

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.30 (1998) No.4

地すべり抑止杭用ねじ継手「メカネジ」

Threaded Joints ｽ Mecha-Neji ｷ for Landslide Preventive Steel Pipe Pile

豊原 陽登志(Hitoshi Toyohara) 臼井 一矢(Kazuya Usui) 置田 孝一(Koichi Okita)

要旨：

川崎製鉄では、地すべり抑止鋼管杭の現場接合技術として施工性が良く、特殊技能を必要とせず確実な継手強度が得られる無溶接タイプのねじ継手「メカネジ」を商品化した。商品化および実際の現場に適用するにあたり以下について確認した。(1) メカネジは、杭本体と同等の曲げ耐力、変形性能を有することを曲げ試験で確認した。(2) ねじ構造に平行ねじおよび4条ねじを採用したことにより、施工中におけるねじ部の噛み合わせ不良(主にクロススレッド)もなく、継手1ヶ所当たり15～30 min程度の安定した時間で継手施工が可能なことを確認した。(3) メカネジと杭本体の工場溶接部についても良好な機械的性質であることを確認した。(4) 本技術を応用した「ハイメカネジ」では、限られた時間、狭隘な建設環境での基礎杭の継手として、極めて有効であることを確認した。

Synopsis：

Kawasaki Steel has produced, product, for landslide preventive steel pipe pile, a thread joints called “Mecha-Neji” that demonstrates excellent screw-jointing properties and ensures a certain level of joint strength without the need of field welding or particular technical skill. The following is what we have confirmed regarding the product manufacture and application at job sites: (1) “Mecha-Neji” has the bending strength and deformation ability same as those of pipe piles to be jointed. (2) Using parallel thread and four times-start thread for thread structure, it is possible to accomplish screw-jointing, without a crossthreading, in 15 ~ 30 min per joint. (3) The results of shop welding tests of ｽ Mecha-Neji ｷ and pipe piles proved that the welded zone had excellent mechanical properties. (4) “High-Mecha-Neji” which is an application of “Mecha-Neji”, is an extremely efficient joint for pipe piles for construction which is restrected within a limited time and a limited construction environment.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Threaded Joints “Mecha-Neji” for Landslide Preventive Steel Pipe Pile



豊原 陽彦志
Hitoshi Toyohara

建材センター 建材技術部 主査(掛長)



臼井 一矢
Kazuya Usui

建材センター 建材技術部 主査(掛長)



置田 孝一
Koichi Okita

知多製造所 溶接管・鋳造部

要旨

川崎製鉄では、地すべり抑止鋼管杭の現場接合技術として施工性が良く、特殊技能を必要とせず確実な継手強度が得られる無溶接タイプのねじ継手「メカネジ」を商品化した。商品化および実際の現場に適用するにあたり以下について確認した。(1) メカネジは、杭本体と同等の曲げ耐力、変形性能を有することを曲げ試験で確認した。(2) ねじ構造に平行ねじおよび4条ねじを採用したことにより、施工中におけるねじ部の噛み合わせ不良(主にクロススレッド)もなく、継手1ヶ所当たり15~30min程度の安定した時間で継手施工が可能であることを確認した。(3) メカネジと杭本体の工場溶接部についても良好な機械的性質であることを確認した。(4) 本技術に応用した「ハイメカネジ」では、限られた時間、狭隘な建設環境での基礎杭の継手として、極めて有効であることを確認した。

Synopsis:

Kawasaki Steel has produced, product, for landslide preventive steel pipe pile, a thread joints called “Mecha-Neji” that demonstrates excellent screw-jointing properties and ensures a certain level of joint strength without the need of field welding or particular technical skill. The following is what we have confirmed regarding the product manufacture and application at job sites: (1) “Mecha-Neji” has the bending strength and deformation ability same as those of pipe piles to be jointed. (2) Using parallel thread and four times-start thread for thread structure, it is possible to accomplish screw-jointing, without a crossthreading, in 15-30 min per joint. (3) The results of shop welding tests of “Mecha-Neji” and pipe piles proved that the welded zone had excellent mechanical properties. (4) “High-Mecha-Neji” which is an application of “Mecha-Neji”, is an extremely efficient joint for pipe piles for construction which is restricted within a limited time and a limited construction environment.

1 はじめに

我国は、急峻な地形、複雑な地質および変化の激しい気象条件などの理由から地すべり災害が多い。地すべりは、不安定になった土塊が滑動する現象であり、1997年度の地すべり防止区域における危険箇所は、全国で20883ヶ所にも達している。これらの地域では、地すべり発生状況に応じ、経年的な観測のほか抑止工あるいは抑制工の対策が講じられ、その数は年間数千ヶ所にも及んでいる。

鋼管杭を用いた地すべり抑止杭は、すべり面下の不動土塊まで鋼管杭を挿入・固着するもので、地すべり力に対し直接的な抵抗とする抑止工の代表的工法である。近年、建設費の経済性を追求することから小口径で厚肉の鋼管杭が多く使用されるようになった。

施工現場は、山間部で狭隘な環境のため、短い鋼管杭を現場溶接しながら用いられている。このため、現場での接合作業に多大な時間を要することや、施工管理が難しい、風雨時に施工ができないなど、多くの問題が生じており、施工の合理化・省力化に配慮した接

合技術の開発が強く望まれていた。

川崎製鉄では、このような要求に応えるものとして、施工性が良く特殊技能を要せず確実な継手強度が得られる無溶接タイプの現場継手「メカネジ」を開発・実用化した。

本論文では、メカネジの特徴、各種性能試験結果および適用事例について概要を紹介する。

2 地すべり抑止杭^{1)~4)}

地すべり対策工法は、地中に構造物を設けその抵抗力によって地すべりを停止させる抑止工と、地すべり地の地形・地下水などの自然状態を変化させることによって地すべり運動を停止または緩和させる抑制工がある。

その工法としては、

- (1) 抑止工
 - (a) 杭工
 - (b) シャフト工
 - (c) アンカー工

* 平成10年7月30日原稿受付

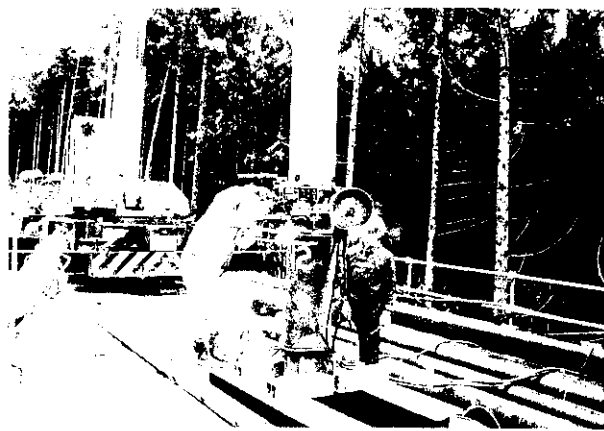


Photo 1 Field view under welding conditions

(2) 抑制工

- (a) 地表面排水工
- (b) 地下水排除工
- (c) 排上工
- (d) 押さえ盛工

に分類される。

抑止工のうち杭工は、H 形鋼、コンクリート杭が用いられたこともあったが、材料としての信頼性が高く、施工性に優れ、杭径、板厚、材質の選択範囲が広く設計自由度が高いことから鋼管杭が多く使用されている。最近では、杭の設置本数の削減や小口径・薄肉化による、より経済的な設計を追求するため、570 N/mm² 級 (SM 570A 相当) の引張強度を有する高強度地すべり抑止杭「K-60」が商品化されている。

地すべり抑止杭の施工は、現場が山間部の地すべり地帯であることや、不動層の岩盤に杭を設置する必要があるため、一般の基礎杭のようにハンマによる打撃工法や地盤に大きな振動を与える振動工法を用いることができない。このため、比較的小きな機械設備で岩盤などの硬質地盤の削孔が可能な大口径ボーリングマシンあるいはエアハンマが使用されている。

施工手順は、これらの施工機械で削孔後、その中にクレーンなどで杭を挿入する。その後、杭内・外をモルタルまたはコンクリートで充填・固化する。杭は、外径 300～600 mm、板厚 20～50 mm といった小口径・厚肉の鋼管杭が多く用いられている。また現場搬入や施工機械の制限から、杭は 1 本もの (通常の杭長は 15～40 m の範囲) ではなく数本の短い杭 (5～10 m 程度) に分割されている。このため現場条件に応じて、縦継ぎや横継ぎによる杭の接合が必要である。溶接接合には、一般の基礎杭と同様に半自動のセルフシールドアーク溶接法が広く用いられている。厚肉の鋼管杭では、溶接時間を短縮する必要性から、Photo 1 に示す自動溶接機も開発されている。

しかし、現場の溶接作業においては、接合作業に多大な時間を要することや X 線透過試験、浸透探傷試験などの溶接検査が難しいなどの問題があり、これらを解決する接合技術の開発が強く望まれていた。

3 メカネジの開発

3.1 要求性能

メカネジは、施工現場での杭接合作業の大幅な省力化と継手強度

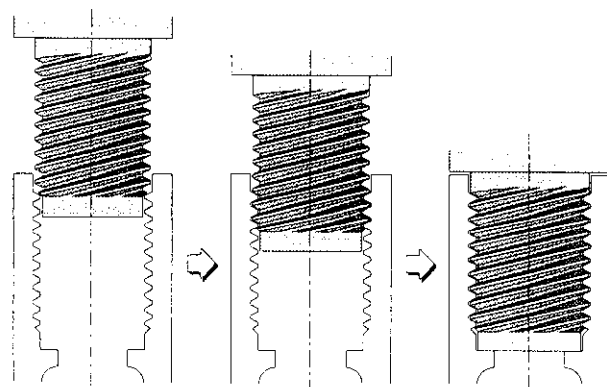


Fig. 1 View under screw-jointing of threaded joint "Mecha-Neji"

の信頼性向上を図るとともに、以下の要求性能を満足することを目標とした。

- (1) 継手作業は特殊技能を必要とせず、施工時間が溶接継手比べて大幅に短縮できる。また、多少の風雨でも施工が可能である。
- (2) 継手を接合するだけで、杭本体と同等以上の継手部曲げ耐力を確保することができる。
- (3) X 線透過試験や浸透探傷試験などの現場の溶接検査が不要である。
- (4) 高強度地すべり抑止杭 (K-60: SM 570A 相当) にも適用できる。

3.2 製品概要^{5,6)}

メカネジの構造仕様は、油井管などで用いられるねじ構造の継手を基本に考えた。これらの継手には、さまざまな種類があるが、地すべり抑止杭は厚肉のため大重量である上、削孔用のボーリングマシンの補助ウィンチで杭を建て込むことが多い。このため、ねじ特有の噛み合わせ不良 (主にクロススレッド) を防止し、安全でかつ安定した施工性が得られるように、Fig. 1 に示す平行ねじとした。さらに継手の接合時の回転作業を軽減することから、4 条ねじ (一般の 1 条ねじに比べ、1/4 の回転数となる) を採用した。

なお、本継手は、(財) 砂防・地すべり技術センターの技術審査証明 (1997 年 7 月) を取得しており、メカネジの適用範囲および形状寸法は、Table 1 に示すとおりである。

メカネジの製造は、鍛造または継目無鋼管の素材を調質 (引張り強さ: 780 N/mm²) 後、NC により特殊ねじ加工し、杭本体に溶接で取り付けている。完成した製品は、ねじ部の損傷を防止するプロテクターを取り付けて、施工現場まで輸送される。

3.3 メカネジの耐力⁷⁾

(1) ねじ山のセン断試験

本継手に採用しているねじ山のセン断耐力を確認するため、Fig. 2 に示す圧縮試験を実施した。図中では、噛み合い効率を 90% と想定した場合の計算値 (セン断耐力) と比較している。ねじの噛み合いを長くすると耐力も比例的に増加する。試験値はいずれも計算値を上まわり、本継手に採用したねじ山が有効に荷重を伝達することを確認した。

(2) 曲げ耐力試験

地すべり抑止杭に発生する断面力、主に曲げモーメントとせん断力である。メカネジの形状・寸法、材質は、適用対象と

Table 1 An example of dimensions of landslide preventive steel pipe piles and “Mecha-Neji”

Unit (mm)

Landslide preventive steel pipe piles			Threaded joints “Mecha-Neji”			
Diameter (D)	Thickness (t)		Nominal size	Make-up length (L)	Length (L_1)	Thickness (T)
	SKK 490	K-60 (SM 570)				
250.0	17~30	13~21	250 A	295	245	48.0
	31~40	22~26	250 B	320	270	65.5
300.0	17~25	13~18	300 A	275	225	38.0
	26~34	19~24	300 B	310	260	51.0
	35~42	25~28	300 C	330	280	62.0
	43~46	29~30	300 D	345	295	70.5
	47~50	31~32	300 E	355	305	77.5
350.0	17~26	13~19	350 A	295	245	39.5
	27~35	20~25	350 B	330	280	51.5
	36~43	26~29	350 C	355	305	60.5
	44~50	30~33	350 D	380	330	71.0
400.0	17~26	13~19	400 A	295	245	38.5
	27~36	20~26	400 B	335	285	52.5
	37~44	27~30	400 C	355	305	60.5
	45~50	31~34	400 D	380	330	69.5
450.0	17~30	13~22	450 A	310	260	43.0
	31~40	23~28	450 B	345	295	54.0
	41~50	29~35	450 C	385	335	69.5
500.0	17~30	13~22	500 A	310	260	42.0
	31~40	23~29	500 B	345	295	55.5
	41~50	30~35	500 C	380	330	67.0
550.0	17~30	13~22	550 A	305	255	41.5
	31~40	23~29	550 B	345	295	54.5
	41~50	30~35	550 C	380	330	65.5
600.0	17~30	13~22	600 A	305	255	41.5
	31~40	23~29	600 B	345	295	53.5
	41~50	30~36	600 C	380	330	67.0

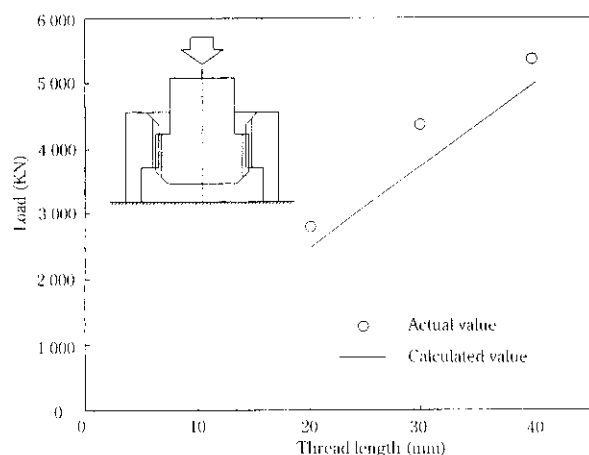
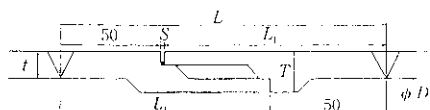


Fig. 2 Result of shear test for ridge

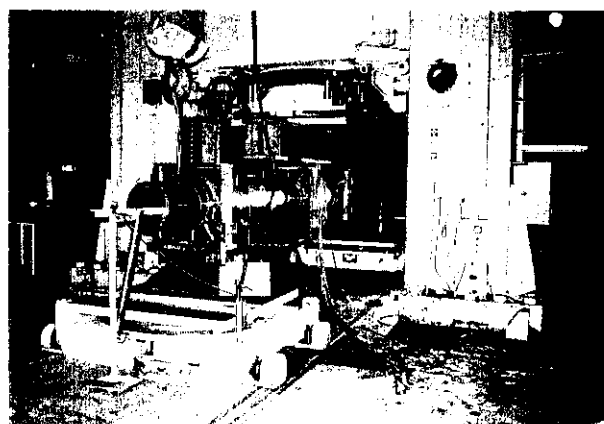


Photo 2 View under test of bending strength

する杭本体の最大耐力と同等以上になるよう設計している。

そこで、メカネジの曲げ変形特性を確認するため、**Photo 2**に示す杭本体の中央部にメカネジを接合した試験体を用い、4点曲げ試験を実施した。**Fig. 3**に試験結果の一例として、曲げモーメントと変位の関係を示す。いずれも降伏モーメント付近まで弾性的な挙動を示すとともに、メカネジは杭本体と同等の曲げ耐力、変形性能を有することを確認した。

(3) 溶接部の品質試験

地すべり抑止杭は、工場においてメカネジと杭本体とを溶接接合する。そこで、その溶接品質を確認するための試験を行った。

試験結果の一例とし、**Photo 3**に断面マクロを示す。この他、引張り・曲げ・硬度・放射線透過試験を行ったが、いずれも良好な結果であった。

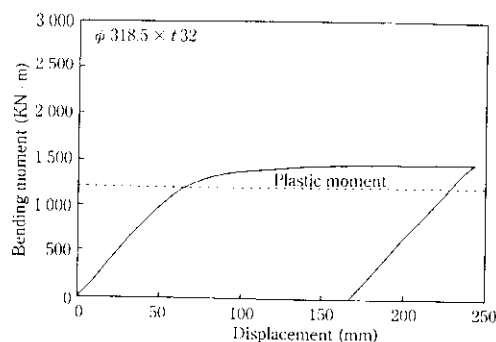
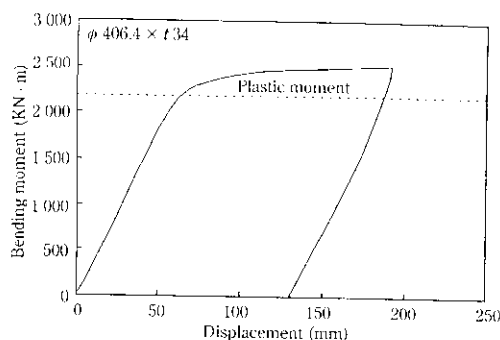


Fig. 3 Relation between bending moment and displacement

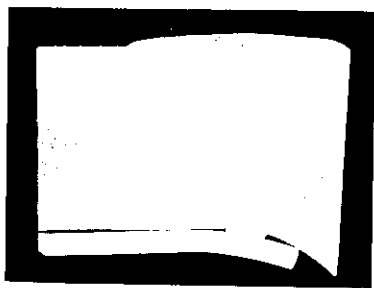


Photo 3 Macro-etch specimen of shop welding zone

3.4 メカネジの施工

メカネジを用いた地すべり抑止杭の標準的な施工手順は、以下に示すとおりであり、各工程での留意事項に配慮する必要がある。

(1) 杭の積み卸し・現場保管

メカネジには、ねじ部の損傷および土砂付着を防ぐために、工場出荷時にねじ部にプロテクターが取り付けられている。杭を現場で積み卸しおよび移動させる場合は、胴吊りを原則とする。また現場保管は、直接地面に置くことを避け、枕木などの上に置くものとする。

(2) モルタル注入管の取り付け

モルタル注入管は、杭外または杭内に取り付けるが、メカネジを用いる場合、縦継ぎ時に杭を回転させることを考慮する必要がある。

たとえば、杭内にモルタル注入管を取り付ける場合は、杭を吊り込む前に注入管を杭内に固定しないで、天端からぶら下げておく形式とする。この際、上杭の回転作業時に、注入管と一緒に回転しないように配慮する。

(3) メカネジ接合用施工器具の準備

メカネジの接合作業には、回転治具、水平器、潤滑油、ブラシなどの施工器具が必要である。

(4) 杭の建て込み・接合

メカネジの接合を円滑に行うため、ねじ部に付着した土砂などをウェスで除去した後、潤滑油をねじ部に塗布する。杭を建て込む際には、メカネジ部の急速な差込（挿入）を避けるとともに、差し込んだ後に継手部の隙間をテープで計測し、円周方向が一定間隔になるよう調整する。このことで継手部を含めた下杭と上杭の直線性が確保できる。

また、上杭の回転作業は、上杭側に取り付けした回転治具を用い、半回転程度左回転（締め付ける方向とは逆方向）させた後、右回転により両継手間の隙間がなくなる最後までねじ込む。

(5) 接合完了の検査

メカネジは、前述のように接合する必要があるが、接合完了の検査は両継手間の隙間を計測し、5 mm 以下であることを確認する。

4 メカネジの適用例

4.1 地すべり抑止杭への適用

地すべり抑止杭は、現場の地質・その構成により大口径ボーリングマシンあるいはエアハンマで施工（削孔）される。現場は、山間部の傾斜地で狭い環境下であり、杭の長さや補助クレーンの使用が制限される場合が多い。

Photo 4 は、ボーリングマシンの補助ウィンチで杭を建て込み、継手施工を行った例である。栈橋上での施工であったが、前述の施工手順を守ることにより、継手 1ヶ所当たり 15 min 程度で施工を完了した。

Fig. 4 はこれまでのメカネジ施工例から、1ヶ所当たりの継手施工時間（上杭建て込みから接合完了まで）を整理したものである。これより以下のことが判明した。

(1) 杭直径が大きくなると、継手接合の時間は長くなる。杭直径 508 mm を境にそれ以上は 30 min 以内、それ未満は 15 min 以内である。なお、溶接工は不要で 2~3 人の普通作業員で施工可能である。

(2) 溶接と比べてメカネジは、短時間の施工が可能で板厚の増加による施工時間への影響が少ないため、特に厚肉鋼管杭の継手に用いると効果的である。

4.2 鉄道路線内の基礎杭への適用^{*)}

4.2.1 工事概要

既設駅直下の地下駅建設にあたり、既設線路を工事桁および剛性の高い鋼管杭を用いて仮受けする必要がある。杭の長さは支持層が深いことにより 1本あたり 35~40 m に及び、しかも Photo 5 に示すように線路内で空間制限がある上、終電から始発までの約 3.5 h で施工を行わなければならなかった。そのため、鋼管杭の施工法とともに杭 1本あたり約 17ヶ所もの継手をいかに迅速に施工するかが課題となり、地すべり抑止杭の継手を応用した「ハイメカネジ」を開発した。その結果、安定した短時間の施工性が高く評価され、現場に適用された。

4.2.2 施工試験

鋼管杭の施工は、低空間専用の回転圧入機が使用される。この際継手の機能としては、

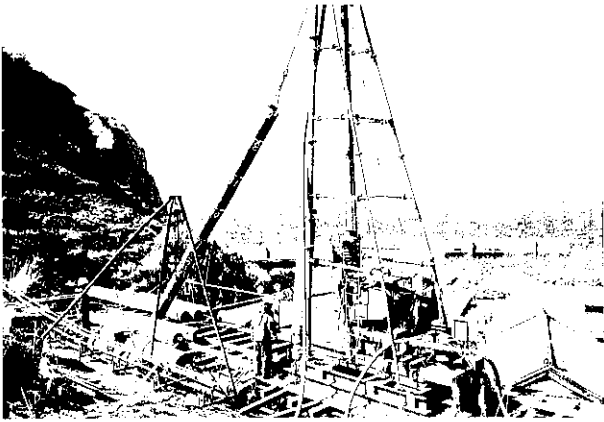


Photo 4 Field view under "Mecha-Neji" by assistance winch

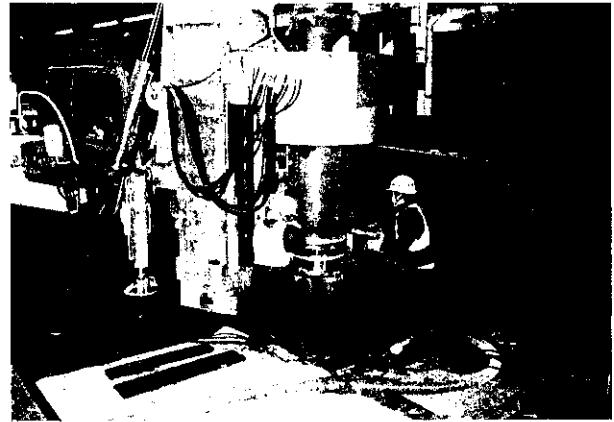


Photo 5 Field view under "High-Mecha-Neji" within the limited height

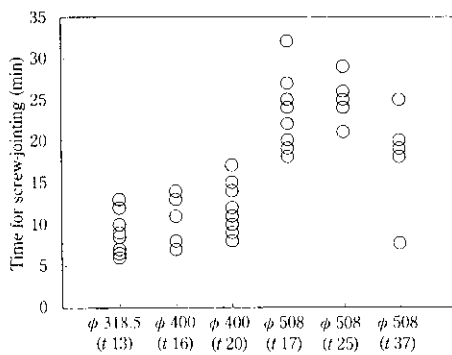


Fig. 4 Time for screw-jointing (job site data)



Photo 6 Steel pipe pile with threaded joint "High-Mecha-Neji"

- (1) 限られた作業工程の中で短時間で継手接合ができる。
 - (2) 杭の打設時に負荷される回転力、締め付け力に対して継手が安全である。
 - (3) 地中障害物の発生などで杭を抜くこともあり、継手の取り外しができる。
- が要求された。

継手は、これらの機能を満足するため、雄継手の先端円筒部を 60 mm 程度長くし、この部位の円周方向 2 ヶ所にボルトを取り付けられる構造とした (Photo 6)。

Fig. 5 は、ハイメカネジの施工性を確認するために当社知多製造所で実施した試験結果である。試験は、下杭に直径 600 mm、板厚 16 mm、長さ 1 m を、上杭に同じ様で長さ 2.5 m の鋼管杭を用いた。実際の現場における先行杭の鉛直性の確保レベルを考慮し、1/50～1/400 の傾斜を与えた下杭をあらかじめ敷鉄板上に設置した上で、上杭をクレーンで建て込み、継手接合完了までの施工時間を計測した。

その結果、下杭の傾斜が大きいくほど継手の接合時間（杭建て込み後からねじ込みまで）は長くなるもののすべて 2.5 min 以内であり、本継手が接合時間短縮に極めて効果的であることが分かった。また、接合作業時の上杭は、クレーンで常時吊らなくとも自立することから本作業の安全性も確認された。なお、同じ様の杭を半自動または自動で現場溶接接合する場合の施工時間は、約 60 min である。

5 おわりに

厚肉の地すべり抑止鋼管杭の現場継手として、施工性が良く、特

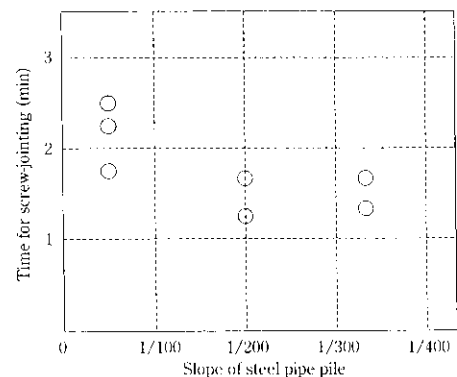


Fig. 5 Time for screw-jointing of "High-Mecha-Neji"

殊技能を要せず確実な継手強度が得られる無溶接タイプのねじ継手「メカネジ」を開発・実用化した。本報告では、開発にあたって実施した代表的な試験結果とその適用例を中心に述べた、これらをまとめると、以下のように要約できる。

- (1) 施工現場での杭接合作業の大幅な省力化と継手強度の信頼性向上を実現するため、4 条・平行ねじによるねじ継手「メカネジ」を開発した。本継手は、(財) 砂防・地すべり技術センターの技術審査証明を取得しており、その適用範囲は杭径 250～609.6 mm、板厚 50 mm までである。

- (2) メカネジの耐力を定量評価するためのねじ山セン断試験および曲げ耐力試験では、ねじ山の荷重伝達の有効性ならびに杭本体と同等の曲げ耐力、変形性能を有することを確認した。
- (3) 杭本体とメカネジの工場溶接部は、強度の異なる素材を用いても溶接性には問題なく良好な品質が得られた。
- (4) 地すべり抑止鋼管杭への適用例では、ねじ構造に4条平行ねじを採用したことにより、施工中のねじ部の噛み合わせ不良もなく、継手1ヶ所当たり15～30min程度の安定した時間で継手施工が可能であることを確認した。また、大口径ボーリングマシンの補助ウィンチを用いても、十分メカネジの施工が可能なの

とを確認した。

- (5) 鉄道路線内への適用に向けて、メカネジの継手技術に応用した「ハイメカネジ」を開発した。その施工試験として、継手接合時間は先行杭が傾いていても2.5min以内であり、本継手が施工時間短縮に効果的なことが分かった。

最後に、鉄道路線内への適用にあたってご指導、ご援助を賜った東日本旅客鉄道(株)ならびに鉄建建設(株)、清水建設(株)の方々に、深く謝意を表する次第である。今後とも建設環境の要請に応えるべく本技術の向上、適用性の拡大に努めていきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準(案)・同解説、(社)日本河川協会、(1997)
- 2) 江面行正、豊原陽登志、清水正則：「高強度地すべり抑止杭「K-60」およびメカニカル継手「メカネジ」」、川崎製鉄技報、29(1997)2, 119
- 3) (社)地すべり対策技術協会：「地すべり鋼管杭設計要領」、(1988)
- 4) 小島義孝：「地すべり抑止杭の種類と設計法」、基礎工、(1993)3
- 5) 石油技術協会：「油井・パイプライン用鋼管ハンドブック」、(1992)
- 6) (財)砂防・地すべり技術センター：「地すべり抑止鋼管杭用ねじ継手(メカネジ)技術審査証明書(川崎製鉄)」、(1997)
- 7) 山本義男、植松 聡：「高張力鋼を用いた抑止杭の動態観測について」、第36回地すべり学会研究発表講演集、(1997)
- 8) 永山健一、榊原勝信、宮腰晴行：「鉄道路線内の鋼管杭の施工について」、第25回土木学会関東支部技術研究発表会、(1998)