

技術論文

鋼管杭，鋼管矢板の機械式継手“ガチカムジョイント™”の開発

Development of Mechanical Joint “Gachi-cam Joint” for Steel Pipe Pile and Steel Pipe Sheet Pile

| | | | |
|--------------------|------------------|---------------------|-----------------|
| 北濱雅司* | 石濱吉郎 | 松宮弘信 | 藤井義法 |
| Masashi KITAHAMA | Yoshiro ISHIHAMA | Hironobu MATSUMIYA | Yoshinori FUJII |
| 坂本俊彦 | 妙中真治 | 望月惟史 | 田中宏征 |
| Toshihiko SAKAMOTO | Shinji TAENAKA | Tadachika MOCHIZUKI | Hiroyuki TANAKA |

抄 録

鋼管杭，鋼管矢板の現場接合として従来から用いられてきた現場溶接継手に対して，急速施工が可能で現場での品質管理が容易な機械式継手は，早期供用や低空頭施工が求められる既設構造物の補強・更新案件の増加を背景に適用実績が急激に増加している。新日鐵住金(株)は，これまでの開発商品に加え，さらなる合理性と広い適用範囲を併せ持った新型継手を開発した。新型継手“ガチカムジョイント™”の特徴と開発における構造性能や施工性に関する試験について報告した。

Abstract

The mechanical joint for steel pipe pile and steel pipe sheet pile is increasingly adapted to the project of the reinforcement and renewal infrastructure instead of conventionally welded joints, because these projects require rapid construction, early-service and low altitude head construction condition. Because of these situations, authors have developed on the new mechanical joint “Gachi-cam Joint” with higher rationality and coverage.

1. はじめに

鋼管杭は多様な施工法や地盤への適用性を有する製品であり，橋梁・港湾・建築分野における基礎構造として多くの適用実績がある。特に現場でコンクリートを打設する場所打ち杭と比較し，短工期への要請や長尺杭の施工において優れた性能を発揮する。工場生産の鋼管を現場へ搬入して施工することから，陸域ではその輸送限界により1本の鋼管杭の長さは十数mに制限されるため，必要な杭長に対して継ぎ杭をしながらの施工となる。最近ではインフラストラクチャの補強・更新需要が高まりつつあり，周囲や上部に既設構造物が存在する狭隘地や空頭制約が厳しい条件での施工が求められることが多くなっている。このような状況の下，短尺の鋼管を用いるために多くの継ぎ杭が求められるケースが特に増加している。

鋼管杭の現場での接合方法としては，一般的にセルフシールドアーク溶接が用いられており，施工にあたっては技量の高い溶接工を起用し，適切な作業条件のもと厳格に品質が管理されている。しかし溶接継手は，天候不良の際

に作業ができないことや火気使用の制限がある現場では適用できないこと等，制約条件が多い。また近年では経験豊富な溶接工が不足していることも問題となっている。このような状況から，現場溶接の品質管理の厳格化の要求も強まりつつある。以上の背景のもと，施工現場における鋼管杭の接合作業の効率化を実現する手段として，溶接継手に代わる機械式継手が登場している。

新日鐵住金(株)は，これまでに“ラクニカンジョイント®”^{1,2)}や“Hi-SHJ® (Hi-Shake Hand Joint)”³⁾(Hi-SHJはシントク工業(株)の登録商標)を提供することにより，これらの社会的な要請に応えてきた。しかし最近では，構造合理化のために鋼管杭自体の大径化，厚肉化，さらには高強度化が進んできており適用範囲の拡大とともに，現場での品質管理の簡易化が要求されており，さらなる合理化を進めた機械式継手が求められている。並行して，継手自体の構造合理化も強く望まれている。本報では，これらのニーズを受けて開発した新しい機械式継手ガチカムジョイント™の特徴とその性能について報告する。

* 鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主幹研究員 千葉県富津市新富 20-1 〒293-8511

2. 新型機械式継手 ガチカムジョイント

2.1 ガチカムジョイントの概要

ガチカムジョイントの構造概要を図1および写真1に示す。ガチカムジョイントは、ピン継手（継手の内管側）、ボックス継手（継手の外管側）、回転抑止部材で構成される。ピン継手は外面に、ボックス継手は内面にそれぞれ4段のギアを有しており、これらのギア同士が噛み合うことで荷重を伝達する構造である。ピン継手、ボックス継手はあらかじめ工場で鋼管に溶接にて取り付けられており、施工現場での接合作業はボックス継手のギア溝にピン継手のギアを挿入した後にピン継手を回転させ、回転抑止部材を取り付けることで完了する。回転抑止部材は施工中にピン継手とボックス継手が相対的に回転してギアの噛み合いが外れることを防止するために取り付ける部材である。なお、継手材料には、引張強度 880 N/mm² 級の高張力鋼を用いることで、継手の薄肉化を図っている。

2.2 ガチカムジョイントの特徴

ラクニカンジョイントは土木分野での建設技術審査証

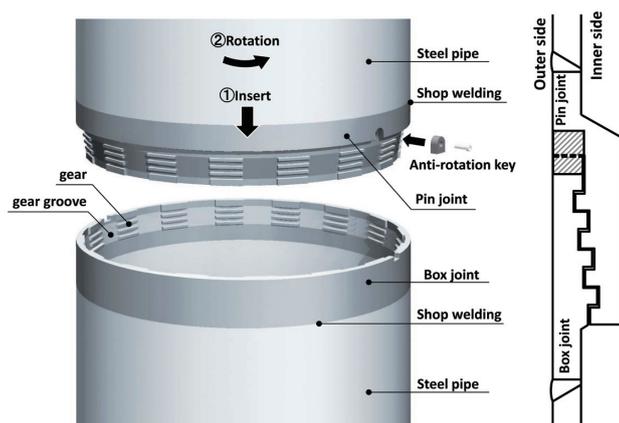


図1 ガチカムジョイント
Shape of Gachi-cam joint

明りと港湾分野での港湾関連民間技術の確認審査・評価²⁾を、Hi-SHJは建築分野での技術評定³⁾を取得してきた。新日鐵住金の機械式継手の比較を表1に示す。ラクニカンジョイントは、主要な構造部材として継手本体と材料の種類が異なる荷重伝達キーとセットボルトを用いる。そのため、部品数が多く鋼種も複数に亘り、継手全体も厚くなる。このためHi-SHJなどの継手と比べて鋼重が大きく、また材質や寸法などの品質管理の負荷が相対的に高く、条件によっては納期も長くなる。

Hi-SHJは、継手本体のギアを介して荷重を伝達するためラクニカンジョイントに比べて部品数は少ないものの、適用径や板厚の範囲が比較的狭い。また、両継手ともSM570材といった高強度の鋼管への適用性は確認されていない。高強度鋼管は設計荷重の増大や要求性能の高度化等の観点から採用検討例が増えているが、現場溶接の際はより高度な施工管理が求められるため、機械式継手の適用を望む声が特に強い。こうしたことから製造・品質管理がしやすく適用性に優れた機械式継手の開発が望まれてきた。それらの課題を受け、開発したガチカムジョイントは以下の特徴を有する。

①継手と一体化したギアが供用時の荷重を伝達する機構であり、構造部材は同種類の素材から成るピン・ボックス

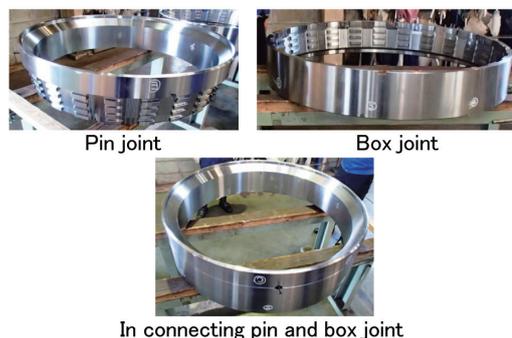


写真1 ガチカムジョイント
Photos of Gachi-cam joint

表1 新日鐵住金の機械式継手の比較
Comparison of mechanical joint

| Name | Gachi-cam Joint | Rakunikan Joint | Hi-SHJ |
|---|--|---|---|
| Figure | | | |
| Structural parts | Joint with gear | Joint and load transmission key | Joint with gear |
| Applicable specification of steel pipe pile | Material: SKK400, SKK490, SM570 Diameter: 400–1600 mm Thickness: 6–30 mm | Material: SKK400, SKK490 Diameter: 400–1600 mm Thickness: 9–30 mm | Material: SKK400, SKK490 Diameter: 400–1200 mm Thickness: 9–22 mm |

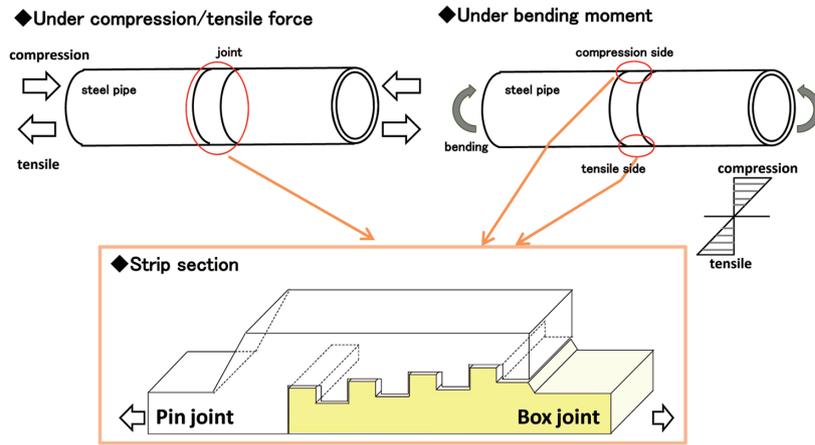


図2 短冊断面の考え方
Concept of strip section of joint

継手のみである。そのため、部品数や種類が少なく品質管理が容易である。

- ②適用範囲は鋼管径 400～1600mm，鋼管板厚 6～30mm となる。材料は SKK400，SKK490 等に加え SM570 まで適用範囲を拡大している。
- ③ギアが荷重を分散して伝達する構造であり，ギア段数を多くするほど1段当たりの必要なギア寸法が小さくなるため，継手の厚さを小さくできる。また，分担する荷重は継手先端ほど小さくなり，継手先端に近い個所では板厚が薄く，根元に近くなるに従い板厚が厚くなるテーパ形状となっている。加工度と断面寸法のバランスが最も高い4段テーパを採用しており，継手全体のボリュームが小さく合理的な構造である。
- ④円周方向に均等に分割されたギア同士が噛み合う構造であり，接合時にはギア一個分の幅，わずか数センチメートルを回転させるだけで済むため，接合作業が容易である。
- ⑤ギアを回転させた後に回転抑止部材を取り付けることで，ピン継手とボックス継手のギア同士が所定の位置で完全に噛み合ったことを確認できる。そのため，施工管理が容易である。

3. 機械式継手ガチカムジョイントの構造性能

ガチカムジョイントは，構造物へ適用する際の設計外力に対して都度設計するのではなく，適用する鋼管（以降，対象鋼管）以上の耐力を持つように継手の構造仕様を決めている。その際，図2に示すように，継手のギアが配置された部分だけを抽出して純圧縮および純引張に対して応力を照査する“短冊断面”の考え方を採用している。曲げモーメント作用時にも継手の圧縮縁および引張縁に着目して短冊断面に純圧縮および純引張が作用する状態で検討している。鋼管杭の主な作用荷重である圧縮力，引張力，曲げモーメントのいずれの作用時においても短冊断面の考え方を基本に，実大実験や数値解析の結果から安全余裕度を設定して設計モデルを構築した。

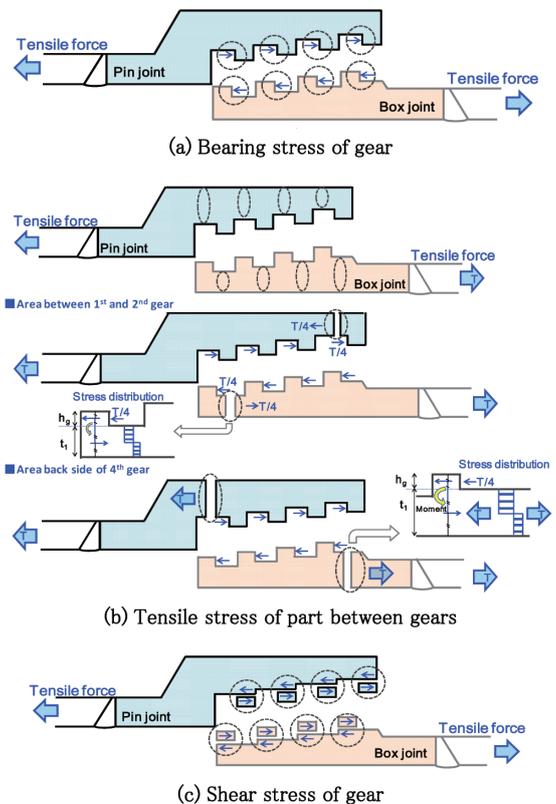


図3 引張力が作用した際の継手の各部位の照査項目
Verification item of joint

3.1 破壊モードとその性能評価

3.1.1 継手の設計における検討部位

ガチカムジョイントは，継手に圧縮力が作用する際よりも引張力が作用する際の方がギアの噛み合う面積が小さくなることなどから，継手に発生する応力が高くなる断面形状を有している。そのため，引張力に対して応力を照査することで圧縮力に対する照査が省略できる。引張力が作用する際，ギアの支圧破壊，管軸方向でギアとギアに挟まれる区間（以降，ギア谷部）の引張破壊，ギアのせん断破壊の3つの継手の破壊モードが想定される。設計では各破壊モードに対して図3に示す (a) ギアの支圧応力度，(b) ギ

ア谷部の引張応力度、(c) ギアのせん断応力度を求め、それらが継手部材の降伏応力度に収まるように継手の寸法諸元を決定している。

ギアの支圧に対しては、ギア支圧面に発生する支圧応力が継手部材の降伏応力度に収まるようにギアの高さを決めている(図3(a)参照)。次にギア谷部の引張に対しては、発生する引張応力が継手部材の降伏応力度に収まるように厚さを決めている。ギア谷部に発生する応力としては、ギアを介して伝達する軸方向の引張力に加えて、ギアが負担する荷重にギア中心から板厚中心までの距離を乗じた偏心曲げモーメントも考慮している(図3(b)参照)。ギアのせん断に対しては、発生するせん断応力が継手部材の降伏応力度に収まるようにギアの鋼管軸方向の長さを決めている(図3(c)参照)。

3.1.2 継手破壊試験

本継手の破壊性状と耐力を確認するため、継手の断面内に圧縮力と引張力が同時に作用する曲げ試験を実施し、その破壊モードと破壊強度を検証した。継手の曲げ試験の概要を図4に示す。対象鋼管の仕様と継手の寸法を表2に示す。試験ケース B1～B4 のギアの高さとギア谷部の板厚を調整することで想定する破壊部位を変化させた。ギアのせん断については実際の仕様では、曲げせん断等の影響も考慮して、ギアの鋼管軸方向の長さをギアの高さの2倍とする寸法規定を設けて十分な余裕を確保している。破壊状況

を図5に、試験結果のまとめを図6と図7に示すが、いずれも継手の引張縁側での破壊が確認された。これらの図における試験結果のプロットは試験における最大曲げモーメントであり破壊時の値である。図6中の点線はギアの支圧応力が継手材料の降伏応力度に達する際の計算上の継手の曲げ耐力を、一点鎖線は離脱に対する制限値を示す。図7中の点線はギア谷部の引張応力が継手材料の降伏応力度に達する際の計算上の継手の曲げ耐力を示す。

ギアの高さを最も低くした B-1 では継手の弾性的な変形によってギアの噛み合いが外れる離脱破壊で最大耐力が決定した。ギアの支圧応力で決まる計算上の継手の曲げ耐力は上回っているが、実際の仕様では噛み合い自体が急激に

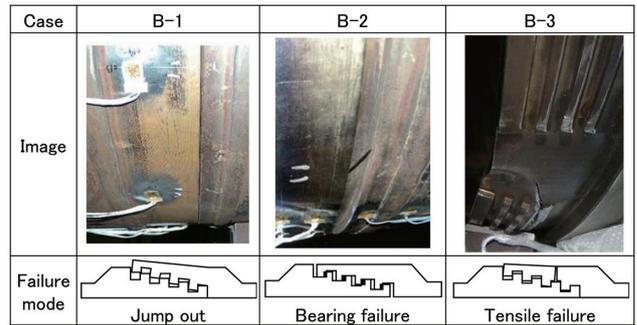


図5 破壊状況
Failure mode of bending test

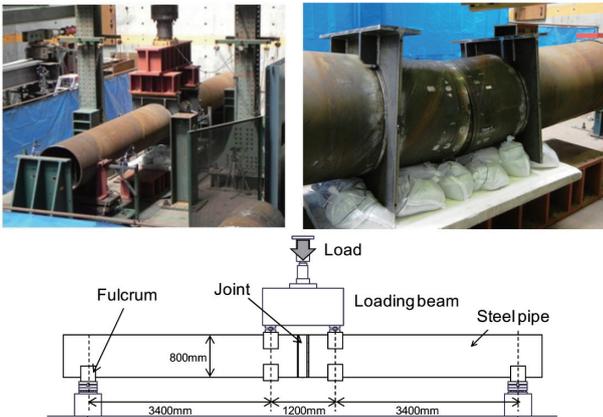


図4 曲げ試験 (Case B-4)
Bending test (Case B-4)

表2 破壊試験条件
Specifications and targets of steel pipe pile

| Case | Specifications of joint applied steel pipe | Height of gear (mm) | Thickness between gears (mm) |
|------|--|---------------------|------------------------------|
| B-1 | SKK400 $\phi 800 \times t5$ mm | 2.4 | 6.6 |
| B-2 | SKK400 $\phi 800 \times t9$ mm | 3.3 | 6.9 |
| B-3 | SKK400 $\phi 800 \times t9$ mm | 4.2 | 7.2 |
| B-4 | SKK400 $\phi 800 \times t13$ mm | 4.2 | 9.5 |

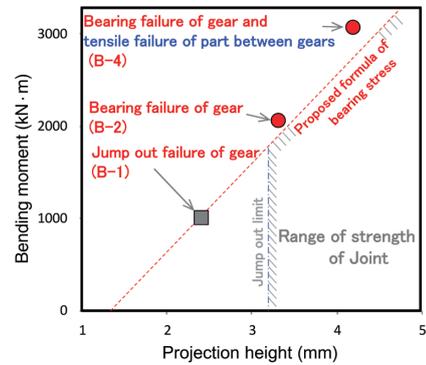


図6 曲げ破壊試験結果 (B-1, 2, 4)
Result of bending test (B-1, 2, 4)

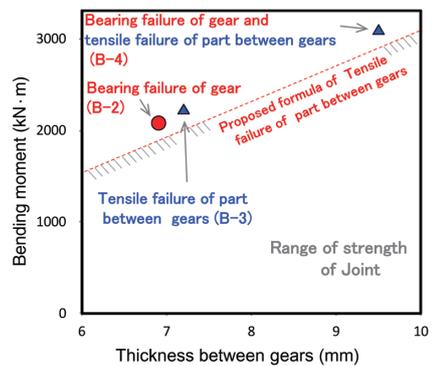


図7 曲げ破壊試験結果 (B-2, 3, 4)
Result of bending test (B-2, 3, 4)

外れる現象を回避するため、ギアの高さに図6の一点鎖線で示す下限値を設けている。B-2ではギアの支圧破壊で最大耐力が決定しており、B-3はギア谷部の引張破壊で最大耐力が決定した。また、B-4はギアの支圧破壊とギア谷部の引張破壊がほぼ同時に生じていた。図6ではB-1を含め、B-2、B-4がギアの支圧応力で決定する継手の曲げ耐力の計算値の直線より上側にあり、図7ではB-3、B-4がギア谷部の引張応力で決定する継手の曲げ耐力の計算値の直線より上側にある。

以上の結果から、ガチカムジョイントが事前に想定したモードで破壊していること、計算上想定していた耐力を上回ることが実験的に確認された。さらに、それらの結果を反映させることで精度の高い設計法を構築している。

3.2 曲げ試験による性能検証

対象鋼管に対して前述の設計法に従って仕様を設定した継手の耐力が、実際の鋼管と同等以上であることを確認するため曲げ試験を実施した。試験に用いた継手が対象とする鋼管の仕様を表3に示す。適用範囲の最小・最大径、最小・最大板厚を含むように試験ケースを設定した。試験結果から、継手が鋼管本体以上の曲げ耐力を有することを確認した。以降で主な試験について述べる。

継手の曲げ試験の概要を写真2に示す。一方向曲げ試験では片振り漸増荷重を行った。一方向曲げ試験結果の一例を図8に示す。鋼管の全塑性曲げ耐力到達後には、鋼管が塑性化することで変位の増大に伴う荷重の増加量は減少していくものの、継手に損傷が生じることはなく、最終的には荷重点付近の鋼管に局部変形が生じて最大荷重が決定した。変形個所を写真3に示す。最大荷重は、鋼管の降伏曲げ耐力の1.8倍、鋼管の全塑性曲げ耐力の1.3倍以上であった。

一方向曲げの全試験ケースで同様に鋼管の全塑性曲げ耐力までの荷重に対して継手が鋼管本体の曲げ耐力を上回ることを確認している。また、図8で示したケースを含む表3中の*を付けた試験体では対象鋼管の全塑性曲げ耐力を超えて鋼管が局部変形して荷重が低下するまで荷重が続け、鋼管の最大曲げ耐力を上回ることを確認した。

表3 継手付き鋼管の曲げ試験
Bending test of steel pipe pile with Joint

| Test type | Specifications of joint applied steel pipe pile |
|-----------------------------------|---|
| Monotonic four-point bending test | SKK400 φ400×t6 mm* |
| | SKK400 φ800×t9 mm |
| | SKK490 φ800×t16 mm* |
| | SKK490 φ800×t24 mm |
| | SM570 φ1200×t19 mm |
| | SKK490 φ1219.2×t30 mm |
| | SKK400 φ1600×t19 mm* |
| Cyclic bending test | SKK490 φ1600×t25 mm |
| | SKK490 φ800×t16 mm |

また、交番荷重試験では正負方向に複数回ずつ、鋼管の降伏曲げ耐力および全塑性曲げ耐力まで荷重した。その結果、一方向曲げ試験の挙動と比較して、正負側でほぼ同等の抵抗性能を示しており、地震時の慣性力のように繰り返し作用する荷重に対しても十分に抵抗できることを示している。

以上の結果から、巨大地震等の鋼管に塑性化が生じるような非常に厳しい条件下でも使用できることが確認された。



写真2 曲げ試験 (φ1600 × t19mm)
Photo of bending test

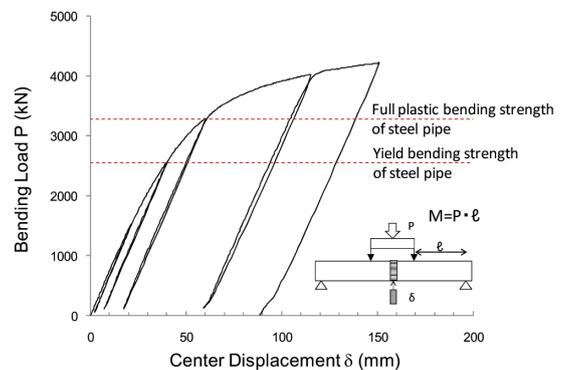


図8 曲げ試験結果例 (φ1600 × t19mm)
Result of bending test



(a) Outside of loading position of pin joint side
(b) Outside of loading position of box joint side

写真3 鋼管の局部変形
Photos of local deformation

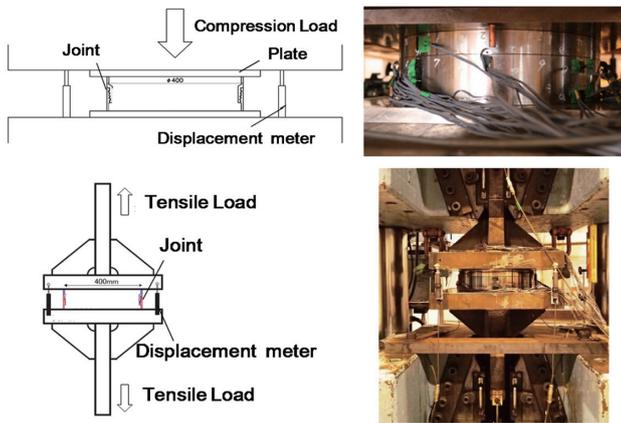


図9 圧縮・引張試験
Compression test and tensile test

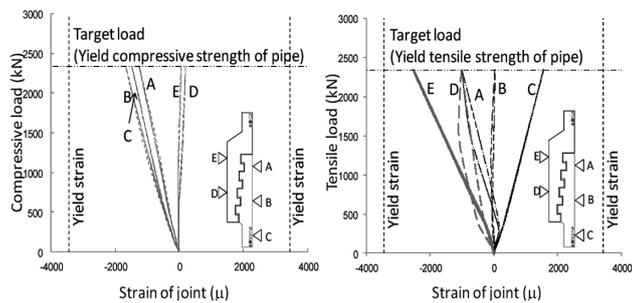


図10 圧縮・引張試験結果
Result of compression test and tensile test

3.3 圧縮・引張試験による性能検証

継手の圧縮試験および引張試験の概要を図9に、試験結果を図10に示す。ひずみは、図中の継手の断面図に示す位置に軸方向に添付したひずみゲージによる計測値である。試験体の継手は代表的なサイズである800mm径×12mm厚の鋼管を対象とする仕様の1/2縮小模型を用いた。鋼管の降伏圧縮耐力および降伏引張耐力に相当する荷重まで継手で発生するひずみは弾性的であり、ガチカムジョイントが鋼管本体と同等以上の圧縮耐力および引張耐力を有することを確認した。

4. 施工性能

4.1 接合作業性

本継手が容易かつ短時間で接合できることを示すため実大の鋼管杭を用いた施工試験を実施した。試験体は1000mm径×10mm厚の鋼管に継手を取り付けたもので、鉛直に固定した下杭にクレーンで上杭を建て込みガチカムジョイントの接合を行った。作業状況を写真4に、接合試験結果を表4に示す。継手付鋼管の位置合わせから回転用の治具の取り外しまでを含めた接合に必要な時間は4分以下と短時間で完了した。



写真4 接合試験状況
Field test about mechanical joint

表4 接合試験結果
Working time for connecting Joint

| Contents | Working time |
|----------------------------|-------------------|
| Position adjustment | 31 s |
| Insert and rotation | 27 s |
| Fix of anti-rotation parts | 45 s |
| Release rotation tool | 102 s |
| Total | 3 min 25 s |

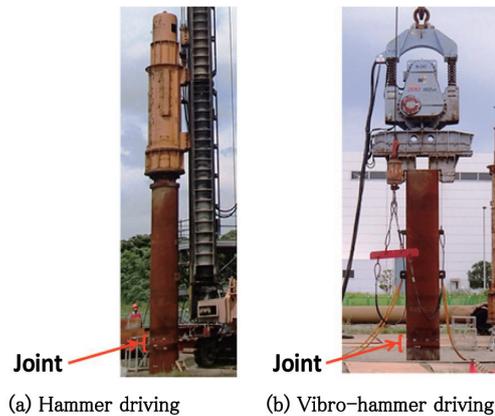


写真5 施工試験状況
Driving test by hammer and vibro-hammer

4.2 打撃・振動工法への適用性

打撃工法や振動工法では、施工中に衝撃的な荷重が繰り返し継手に加わる。このような工法へのガチカムジョイントの適用性を確認するため、写真5に示す施工試験を実施した。鋼管杭は800mm径×17mm厚であり、上杭4mと下杭16mの接合部にガチカムジョイントを配置して、施工前に上杭と下杭を接合した状態で施工した。構造物の荷重を支える堅固な支持層を模擬するためにセメントと原位置地盤を混合させたソイルセメント地盤（一軸圧縮強度4.7N/mm²）へ打設した。施工条件は施工管理の指標⁴⁾で上限値の目安とされる打撃工法で3000回以上の打撃を、振動工法では60分以上の継続振動を加えた。試験後に継手を取り外して確認した結果、損傷等は生じずに厳しい荷重条件である打撃工法や振動工法への適用性を確認している。

4.3 回転トルクを必要とする施工方法への適用性

施工時の環境負荷に対する要求から、杭体を直接回転させて低騒音、低振動で施工する工法の採用が増えている。

例えば，先端羽根付き鋼管杭を回転させてほぼ無排土で地盤に貫入できる NS エコパイル® や，鋼管杭の先端にビットを取り付けて既設の杭を反力に施工機の回転力と圧入力で地盤に貫入させるジャイロプレス工法® などである。このような工法にガチカムジョイントを適用する場合には図 11 に示す回転抑止部材を用いる。回転抑止部材には，回転抑止プラグと回転抑止キーの 2 種類があり，施工法や地盤の条件から必要な回転トルクに応じて選択できる。比較的小規模な回転トルクが作用する工法には回転抑止プラグを，NS エコパイルなど大きな回転トルクが作用する工法には回転抑止キーを用いることを標準とする。施工に必要な回転トルクは地盤条件や杭径，杭長，施工機械の能力に応じて変化するため，条件に応じて設置する回転抑止部材の数量等を選定する。

ここでは，回転抑止部材を用いることで継手を介して回転トルクが伝達でき，かつ，継手に損傷が生じないことを示すために実施したねじり試験と施工試験について述べる。

4.3.1 ねじり試験

ねじり試験の荷重方法の概要図および試験状況を図 12 に示す。試験体は継手を含む約 800mm 径 × 16mm 厚の鋼管の両端に，継手を中心に点対称となるように桁状の治具を取り付けた。2 か所の治具の先端部に載荷桁を載せ，その中央部に載荷することで継手両端の鋼管が互いに逆方向に回転して，継手部分にねじりモーメントが作用する。

ねじり試験に用いた回転抑止部材の仕様と設計ねじり耐力を表 5 に示す。試験は回転抑止キーと回転抑止プラグの 2 種類の回転抑止部材に対して実施した。設計ねじり耐力は，回転抑止部材と継手の接触部分の支圧耐力，回転抑止

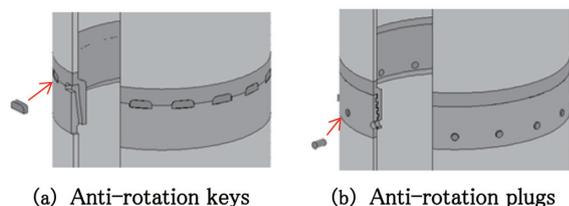


図 11 回転抑止部材
Anti-rotation parts

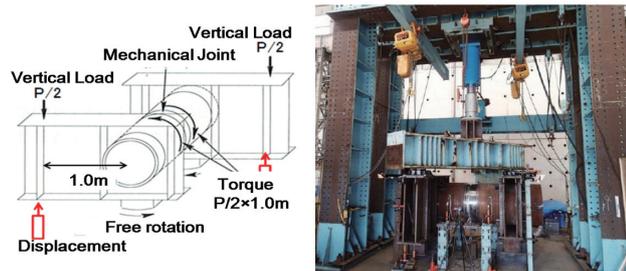


図 12 ねじり試験
Torsion test

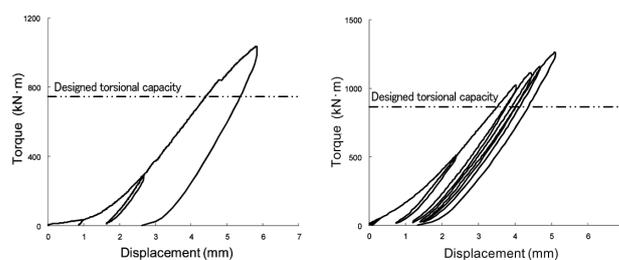
部材および継手のせん断耐力等を用いて照査する設計式を構築して算出している。回転抑止キーの方が，接触部分の面積やせん断力に抵抗する断面積を大きく確保できるため，高い設計ねじり耐力を得ることができる。周方向に回転抑止キーおよび回転抑止プラグを取り付けた継手にねじり荷重を加えた結果を図 13 に示す。設計ねじり耐力の 1.2 倍以上の荷重を載荷した結果，トルク-変位関係は直線的に挙動しており，回転抑止部材とその周辺の継手に損傷等が生じていないことが確認できた。

4.3.2 実施工試験

実施工でも回転抑止部材の離脱などを生じずに回転トルクが伝達でき施工を完了できることを示すため，回転トルクを作用させる工法の 1 種であるジャイロプレス工法による施工試験を行った。試験状況を写真 6 に示す。試験杭は 800mm 径，杭長 6m の単管 4 本で構成され，現場接合する 3 か所に継手を取り付け，施工条件から定まる管理トルク

表 5 ねじり試験の目標と結果
Specifications and targets of torsion test

| Type of parts | Anti-rotation keys | Anti-rotation plugs |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Specification | B71.6 mm, H42.0 mm, T17.7 mm, 10 nos | φ 24 mm, 16 nos |
| Designed torsional capacity | 744 kN・m | 865 kN・m |
| Figure | | |



(a) Anti-rotation keys (b) Anti-rotation plugs

図 13 ねじり試験結果
Result of torsion test



写真 6 ジャイロプレス工法での試験状況
Driving test by Gyropress method

クに基づいて回転抑止部材（回転抑止キー：1か所、回転抑止プラグ：2か所）の仕様を決めた。深度21mまで施工し、その際、N値50以上の層に約2m根入れした。引き抜き後の調査では継手本体や回転抑止部材の全個所で損傷、離脱がないことを確認した。以上のねじり試験と施工試験により、回転トルクが作用する施工方法に対してもガチカムジョイントが適用できることを確認した。

5. おわりに

本報では新型機械式継手ガチカムジョイントの開発について示した。破壊試験を始めとした詳細な検討により、要求される構造性能と徹底的な合理化を両立可能な継手を実現した。さらに施工試験により良好な接合作業性、過酷な施工負荷が加わる打撃・振動工法への適用性、環境性能から採用が増加している回転トルクを掛ける工法への適用性

も実証している。本新型継手の提供により、今後益々ニーズが高まる施工品質の担保、高技能者不足、構造物の維持・更新による急速施工などへの対応を始めとして、建設分野を取り巻く様々な課題の解決に貢献していきたいと考える。

参照文献

- 1) 土木研究センター：建設技術審査証明報告書 鋼管杭・鋼管矢板の機械式継手「ラクニカンジョイント」. 2012
- 2) 沿岸技術研究センター：港湾関連民間技術の確認審査・評価報告書 鋼管杭・鋼管矢板の機械式継手「ラクニカンジョイント」. 2009
- 3) 日本建築センター：BCJ 評定 鋼管杭無溶接継手「Hi-SHJ」. 2005
- 4) たとえば、鋼管杭・鋼管矢板技術協会：鋼管杭—その設計と施工—. 2009



北濱雅司 Masashi KITAHAMA
鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主幹研究員
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



坂本俊彦 Toshihiko SAKAMOTO
九州支店 建材室 主査



石濱吉郎 Yoshiro ISHIHAMA
鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主幹研究員



妙中真治 Shinji TAENAKA
鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主幹研究員
Ph.D.



松宮弘信 Hironobu MATSUMIYA
鉄鋼研究所 鋼構造研究部



望月惟史 Tadachika MOCHIZUKI
君津製鉄所 品質管理部 大径管管理室



藤井義法 Yoshinori FUJII
建材事業部 建材開発技術部
土木基礎建材技術第一室 主幹



田中宏征 Hiroyuki TANAKA
建材事業部 建材開発技術部
土木基礎建材技術第一室長 博士(工学)