縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎

鋼管杭協会 道路·橋梁委員会

1. はじめに

鋼管矢板基礎とは、図-1に示すようにP-P継手を有する鋼管矢板を、円形・矩形・小判形等の任意の閉鎖形状に打設し、継手部にモルタルを充填するとともに、頂版(フーチング)を築造して鋼管矢板頭部を剛結し、大きな水平抵抗、鉛直支持力が得られるようにした基礎構造物である。

その主な特長としては、

- ①大水深、軟弱地盤地域での施工が可能
- ②仮締切りを兼用することにより、工期・工費 の低減が可能
- ③剛性・支持力が大きく、占有面積を小さく することが可能
- ④条件に応じた最適形状が選定できるので、 合理的かつ経済的な設計が可能
- ⑤支持層が深い場合でも安全確実な施工が 可能

などが挙げられる。

この鋼管矢板基礎は、昭和39年から開発され、昭和44年に石狩河口橋に橋梁基礎として始めて採用されてから現在まで2000基を超える実績がある(図-3)。なかでも、河川を渡る橋梁の橋脚基礎や臨港道路の海上部橋脚基礎などに多く採用されている。また、剛性・支持力が大きく占有面積を小さくすることができるという特長を生かして、構造物が密集する都市部における高架橋基礎での採用も増えている。

近年、臨海部等で海上橋梁を計画する場合、超軟弱地盤上に荷重規模の大きな長大橋が採用される場合が多く、その橋脚基礎は、水平変位(鋼管矢板基礎の許容変位は5cm)により平面形状が大きくなり、それに伴い海上施工による仮設桟台も大規模となり、コストアップにつながる結果となる場合がある。

現在工事中である東京港臨海大橋(仮称)の海上部橋梁基礎は、このような問題の対策として、鋼管矢板基礎の水平変位を低減し基礎平面寸法を縮減することが可能となる、縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎が採用された(図-2)。ここでは、東京港臨海大橋(仮称)で採用された縞鋼管高耐力継手に

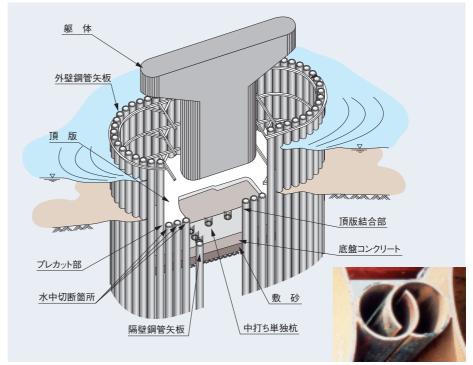


図-1 仮締切り兼用方式の鋼管矢板基礎模式図



図-2 縞鋼管高耐力継手

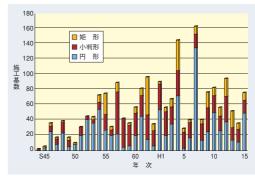


図-3 鋼管矢板基礎の施工実績

関する実験、設計で用いた縞鋼管高耐力継手のせん断特性値の設定、および、各メーカーで製作した縞継手のせん断特性値の確認 実験や縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板 基礎の展望について述べる。

なお、ここで述べる縞鋼管高耐力継手のせん断特性値の設定およびそれらに関する実験については、東京港臨海道路構造検討調査・耐震基礎工分科会で審議されたものである。

2. 鋼管矢板基礎の継手管

通常の鋼管矢板基礎の継手管 (P-P継手) は、 ϕ 165.2mmの鋼管同士を連結嵌合し、その間隙に 20 MPaのモルタルを充填した構造である (図-1)。鋼管矢板基礎の設計において、継手部はせん断バネとしてモデル化しており、この継手のせん断剛性およびせん断耐力は、図-4に示す建設省土木研究所

(現:(独)土木研究所)の試験結果にもとづきせん断バネとして設定されている。この継手のせん断特性値は、これまでの研究から①継手管径を大きくする、②継手管に縞鋼板やリブ付き鋼板を採用する、③継手管内に充填するモルタル強度を高くする、ことなどにより向上することが知られているが、その効果が鋼管矢板基礎に及ぼす影響は明確になっていないのが現状である。

そこで、軟弱地盤上の大規模橋梁を想定し、継手のせん断剛性およびせん断耐力をパラメータとして鋼管矢板基礎を試算した。鋼管矢板本数と継手のせん断耐力の関係を図-5に示す。継手のせん断耐力を向上させれば基礎平面形状を十分に小さくできることがわかった。

3. 縞鋼管高耐力継手のせん断試験

継手のせん断特性を把握するために、継 手の押抜きせん断試験を実施した。

継手のせん断試験は、通常の継手のせん断 特性を決定したのと同様の(独) 土木研究所の 方法で実施した。継手管には、既往の研究か ら最も継手のせん断耐力の向上が期待できる

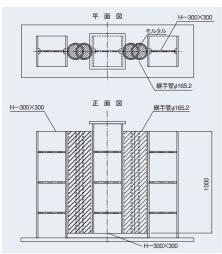


図-7 試験体

表-1 試験体種類

a 40.2 b 165.2 11 41.2 縞鋼管	試験体	継手管径 D(mm)	板厚 t(mm)	モルタル強度 ock (MPa)	継手管
b 165.2 11 41.2 縞鋼管	а			40.2	
	b	165.2	11	41.2	縞鋼管
c 43.9	С			43.9	

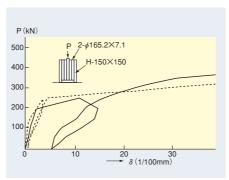


図-4 通常継手のせん断強度に関する実験結果

と考えられた縞鋼板を用いること とした。

3.1 試験方法

試験は、図-6に示す載荷試験装置を用い、試験体中央の支柱に載荷する方法とした。載荷は、繰り返し荷重の影響をみるために継手の相対ずれ量をモニタリングしながら、相対ずれ量が5.0mmに達するまでは1.0mm毎に、相対ずれ量が5.0mmに達した後は5.0mm毎に載荷と除荷を繰り返す片振り漸増載荷試験とし、相対ずれ量が20mmに達するまで実施

した。継手のずれ量は、左右の支柱と中央 の支柱との相対変位(高さ方向3点平均)を 計測した。

3.2 試験体

試験体は、図-7に示すように左右の支柱に継手管を溶接したものと中央部の支柱の両側に継手管を溶接したものを組み合わせ、継手管内にモルタルを充填した。左右の支柱は底版の厚板に固定し、中央部の支柱は、下部に隙間を設け支柱上部に載荷(押し下げる)することが可能な構造とした。なお、試験に用いた継手管長は、(独)土木研究所の方法と同様に1.0mとした。

試験体の継手管は ϕ 165.2mm × t11mm の編鋼管とし、モルタル強度は通常の2倍である40MPaとした。試験は、継手のせん断特性のバラツキを確認するために同じ仕様で3体実施した。また、試験に用いた編鋼板の編高さは、平均すると1.0mm であった。表-1に試験体種類を、図-8に編鋼板の形状例を、表-2に試験に採用したモルタルの配合を示す。

表-2 モルタル配合

					j	単位量(kg/m³)		
配合区分	W/(C+F) (%)	F/(C+F) (%)	水 (W)	セメント	フライアッシュ (F)	細骨材	膨張剤	混和剤 (増粘剤)	混和剤 (流動化剤)
40MPa	39.0	92.9	359	800	120	855	8.1	0.18	5

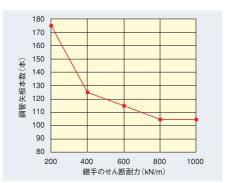


図-5 せん断耐力の試算結果

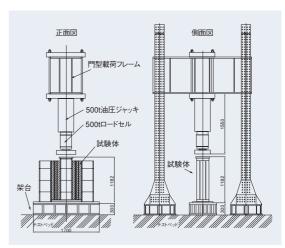


図-6 載荷試験装置

3.3 試験結果

各試験体のせん断力と相対ずれ変位量の関係を図-9~図-11(次ページ)に、最大せん断力の試験結果を表-3に示す。せん断力と相対ずれ変位量の関係は、3試験体とも相対ずれ変位量が5mmを超えたあたりでせん断力のピークを示すが、その後徐々にせん断力が低下する傾向を示した。

稿鋼管高耐力継手の最大せん断耐力は 1520~1710kN/mで、試験体3体の平均値 は1640kN/mであった。



図-8 縞鋼板形状例

表一3 試験結果

試験体	継手管径 D(mm)	板厚 t(mm)	継手管		ん断力 (kN/m)
а				1520	
b	165.2	11	縞鋼管	1710	平均值 1640
С				1680	1040

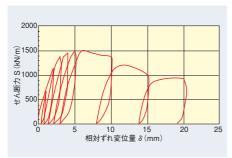


図-9 せん断耐力と相対ずれ変位量の関係(試験体a)

4. 設計に用いるせん断特性値

実際の設計に用いる縞鋼管高耐力継手の せん断耐力およびせん断剛性は、試験結果 をもとに以下の様に設定した。

4.1 縞鋼管高耐力継手のせん断耐力

設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断耐力の設定においては、縞鋼管高耐力継手は通常の継手に比べ継手のせん断耐力が高く、図-5にも示したように継手のせん断耐力は鋼管矢板基礎の剛性に対して影響を与える度合が大きいと考えられることや、図-9~図-11に示したように本試験での継手のせん断耐力は最大せん断耐力を示したのち徐々に低下する傾向が認められることを考慮する必要がある。

設計に用いるせん断耐力は、図-12に示すようにせん断力と相対ずれ変位量の関係において降伏点を求め、それに通常の継手と同様の安全率(1.25)を見込んだ値をレベル2地震時のせん断耐力とした。常時およびレベル1地震時のせん断耐力は、通常の継手と同様にレベル2地震時のせん断耐力に常時は2.0、地震時は1.5の安全率を見込んだ値とした。

上記のせん断力特性値を用いた、本橋の継手のずれ変形量の最大値は約8mm程度となっているが、設定したせん断耐力は、継手のずれ変形量が10mm以上となる大変位量域における耐力の低下(図-9~図-11参照)に対しても十分対応できる値に設定でき、設計上、十分安全であると考えられる。

4.2 縞鋼管高耐力継手のせん断剛性

設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断剛性の設定においては、通常の継手のせん断剛性の設定方法と同様の考え方により、表面付着が切れる相対ずれ変位量(約0.1mm)の点と原点とを結ぶ割線剛性をせん断剛性とする方法が考えられる。しかし、縞鋼管高耐力継手は、通常の継手と比べ継手管とモルタルとの付着性能が高いことから、表面付着が切れた後でもせん断耐力は徐々に増加していく傾向を示す。

よって、設計に用いるせん断剛性は、4.1 で設定したせん断耐力と包絡線との交点と 原点を結ぶ線とした。この方法は設計上の継

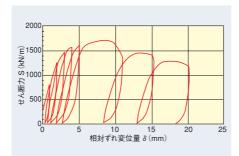


図-10 せん断耐力と相対ずれ変位量の関係(試験体b)

表一4 設計で用いるせん断特性値

	せん断耐力 (kN/m)	せん断剛性 (kN/m²)	
L2地震時	1,150		
L1地震時	767	630,000	
常時	575	1	

手に作用するせん断力と変位の関係を適切に表していると考えられる。

4.3 継手のせん断特性値のまとめ

表 -4に設計に用いるせん断耐力およびせん断剛性値を、図 -13にせん断耐力と相対ずれ変位量の関係を包絡線でまとめたものおよび設計で用いる継手のせん断抵抗モデルを示す。

表-4に示すように、設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断耐力は、従来の継手と比較すると約5倍となった。継手のバネモデルについては、図-13に示すようにレベル2地震時は非線形バネ(バイリニア型)とし、常時およびレベル1地震時においては、レベル2地震時と同じせん断剛性をもった線形バネとし、それぞれのせん断耐力に上限値を設けた。

なお、継手管内に充填するモルタルは、鋼管矢板基礎の特徴により水中で打設される場合が多い。その場合は、水中打設したモルタルの強度が40MPa以上となるように、施工上のモルタル配合強度を決定する必要がある。

5. せん断特性の確認試験

これまで述べたように、設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断特性値(せん断剛性およびせん断耐力)は、平均縞高さ1.0mmの縞鋼管高耐力継手を用いた実験結果から決定した。しかし、各鋼管メーカーが自社の工場で大量生産する縞鋼管は、各社の縞模様や縞高さが異なることから、設計に用いるせん断特性値を満足するかどうかを確認することを目的として①製造メーカー毎のせん断特性の確認試験(押抜きせん断試験)、②縞模様と縞高さの違いによるせん断耐力のイ着性能で評価)の確認試験を実施した。ここでは、縞模様と縞高さの違いによるせん断耐力の

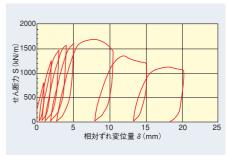


図-11 せん断耐力と相対ずれ変位量の関係(試験体c)

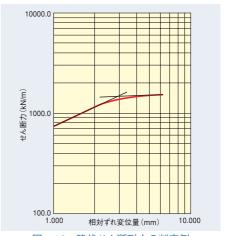


図-12 降伏せん断耐力の判定例

確認試験について述べる。

5.1 試験概要

試験は、各メーカーで製作した縞鋼管高耐力継手の縞模様や縞高さの違いの中で、継手のせん断耐力への影響が大きいと思われる縞高さについて、その高さがどの程度になれば、これまでの試験と同等以上のせん断力が期待できるかを、付着強度比(先の実験で用いた縞高さ1mmを基準)から明らかにすることを目的として、縞高さの違いによる引抜型付着試験を実施した。なお、縞高さについては、機械加工にて調整し、0.4mm~1.5mm程度に設定した。図-14に試験体概要を示す。

5.2 試験結果

図-15に試験結果を示す。なお、図-15 は縞高さ1mmの付着強度を基準として付着 強度比として基準化したものである。

この図が示すように、既往の試験で採用した縞高さ1mmを基準とした付着強度は、縞高さ0.8mm以下になると低下する傾向にあり、メーカーで製造する縞高さはこの高さ以上にする必要があることがわかった。

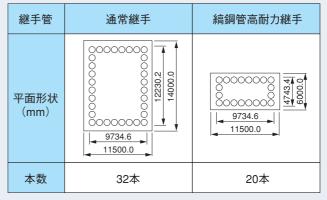
また、縞高さが1mm以上になっても付着強度比はほとんど横這いの値を示しており、1mm程度縞高さを確保すれば既往の試験のせん断耐力は確保できるものと考えられる。

よって、各メーカーで製作する縞鋼管高耐力継手は、製作時に縞高さの管理を行うこととした。

表一5 比較結果(橋脚)

継手管	通常継手		
平面形状 (mm)	\$\\\ \text{3447.2}	00000000000000000000000000000000000000	
本数	175本	106本	

通常継手



表一6 比較結果(橋台)

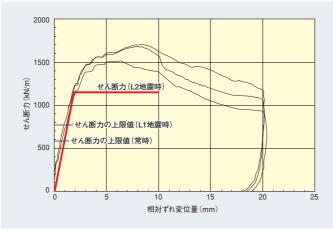


図-13 設計で用いる縞鋼管高耐力継手のせん断特性

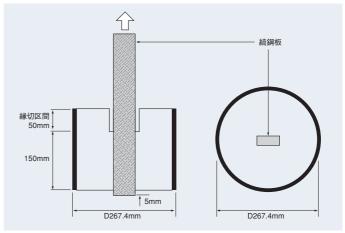


図-14 試験体概要図

6. 縞鋼管高耐力継手を 用いた鋼管矢板基礎

縞鋼管高耐力継手と通常の継手管を用い た鋼管矢板基礎の試算結果を表-5および 表-6に示す。

表-5は東京港臨海大橋(仮称)のような超軟 弱地盤上の大規模橋梁を、表-6は軟弱地盤 上の壁高の高い橋台を想定したもので、両ケ ースとも、通常の継手管を用いた場合には、基 礎平面寸法が変位により決定するものである。

両ケースとも縞鋼管高耐力継手を用いるこ とにより、鋼管矢板本数を約40%削減する結 果となった。

このように、縞鋼管高耐力継手を用いた鋼 管矢板基礎は、地盤条件や荷重条件によって は鋼管矢板本数や基礎平面寸法を縮小し大 幅にコストを縮減することができ、特に、橋脚 基礎ではニューマチックケーソン工法、橋台 基礎では前面地盤を改良した杭基礎工法と 十分競合できるものと考える。

7. おわりに

縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎 は、設計条件によっては、基礎の平面寸法を

縮小できることから、 河川内や海上部の 大規模橋梁以外で も工事占有面積の 限られた都市部や 近接施工が問題とな る場合の橋脚基礎 や橋台基礎として採 用される期待があ り、また、立上り式 鋼管矢板基礎として 橋脚構造との一体化 などの新たな構造形 式へ適用することも 考えられる。



図-15 付着試験結果

(参考文献)

- 1) 建設省土木研究所: 土木研究所資料第1175号 矢板式基礎の設計法(その1)、昭和52年2月
- 2) 片山ら: 「鋼管矢板基礎における高耐力継手の 実験的研究」、土木学会第49回年次学術講演 会.平成6年9月
- 3) 西海ら: 「縞鋼管を用いた鋼管矢板基礎用継手 のせん断特性」、土木学会第58回年次学術講 演会、2003
- 4) 正岡ら: 「鋼管矢板の縞鋼管継手のせん断耐力 に関する実験」、土木学会関東支部年次学術 講演会、2004
- 5) 正岡ら: 「鋼管矢板の縞鋼管継手のせん断耐力 に関する実験」、土木学会第59回年次学術講
- 6) 鋼管杭協会: 鋼管矢板基礎の新しい適用方法 文責: 道路·橋梁委員会 渡辺 米利