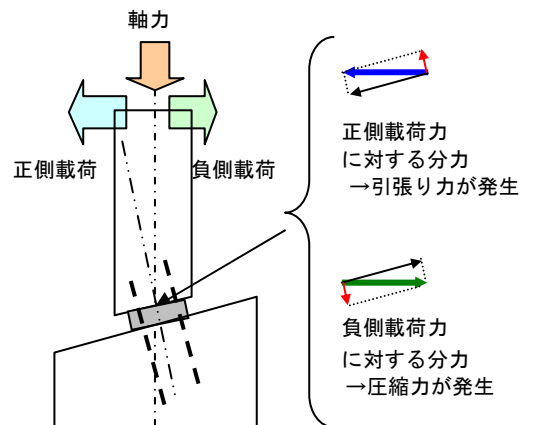


図4 斜杭接合部に発生する分力