

セグメント新型継手の開発

Development of New Type Segment Joint

野本 雅昭*	渡辺 徹**
Masaaki Nomoto	Toru Watanabe
小林 正典*	三戸 憲二***
Masanori Kobayashi	Kenji Mito
荒井 紀之*	大江 郁夫***
Noriyuki Arai	Ikuo Oe

要 約

スライドロックジョイントは、ボルトの締結作業を不要とすることで高速施工を可能とし、セグメント内面の平滑なシールドトンネルを構築する目的で開発した新型継手である。

セグメント間の結合に必要な継手部材がすべてセグメント継手金物に取り付けられているため、継手部材の新たな供給が不要である。また、セグメント内面に継手構造が露出しないため内面が平滑となり、二次覆工が省略できる。

開発では、新型継手単体の性能確認試験および平板型セグメントによる性能確認試験を行った。その結果、セグメント継手、リング継手ともに所定の耐力を有することが確認された。

目次

- § 1. はじめに
- § 2. セグメント継手の概要
- § 3. リング継手の概要
- § 4. セグメント継手性能確認試験
- § 5. リング継手性能確認試験
- § 6. BKセグメント組立性能試験
- § 7. おわりに

§ 1. はじめに

スライドロックジョイントは高速施工、内面平滑トンネルに対応可能なセグメント継手およびリング継手である。このうち、セグメント継手は嵌合式の継手であり、嵌合時、セグメント継手には大きな締結力が生じるため、一度組立位置が決まると、位置調整をするのは難しい。リング継手は、セグメント組立の施工性を高めるため、組立誤差を吸収できる構造とした。

開発にあたっては、従来型ボルト締結式のセグメントの継手と同等以上の耐力を確保することを目標とした。そのため、開発したセグメント継手およびリング継手の

性能確認試験を行った。

本報文では、スライドロックジョイントの概要と性能確認試験の結果について報告する。

§ 2. セグメント継手の概要

雄金物のボルトを雌金物に嵌合させる、嵌合式のセグメント継手である（図－1）。雄金物側に弾性部材（ゴム）を組み込むことで、雄金物のボルトを安定させて嵌合させることができ、締付力を発生させることができる。雄金物はボルト頭部がセグメント面から出た構造である。その雄金物のボルトは雌金物のガイドに沿ってスライドしながら雌金物側に引き込まれる。また、雌金物はテーパ構造なのでボルトに締付力が発生する。

このセグメント継手は、従来のボルト締結式の継手と比較した場合、ボルトの締結作業および増締め作業がなく、内面平滑とする場合に、ボルトボックスを充填する作業が不要となることが特徴である。

§ 3. リング継手の概要

図－2に示すように、雄継手頭部を雌継手側の受け部に挿入すると、ロックリングが少し開くことにより、挿入可能な状態となり、さらに挿入すると、ロックリングが雄継手の溝にはまり込む。溝にはまり込んだロックリ

* 技術研究所技術研究部土木技術研究課

** 技術研究所技術研究部

*** 土木設計部設計課

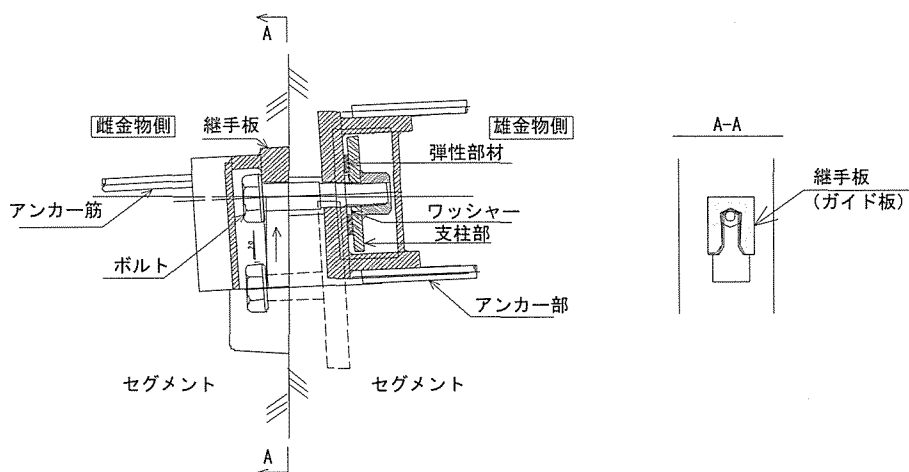


図-1 セグメント継手構造概要図

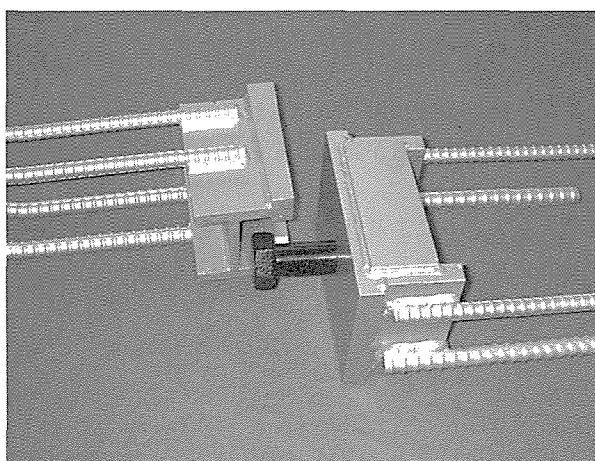


写真-1 セグメント継手

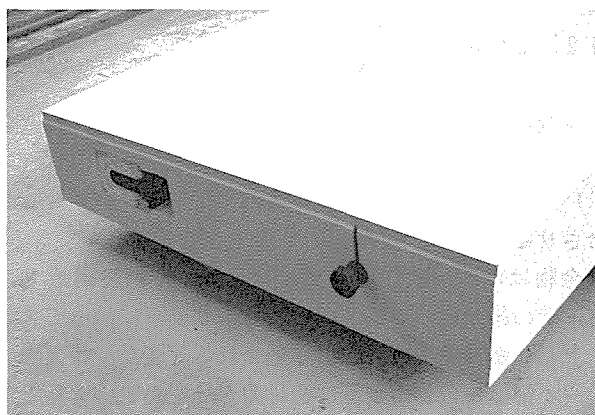


写真-2 セグメント継手配置状況

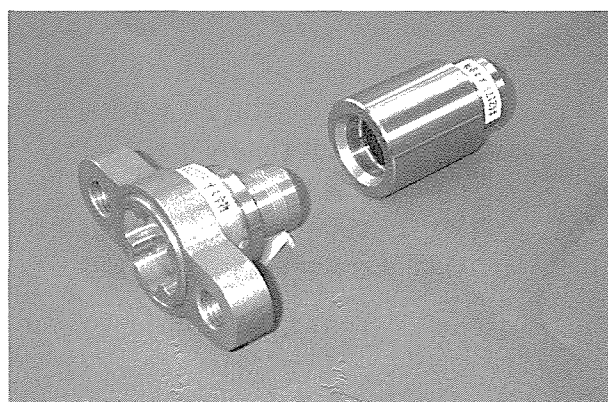


写真-3 リング継手

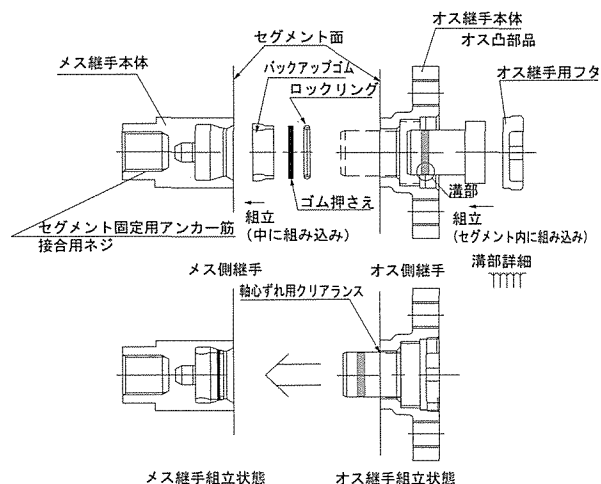


図-2 リング継手構造概要図

リングがバックアップゴムにより雌継手内のテーパ部に押しつけられることにより、強固な締結状態が得られる。引拔力が加わると、ロックリングが雌継手内のテーパ部に押しつけられ、抵抗するため、引き抜きが阻止される。

雄継手には、軸心ずれ用クリアランス（±1.5mm）を設けており、そのクリアランス分だけ雄継手は動くことができるため、雄雌型継手部材同士の軸心が少々ずれても継手を挿入、締結できることが大きな特徴である。

§ 4. セグメント継手性能確認試験

4-1 セグメント継手嵌合試験

図-3に示すように、弾性部材はセグメント組立前のボルトの固定およびセグメント組立時の緩衝材であり、最終的に保証するボルト締結力は金属ワッシャーによる反発力となる。このような締結機構よりボルトに導入される軸力を確認するために、セグメント継手単体で継手

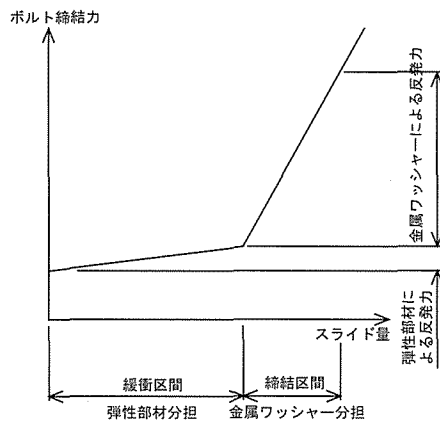


図-3 ボルト締結力の概念 (セグメント継手)

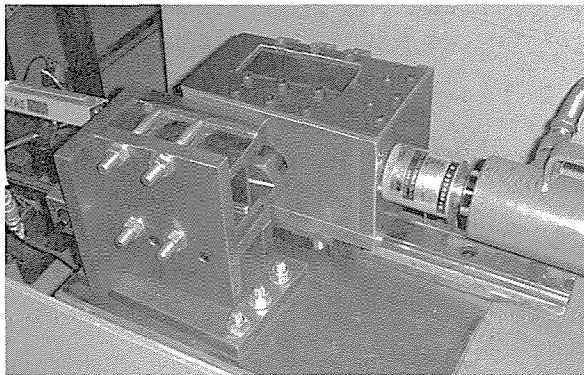


写真-4 セグメント継手嵌合試験状況

嵌合試験を行った。

(1) 載荷装置

セグメント継手金物を載荷装置に固定した段階で、ボルトが1/20の角度を形成するようにした。雄金物側の固定ボックス下側にリニアガイドを設置することにより回転を拘束し、能力100kNの油圧ジャッキで雄金物側をスライドさせ雌金物と嵌合させる。

(2) 試験方法

嵌合前にボルトを回転させることにより内部に導入したゴム材（φ95/φ44, t=8）を1.5mm変形させ、ボルトに初期軸力を与え、嵌合試験を開始する。嵌合時に発生するボルトの軸力、軸ひずみ、軸方向の変位量および支圧板、ワッシャーの変位量を測定した。

(3) 載荷方法

載荷装置に嵌合試験用継手金物（雌金物）を固定し、雄金物側を油圧ジャッキでスライドさせることにより嵌合を行い、加力はジャッキストロークによる変位制御とした。

(4) 試験結果

試験結果として継手金物（雄金物と雌金物）の嵌合時におけるジャッキストロークとボルトに導入された軸力の関係を図-4に示す。ストローク量90mmで軸力60kN（シール材の反発力相当）以上を確保した。

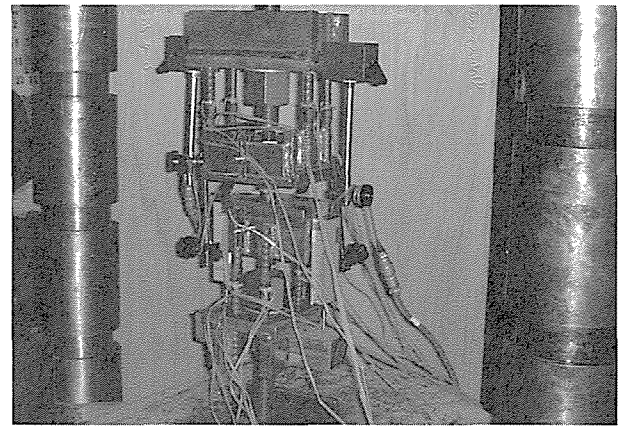


写真-5 セグメント継手引張試験状況

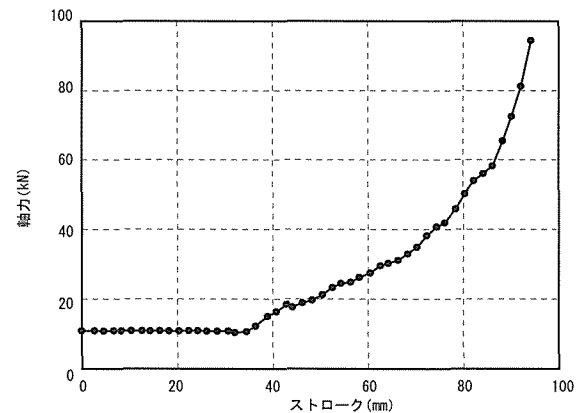


図-4 セグメント継手嵌合試験結果

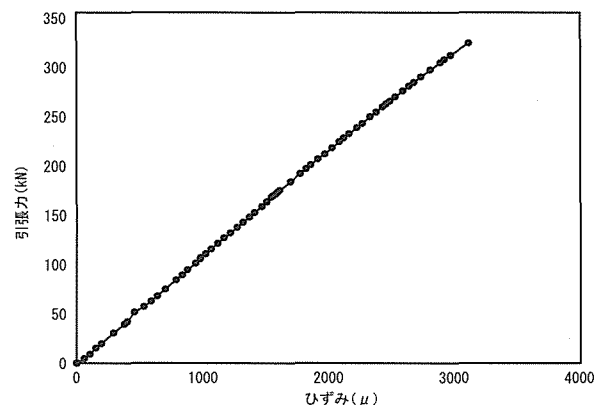


図-5 セグメント継手引張試験結果

4-2 セグメント継手引張試験

セグメント継手の耐力を把握することを目的として、セグメント継手金物単体で継手引張試験を行った。

(1) 載荷装置

試験体のアンカー筋部分に引張試験用治具を溶接し、能力2000kNのアムスラー試験機により加力した。

(2) 試験方法

セグメント継手金物単体のアンカー筋を固定し、軸方向引張力を与えた場合の性能確認試験である。引張試験用継手金物のアンカー筋を加力用治具に溶接しアンカー筋に引張力を与え、継手ボルトひずみ、アンカー筋ひずみ、および継手ボックス部の変位量を測定した。

(3) 載荷方法

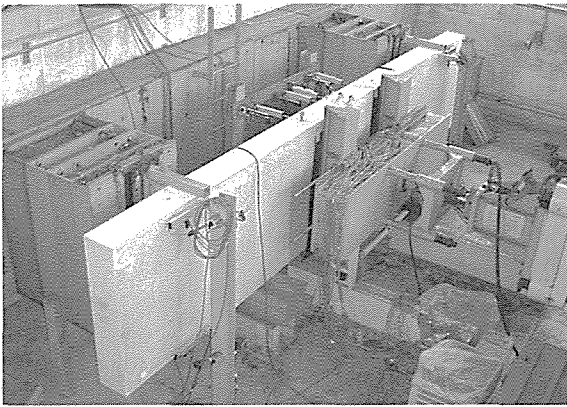


写真-6 セグメント継手曲げ試験状況

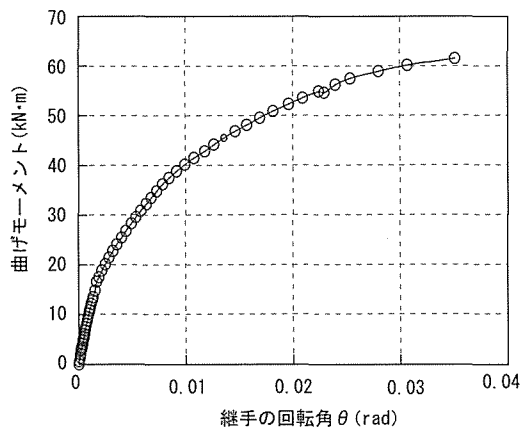


図-6 セグメント継手曲げ試験結果

引張試験用継手金物に取り付けたPC鋼棒 ($\phi 32$) を能力2000kNのアムスラー試験機に装着し、継手金物に引張力を与えることにより行った。加力は、アムスラー試験機の荷重制御とし、破壊まで5kNピッチで載荷した。

(4)試験結果

継手金物（雄金物と雌金物）の引張試験における引張力とボルトに発生したひずみの関係を図-5に示す。ボルト（M24, 8.8）の許容引張荷重（100kN）を十分に確保していることを確認した。

4-3 セグメント継手曲げ試験

スライドロックジョイントを用いたセグメント継手間の曲げに対する性能を確認することを目的として、セグメント継手曲げ試験を平板型セグメントにて行った。

(1)載荷装置

セグメント継手曲げ載荷試験装置を使用した。

(2)載荷方法

加力はRC平板モデルに2点で線載荷し、そのスパンを900mm、支点間隔は3600mmとした。装置・試験体をなじませた後、破壊荷重まで漸増載荷で行った。

(3)試験結果

セグメント継手部に作用する曲げモーメントと継手部の回転角の関係を示したものを図-6に示す。

セグメント継手部における曲げ破壊モーメントの設計値（45.3kNm）を十分に確保していることを確認した。

試験体の破壊状況から、破壊モードは雌金物アンカー

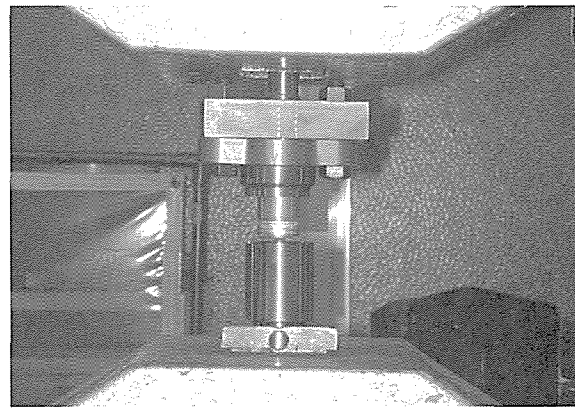


写真-7 リング継手引張試験状況

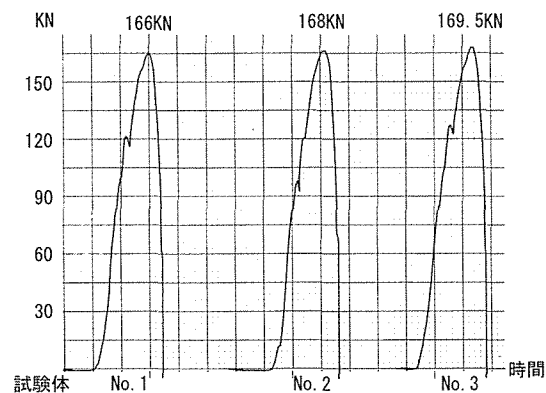


図-7 リング継手引張試験結果

筋の定着破壊であると考えられる。金物自体の剛性は高く、特に雌金物面板はほとんど変形がなかった。全供試体において最大荷重は設計破壊荷重を上回り、セグメント継手の曲げ性能が確認された。

§ 5. リング継手性能確認試験

5-1 リング継手引張試験

リング継手の耐力を把握することを目的として、リング継手金物単体で継手引張試験を行った。

試験の結果、リング継手単体の引張耐力は、M22(6.8)のボルトの降伏引張荷重値150kN以上を確保していることを確認した（図-7参照）。

5-2 リング継手せん断試験

リング継手の組立性能およびせん断耐力を確認することを目的とする。

(1)試験方法

3ピースからなる供試体をリング継手により締結し、最大荷重5000kNの載荷装置により載荷を行った。

(2)載荷方法

リング継手を介して組み合わせた3ピースからなる供試体のうち、中央の供試体の上面をジャッキにて等分布荷重となるように加圧し、リング継手のせん断荷重、破壊状況を調べる。なお、軸力は導入しないものとする。

(3)試験結果

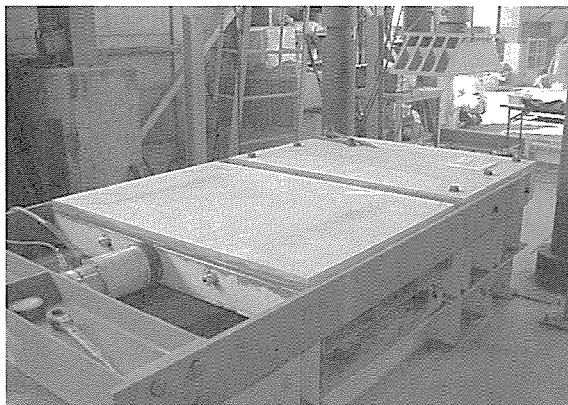


写真-8 リング継手せん断試験組立状況（その1）



写真-9 リング継手せん断試験組立状況（その2）



写真-10 リング継手せん断試験状況

リング継手の組立はスムーズに完了した。試験の結果、せん断耐力は510kNとなり、M22（6.8）のボルトのせん断耐力421kN以上を確保していることを確認した（図-8参照）。

§ 6. BKセグメント組立性能試験

Kセグメントの挿入方法は、軸方向挿入とする。Bセグメントの切羽側およびKセグメントの坑口側にスライドロックジョイントのガイドとなるような切り欠けを設けることにより、嵌合方式であるスライドロックジョイントを配したKセグメントの軸方向挿入を容易にしている。このようなBKセグメントの構造が組立性能に与える影響を確認することを目的として試験を行った。Kセ

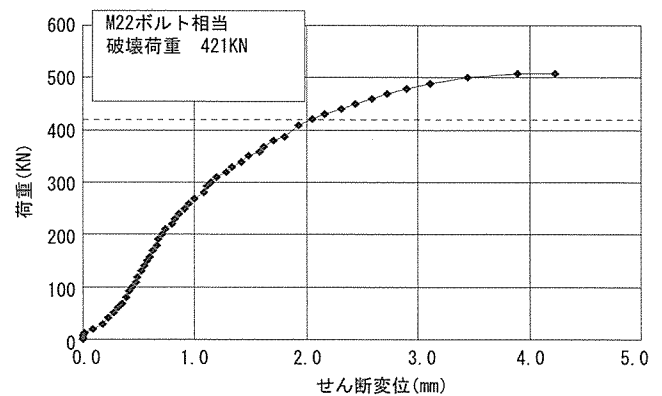


図-8 リング継手せん断試験結果

表-1 リング継手せん断試験結果

M22ボルトから計算した荷重値		試験結果
許容荷重	破壊荷重	破壊荷重
228kN	421kN	510kN

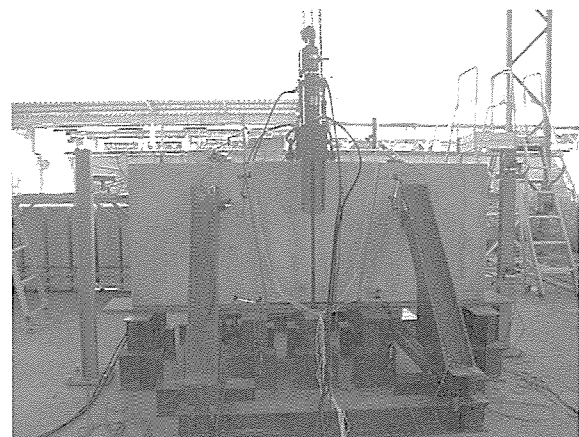


写真-11 Kセグメント組立状況

グメントの構造概要を図-9に示す。

(1)試験方法

あらかじめ、Bセグメント供試体2体を所定の間隔でセットしておき、後からKセグメント供試体をBセグメント供試体の間に挿入し、組立性能を試験する。Kセグメント供試体の挿入は、クレーンにてKセグメント供試体を吊り上げ、自重にてBセグメント供試体の間に挿入する。その後、油圧ジャッキにて完全に挿入する。Kセグメント組立状況を写真-11に示す。

(2)載荷方法

①自重載荷

事前にセットしたBセグメント供試体の間に、Kセグメントをクレーンにて吊り上げ、セグメントの自重のみにて挿入する。

②油圧ジャッキによる載荷

試験治具にセットした2台の油圧ジャッキにより、Kセグメントを押し込む。

(3)試験結果

Kセグメント挿入に必要なジャッキ推力は300kN、そ

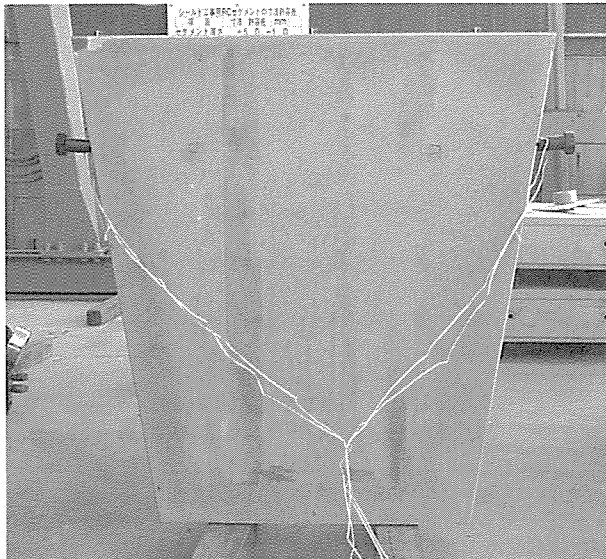


写真-12 Kセグメント構造

の際にボルトに導入される軸力は85kNであった。

Kセグメント挿入時、Kセグメントが挿入方向に対して傾いて挿入される傾向が確認されたが、挿入は比較的スムーズに完了した。

§ 7. おわりに

性能確認試験により、スライドロックジョイントは、従来型セグメントの継手と同等以上の耐力を確保していることを確認できた。また、Kセグメントが比較的スムーズに挿入可能であることを確認できた。それとともに、実用化に向けて解決すべき問題点も確認できた。解決すべき問題点とその解決策を以下にまとめる。

- ①リング継手には、組立誤差を吸収する目的で軸心ずれ用クリアランスを設けているが、その構造上、組立後にセグメント全体が下方にずれる問題がある。このずれを防止するために、リング間にほぞを設けて対処する。
- ②Kセグメント挿入時にKセグメントが傾くためにBKセグメント間で目違いを生じる問題があった。その傾向を防止するために、雄継手ボルトのガイドとなる雌継手金物溝の幅を狭くして組立精度を上げる。また、シール材が組立性能に悪影響を与えている可能性も考えられるため、シール材の形状や材質についても再度検討する。
- ③Kセグメントを軸方向挿入するために、BKセグメントにはガイドとなるような切り欠けを設けている。この切り欠け長を少なくするために、セグメント継手の設置位置をそれぞれリング端面側に移動する。継手を端面側に動かすことで、Kセグメント組立時のセットバック量が小さくなる。
- ④今回の性能確認試験より、継手金物の耐力は十分に確保できていると考えられる。現在、継手金物寸法からセ

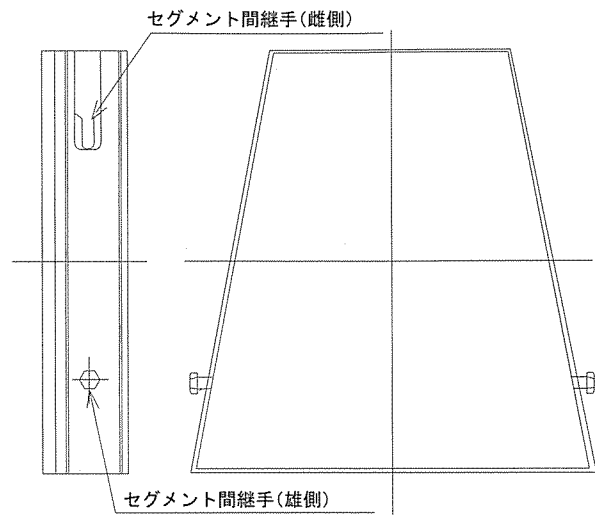


図-9 Kセグメント構造概要図



写真-13 Kセグメント切り欠け部構造

グメント最小桁高を200mmに設定しているが、継手金物をコンパクト化することにより、セグメントの最小桁高を小さくすることができ、コストダウンにもつながる可能性がある。

今後は、これらの問題点を解決し、試験によりそれぞれの性能を確認する予定である。

最後になりましたが、スライドロックジョイントの開発にあたり御協力いただいた、日本鋼管ライトスチール(株)・須藤修氏、長岡省吾氏、日本鋼管継手(株)・長谷川穂積氏、中島昌身氏、坂田和也氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小林正典, 三戸憲二, 大江郁夫, 町田能章: スライドロックジョイントの開発について—要素試験(挿入・単体引張)—, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集VI, pp.62~63, 2000.9