

III-B 137

コーンコネクター(セグメント継手)の開発

— 要素試験(挿入・単体引張) —

(株)クボタ 正会員 堀木雅之
 日本RCセグメント工業会 正会員 本田和之 森 孝臣
 正会員 長岡省吾 岩田和実
 正会員 橋本博英

1. はじめに

現在シールド工事においては、セグメントの締結作業の省力化と工期の短縮等による施工コストの削減が大きな課題になっている。

従来のボルト締結方式に代替する継手構造として、日本RCセグメント工業会はコーンコネクターと呼ぶ継手構造の開発に着手した。この継手はセグメントの組立をワンパスで行うことにより省力化を狙ったものである。

今回はセグメント継手、下水道標準外径4800mm、幅1000mm、桁高200mmのRCセグメントにM22(8.8)ボルト2本を用いた場合と同等な継手性能を有するコーンタイプM、F金物をダクタイル鋳鉄(FCD500)にて設計し挿入嵌合時の挙動と単体引張試験を行ったその試験結果を報告する。

2. コーンコネクター(セグメント継手)の構造

1) 嵌合の構造

セグメント本体のセグメント継手部に図1の如く半円の凹部が巾方向にあって、そこに1ケないし2ケのF、M金物がアンカー部を介して埋設されている。セグメント本体が軸方向にスライドされ、M金物がF金物に挿入嵌合される。

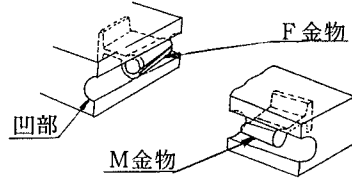


図1 セグメント継手部

2) 金物の設計

F金物が中空部をもつスリット付き円形弾性中空コーン、M金物が中実コーンとして、F金物とM金物間の力の授受は嵌合部の接触面に等分布するとして設計する。図2には、F金物の引張力PとF金物の母線に沿ってM金物に作用する一様な分布力pとを示す。

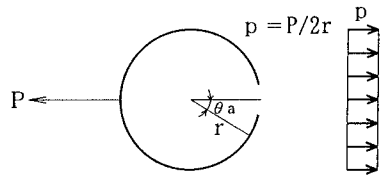


図2 等分布荷重のケース(荷重は単位長さ当たり)

3) F金物の構造

図3のように中空部をもつスリット付き中空コーンにウェブとアンカー部を設けてセグメントに埋設され、M金物が挿入嵌合できるようになっている。

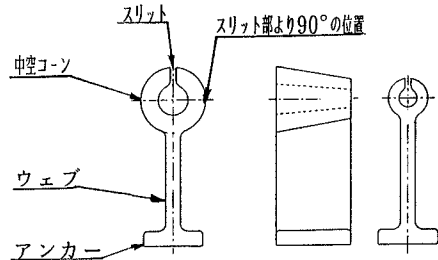


図3 F金物

4) M金物の構造

図4のように中実コーンにウェブとアンカー部を設けてセグメントに埋設され、F金物の所定位置範囲に挿入嵌合される。セグメントの使用目的により挿入時にプレストレスを導入することが可能である。

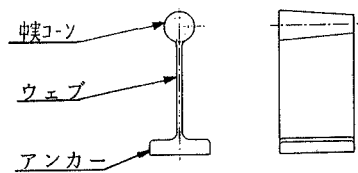


図4 M金物

3. コーンコネクター挿入試験結果

図5のようにF金物を定盤に固定してジャッキにてM金物を10tf迄挿入した。

1) 挿入力と挿入量の関係

図6に挿入力とM金物の挿入量の関係を示す。除荷しても殆ど変化しないことがわかる。F金物の受入口とM金物の挿入側にはクリアランスがあるため挿入は容易であり又、挿入完了時にはクリアランスはなくなる。

挿入力(F)tfと挿入量(x)mmの関係は $F = 0.3x^{2.5}$ で表される。

2) プレストレス量の推定

M金物はF金物に挿入さるため、直接歪を測定できない。従ってF金物のスリット部より中空コーンの90°位置の発生歪より推定してみた。

挿入力(F)と締結力(G)との関係式は楔理論より

$$F = 2(\mu + \tan \theta)G - \text{①}$$

ダクタイト金物(FCD500)同士の摩擦係数測定を $\mu = 0.2$ $\tan \theta = 0.08$ (テーパ量)とすれば $F = 5$ tfとして①式から $G = 8930$ kgfになる。

一方、このGが図2のようにF金物に等分布作用するとしてスリット部より90°位置の縁応力を推定すると $\sigma_0 = -0.08G$ となる。挿入力5tf時の平均実測歪は表1から 320μ であるため $\sigma_0 = 320 \times 1.7 = 540$ kgf/cm² 従って、実測歪からのGは $540 / 0.08 = 6750$ kgfとなり、この実測値は計算値の76%となる。

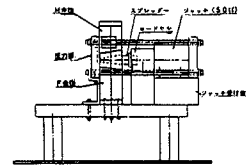


図5 挿入試験図

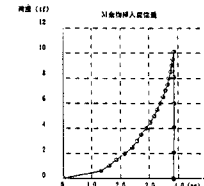


図6 荷重変位線図

表1 F金物の発生歪(θ=90°)

挿入力(tf)	G1	G2	平均(μ)
5	-485	-157	-321

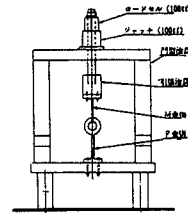


図7 引張試験方法

4. 単体引張試験結果

図5のようにプレストレス導入後、図7に示すように門型治具をセットして油圧ジャッキにて引張力を作用させた。

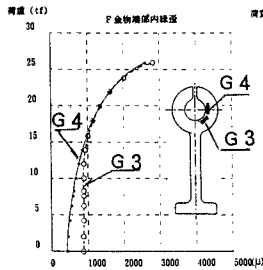


図8 荷重-歪線図

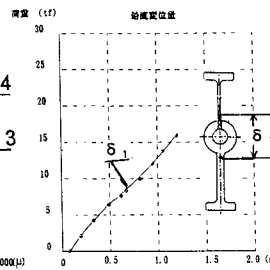


図9 荷重-変位線図

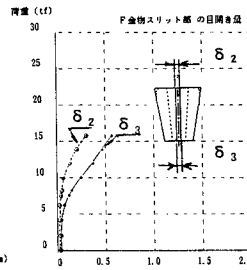


図10 荷重-目開き量

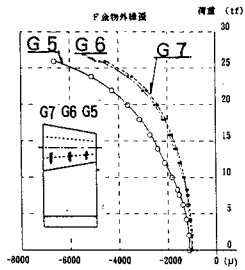


図11 荷重-歪線図

- ① 挿入力5tfでプレストレスを導入しているため、F金物の歪について図8のように20~23tfで降伏しておりプレストレスの影響があることが判る。図9のように目開き量(鉛直変位)は、7.3tf許容荷重時で0.6mmであり、図10のようにスリットの目開きは7.3tf許容荷重時で0.21~0.23mmであった。
- ② 図11のようにF金物の外縁歪は受入口側(手前側)の方が奥側より小さい傾向を示す。
- ③ コーンコネクターの破壊荷重は27.4tfで、計算破壊荷重24.4tfの1.1倍であった。

5. まとめ

挿入力によりプレストレスを制御することができることが判った。設計強度を十分クリアすることも確認できた。今後はセグメントの組立を容易にする寸法、形状の検討とガイドの方法の検討を行う予定である。リング継手についてもコーンタイプにて開発の予定である。

最後に、本実験を行うにあたり貴重な御助言、御指導を戴いた東京都立大学 山本 稔 名誉教授に謝意を表します。

Ⅲ - B138

コーンコネクター（セグメント継手）の開発

—継手曲げ試験—

日本RCセグメント工業会 正会員 森 孝臣 正会員 本田和之
 正会員 林 伸郎 正会員 菊池征祐
 正会員 大長唯宏
 クボタ 正会員 堀木雅之

1. はじめに

現在、シールド工事においては、セグメントの締結作業の省力化と工期の短縮等による施工コストの削減が課題になっている。日本RCセグメント工業会ではこのニーズに対し、二次覆工省略形セグメントとして自動組立に適するワンパス施工を基本とし、完全内面平滑を可能にするコンクリートセグメント「コーンコネクターセグメント」の基礎実験を1995年から行ってきた。土木学会第51回年次学術講演会においてはコーンコネクター継手金物の要素試験として単体の挿入試験、引張試験を行い、その概要と試験結果を報告した。今回、その試験結果をふまえてコーンコネクターセグメントの開発の一環として、セグメント継手の曲げ試験を行った。その結果について報告する。

2. 試験の概要

(1) 試験供試体

試験供試体は、平板供試体（長さ2000mm 幅 1200mm 厚さ 225mm）とし、継手部を図-1に示すように軸方向挿入型のBK間を想定して角度を持たせた。相対する継手面に、それぞれコーンコネクターF型金物、M型金物を埋め込んである。試験は、接合面の中空部がそのままの場合とモルタルを充填した場合の2ケース行った。試験供試体の断面諸元、性能の理論値は表-1の通りである。

表-1 断面諸元・性能表(理論値)

	継手部
B (cm)	120.0
h (cm)	22.5
As (cm ²)	22.0
d (cm)	11.25
Mr (tf・m)	2.154
Mu (tf・m)	5.370
Pu (tf)	8.95

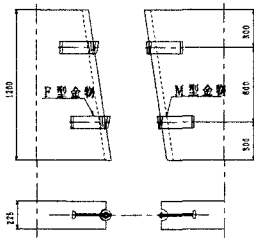


図-1 コーンコネクター継手部

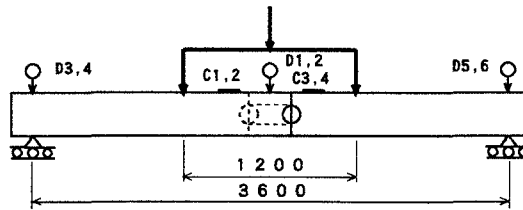


図-2 試験概要

(2) 試験方法

試験は図-2のように、水平2点荷重、両端可動支持とし油圧ジャッキにより継手部に純曲げを作用させて行った。また、荷重方法は設計荷重時の挙動を確認するため、設計荷重(3.6tf)までの第一回目荷重と、その後、破壊までの第二回目荷重による繰り返し荷重を行った。尚、試験実施の安全上、供試体の変位量のうち支点沈下、継手部開口量測定及びひびわれの追跡調査は荷重荷重5tfで中止した。

二次覆工省略形セグメント コーンコネクターセグメント F型金物 M型金物

〒102 東京都千代田区飯田橋3-11-18 TEL03-3264-4825 FAX03-3264-4832

3. 試験結果

初期ひびわれは、充填無しの場合、3.6tfで継手部中空部に、充填有りの場合は4.5tfで継手部背面側に発生した。破壊荷重は充填無しが9tf、充填有りが8.6tfだった。どちらの場合もF型金物のコーン部が破断した。ほぼ計算値8.95tf通りだった。

図-3は各荷重段階におけるコーンコネクター金物の歪を表したグラフである。どちらのケースも計算値よりも歪の値は小さく推移している。充填有りの方が個々の歪のばらつきは少なく、歪の値は小さくなっており、充填の効果が出ている。

図-4は各荷重段階における背面側コンクリート圧縮歪を表したグラフである。充填有りの方は設計荷重付近までは $n=4.36$ の計算値に沿って、以後は $n=12$ の計算値に沿って変化しているが、充填無しの方は2tf付近から $n=12$ の方へ変化していている。充填有りの方が歪は小さくなっていった。

図-5は各荷重段階における中央部の鉛直変位量を表したグラフである。充填無しの方は1tf迄の変位が多かったが、それ以降の変位の増加は充填有りの場合とほぼ同一となっている。5tf時で支座位下測定を中止したため、5tf以降の中央部鉛直変位は支座位下での沈下量を差し引いていない。そのために5tfを過ぎると変位が急に増えた測定結果に見えるが、これを考慮に入れると設計荷重の約2倍の7tf付近までは継手部を考慮した変位の計算値よりも本体部だけの変位の計算値に沿って推移した。この事より、継手部は本体部のRC断面相当の剛性があると言える。

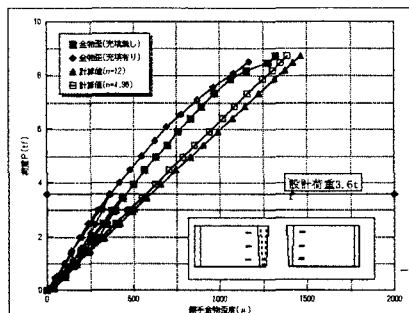


図-3 荷重-継手金物歪関係図

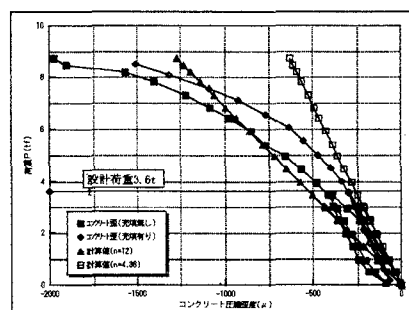


図-4 荷重-コンクリート圧縮歪関係図

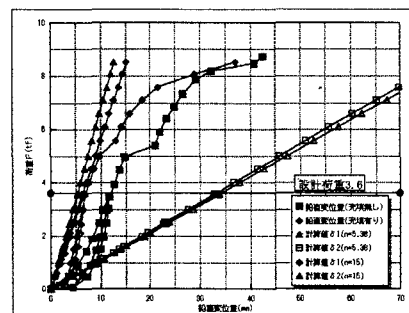


図-5 荷重-鉛直変位量関係図

4. まとめ

今回行った継手曲げ試験結果より以下の事が分かった。

- 1) 設計荷重時においては、継手部の中空部をモルタル充填する事は、歪分布のばらつきの減少、歪の減少、開口量の減少に貢献する。
- 2) 継手部の変位に関しては、本体部RC断面相当の剛性がある。
- 3) 継手部の耐力は、コーンコネクターF型金物のコーン部での耐力に左右される。

今後、この実験結果を踏まえ、実用化を図って行きたいと考えている。

最後に、本試験を行うにあたり貴重な御助言、御指導をいただいた東京都立大学の山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 堀木、本田、長岡：コーンコネクター(セグメント継手)の開発、土木学会第51回年次学術講演会、1996、9

Ⅲ - B139

コーンコネクター(セグメント継手)の開発

—組立性試験—

日本RCセグメント工業会 正会員 岩田 和実 正会員 橋本 博英
 正会員 本田 和之 正会員 長岡 省吾
 正会員 森 孝臣
 クボタ 正会員 中村 哲治

1. はじめに

近年のシールドトンネル工事では、施工コストの削減が大きな課題となっており、自動組立を含めたセグメント組立時間の短縮や二次覆工の省略等について、新工法や新型セグメント、新型継手の開発が盛んに行われている。

日本RCセグメント工業会では、従来のボルトを使わずシールドジャッキを用いたワンパスで継手の締結が可能であり、セグメント内面の平滑性も確保できる、自動組立に適した継手としてコーンコネクター継手の開発に着手し、昨年の土木学会第51回年次学術講演会において、コーンコネクター継手単体を用いた要素試験(挿入ならびに引張試験)について、その概要と試験結果について報告を行った。¹⁾

今回、この継手単体の要素試験の結果を受けて、実際に継手を埋め込んだ長さ2000mm・幅1200mm・桁高225mmの平板型供試体を3体作成し、組立試験を行った。本文では、この組立試験の試験結果について報告する。

2. 試験の概要

(1) 試験供試体

試験供試体は、図-1に示すようにB1、B2およびK型の3種類であり、B1ならびにB2型の継手面にはF金物が、K型の継手面にはM金物が、それぞれ一継手面に対して2ヶ、アンカー部を介して埋設されている。図-2には、セグメント継手に埋設されたF、M金物の概念図を示す。

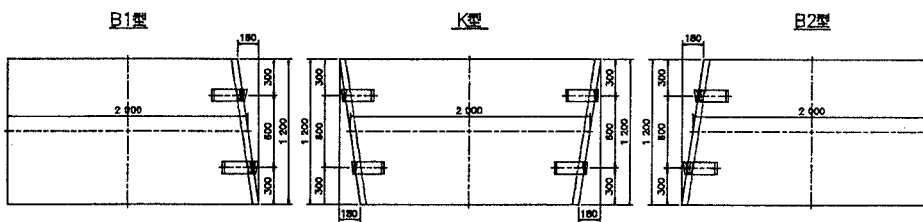


図-1 供試体構造図

(2) 試験方法

試験は、図-3に示すように定盤の上にB1、B2型供試体を固定し、両供試体の間にクレーンで吊り下げたK型供試体を自重のみで挿入することで行う。測定項目は、挿入が終了した時

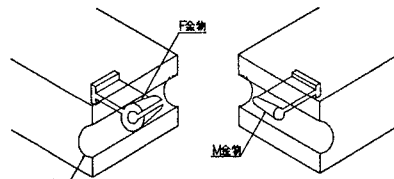


図-2 継手部の概念図

点でのB1～K、B2～Kの段差および内面側、背面側それぞれの目開き量とし、試験ケースは、表-1に示す5ケースとする。

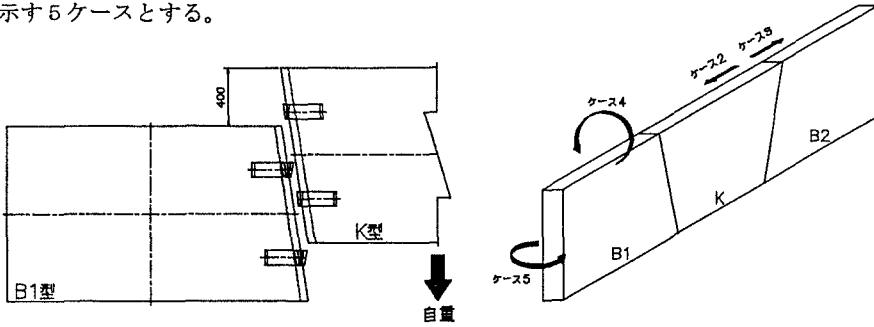


図-3 試験方法

3. 試験結果

表-2に組立性試験の試験結果を示す。表-2よりB1～B2寸法が設計寸法通りの試験ケース（ケース1、ケース4およびケース5）ではK型供試体を供試体の自重のみでも継手の正規の位置まで挿入することが

ができたが、挿入終了時に内面側、背面側とも若干の目開きを生じていた。B1～B2寸法が設計寸法と異なる場合（ケース2およびケース3）には、供試体の自重のみでは、セグメントを正規の位置まで挿入することができず、それに伴い目開き量も大きくなっている。

表-1 試験ケース一覧表

試験ケース	B1～B2寸法	B1供試体の倒れ（回転）
ケース1	設計寸法通り	なし
ケース2	設計寸法-2mm	なし
ケース3	設計寸法+2mm	なし
ケース4	設計寸法通り	厚さ方向背面側へ2mm
ケース5	設計寸法通り	長さ方向背面側2mm

表-2 試験結果の一覧表

試験ケース	段 差 (mm)				目 開 き 量 (mm)							
	a1	a2	a3	a4	背 面 側				内 面 側			
					b1	b2	b3	b4	c1	c2	c3	c4
ケース1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.6	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0
ケース2	4.0	4.0	4.0	4.0	0.5	0.6	0.9	0.5	0.4	0.3	0.3	0.0
ケース3	9.0	10.0	9.0	10.0	3.3	3.7	3.6	3.7	3.0	3.2	2.5	2.6
ケース4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.8	0.6	0.0	0.1	0.4	0.0
ケース5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	1.0	1.3	0.0	0.0	0.2	0.6

4. まとめ

以上、今回行った組立性試験より以下のような事が分かった。

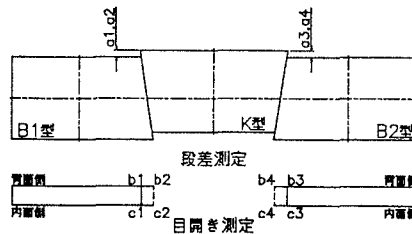
1) 最後にK型セグメントを組む際に2～3mm程度のズレ、ねじれであれば組立可能である。

2) 本試験においては、自重のみによる挿入のため、K型ピースが挿入される空間が2mm程度狭い（広い）場合には挿入残を生じたが、推力ジャッキを用いることで挿入残の修正は可能であると思われる。

最後に今回の試験を行うにあたり、貴重な御助言、御指導を頂いた東京都立大学 山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

1) 堀木、本田、森：コーンコネクター（セグメント継手）の開発、土木学会第51回年次学術講演会，1996,9



Ⅲ - B140

コーンコネクター(リング継手)の開発

-要素試験(挿入・単体引張)-

クボタ 正会員 中村哲治

日本RCセグメント工業会 正会員 本田和之 正会員 森 孝臣

正会員 林 伸郎 正会員 岩田和実

正会員 菊池征祐

1. はじめに

現在シールド工事においては、セグメントの締結作業の省力化と、工期の短縮等による、施工コストの削減が大きな課題になっている。昨年の第51回土木学会講演会にて発表したコーンコネクター(セグメント継手)に引き続き、日本RCセグメント工業会は、リング継手にもコーン方式の継手構造の開発に着手した。この継手は、セグメント組立をワンパスで行うことにより、省力化と内面平滑二次覆工省略によるコスト削減を狙ったものである。今回は、下水道標準外径4800mm、幅1000mm、桁高200mmのRCセグメントに、M22(4.6)ボルトと同等のリング継手性能を有する、リング継手M型コネクターをダクタイル鋳鉄(FCD500)で設計し、挿入試験と、挿入後、引張試験を行った。その試験結果を報告する。

2. コーンコネクター(リング継手)の構造

1) 嵌合の構造

図1のように、セグメント本体のリング継手部に、F型コネクター(RCセグメント本体に造型されたメス型)と相対する面に、M型コネクターがアンカー部を介して埋設されている。セグメント本体が軸方向にスライドされ、M型コネクターがF型コネクターに挿入嵌合される。

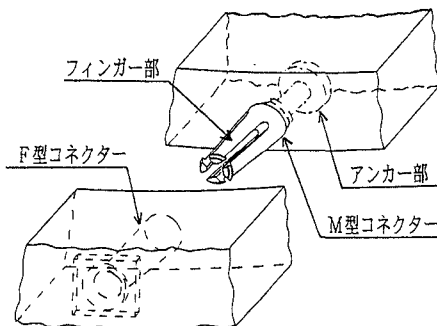


図1 リング継手部の構造

2) M型コネクターの構造

中空コーン部(フィンガー部)をスリットによって等分割する。フィンガー先端の爪が、F型コネクターへの挿入によって、その最狭部を通過した後、開く構造である。(図2参照)

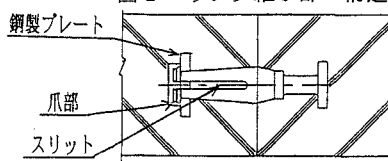


図2 嵌合の状況

フィンガーの引張強度は、M22(4.6)ボルトと同等とする。

3) F型コネクターの構造

図2のように、セグメントリング継手面に設置する、M型コネクターの受入装置であって、爪部が当たる部分には、鋼製プレートを埋込み、M型コネクター引張時に爪部の支圧に耐えるようになっている。

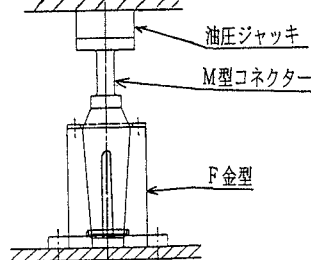


図3 試験状況

3. M型コネクター要素試験

1) 挿入試験

図3のように、F型コネクターを2分割鋼製金型で製

二次覆工省略型セグメント コーンコネクター M型コネクター F型コネクター フィンガー
〒551 大阪市大正区南恩加島 7-1-22 TEL06-552-1180 FAX06-552-9040

作した。その金型を定盤にセットし、油圧ジャッキにてM型コネクタを挿入した。フィンガー一部の歪測定箇所は、図4のとおりである。

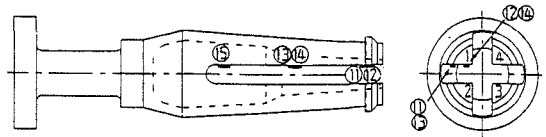


図4 フィンガー部の歪測定箇所

①荷重-歪の関係について

荷重-歪のグラフを図5に示す。最狭部通過時の挿入力は、220 kgfであった。先端より80 mm部(G14)の破断直前の実測歪 -501μ は、フィンガーを片持梁とした計算値の28%の値であった。一方、鋼とダクタイル鋳鉄の摩擦係数を0.15と仮定し、挿入力より面圧を算定すると257 kgfとなる。

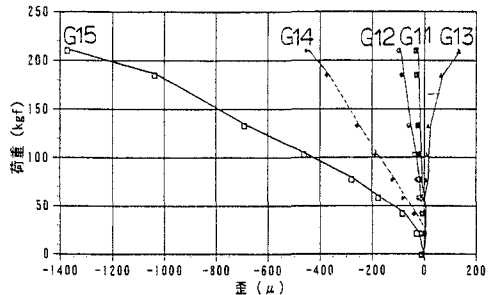


図5 挿入試験(フィンガー部の歪)

②フィンガーの弾性変位量及び塑性変形量

表1に示すように、挿入時と挿入後F金型より開放時のフィンガー爪部外径寸法から、フィンガーの弾性変位量は、6.8 mm~7.0 mmとなる。

挿入前後のフィンガー爪部外径寸法から、フィンガーの塑性変形量は、1.2~1.6 mmである。

表1 フィンガー爪部外径弾性変位量と塑性変形量(mm)

測定箇所	挿入前の爪部外径	最狭部の金型径	挿入後の爪部外径	弾性変位量	塑性変形量
1~3	66.0	58.0	64.8	6.8	1.2
2~4	66.6	58.0	65.0	7.0	1.6

2) 引張試験

M型コネクタのアンカーフランジ部に取付孔加工しF型コネクタ(鋼製金型)に挿入した後、センターホールジャッキで引張荷重を行った。

①荷重-歪の関係について

図6のグラフより、爪部先端内径側(G12)においては、破断直前に10000 μ を超す大きな歪が発生しているが、ボルト許容荷重3.6 tf時の実測歪は、許容圧縮応力度の80%の値であり、問題はない。

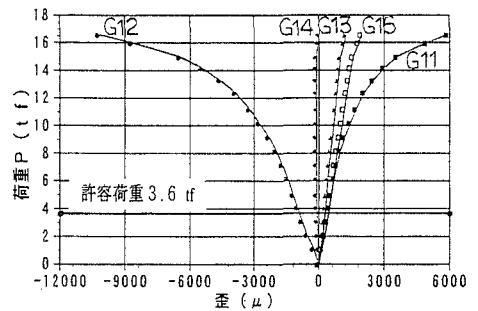


図6 引張試験(フィンガー部の歪)

②荷重-変位の関係について

図7のグラフより、ボルト許容荷重3.6 tf時のM型コネクタの変位は、0.27 mmであり、目開きによる止水には問題がない。

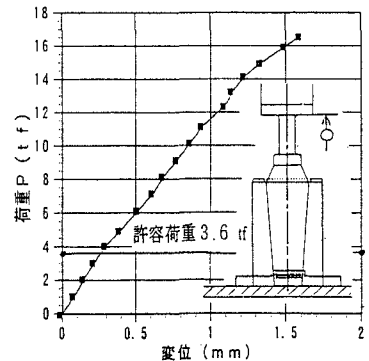


図7 M型コネクタの変位

③破壊強度について

最終引張荷重1.7 tfで爪の根元部又は、爪の後部で4本のフィンガーが破断した。M22(4.6)ボルトの引張荷重1.2 tfの1.4倍であった。

4. まとめ

- 1) M22(4.6)ボルト相当の引張性能が確認された。
- 2) M型コネクタは、挿入時にフィンガー根元部で局部的に塑性するが、引張荷重載荷時には問題ない。
- 3) 今後、M型コネクタのコンパクト化を図っていく。

最後に、本実験を行うにあたり貴重な御助言、御指導を戴いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝意を表します。

Ⅲ-B156

コーンコネクター(セグメント間継手)の開発

一組立性試験(水平仮組試験)一

日本RCセグメント工業会 正会員 矢島 大 正会員 森 孝臣
 正会員 長岡 省吾 正会員 橋本 博英
 正会員 本田 和之 正会員 秋田谷 聡
 クボタ 正会員 堀木 雅之

1. はじめに

近年、シールドトンネル工事では施工コスト削減を目的として、セグメント組立時間の短縮、二次覆工の省略等に対応する新工法、新型セグメントや多種多様な新型継手の開発が実用化に向けて盛んに行われている。

日本RCセグメント工業会では、従来のボルトを使用せずシールドジャッキを用いたワンパス継手として、コーンコネクター継手の開発に着手し、1995年から基礎実験、要素試験を行ってきた。今回は、これまでの試験結果を踏まえ、また平成10年6月の実施工への適用を目的とした組立性試験として水平仮組試験を実施したので、その概要と試験結果について報告をする。

2. 試験の概要

(1) 試験内容

施工の実体を考慮して行うため、定盤上にシール材を貼付したセグメントを水平に2リング千鳥組して組立時の異常の有無を確認する(通常はシール材を用いない)。図-1にセグメント組立図、表-1にセグメントの仕様を示す。

(2) 試験方法

シール材(図-2、表-2)を貼付したセグメントの2リング水平仮組を次の順序で行う。

- 1) 注入孔に吊り治具を取付け、クレーンにて水平に吊り下ろす。この時、現場施工条件に合わせてシール材には滑材を塗布する。
- 2) A2→A1→B2→B1→Kの順にセグメントを組立て、組立時の荷重を製品の自重(A型1tf, B型0.9tf, K型0.4tf)とし、挿入残が有った場合にはジャッキ推力を加える。この時、荷重と挿入量の関係を計測する。
- 3) 各リング組立後、図-1の①~⑤位置の目開き量を外径面、内径面の上下について計測する。
- 4) 各リング組立後、リングの真円度、外径、内径、ボルトピッチサークル径を計測する。

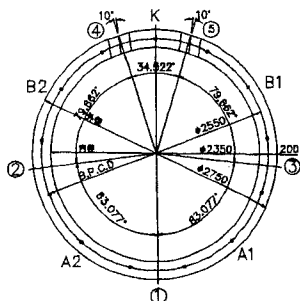


図-1 セグメント組立図

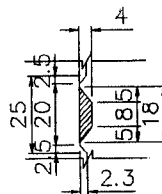


図-2 シール溝及びシール材形状

表-1 セグメントの仕様
単位(mm)

セグメント	形式	RC平板型
	分割	5(4+K)
	外径	2750
	桁高	200
	幅	1000
継手	セグメント間	コーンコネクター
	リング間	模式ピン継手

表-2 シール材の仕様

シール材のシール溝に対する体積比	1.005
体積膨張	3倍型
硬度	45

コスト削減 コーンコネクター継手 ワンパス継手 水平仮組試験

〒108 東京都港区芝4-2-3 TEL 03-5232-1412 FAX 03-5232-2651

3.試験結果

表-3~5に水平仮組試験の結果を示す。

(1) 真円度

表-3の真円度より1リング目は許容値±7mmの範囲内であったが、2リング目ではB2-A1の外径が+8mm、K-①型の外径が+10mmであり、許容値に対してそれぞれ+1mmおよび+3mmであった。

(2) 目開き量

表-4の目開き量は、1リング目、2リング目共に適度な目開きを生じているが、2リング目の方が目開き量が大きくなる傾向にある。

(3) 組立性

A,B型セグメントは自重により組立が可能であった。また、K型セグメントは図-3、表-5に示すように自重のみは3mm~4mm程度の挿入残が生じているが、推力ジャッキで荷重を2tfまで加えると1mm前後挿入することができ、除荷すると0.3~0.6mm程度押し戻された。

表-3 真円度 単位(mm)

測定箇所	計測値	計測値 - 理論値
1 リ ン グ	B2-A1 外径	2758 +4
	B2-A1 ボルトピッチ	2555 -1
	B2-A1 内径	2354 0
	K-① 外径	2760 +6
	K-① ボルトピッチ	2555 +2
	K-① 内径	2356 +1
2 リ ン グ	B1-A2 外径	2754 +4
	B1-A2 ボルトピッチ	2551 -1
	B1-A2 内径	2351 +3
	B2-A1 外径	2758 +8
	B2-A1 ボルトピッチ	2555 +5
	B2-A1 内径	2354 +4
K-①	外径	2760 +10
	ボルトピッチ	2555 +5
	内径	2356 +6
	外径	2754 +4
	ボルトピッチ	2551 +1
	内径	2351 +1

※ 外径 理論値 = 2750 内径 理論値 = 2350
ボルトピッチサークル理論値 = 2550

表-4 目開き量

セグメント	計測箇所	1リング				2リング			
		外面		内面		外面		内面	
		上	下	上	下	上	下	上	下
A1 A2	①	2.30	2.30	1.80	2.20	2.90	2.60	3.00	1.20
A2 B2	②	1.80	2.20	1.70	2.10	3.40	1.30	2.50	2.20
A1 B1	③	1.70	1.60	2.70	1.80	3.00	1.00	3.60	1.70
B2 K	④	0.75	0.20	1.00	0.40	2.90	3.00	2.10	2.10
B1 K	⑤	0.70	1.70	0.25	1.15	1.50	1.70	1.60	1.60

表-5 K型セグメントの挿入残

測定箇所	単位(mm)			
	1リング		2リング	
tf	a	b	a	b
自重	3.6	4.3	3.3	4.2
0.5	3.6	4.1	2.8	3.6
1.0	3.5	3.9	2.3	3.1
1.5	3.1	3.4	2.2	2.9
2.0	2.7	3.1	2.0	2.5
除荷	3.0	3.7	2.4	3.1

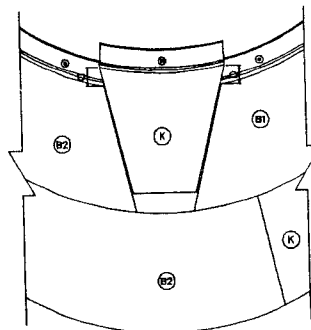


図-3 K型セグメント挿入残概略図

4.まとめ

以上の結果より、今回は組立性試験として水平仮組試験を行うに当たり硬度の高いシール材を使用したために、真円度、目開き量、K型の挿入残に若干の不具合が生じているが、シール材の体積膨張率を変えずに硬度を下げたものを使用すれば実施工ではセグメント継手の引き寄せ力により高精度の組立が可能であると考えられる。また、K型セグメントの挿入残は実施工のジャッキ推力(80tf)であれば、ずれ変位を生じて十分に挿入することが可能であると考えられる。

最後に今回の試験を行うにあたり、貴重な御助言、御指導を頂いた東京都立大学 山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 岩田、橋本、本田：コーンコネクター (セグメント間継手) の開発、土木学会第52回年次学術講演会、1997,9

Ⅲ - B 155

コーンコネクター（リング継手）の開発

日本RCセグメント工業会 正会員 小林一博 正会員 秋田谷聡
 正社員 本田和之 正会員 森 孝臣
 正会員 林 伸郎 正会員 大長唯宏
 クボタ 正社員 堀木雅之

1. はじめに

現在シールド工事においては、セグメントの締結作業の省力化と、工期の短縮等による、施工コストの削減が大きな課題になっている。日本RCセグメント工業会ではこのニーズに対し、二次覆工省略型セグメントとして自動組立に適するワンパス施工を基本とし、完全内面平滑を可能にするコンクリートセグメント「コーンコネクターセグメント」の基礎実験を1995年から行ってきた。昨年度は、コーンコネクター継手金物の要素試験を行い、その概要と試験結果を報告した。

今回、この継手単体の要素試験の結果を受け、実際に改良を加えた継手を埋め込んだ平板型供試体を製作し、押込み試験・引張り試験・接線方向載荷試験（せん断試験）を行った。ここでは、引張り試験・接線方向載荷試験（せん断試験）について報告する。

2. 引張り試験

2. 1. 試験概要

試験供試体は、図-1に示すように平板供試体（長さ800mm 幅800mm 桁高225mm）とし、継手部は、F型コネクター（RCセグメント本体に造型されたメス型）と相対する面に、M型コネクターがアンカー部を介して埋設されている。図-2に継手の概念図を示す。引張り力は、供試体の両端に設置した載荷フレームとジャッキにより継手面に発生させた。また、止水及び防食を目的とした継手部へのモルタル注入有無による2ケースの載荷を行った。

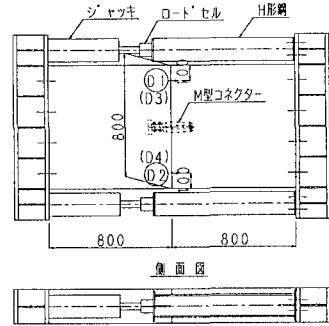


図-1 引張り試験装置概要

2. 2. 試験結果

リング継手部に作用する引張り荷重と供試体の相対変位の関係を図-3に示す。図-3によると、注入を行ったケースでは、注入を行っていないケースに比べ変位量は、小さい値となっている。この結果を設計荷重時（= 6.35tf）の引張バネ定数で比較すると表-1のようになる。また、最大荷重は9.2tfおよび9.3tfであり、注入の有無による差異はほとんど見られなかった。

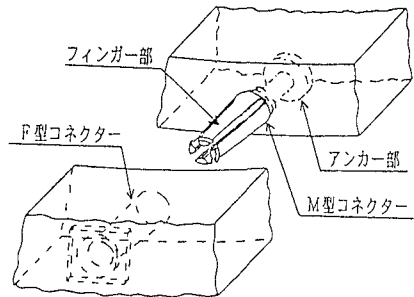


図-2 継手の概念図

表一 引張バネ定数

注入の有無	有り	無し
引張バネ定数	32563 tf/m	8590 tf/m

3. 接線方向載荷試験（せん断試験）

3. 1. 試験概要

試験供試体は、図一4に示すように引張り試験と同形状の平板供試体（長さ 800mm 幅 800mm 桁高 225mm）とし、供試体の継手近傍をジャッキにより接線方向から載荷した。また、組立時・完成時の差異を把握するために、継手部へのモルタル注入有無による2ケースの載荷を行った。

3. 2. 試験結果

リング継手部に作用するせん断力と相対変位の関係を図一5に示す。図一5によると、注入を行ったケースでは、注入を行っていないケースに比べ変位量は、小さい値となっている。この結果をせん断バネ定数（ $P=1.0$ tf時）で比較すると表一2のようになる。また、最大荷重は注入を行わないケースで3.2 tf、注入を行ったケースでは、載荷治具能力の10 tfまで載荷しても破壊には、至らなかった。

表一2 せん断バネ定数

注入の有無	有り	無し
せん断バネ定数	8080 tf/m	503 tf/m

4. まとめ

引張り試験、接線方向載荷試験から、以下のことが確認された。

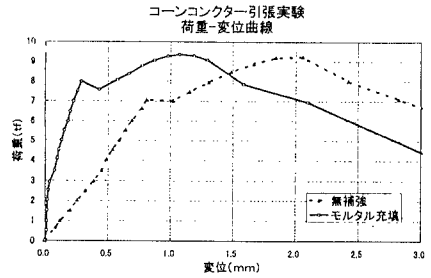
- 1) 組立時（注入無し）には、引張りおよび接線方向の剛性は小さいため、セグメント位置の修正は容易に行える。
- 2) 完成時（注入有り）には、引張りおよび接線方向の剛性が大きくなり、せん断耐力が著しく向上する。この事は、トンネル覆工として一体化がすすむ事を意味している。
- 3) 引張り方向の継手部の耐力は、コンクリートのコーン破壊によって決まったので、支圧板のアンカー等による補強が必要である。

今後、この実験結果を踏まえ、実用化を図って行きたいと考えている。

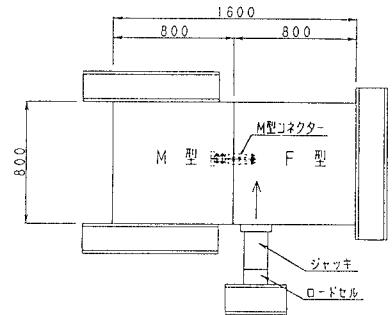
最後に、本試験を行うにあたり貴重な御助言、御指導をいただいた東京都立大学の山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

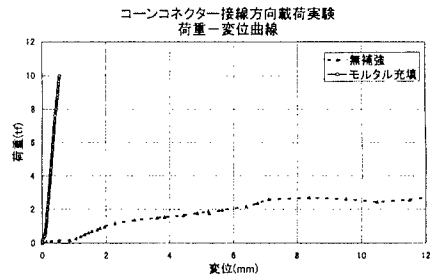
- 1) 森、本田、林：コーンコネクター(セグメント継手)の開発 [継手曲げ試験]、土木学会第52回年次学術講演会、1997,9
- 2) 岩田、橋本、本田：コーンコネクター(セグメント継手)の開発[組立性試験]、土木学会第52回年次学術講演会、1997,9
- 3) 中村、本田、森：コーンコネクター(リング継手)の開発、土木学会第52回年次学術講演会、1997,9



図一3 荷重と継手部相対変位の関係



図一4 接線方向載荷試験装置概要



図一5 荷重と継手部相対変位の関係

Ⅲ - B64 ワンパス継手(コンコネクター)の開発

— 締結力確認試験(セグメント間組立試験) —

日本RCセグメント工業会 正会員 森 孝 臣
 株式会社 鴻池組 正会員 井澤武史
 日本RCセグメント工業会 正会員 大長唯宏
 正会員 橋本博英
 正会員 秋田谷聡

1. はじめに

近年シールド工事では、セグメント組立の省力化・工期短縮等による施工コストの縮減とともに、二次覆工の省略が望まれている。コンコネクターは、セグメント継手とリング継手をワンパスで締結可能あり急速施工に適し、さらに内面平滑で二次覆工の省略が可能なセグメントである。本実験は、1995年よりおこなってきたワンパス継手の開発の一環として、セグメント間の締結力を把握することを目的としおこなった、締結力確認試験(セグメント間組立試験)の結果について報告する。

2. 継手の概要

セグメント継手は、F金物が中空部をもつスリット付き円形弾性中空コン、M金物が中実コンで、トン軸方向にスライドすることにより挿入嵌合される。嵌合の初期においてはF金物の挿入口とM金物の先端には寸法差があり、組立を容易にしている(図-1)。また、シール材の封入は嵌合の過程でおこなわれ、その押付け力を自動的にえることが可能である。F金物とM金物の力の授受は、嵌合部の接触面に等分布に作用するとして設計する。設計時の継手の位置関係は、セグメント間の粗位置決め完了後にセグメント間の嵌合をおこなえば、セグメント間の調芯効果により、リング間位置が容易に決定するように配置している。金物の材質は球状黒鉛鋳鉄 FCD500 を使用している。

3. 試験概要

図-2に示すセグメント継手面の実物大供試体を1組製作し、F金物側の供試体をシールドマシン内で既に組立が完了したものと定盤上で固定し、センターホールジャッキとPC鋼棒および反力ベームを用いてセグメント継手組立方向に荷重を載荷し、M金物供試体をスライドさせ組立てた。試験パラメータはシール材の有無の2ケースとし、シール材を貼付したケース1においてはシール材の圧縮反発力相当の押付け力: $N=3.36tf$ をセグメント面間に作用させて組立てた。

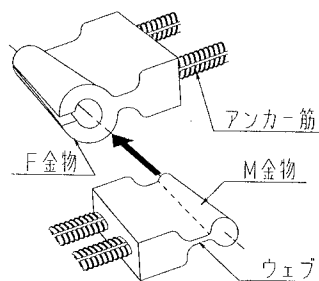


図-1 セグメント間コンコネクター

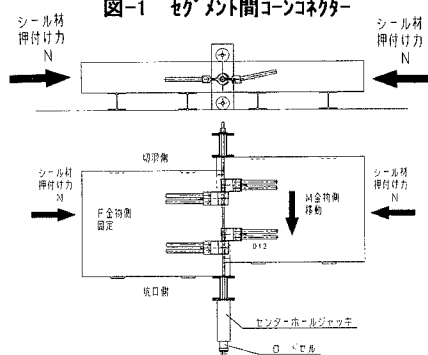


図-2 試験概略図

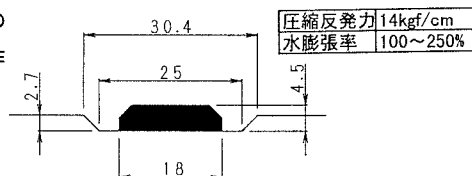


図-3 シール材・シールド溝形状

key-words: 急速施工、二次覆工省略、セグメント、コンコネクター、シール材

連絡先: 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-11-18 TEL. 03-3264-4825 FAX. 03-3264-4832

4. 試験結果

(1) 組立状況

シール材を貼付したケース2 においても、滑材の使用によって、スムーズに組立が完了した。目開きもシール材ありの場合、最大で0.7mm 以内であり、シール材なしの場合、0.3mm 以内であった(表-1)。

(2) 荷重変位関係図

図-4 は組立荷重と正規の位置までの距離の関係で、変位が-150mm から開始し0mm になって組立が完了したことを示している。シール材ありで12.1tf、シール材なしでは15.8tfの組立荷重を計測した。組立荷重は-10mm 前後から増加して所定の位置になったときに載荷を終了した。また、組立荷重の除荷時の変位(戻り)は計測されず、締結は十分であることが確認できた。

(3) 締結力

図-5 に組立荷重と金物に発生したひずみより算出した締結力の関係を示す。また、組立荷重(P)と締結力(G)の関係を楔理論より求める。

$$G = \frac{P}{2(\mu + \tan \theta)} \quad \text{式・1}$$

ここに、FCD500 の摩擦係数 $\mu=0.2$

コネクタ-楔 θ -量 $\tan \theta=0.05$

その結果、表-2 の①に示す結果となった(以下理論値という)。各ケースで表-2 の②の値においてシール材反発力相当(3.36tf)以上の締結力が得られており、コネクタ-金物での締結はシール材の封入に十分であることが確認できた。シール材を貼付した場合、理論値(①)の約50%の締結力(②)が得られた。シール材の有無で組立荷重に差異がみられたことから、組立荷重の結果はセグメント継手面間の摩擦が影響しているものと考えられる。

5. まとめ

今回の試験で、

- ①コネクタ-セグメント間の締結は簡単な位置あわせで可能であることが確認できた。
- ②コネクタ-は、シール材の封入に合わせ、十分な締結力を発生させる機能があることが確認できた。
- ③シール材は、滑材の使用によってセグメント継手面間の摩擦を低減し、組立荷重が小さく、締結力を発生させる効果として役立つことが確認できた。

今後、実施工への適用のなかで、コネクタ-セグメントの施工性・覆工品質の確認を進めていく予定である。

本試験をおこなうにあたり貴重なご指導を頂いた東京都立大学山本総名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 堀木・本田・森他;コネクタ-セグメント継手の開発-要素試験(挿入・引張試験)-, 土木学会第51回年講, 1996. 9

表-1 試験結果

試験ケース	ケース1	ケース2
	シール材あり	シール材なし
組立荷重(tf)	12.1	15.8
セグメント間押付け力(tf)	3.36	-
組立後目開き(mm)(最大)	0.7	0.3
M金物発生ひずみ(μ)(平均)	230	158
F金物発生ひずみ(μ)(平均)	111	53

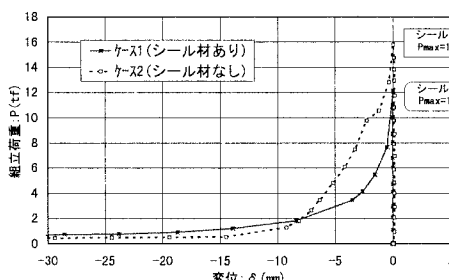


図-4 荷重・変位関係図

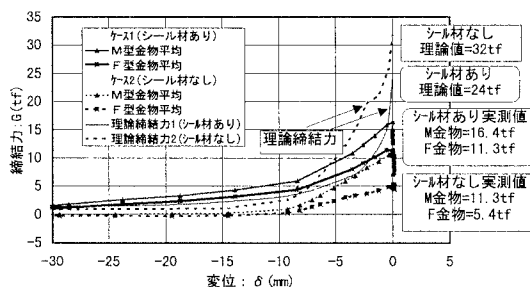


図-5 締結力(換算値)変位関係図

表-2 締結力について

	ケース1		ケース2	
	シール材あり		シール材なし	
	M金物	F金物	M金物	F金物
組立荷重:P(tf)	12.1		15.8	
①理論値締結力:G(tf)	24		32	
②実測値による締結力(tf)	16.4	11.3	11.3	5.4
実測値/理論値(②/①)	68%	47%	35%	17%

Ⅲ-B65 コーンコネクター(セグメント継手)の分類への試み

クボタ 正会員 堀木 雅之

日本RCセグメント工業会 正会員 森 孝臣 正会員 長岡 省吾
正会員 秋田谷 聡 正会員 大長 唯宏

1. はじめに

現在シールド工事のコスト削減のため、組立の省力化、二次覆工の省略等、工期短縮による施工コスト削減に対応する工法、セグメント、継手の開発が実用化に向けて行われている。

日本RCセグメント工業会では、1995年から従来のボルトを使用しないコーンコネクターセグメントの継手構造の基礎実験、要素試験、試験施工を行ってきた。この継手は、エレクターでセグメントを正規位置近傍まで移動させ、トンネル軸方向へセグメントを押し込み、セグメント継手、リング継手を同時に閉合させるワンパス継手である。今回は供試体の単体試験を実施し、RCセグメント下水道標準に基づいて、コーンコネクター(セグメント継手)を分類を検討した結果を報告する。

2. コーンコネクター(セグメント継手)の分類

(1) 下水道標準に準拠したRCセグメントの形状

表-1に示すC135~C165外径4050~6000、

桁高150~300の下水道シールド工用コンクリート系セグメントの継手抵抗モーメントに対し、コーンコネクターの実験結果を参照してコーンコネクター1セット当りの許容引張力を算定し、許容引張力の順に並べ、これらを桁高ごとに括った。その結果を用い、コーンコネクターの各桁高に対応するシール溝、コーキング溝幅を仮定し、納まりの検討をおこなった。その例を図1に示す。

桁高200Hについて示せば、シール溝幅を小さくして、継手面中空部とF金物外径との隙間を約10mm確保することにより、納まりのよいことがわかる。

(2) 金物設計

金物設計は(1)の形状に納まるように行う。F金物とM金物の嵌合部は、F金物がスリット付き円形弾性コーン、M金物は剛体の円錐として扱う。F金物とM金物の力の授受は、嵌合部の接触面によっておこなわれるとし、F金物のコーン部肉厚は、接触面に力が等分布に作用するものとして設計する。桁高は175Hを下限とし、桁高を175H、200~225H、250~275H、300~350Hの4クラスに分類して、それ

表-1 下水道標準RCセグメント

	外径	厚さ	本体抵抗モーメント (tf-m)	継手抵抗モーメント (tf-m)	許容引張力 T=Mr/(Dn/2)/本 (tf/本)
C135	4050	175	1.7	1.02	11657.2
C136	4050	175	2.2	1.32	15085.8
C137	4050	175	2.8	1.68	19200
C138	4300	150	1.8	0.96	12800
C139	4300	175	1.7	1.02	11657.2
C140	4300	175	2.5	1.5	17142.8
G141	4300	200	3.3	1.98	19800
G142	4550	175	1.8	1.08	12342.8
G143	4550	200	2.1	1.26	12600
G144	4550	200	2.7	1.62	16200
G145	4550	200	3.3	1.98	19800
G146	4800	175	2.1	1.26	14400
G147	4800	200	2.6	1.56	15600
G148	4800	200	2.9	1.74	17400
G149	4800	200	3.3	1.98	19800
G150	5100	175	2.1	1.26	14400
G151	5100	200	2.8	1.68	15600
G152	5100	200	3.2	1.92	19200
G153	5100	225	3.9	2.34	20800
G154	5400	200	2.7	1.62	16200
G155	5400	225	3.3	1.98	17800
G156	5400	225	3.9	2.34	20800
G157	5400	250	4.4	2.64	21200
G158	5700	200	3.3	1.98	19800
G159	5700	225	3.9	2.34	20800
G160	5700	250	5.4	3.24	25920
G161	5700	275	6.9	4.14	30109
G162	6000	225	3.9	2.34	20800
G163	6000	250	4.4	2.64	21200
G164	6000	275	6.1	3.66	26619.2
G165	6000	300	7.8	4.68	31200

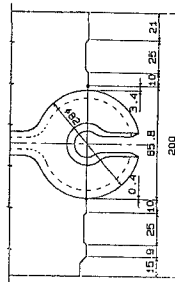


図-1 200Hコーンコネクター納まり

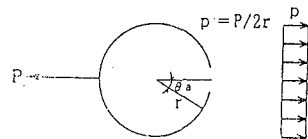


図-2 F金物に作用する力

キーワード：組立の省力化、二次覆工の省略、コーンコネクターセグメント、ワンパス継手

〒551-0021 大阪市大正区南恩加島7-1-22 TEL. 06-6552-1180 FAX. 06-6552-9040

ぞれ許容引張力の最大値に対し、金物の寸法を定めた。設計例として、200H金物を概略図3に示す。アンカー部は鋳物一体のフランジプレート方式では、許容引張力に耐えられないので、アンカ筋の付着によった。

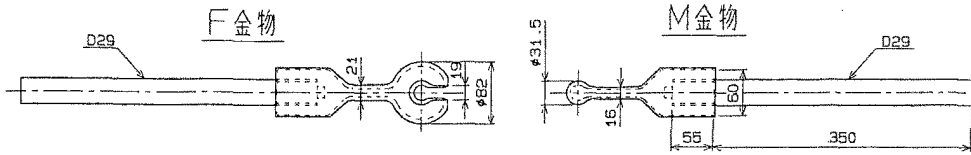


図-3 200H金物概略図

3. コーンコネクター設計の検証結果

分類に従って供試体を製作し、単体引張試験を実施し、計算値と対比した。

(1) F金物外径部歪 ($\theta = 90^\circ$)

表-2 F金物外径部歪 (μ)

		実測値	計算値
200 ~225	H	840	940
300 ~350	H	860	950

表-2に示すように発生歪は計算値の0.89~0.9倍であった。

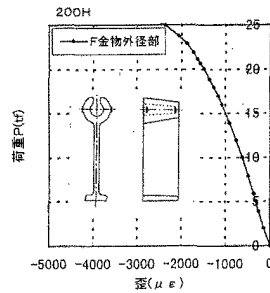


図-4 荷重-歪線図

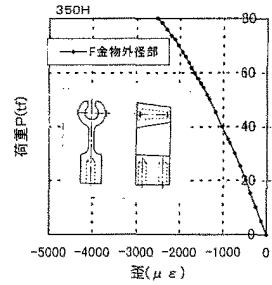


図-5 荷重-歪線図

(2) M金物ウェブ歪

表-3 M金物ウェブ歪 (μ)

		実測値	計算値
200 ~225	H	1010	940
300 ~350	H	920	950

表-3に示すように発生歪は計算値の1.08~0.97倍であった。

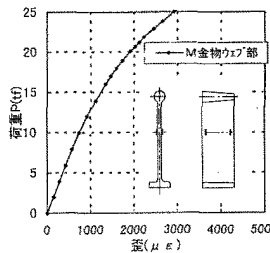


図-6 荷重-歪線図

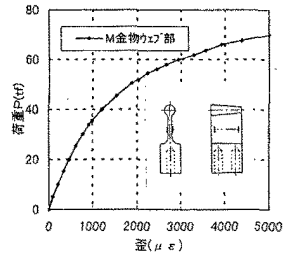


図-7 荷重-歪線図

以上の結果、ほぼ実測値は計算値通りであった。

4. まとめ

- (1) 下水道標準に対し、現状4つの桁高に分けてコーンコネクターを分類することが可能である。
- (2) 発生歪と計算値がほぼ一致しており、さらに残り175H、275Hについて、供試体を製作し検証する予定である。
- (3) 175H桁高に対するコーンコネクターの納まりについては、シール溝等の大きさを検討する必要がある。

最後に、本報告を行うにあたり貴重な御助言、御指導を戴いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝意を表します。

(参考文献)

- 1) 土木学会：シールド工用標準セグメント
- 2) 堀木、本田、長岡：コーンコネクター（セグメント継手）の開発、土木学会第51回年次学術講演会1996.9
- 3) 森、本田、林：コーンコネクター（セグメント継手）の開発、土木学会第52回年次学術講演会1997.9

Ⅲ-B63 ワンパス継手(コネクタ)の開発

—リング間せん断試験—

日本RCセグメント工業会 正会員 江泉昌俊
 株式会社 鴻池組 正会員 古川和義
 日本RCセグメント工業会 正会員 橋本博英
 正会員 長岡省吾
 株式会社 クボタ 正会員 堀木雅之

1. はじめに

近年シールド工事では、セグメント組立の省力化・工期短縮等による施工コストの縮減とともに、二次覆工の省略が望まれている。コネクタセグメントは、セグメント継手とリング継手をワンパスで締結可能であり、急速施工に適し、さらに内面平滑で二次覆工の省略が可能なセグメントである。本試験は、1995年よりおこなってきたワンパス継手の開発の一環として、リング間のせん断耐力とせん断ばね定数を把握することを目的にした、せん断試験について報告する。

2. 継手の概要

リング継手のM金物は母線に沿って4本のスリットをもった円錐形状の金具の先端に爪を設けた構造とし、そのF金物は、M金物の外縁にクリアランスを設けた形状の凹部の先にM金物の先端の爪が収納する空間を有した構造で、嵌合はセグメント間同様トナリ軸方向のスライドでおこなう(図-1)。金物の材質は球状黒鉛鑄鉄 FCD500 を使用し、せん断耐力の必要に応じてコンクリートのほぞを継手金物の周囲を円形で形成することにより耐力の向上を図る。

3. 試験概要

本試験は、せん断耐力の確認とともにはりばねモデル解析に用いるせん断ばね定数を明らかにすることを目的としている。図-2は、リング間継手を介した3ピッチ(両端の2ピッチは半幅)のセグメントのうち、両端の2ピッチを固定して、中央のピッチを押抜く方法を示している。1面あたり1つの継手が配置されている。試験パラメータは表-1のようにシール材の有無とリング面間のシール材反発力相当の押付け加力Nとした。押付け加力Nは2.23tfである。

表-1 試験ケース

ケース	押付け加力:N	シール材
ケース1	あり	なし
ケース2	なし	あり
ケース3	なし	なし

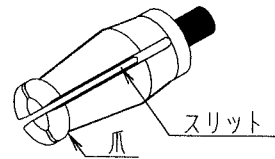
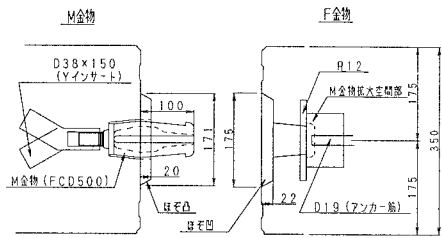


図-1 リング間コネクタ

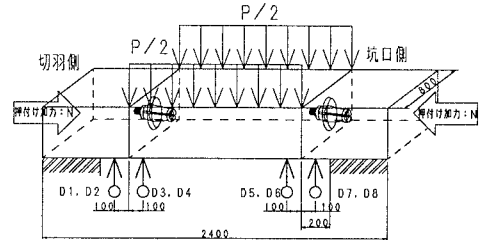


図-2 試験状況

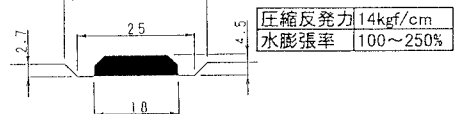


図-3 シール材・シール溝形状

key-words: セグメント、コネクタ、急速施工、二次覆工省略、せん断ばね定数

連絡先: 〒104-0031 東京都中央区京橋1丁目17番4号杉江ビル TEL. 03-3562-2621 FAX. 03-3564-4655

4. 試験結果

(1) 組立状況

組立荷重は0.47tf～0.72tfですべてのケースでスリーブに組立が完了し、目開きはシール材ありの場合においても最大0.25mm以内であった(表-2)。

(2) 荷重-ずれ変位関係図(図-4)

押付け加力があるケース1では、ずれ変位は原点からの直線となっており、23tfまで一定の割合で変位し、23tf付近から変位が増大した。破壊は、コンクリートのせん断のもので図-5に示すように、放射状のひび割れをともなったのものであった。ケース2とケース3は初期に0.8～1.2mmのズレ変位を計測したが、そのあと荷重に対する変位の増加が小さくなり、13tf付近でコンクリートの亀裂を確認し約20tfでせん断破壊した。コンクリートほぞのクリアランスは2mmであったが、約2tf(ずれ変位約1mm)でクリアランスがなくなったことがわかる。その後は、コンクリートのほぞが力を伝達することになる。図-4から、この状況が確認できた。

表-2 試験結果

ケース	ケース1	ケース2	ケース3
押付け加力・N(tf)	2.23	0.00	0.00
シール材	なし	あり	なし
組立時押込み荷重(tf)	0.72	0.47	0.51
破壊荷重(tf)	26.9	20.4	20.3
破壊状況	せん断破壊	せん断破壊	せん断破壊
せん断ばね定数(tf/m)	24000	13000	11000

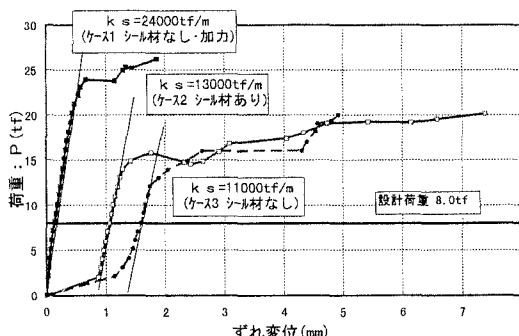


図-4 荷重-ずれ変位関係図

(3) せん断ばね定数; K_s

せん断ばね定数 K_s は、ケース1の場合 24000tf/m、ケース2・ケース3の場合 13000tf/mおよび11000tf/mであった。これらの値はコンクリートほぞ同士が接触した後のずれ変位から算定したものである。

(4) せん断耐力

各試験の破壊状況は、図-5の写真に示すように継手面コンクリートのせん断破壊であった。破壊荷重はケース1の場合 26.9tf、ケース2・ケース3の場合 20.4tf(シール材あり) 20.3tf(シール材なし)で、シール材の有無による差異は確認されなかった。また、リングはりばねモデルの解析をおこなった結果、設計せん断力は1継手あたり4.0tf(図-4中の8.0tf)で各ケースとも2.5倍以上の安全率を有していることが確認できた。

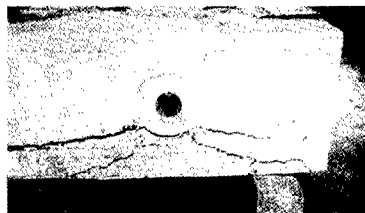


図-5 破壊状況(F金物側)

5. まとめ

- ① 今回の試験で、①コンクリートのリング間締結は簡単な位置あわせで可能であることが確認できた。
- ② コンクリートは、設計条件を満たす性能を有していることが確認できた。
- ③ 押付け加力はせん断ばね定数を高くし、耐力を向上させる効果がある。
- ④ 荷重-ずれ変位関係図から、ケース1(押付け加力ありの場合); 24tf、ケース2,3(押付け加力なしの場合); 16tfでずれ変位が大きくなる過程が確認できた。

今後、実施工への適用のなかで、コンクリートセグメントの施工性・覆工品質の確認を進めていく予定である。本試験をおこなうにあたり貴重な御指導を頂いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 中村・本田・森他;コンクリート(リング継手)の開発, 土木学会第52回年講, 1997. 9
- 2) 小林・秋田谷・本田他;コンクリート(リング継手)の開発, 土木学会第53回年講, 1998. 10

Ⅲ-B 84 ワンパス継手(コネクタ)を用いたセグメントの設計

日本RCセグメント工業会 正会員 若林正憲
 (株) 鴻池組 正会員 新子 博
 荒川淳二
 日本RCセグメント工業会 正会員 森 孝 臣
 正会員 秋田谷聡

1. はじめに

近年、シールド工事においては、コスト縮減や工期短縮を目的として二次覆工の省略が望まれている。都島第二幹線下水道整備工事においても二次覆工を省略するために内面が平滑なRCセグメントである『コネクタセグメント』を採用することとなり、設計および実物大実証試験をおこなった。コネクタセグメントはワンパスで組立可能であり、金具部を内面側に露出しない継手構造となっているため、防食性においても優れている。本構造設計においては修正慣用法による本体・セグメント継手の試設計をおこない、試設計の妥当性の確認として実物大供試体の試験結果を用いた2リングはりばねモデル解析との比較検討をおこなった。

2. トンネル断面および継手構造

図-1に示すように、土被り約18mで、セグメントは外径6600mm、幅1200mm、厚さ350mm、7分割(K型軸方向挿入型)のRC構造である。RCセグメントにおける鉄筋のかぶり厚は『コンクリート標準示方書(設計編)』に準拠し、「特に厳しい腐食性のほり」の60mmから、コンクリート設計基準強度による低減(0.8)にすり減り代10mmを考慮し60mmとした。その結果鉄筋量は 30.968cm^2 (D22×8本)とした。

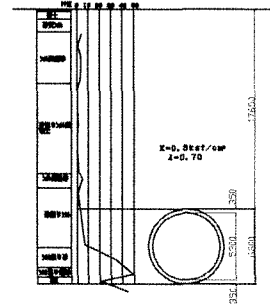


図-1 トンネル断面概要図

3. 継手構造

(1) セグメント継手

セグメント継手は、中空部をもつスリット付き円形弾性中空コンであるF金物と、中実コンのM金物で構成され、M金物をトンネル軸方向にスライドすることにより挿入嵌合される。嵌合の初期においてはF金物の挿入口とM金物の先端には寸法差があり、組立を容易にしている(図-2)。また、シールド材の封入は嵌合の過程でおこなわれ、その押付け力は自動的に得ることが可能である。F金物とM金物の力の授受は、嵌合部の接触面に等分布に作用するとして設計する。

(2) リング継手

リング継手のM金物は母線に沿って4本のスリットをもった円錐台形状の金具の先端に爪を設けた構造とし、そのF金物は、M金物の外縁にクリアランスを設けた形状の凹部の先にM金物の先端の爪が収納する空間を有した構造で、嵌合はセグメント間と同様にトンネル軸方向のスライドでおこなう(図-2)。組立はセグメントの粗位置決め完了後、セグメント間の嵌合をおこなえば、リング間はセグメント間による調芯により位置が決まり、組立が容易な位置関係となっている。材質は、球状黒鉛鋳鉄 FCD500 を使用している。

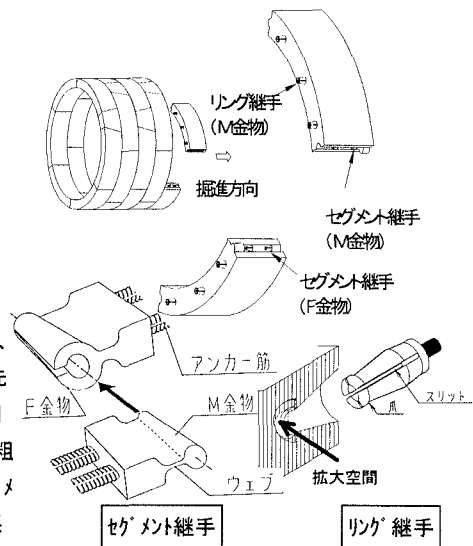


図-2 コネクタセグメント概要図

key-words: 二次覆工省略、セグメント、コーンコネクタ、回転ばね定数、2リングはりばねモデル解析

連絡先: 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1

Tel. 03-5221-7239 Fax. 03-5221-7298

4. 試験結果（継手曲げ試験）

(1) 試験概要

本工事の実物大の平板供試体により、2点載荷両端可動支持により曲げ試験をおこない、変位・目開き、継手・鉄筋・コンクリートのひずみを計測した。試験条件としてシール材の有無やセグメント継手空隙部に対する注入の有無をパラメータに設定した。

注入材は $\sigma_{28}=35\text{kgf/cm}^2$ の低強度のものである。

(2) 変位置

図-4は、供試体の載荷モーメントと鉛直変位の関係を示す。グラフに示した直線は供試体を剛性一様のはりとした変位の理論値と、本試験で得られた回転ばね定数 $1400\text{tf}\cdot\text{m/rad}$ での解析結果である。その結果、載荷初期は剛性一様の傾きを示し、設計曲げモーメントに達するまで各ケースとも、解析値($K\theta=1400\text{tf}\cdot\text{m/rad}$)と近似した傾きを示している。

試験結果より解析値の妥当性が確認できた。また、シール材の有無・注入の有無での試験結果に差異は見られなかった。

(3) 曲げ剛性の有効率 η 、曲げモーメントの割増率 ζ の算定

試験結果より得られた回転ばね定数 $K\theta$ 、リング継手の実物大試験結果より得られたせん断ばね定数 K_s を用いて、2リングはりばねモデルによる解析をおこない η 、 ζ を算定をした。 η は剛性一様モデルと2リングはりばねモデルの水平・鉛直変位の比、 ζ は正曲げモーメント(+Mmax)および負曲げモーメント(-Mmax)の比で示した。その結果 $\eta=0.8$ 、 $\zeta=0.2$ の結果を得た(表-2)。

3. まとめ

- ① コンクリータセグメントは所要の剛性を有し、設計条件を満たす性能を有していることが確認できた。
- ② コンクリータセグメントは、ボルト「クスタイプ」の継手と比較して継手曲げ試験におけるひび割れの発生が継手周辺でなく本体に分散していたこと、またひび割れ発生モーメントが大きいことなどから、二次覆工省略型のセグメントであることが確認できた。
- ③ 曲げ剛性の有効率 $\eta=0.8$ 、曲げモーメントの割増し率 $\zeta=0.2$ を確認できた。

今後、実施工への適用のなかで現場計測をおこない、コンクリータセグメントの施工性・覆工品質の確認を進めていく予定である。

本設計・試験をおこなうにあたり貴重な御指導を頂いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 新子・橋本他:コンクリータ(リング継手)の開発(リング間せん断試験), 土木学会第54回年次学術講演会, 1999. 9

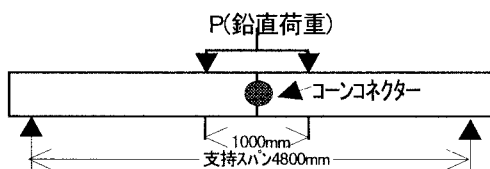


図-3 試験概要図

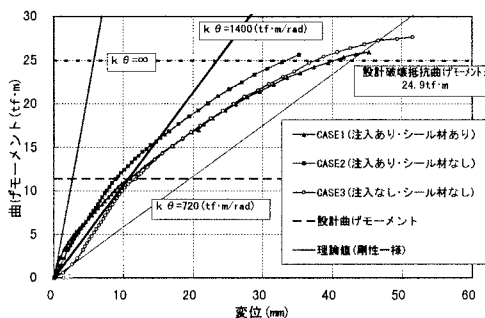


図-4 継手曲げ試験結果(変位置)

表-1 η と ζ の算定

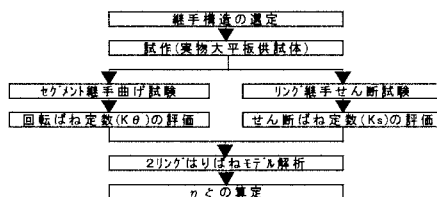


表-2 η と ζ の算定結果

荷重状態 計算モデル	「自重+外荷重」	
	剛性一様モデル	2リングはりばねモデル
回転ばね定数 $K\theta$ (tf·m/rad)	∞	1400
せん断ばね定数 K_s (tf/m)	法線方向 ∞	11000
	接線方向 ∞	11000
鉛直変位:y (mm)	8.22	10.83
水平変位:x (mm)	7.10	9.20
正曲げモーメント+Mmax (tf·m)	20.29	22.39
負曲げモーメント-Mmax (tf·m)	19.11	24.10

曲げ剛性有効率	η (y)	0.76	平均
	η (x)	0.77	0.77
曲げモーメントの割増し率	ζ (+Mmax)	0.10	平均
	ζ (-Mmax)	0.26	0.18

ウレタンゴムを内蔵したリング継手金物の開発

クボタ 正会員 ○堀木 雅之

日本RCセグメント工業会 正会員 森 孝臣 正会員 岩田 和実

正会員 林 伸郎 正会員 秋田谷 聡

1. はじめに

日本RCセグメント工業会は、コーンコネクターセグメント用として、セグメント間およびリング間の継手金物を実用化している。これらの継手金物により、ワンパスで組み立てができるようになっているが、そのうちリング継手金物は引抜き耐力を爪の係合で得る構造になっている。セグメントリングの組立時、リング継手の爪の係合が重要である。このため、リング継手の挿入は容易であるが、係合は確実にする手段として、ウレタンゴムの弾性反撥力を利用したリング継手金物を開発し要素試験を行なった。その結果を報告する。

2. リング継手の構造

1) 係合のメカニズム

図1のようにセグメント本体のリング継手部にF金物（RCセグメント本体に成型されたメス型）と相対する面に、リング継手M金物がアンカー部に埋設されている。リング継手M金物は、中空部がス

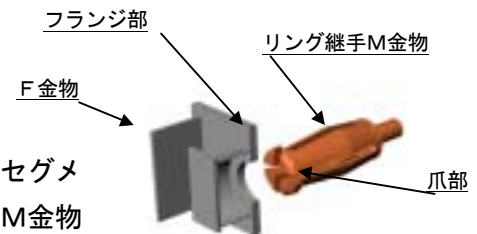


図1 係合のメカニズム

リットにより分割されて、セグメント本体がトンネル軸方向にスライドされると、爪部がF金物に挿入され、フランジ最狭部（φ55×12t）を通過後、開き係合する構造である。

2) ウレタンゴムを内蔵した構造

図2のように、リング継手M金物の中空部に円筒状のウレタンゴムを内蔵して、F金物のフランジ最狭部（φ55×12t）を通過後、ゴムの弾性反撥力により係合を容易にする構造である。

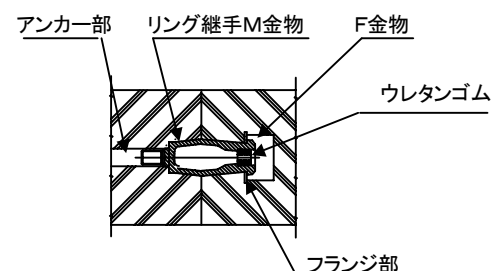


図2 ウレタンゴムを内蔵した構造

3. リング継手M金物単体性能試験

(1) 選定のための挿入試験

ウレタンゴムサイズ、内蔵位置を選定のため、リング継手M金物の単体挿入試験を行なった。その試験結果を以下に示す。

1) 供試体

① リング継手M金物

- ② ウレタンゴム…サイズ4種類（（φ25—φ8）×25L，φ25×25L，（φ30—φ10）×25L，φ30×25L）より選定した。

- ③ ゴム内蔵位置 は先端および先端より7.5mmの2水準とした。



写真1 リング継手M金物とウレタンゴム

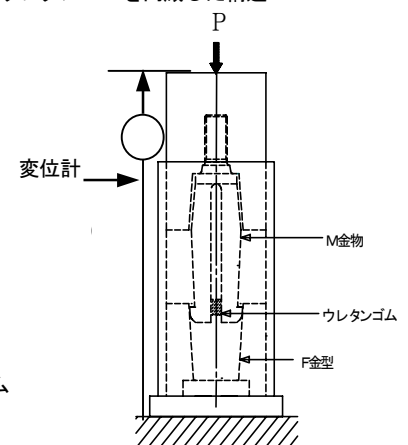


図3 挿入試験方法

Key-words: ウレタンゴム、コーンコネクターセグメント、リング継手金物、挿入試験、引張試験

連絡先: 〒 551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-22 Tel.06-6552-1180 Fax.06-6552-9040

2) 選定試験結果

表1 挿入試験結果

ウレタンゴムのサイズ	内蔵位置	試験前外径 D1(mm)		挿入後外径 D2(mm)		平均縮径率 (%) (D1-D2)/D1
		A	B	A	B	
φ25×25L	0	65.0	65.4	62.9	62.7	3.7
	7.5	64.6	65.5	63.7	63.9	1.9
(φ25-φ8)×25L	0	64.5	65.7	63.3	63.3	2.8
	7.5	65.1	65.0	63.7	63.6	2.3
φ30×25L	0	65.9	65.9	64.2	64.5	2.4
	7.5	65.6	65.2	64.5	63.4	2.2
(φ30-φ10)×25L	0	64.5	66.0	64.2	64.0	1.8
	7.5	66.0	65.1	64.8	64.0	1.8

表1より、縮径率の最も小さいウレタンゴム(φ30-φ10)×25L、内蔵位置先端より7.5mmを採用することとした。

(2) 性能確認挿入・引張試験結果

1) 試験方法

① 挿入試験

図3に示すようにリング継手M金物をF金型治具にねじ込み、ガイドに沿わせてアムスラー試験機でF金型治具に挿入して、挿入前後の外径を測定し、縮径率を算出する。

② 引張試験

図4に示すように、挿入試験した治具の状態のまま、テンションバーに接続して、センターホールジャッキを用いて、引張荷重し、150kN以上あることを確認する。

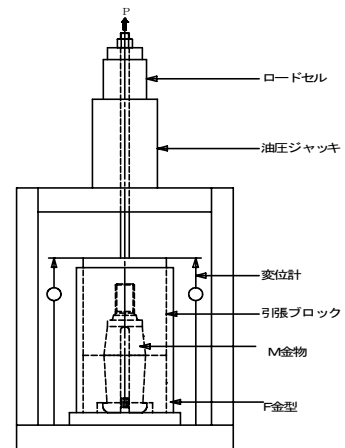
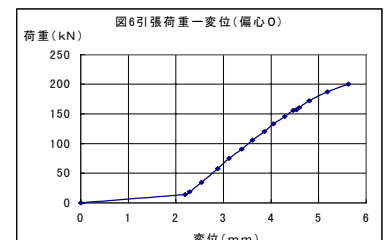
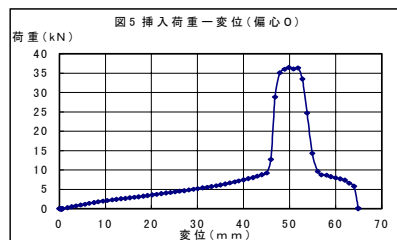


図4 引張試験方法

2) 試験結果

図5, 6に挿入荷重—変位、引張荷重—変位線図を示す。表2より偏心0の縮径率はほぼ3%であり、引張強度は150kNを満足した。



4. まとめ

ウレタンゴム内蔵により、嵌合が容易になると共に引張強度も満足した。

最後に、本実験を行うに当たり貴重な御助言、ご指導を戴いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝意を表します。

表2 挿入引張試験結果

	試験前外径 D1(mm)		挿入後外径 D2(mm)		平均縮径率 (%) (D1-D2)/D1	挿入荷重 (kN)	引張荷重 (kN)
	A	B	A	B			
No. 1 偏心 0	64.5	66.1	63.3	63.7	2.8	31.8	183.8
No. 2 偏心 0	64.8	66.0	63.9	64.2	2.1	30.5	185.8
No. 3 偏心 0	65.1	65.4	63.4	64.2	2.2	36.5	200
No. 1 偏心 3.6	64.8	66.1	63.4	63.9	2.8	29.0	177
No. 2 偏心 3.6	64.7	66.2	63.4	63.3	3.2	31.7	180.9
No. 3 偏心 3.6	65.6	65.0	63.5	63.2	3.0	35.5	194

<参考文献> 1) 中村・本田他：コーンコネクター（リング継手）の開発、土木学会第52回年次学術講演会、1997, 9

ワンパス継手(コーンコネクター)を用いたセグメントの現場計測について

(株) 鴻池組 正会員 ○井澤 武史
 (株) 鴻池組 正会員 石倉 洋一
 日本RCセグメント工業会 正会員 本田 和之
 日本RCセグメント工業会 正会員 若林 正憲

1. はじめに

最近のシールド工事では、工事費の縮減や工期の短縮を目的として二次覆工を省略することが要求されている。都島第2幹線下水管渠築造工事においても二次覆工を省略するためにトンネルの内面が平滑な RC セグメントである『コーンコネクターセグメント』を採用することとなった。このコーンコネクターセグメントは、防食の観点から金物部をトンネルの内面側に露出しない継手構造となっている。この継手はトンネル軸方向にスライドするだけでワンパスの組立が可能であり、かつ耐震設計を考慮した構造になっているが、ボルト継手のように組立時における締結力の確認や増締めによるリングのゆるみ防止などができない。このため、セグメント組立時の締結力が十分にあることや増締めが不要なことを調査することが重要である。本報告はその確認結果である。

2. 工事概要

本工事は、大阪市都島区南通を起点とし、同区東野田町までの仕上り内径 5900mm、延長 669.3m の雨水管渠築造工事である。土被り約 18m で、セグメントは外径 6600mm、幅 1200mm、厚さ 350mm、7分割(K型軸方向挿入型)のRC構造である。

3. セグメント構造

(1) セグメント継手

セグメント継手は、中空部をもつスリット付き円錐形弾性中空コーンであるF金物と、中実コーンのM金物とで構成され、M金物をトンネル軸方向にスライドすることにより挿入嵌合される。また、シールド材の封入は嵌合の過程でおこなわれ、その押付け力は自動的に得ることが可能である。

(2) リング継手

リング継手のM金物は母線に沿って4本のスリットをもった円錐台形状の金具の先端に爪を設けた構造とし、F金物はM金物の先端の爪を収納する空間を有し、爪がその空間壁に係合する構造で、嵌合はセグメント間と同様にトンネル軸方向のスライドでおこなう。

(3) 計測位置・計測断面

図-2 に示す位置にひずみゲージを埋め込み、セグメント継手およびリング継手の締結力の変化を計測した。

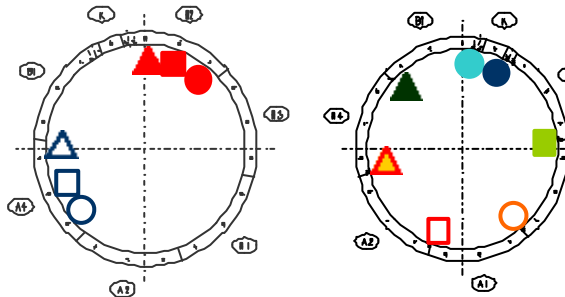
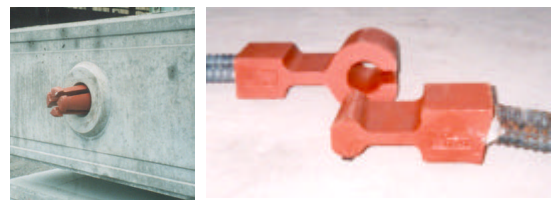
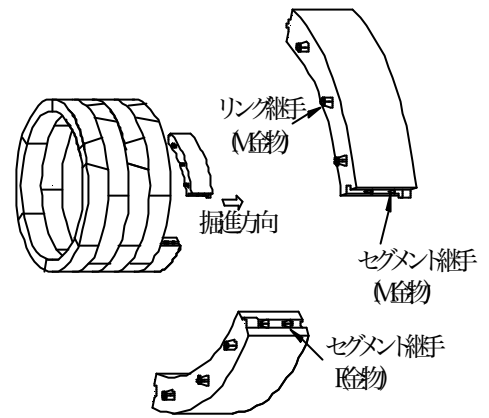
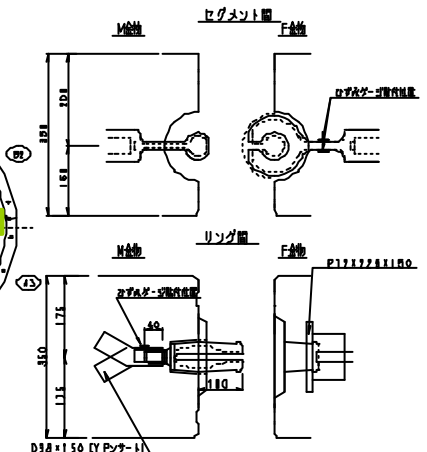


図-2 計測位置図(左:リング継手・右:セグメント継手)



リング継手(M) セグメント継手(上:F・下M金物)

図-1 コーンコネクターセグメント概要図



key-words: 二次覆工省略、セグメント、コーンコネクター
 連絡先: 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1

Tel. 06-6244-3671 Fax. 06-6244-3676

4. 計測結果

(1) 組立時

セグメント継手に発生する締結力を継手金物のウェブ部に貼付したひずみゲージにより計測した。その時の F 金物の締結力を図-3 に示す。その結果、締結力はシール材封入に必要な締結力 (108kN) 以上で、最大値は金物の許容引張応力以内であった。

シールドジャッキによるセグメントの組立によって発生した締結力は、シール材の封入に十分であることが確認できた。

(2) 経時変化

組立時の計測を継続しておこない、①組立時②組立完了時③マシンテール脱出時 (土水圧作用時) ④2週間後 (マシンより 50m) ⑤3週間後 (100m) ⑥3ヶ月後 (300m) でセグメント継手の締結力を計測した。締結力の変化は、リング形成時と、テールを脱出して土水圧が作用したときに発生する。その時点でシール材封入力は十分に確保されており、その後はほとんど変化しない結果となった。また、締結力の変化によっても目開きは発生せず高い止水性を有したトンネルとなった。

(3) リング継手の発生ひずみ

265R 目のリング継手金物における締結力の経時変化を図-5 に示す。計測はセグメント継手金物の経時変化の計測と同時におこなった。その結果、本計測の範囲は直線の施工区間であり、締結力の変化は見られず、296R 目からの R=500m の曲線施工の影響も確認されなかった。

5. まとめ

①コーンコネクターセグメントは、エレクタによる位置合わせとシールドジャッキによる押込みでワンプスの締結組立が終了するセグメントであるが、継手の締結力は組立時に導入され、テールを脱出して土水圧が作用したときにも、シール材封入力以上の締結力を確保できる。そのためボルト継手にみられる増締め

の工程が不要となり作業の省力化が可能であることが確認できた。

②コーンコネクターセグメントは、組立後内面平滑なトンネルが構築でき、二次覆工省略に適したセグメントであることが確認できた。

今後、計測で得られた所見をもとに、コーンコネクターセグメントの施工性・覆工品質のさらなる向上を進めていく予定である。

最後に、本計測をおこなうにあたり貴重な御指導を頂いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝辞を表します。

<参考文献>1) 荒川・福井他;ワンプス継手 (コーンコネクター) を用いたセグメントの施工について, 第 56 回年次学術講演会, 2001. 10
 2) 森・井澤他;ワンプス継手 (コーンコネクター) の開発-締結力確認試験 (セグメント間組立試験)-, 第 54 回年次学術講演会 III B-64, 1999. 9
 3) 若林・新子他;ワンプス継手 (コーンコネクター) を用いたセグメントの設計, 第 54 回年次学術講演会 III B-84, 1999. 9

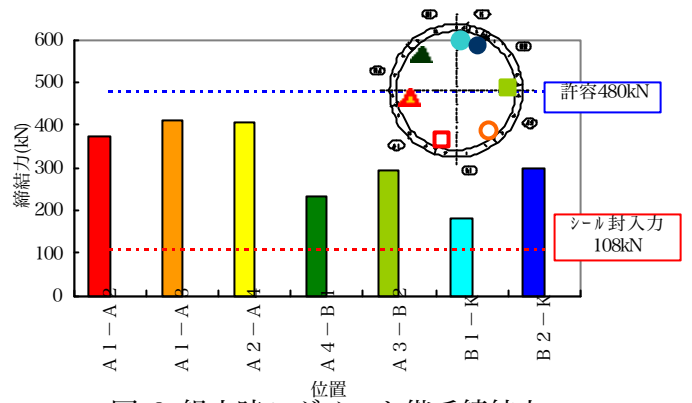


図-3 組立時セグメント継手締結力

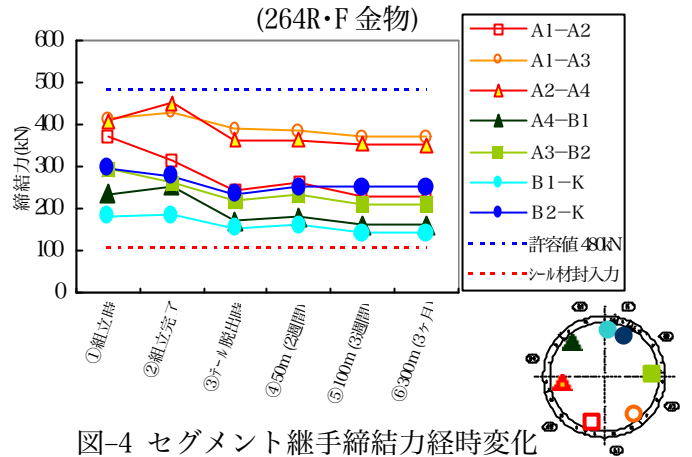


図-4 セグメント継手締結力経時変化

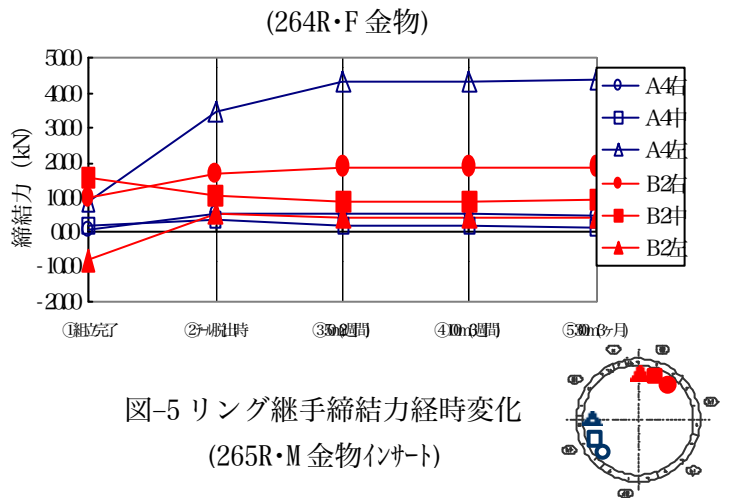


図-5 リング継手締結力経時変化 (265R・M 金物(INSERT))

ワンパス継手(コーンコネクター)を用いたセグメントの施工について

鴻池・前田・飛鳥特定建設工事共同企業体 正会員○荒川 淳二
 鴻池・前田・飛鳥特定建設工事共同企業体 福井 敏幸
 (株) 鴻池組 正会員 石倉 洋一
 日本RCセグメント工業会 正会員 橋本 博英

1. はじめに

近年、シールド工事においてはコスト縮減や工期短縮を目的として二次覆工の省略が望まれている。都島第2幹線工事においても二次覆工を省略するために内面が平滑なRCセグメントである『コーンコネクターセグメント』を採用し実施工をおこなった。このセグメントはワンパスで組立可能であり、金具部をトンネルの内面側に露出しない継手構造となっているため、防食性においても優れている。施工にあたっては実物大供試体の試験結果を用いた2リングはりばねモデル解析の結果と比較してセグメントの評価に役立てた。

2. 工事概要

本工事は、大阪市都島区南通を起点とし、同区東野田町までの仕上り内径 5,900mm、延長 669.3m の雨水管渠築造工事であり、図-1に示すように、土被り約18mで、R=500mの曲線が2カ所の路線である。セグメントは外径6,600mm、幅1,200mm、厚さ350mm、7分割(K型軸方向挿入型)のRC構造である。泥土圧シールドを採用し、メタンガス対策ではエアカーテンによる防爆、JR下においては地盤改良で防護をおこなった。

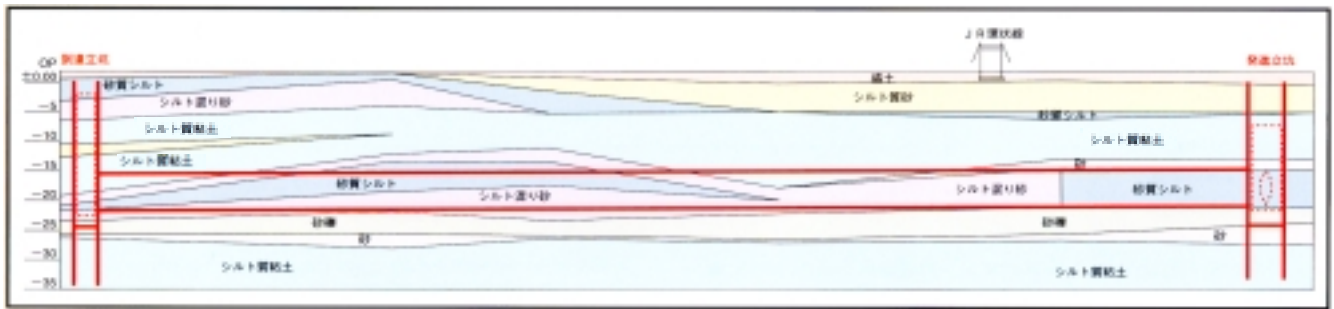


図-1 地質縦断面図・平面図

3. セグメント構造

(1) セグメント継手

セグメント継手は中空部をもつスリット付き円錐形弾性中空コーンであるF金物と、中実コーンのM金物とで構成され、M金物をトンネル軸方向にスライドすることにより挿入嵌合される。嵌合の初期においてはF金物の挿入口とM金物の先端には寸法差があり、組立を容易にしている(図-2)。材質は、球状黒鉛鋳鉄FCD500を使用している。

(2) リング継手

リング継手のM金物は母線に沿って4本のスリットをもつ円錐台形状の金具の先端に爪を設けた構造とし、F金物は、M金物の先端の爪を収納する空間を有し、爪がその空間壁に係合する構造で、嵌合はセグメント間と同様にトンネルのスライドでおこなう(図-2)。材質は、セグメント継手同様、球状黒鉛鋳鉄FCD500を使用している。

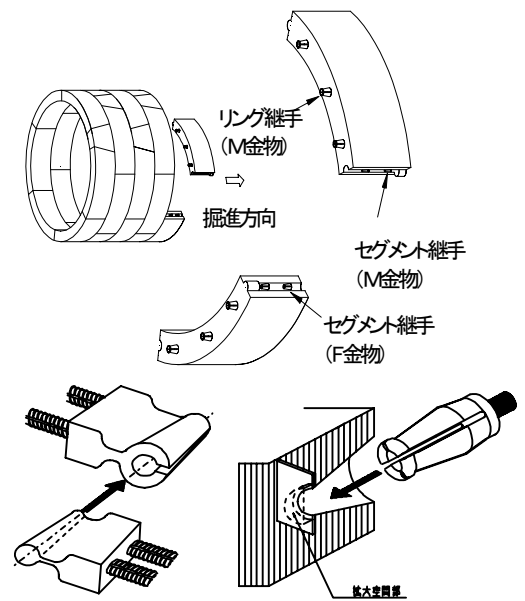


図-2 コーンコネクターセグメント概要図

key-words: 二次覆工省略、セグメント、コーンコネクター、回転ばね定数、2リングはりばねモデル解析
 連絡先: 〒534-0023 大阪市都島区都島南通 1-22 Tel. 06-6922-8893 Fax. 06-6922-8897

4. 施工結果

(1) 組立時

K型セグメント挿入前に、B型セグメント同士の離間距離の計測をおこなった(図-3)。その結果、設計値より大きく挿入に支障しない空間が確保できた。またこの離間距離はK型の組立にともなって引き寄せられ、BK間の目開きはなくなることを確認した。

(2) 組立時間

エレクタによりセグメントを移動し位置を調整した後、シールドジャッキにより押し込み組立てた。組立時間は図-4 に示す様に施工の慣れにより短縮し35分/リング程度で安定した。

(3) 出来形(真円度)

図-5 に 265R から 365R の施工結果(出来形・内径)を示す。本工事では、±15mm を管理基準値として施工し、1 リング毎に内径の計測をおこなった。真円度は管理値内に収まっており、左廻りのR=500m 部においても上下方向・左右方向に大きな相違はなかった。

また、実測結果は実物大供試体での継手曲げ試験・せん断試験で得られた回転ばね定数 $K\theta$ (14,000kN・m/rad)、せん断ばね定数 Ks (110,000kN/m) を用いた2リングはりばねモデルの解析結果(鉛直変位 10.8mm 水平変位 9.2mm) より真円に近い値を示しており、リングの剛性が高いことを示している。

3. まとめ

- ① コーンコネクターセグメントは、エレクタによる位置あわせとシールドジャッキによるワンパス作業で締結が終了するため、組立時間が短縮し、作業の省力化・安全性が向上することが確認できた。
- ② コーンコネクターセグメントは高い剛性を有し、組立後は内面平滑なトンネルが構築できるため、二次覆工省略に適したセグメントであることが確認できた。
- ③ 施工後のトンネルの出来形・止水性はともに良好であった。今後、本実施工への適用で得られた所見をもとに、コーンコネクターセグメントの施工性・覆工品質のさらなる向上を進めていく予定である。

最後に、東京都立大学山本稔名誉教授に謝辞を表します。

<参考文献>

- 1) 井澤・石倉他;ワンパス継手(コーンコネクター)を用いたセグメントの現場計測について,第56回年次学術講演会,2001.10
- 2) 若林・新子他;ワンパス継手(コーンコネクター)を用いたセグメントの設計,第54回年次学術講演会 B-84,1999.9

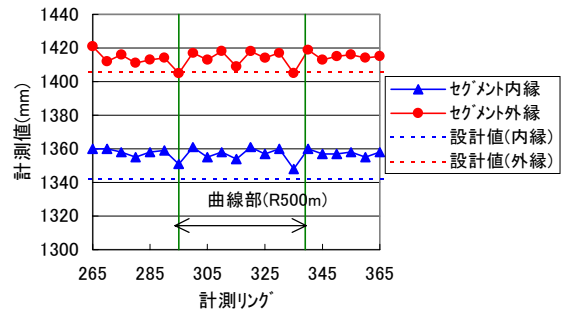


図-3 挿入時のB1B2型セグメントの離間距離(切羽側)

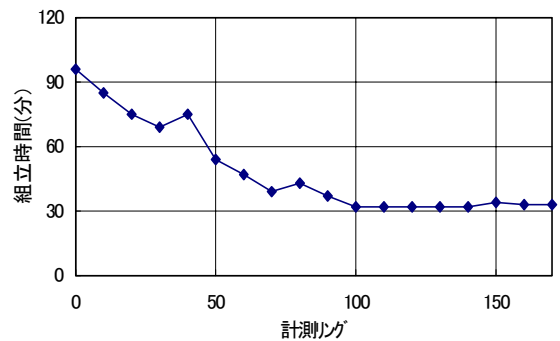


図-4 組立時間計測結果(掘進当初～)

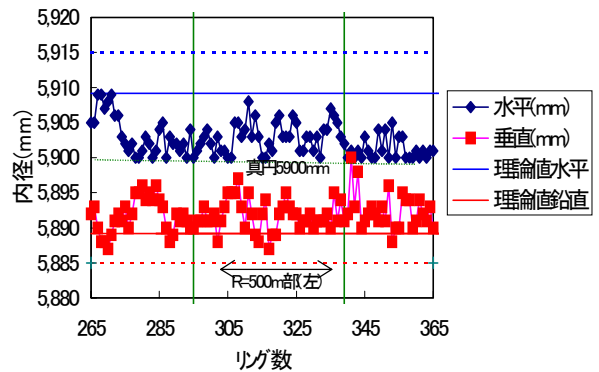


図-5 出来形計測結果(265～365R)



図-6 施工状況写真(JR下付近)

ボルトレス継手（新型コーンコネクター）の開発

日本RCセグメント工業会 正会員 岩田 和実 正会員 船木 暁啓
 正会員 長岡 省吾 本郷 裕
 正会員 若林 正憲
 (株)クボタ 正会員 ○足羽 晋也

1. はじめに

近年のシールド工事では、セグメントの締結作業の省力化と工期の短縮等による施工コストの削減が大きな課題となっている。日本RCセグメント工業会ではセグメントの組立をワンパスで行い、二次覆工の省略を可能とするコーンコネクターセグメントを開発し、これまで多くの実績を上げた。

今回は、このセグメント継手について更に経済性を追求することを目的に設計見直しを行い、その構造試験を実施したので、その結果について報告する。

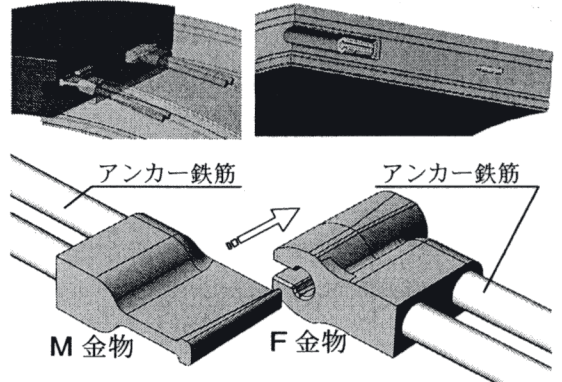


図1 継手概要図

2. 継手概要

コーンコネクター継手はセグメント本体にアンカー鉄筋を介して埋設されているF金物及びM金物が、セグメント本体を軸方向にスライドさせることで挿入嵌合し、締結する継手構造である。(図1)

3. 新型コーンコネクターの特徴

経済性を追求する上で、以下の点に着目し、コストダウンとして、30%の軽量化を狙って開発を行った。

①F金物の上端側肉厚を大きくし下端側に閉塞部を設け剛性向上を図り、軽量化を実現する(図2・図3)。

②F金物のウェブを無くし、軽量化を図る(図3)。

③嵌合部は従来の同心全円錐形を部分円弧円錐形に変更し、F金物に発生する曲げモーメントの低減を図る(図4)。

④設計断面をM金物ウェブからアンカー鉄筋に変更する。これにより、継手を単鉄筋としてRC計算し、構造計算の簡略化を図る。

⑤標準化の区分をセグメント桁高対応から、アンカー鉄筋を基準とした必要強度対応に変更した(表1)。

以上の対応により、目標とする軽量化を実現した。

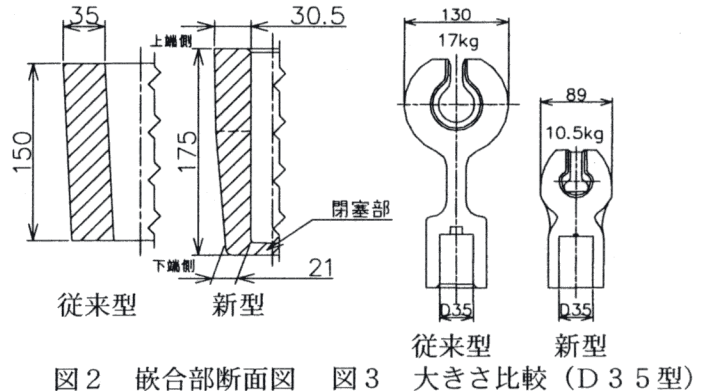


図2 嵌合部断面図 図3 大きさ比較 (D35型)

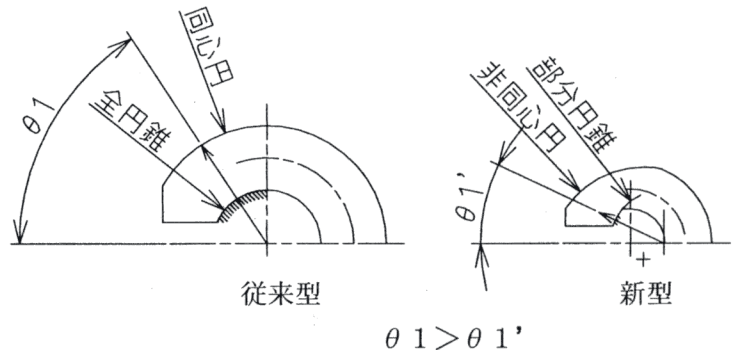


図4 嵌合部円錐形比較

表1 ラインナップ一覧

D19型	D22型	D25型	D29型	D35型	D38型
------	------	------	------	------	------

キーワード：急速施工、二次覆工省略、セグメント、コーンコネクター、ワンパス継手、軽量化
 連絡先：〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-22 TEL06-6552-1180 FAX06-6552-9040

4. 単体引張試験

(1) 試験概要

新設計の金物について、単体強度を確認する為に、図5の単体引張試験を実施した。コーンコネクターはアンカー鉄筋の降伏荷重以上の破壊荷重を目標性能としており、実験でこれを満足しているかを確認した。

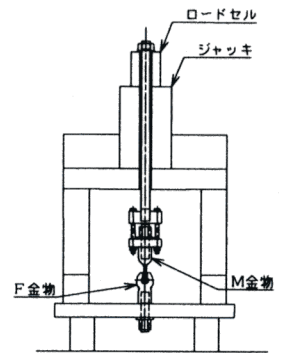


図5 単体引張試験方法

(2) 試験結果

試験結果を表2に示す。新型の実測破壊荷重は目標破壊荷重の約1.4倍であり、従来型と遜色ない強度を有していることが確認できた。

表2 単体引張試験結果一覧

	目標破壊荷重	実測破壊荷重	破壊部位
従来型	690kN※	880kN	F金物嵌合部
新型	660kN	975kN	M金物ウェブ

※旧基準

(3) ひずみ比較

図6は従来型と新型の嵌合部外縁側の荷重-歪線図を示す。新型は従来型と同様の傾向を示し、新型の方が僅かに剛性が高いことがわかる。

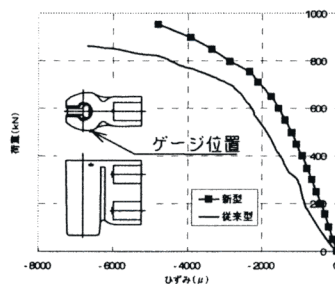


図6 嵌合部外縁側 荷重-歪線図

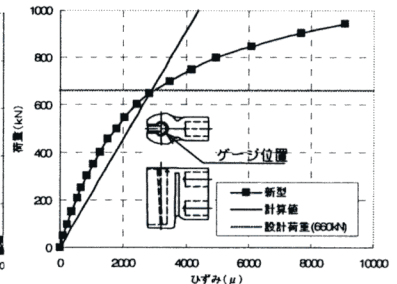


図7 嵌合部内縁側 荷重-歪線図

図7は嵌合部内縁側の荷重-歪線図を示す。歪の線形域における実測値と計算値はほぼ一致している。

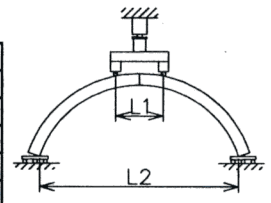
5. 継手曲げ試験

(1) 試験概要

継手の設計値は標準セグメントの基準に従い、セグメント本体の抵抗モーメントの60%以上を有するよう設定されている。よって、破壊モーメントが、本体の理論破壊モーメントの60%以上であることを確認する目的で、図8に示す様な継手曲げ試験を行った。

表3 継手曲試験結果一覧

	M (kN・m)	荷重 (kN)
継手の設計値 (本体の60%)	80.3	93
本体の理論破壊モーメント	266.2	308.3
本体の理論破壊モーメントの60%	159.7	185
継手部の理論破壊モーメント	161.7	187
クラック発生荷重	103.8	120
破壊荷重	174.3	201.5



L1=1200mm

L2=4660mm

図8 継手曲げ試験方法

(2) 試験結果

破壊は、セグメント圧縮縁のコンクリートの圧壊であり、従来型と同様の破壊モードであった。また、破壊荷重は201.5kNであり、本体の理論破壊モーメントの65%であった。

6. まとめ

新型コーンコネクターは30%の軽量化を実現し、単体引張試験、継手曲げ試験において従来型と同様に、所定の性能を満足することが確認できた。この結果から、コーンコネクターセグメントの経済性が更に向上したと考える。

最後に本開発を行うにあたり、貴重な御助言、御指導を頂いた東京都立大学山本稔名誉教授に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 堀木, 本田, 森他; コーンコネクター (セグメント継手) の開発, 土木学会第51回年講, 1996. 9
- 2) 森, 本田, 林他; コーンコネクター (セグメント継手) の開発, 土木学会第52回年講, 1997. 9

小型コーンコネクター継手の開発

日本RCセグメント工業会 正会員 森 孝臣 正会員 小林 一博
 正会員 船木 暁啓 岩田 和実
 長岡 省吾 倉木 修二
 株式会社クボタ 正会員 ○土屋 雅義

1. はじめに

近年、集中豪雨による浸水被害が増加しており、それに伴い都市部はもとより、地方においても雨水貯留管などの対策工事が増えている。

日本RCセグメント工業会で開発したコーンコネクター継手は、形状のスリム化改良や鉄筋サイズ毎の品揃えなどの標準化を行なうことで、水関連のシールドトンネルを中心に、多くの物件で採用されてきた。

今回、さらに適用範囲を拡げるため、小口径・低桁高のセグメントに適用可能なD13型コーンコネクターを考案したので報告する。

表-1 コーンコネクターラインナップ表

新規	現状ラインナップ				
D13型	D19型	D22型	D25型	D29型	D35型

2. コーンコネクター継手の概要

コーンコネクター継手は、セグメント本体にアンカー鉄筋を介して埋設されているF金物およびM金物が、セグメントを軸方向にスラ

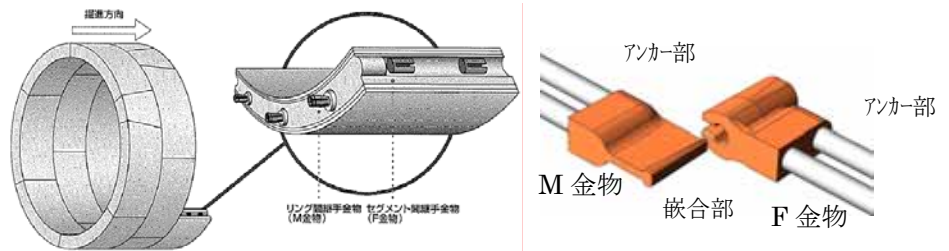


図-1 コーンコネクター継手概要図

イドさせることで挿入嵌合し締結が完了する継手方式であり、以下の特徴がある。

- 1) 組立時間の短縮：ワンパス施工であり、急速施工が可能である。
- 2) 内面が平滑なセグメント：継手がセグメントの側面に配置されるので、内面が平滑なトンネルを構築でき、用途によっては二次覆工の省略も可能である。
- 3) 自動組立に適合：締結ボルトが不要となるため、セグメントの自動組立に適する。

3. D13型コーンコネクターの考え方

D13型は小口径・低桁高セグメントに適用するため、鉄筋サイズD13 (SD345) 相当の強度とし、コンパクト化を図るためアンカー部を鋳物で一体化することとした。

(1) 標準セグメントC1クラスへの適用

従来のコーンコネクターは継手アンカー部にネジ節鉄筋を固定し、引抜きに抵抗している。その定着長は、「シールド工事用標準セグメント」に準拠し、鉄筋直径の1.2倍程度としている。今回D13型についても同様に1.2Dとすると、定着長が160mmとなり、標準セグメントのC1クラスの小型のセグメントに納まる大きさとなる。

標準番号: C1 φ1800×125H×750W

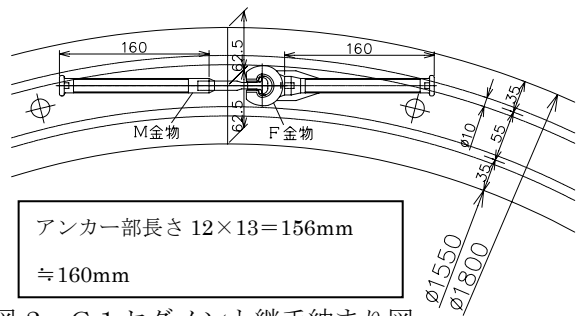


図-2 C1セグメント継手納まり図

(2) アンカー部の鋳物一体化について

D13型のアンカー部の鋳物一体化では、アンカー部の引抜きに対する定着について、2つの考え方に基づき、形状を設定した。

キーワード 急速施工、二次覆工省略、セグメント、コーンコネクター、ワンパス継手、小型化

連絡先 〒103-8310 東京都中央区日本橋室町3-1-3 (社)クボタ 産業機材営業部 TEL03-3245-3516

① 1 2 D案

従来タイプの考え方に準じて、アンカー部を定着長 1 2 D の鉄筋 2 本を模擬した形状とした。なお、節についても、異形棒鋼の形状と同様とした。

② 付着案

アンカー部についてセグメントへの取り付けを容易にするため、より単純でコンパクトな板状の付着板を検討した。考え方としては、1 2 D の鉄筋の場合と付着力が同等以上になるよう、付着板の形状を 1 2 D の表面積より大きくなる寸法に設定した。

1 2 D の表面積：

$$1.3 \times \pi \times 1.2 \times 1.3 \times 2 = 1.2742 \text{ mm}^2$$

$$\text{付着板の表面積} : (11.5 + 8.6) / 2 \times 5.5 = 1.3010 \text{ mm}^2 > 1.2742 \text{ mm}^2$$

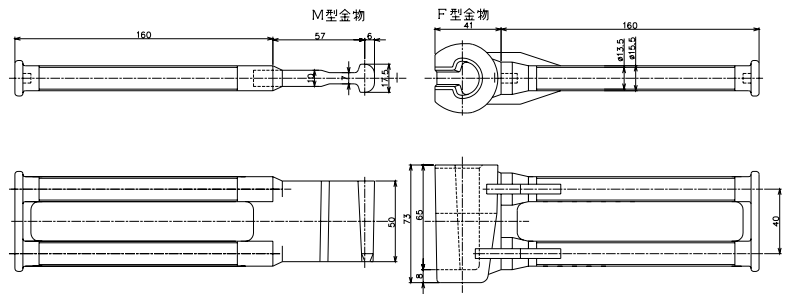


図-3 1 2 D案継手図

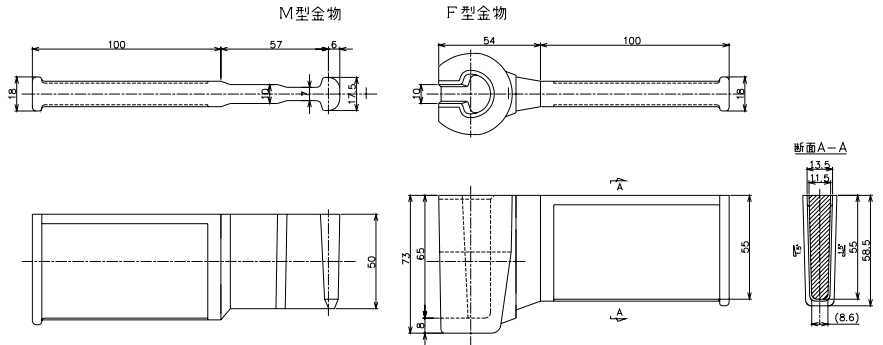


図-4 付着案継手図

4. 性能確認試験計画

現在、上記の考え方に基づく継手の試作を進めており、下記の確認試験により、性能確認を進めていく予定である。

(1) 単体引張試験

本体部分が必要強度を満たしているか確認することを目的として、単体引張試験を実施する。判定基準は、D 1 3 鉄筋の耐力相当の荷重で金物が破壊しないこととし、嵌合部ならびにアンカー部の歪を評価する。

(2) 引抜試験

1 2 D案、付着案それぞれについて、所定の引抜き強度を有するか確認するために、継手を埋設したRC平板供試体を製作し、金物の引抜試験を実施する。判定基準は、D 1 3 鉄筋の耐力相当の荷重で金物が引き抜けないこととし、試験ケースは1 2 D案、付着案の2種類のアンカー部形状について、コンクリート強度を2水準 ($\sigma_{ck}=42\text{N/mm}^2$ 、 48N/mm^2) として評価する。

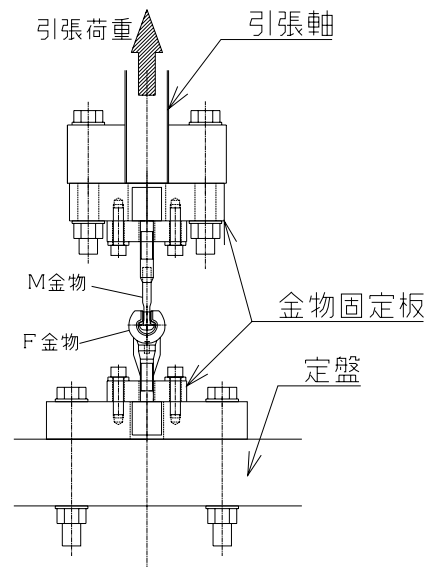


図-5 単体引張試験要領図

5. まとめ

小口径・低桁高セグメントに適用できる小型の継手として D 1 3 型コーンコネクターを考案した。今後性能確認試験を実施し、実用化を進めていきたい。

(参考文献)

- 1) 堀木, 本田, 森他; コーンコネクター (セグメント継手) の開発, 土木学会第 51 回年次学術講演会, 1996.9
- 2) 森, 本田, 林他; コーンコネクター (セグメント継手) の開発, 土木学会第 52 回年次学術講演会, 1997.9
- 3) 岩田, 船木, 長岡他; ボルトレス継手 (新型コーンコネクター) の開発, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004.9

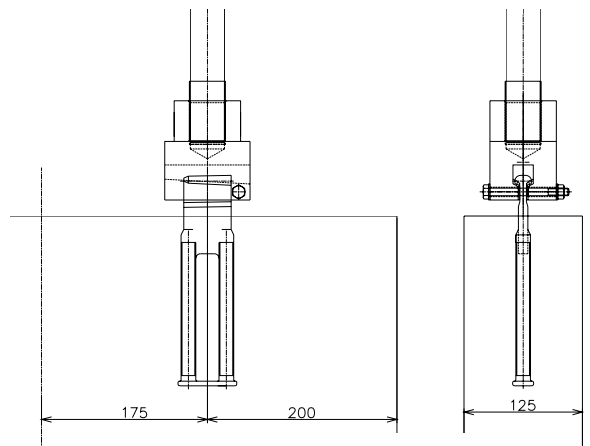


図-6 金物引抜き試験要領図