

# フック継手 (セグメント間) について

平成 19 年 6 月 15 日  
日本 RC セグメント工業会

## 1. はじめに

近年、シールド工事においては工事費の低減や施工性の向上が要求されており、セグメントの開発の多くがこの要望に沿った形で進めている。

日本RCセグメント工業会では、この要望に沿ってセグメントの内面平滑を可能とするコーンコネクターを開発、実施工に適応してきた。一方、コンパクトな継手を志向してフック継手の開発を進め、試験を行い、基本性能を十分満足する結果を得ている。

## 2. フック継手の概要

フック継手は、先端に角材を用いた凸部を持ち、本体にはアンカー筋が付いている。F金物は角材の向きを互いに逆向きにセグメントに埋設し、本体の両面に角材を用いたM金物を嵌合させる構造である。これをセグメント間に用いることにより、セグメントをトンネル軸方向に移動させるだけで嵌合を完了することができる。また、鋼材を組み合わせた簡単な構造であるため部品の共通化が図りやすく、金物の製作や組み付けも容易にできる継手である。

### 特長

- ・ 組立時間の短縮
- ・ 内面が平滑なセグメント
- ・ 自動組立に適合

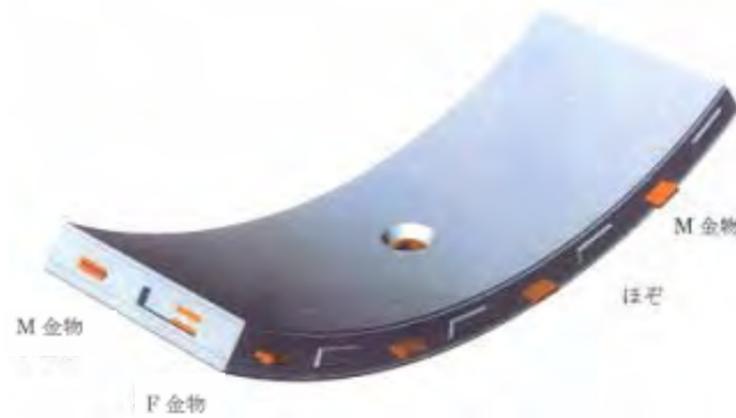


図1 セグメント外観



図2 継手嵌合前



図3 継手嵌合状況

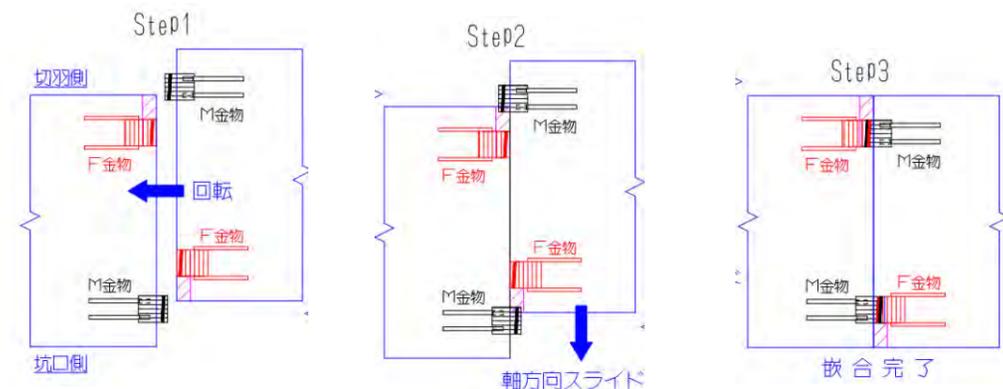


図4 継手嵌合過程

表1 試験結果と回転ばねの関係(C型金物)

タイプ ( )内は標準番号	試験結果		設計破壊荷重 (kN)	実測値 kθ (kN・m/rad)	kθ*	備考 (外径・厚さ)
	破壊荷重 (kN)	安全率				
125 (C17)	50.0	3.36	35.2	4618	0.54	Do=3150 H=125 (175)
	44.0	2.96		5181	0.60	
150 (C24)	60.5	3.78	36.8	20606	1.59	Do=3550 H=150 (200)
	56.0	3.50		55011	4.25	
150 (C26)	66.5	2.77	52.2	12973	1.00	
	63.0	2.63		32740	2.53	

125 (C17) での試験の概要

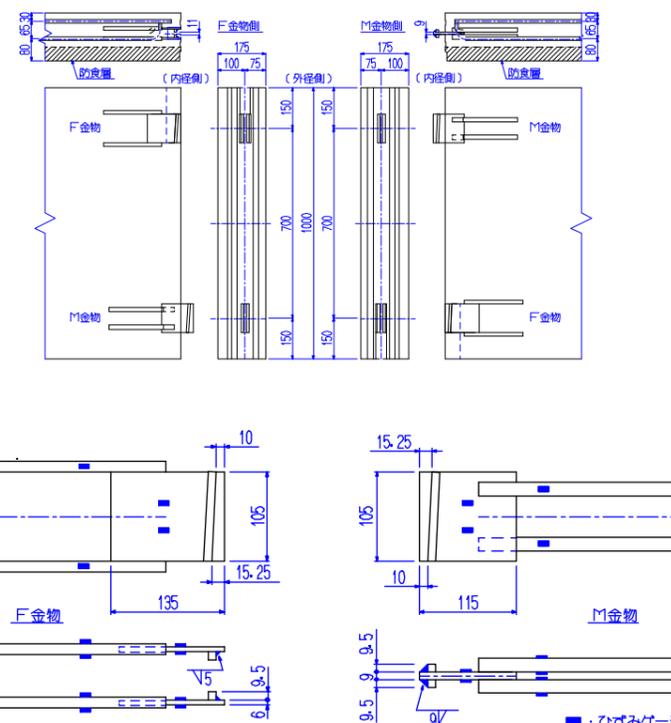


図5 フック継手部

表-2 断面諸元・性能表

形式	C 17 規格値
幅	1,000 mm
桁高	125 mm+50 mm(防食層)
有効高さ	75 mm
抵抗モーメント	7.8 kN・m
破壊モーメント	18.5 kN・m
設計荷重	14.9 kN
規格荷重	35.2 kN

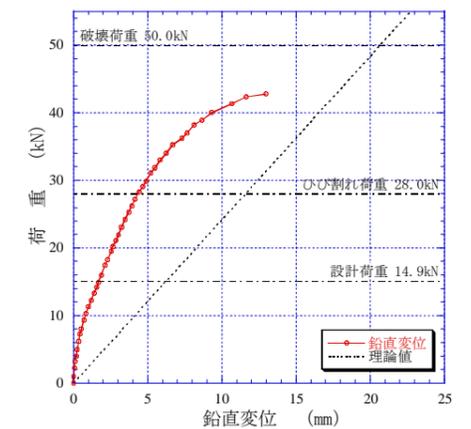


図6 荷重-鉛直変位

## 3. まとめ

今までの試験結果により、十分な設計耐力を有していることを確認している。さらに、基本的な寸法や形状にも問題ないことも確認済みであり、現場施工性の実証を模擬した平板供試体における組立試験を実施している。

フック継手の開発 セグメント間継手の要素試験

日本RCセグメント工業会 正会員 ○秋田谷聡\*1 (株)ボタ 正会員 渡辺 仁\*2  
 日本RCセグメント工業会 正会員 岩田和実 同 正会員 橋本博英  
 正会員 長岡省吾

はじめに

近年、シールド工事ではセグメント組立時間の短縮化が求められボルト締め作業の自動化や省略化が可能なセグメントの継手が多く開発されている。セグメント組立工程を最も単純化するとシールドジャッキの推力だけでセグメント継手とリング継手を同時に閉合できる継手（以下「ワンパス継手」という）に行きつく。筆者等が実用化したコーンコネクターもワンパス継手のひとつである。

一方でワンパス継手は継手金物や型枠の構造が複雑となりがちで金物や型枠の加工組立費をアップさせる要因ともなる。このため、筆者等は製作コストを抑えることをコンセプトとし構造を単純にしたワンパス継手を考案し開発中である。

この継手は片端部をフック状に曲げて係止爪とし他端はアンカー部とする帯状鋼材を基本部材とし、係止爪を外向きに2枚組み合わせたものをM金物、内向きに組み合わせをF金物と称する。（以下「フック継手」という）

本報告では、中小径断面への適用を目的としたフック継手の要素試験の結果について述べる。

2. 試験の概要

(1) 試験の目的

フック継手の単体引張時の性能を確認する。

(2) 試験方法

図3のようにF金物およびM金物の爪が嵌合するように組立てセンターホルダジャッキにより引張荷重を載荷する。F金物はコンクリートに埋設されることを想定し背面側には移動しないように拘束する。

(3) 荷重段階および測定項目

5kNピッチで荷重が上がらなくなるまで載荷する。測定項目は荷重およびウェブ内側ひずみ(1)、ウェブ背面ひずみ(2)、コーン部ひずみ(3)、垂直変位(4)とする。

(4) 試験ケース

標準セグメント用ボルト1本の許容引張荷重に相当する金物仕様を表1のように設定する。なお、鋼種はSM490( $\sigma_{sa}=215N/mm^2$ )とする。

表1 試験ケース

区分	許容荷重 (kN)	断面緒言 長さ×幅×厚	許容引張応力度/ひずみ $\sigma_t(N/mm^2)$ / $\mu$
低荷重 M24(4.6)相当	42	22×70×9t	213 / 1012
中荷重 M24(6.8)相当	74	22×130×9t	200 / 954

3. 試験結果および考察

(1) 試験の経過

引張荷重の増加に伴い係止爪が伸び、最大荷重に達した直後にM金物の片側の爪がはずれ、さらに載荷を続けると他端の爪もはずれてM金物が抜け出した。

**keywords** : フック継手, ワンパス継手, コーンコネクター

\*1: 〒374-0131 群馬県邑楽郡板倉町大字大蔵5 Tel.0276-82-2501 Fax 0276-82-3804

\*2: 〒103-8310 東京都中央区日本橋室町3-1-3 Tel.03-3245-3561 Fax 03-3245-3591

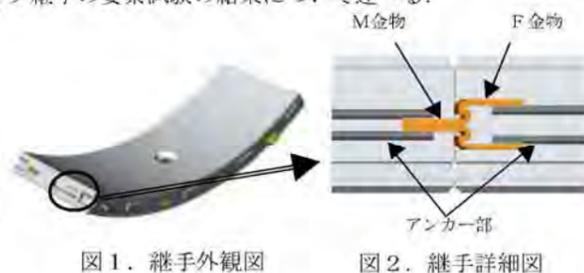


図1. 継手外観図

図2. 継手詳細図

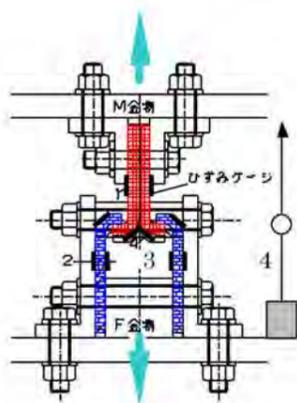


図3. 引張試験概要図

(2) 荷重, 変位およびひずみの計測結果

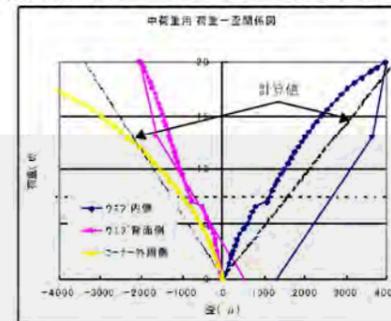


図4. 荷重-ひずみ図(1)

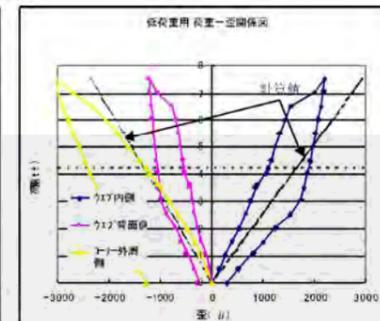


図5. 荷重-ひずみ図(2)

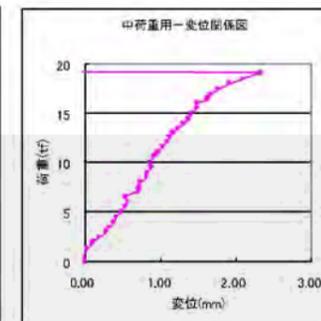


図6. 荷重-変位図

表2. 試験結果

区分	許容荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	安全率	設計荷重時のひずみ( $\mu$ )			変位 (mm)
				ウェブ内側(8点)	ウェブ背面(4点)	コーン部(8点)	
低荷重	42	117	2.8	1154(678~1770)	-986(-819~-1178)	-1157(-492~2331)	1.3
中荷重	74	200	2.7	1113(498~1523)	-774(-707~-829)	-967(-337~1572)	0.7

- ① 最大荷重は表2の通りで許容荷重に対する安全率は標準セグメントとほぼ同じであった。注1
- ② 軸方向の変位はアンカー基部を不動点として許容荷重時には1mm程度であったが、組立てに伴う遊びや爪先端の回転ずれ等が影響して絶対値を把握できなかった。(注1)
- ③ ひずみ値はばらつきが大きく局部的に許容ひずみを越える箇所もあるが、力の伝達経路がほぼ同じと推定される対称の位置毎に平均ひずみを算出すると計算値とほぼ一致した。

(3) 考察

- ① 継手金物の仕様は係止部の有効幅と抵抗曲げモーメントから決めているが、各部の平均ひずみが計算値とほぼ一致し、金物全体の引張強度も許容荷重に対して十分な余裕をもつことから、簡易な設計法として妥当と考えられる。
- ② 基本部材の変形する順番や程度あるいは軸心のずれ方向や程度が試験毎に異なり、ひずみや変位の大きさもばらついている。これは嵌合面の接触程度が金物の仕上げや組立精度等の影響で均一になっていないことや試験ではF金物とM金物の軸心を固定していないことから偏荷重となったこと等が原因と考えられる。
- ③ 実施工では継手金物は若干のプレストレスが入る位置にコンクリートに完全に埋め込まれ、また、ずれ防止のキなどを設置することで軸心のずれが小さくなり荷重の伝達は試験時よりも均一となり、本試験での評価は安全側になると考えられる。

4. まとめ

- (1) フック継手は簡易な構造でボルト式鋼製継手とほぼ同等の引張性能を有する。
- (2) フック継手金物の製作においては嵌合部の寸法精度の設定方法に課題を残すが、継手金物の性能には十分な余裕があるため、簡易な計算で断面設定することができる。
- (3) 今後はフック継手を平板モデルに埋め込み性能評価を行うとともにセグメント製造時の課題を整理し解決していく予定である。

最後に、本研究を進めるにあたり、貴重なご助言、ご指導を頂きまし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) 秋田谷, 本田, 若林, 林, 堀木: 生産性の良いワンパス継手(フック継手)の開発について, 第54回年次学術講演会, III-B66 pp.132-133, 1999.9.

## フック継手の開発 セグメント間継手の要素試験 2

ーフック継手（溶接構造）の引張試験ー

日本 RC セグメント工業会 正会員 ○岩田 和実\*<sup>1</sup> 正会員 橋本 博英  
 正会員 本田 和之 正会員 長岡 省吾  
 本郷 裕  
 (株)クボタ 正会員 渡辺 仁\*<sup>2</sup>

### 1. はじめに

ここ数年来、シールド工事においては工事費の低減が要望されており、新型セグメントの多くもこの要望に沿った形で開発が進められている。

セグメントにおけるシールド工事費低減の方策としては、大きく①内面平滑化→後施工（二次覆工、ボルトボックス充填工など）を省略可能であること、②ワンパス（ボルトレス）施工→継手締結作業が不要であり、エレクターもしくはシールドジャッキの押付けだけでリングの組立が可能であることの2点を挙げることができる。

日本 RC セグメント工業会は、上記の2つの方策が実現可能な継手としてコーンコネクター継手（ワンパス継手）の実用化に成功したが、継手金物の更なるコストダウンを目指して、鋼板の曲げ加工ならびにアンカー筋の溶接作業のみで製作可能なフック継手の開発に着手し、昨年の第57回土木学会年次学術講演会において要素試験（継手単体の引張試験）の結果を報告した。

本編は、昨年の曲げ加工によるフック継手を改良した、溶接構造のフック継手を用いて行った要素試験の結果について報告する。

### 2. フック継手の改良点

図-1に曲げ加工によるフック継手、図-2に溶接構造によるフック継手の嵌合部の概要図を示す。

曲げ加工は、鋼板の変状を抑えるために最小曲げ半径を5mm以上とする必要があり、図に示すようにF金物の最大幅が大きく、桁高が小さいセグメントへの適用が困難であるとともに、金物の接触部がアンカー部から離れていることから継手部に発生する引張力により、曲げ加工部に大きな曲げモーメントが作用し、金物の変形が大きくなる傾向にあることが昨年の要素試験の結果より判明した。

そこで、図-2に示す溶接構造によるフック継手では、アンカー部に角型の鋼材を直接溶接することで、F金物の最大幅を小さくして桁高の小さいセグメントにも適用しやすくし、金物接触部とアンカー部を接近させることで、金物に発生する引張力を直接アンカー部に伝達することが可能な構造とした。

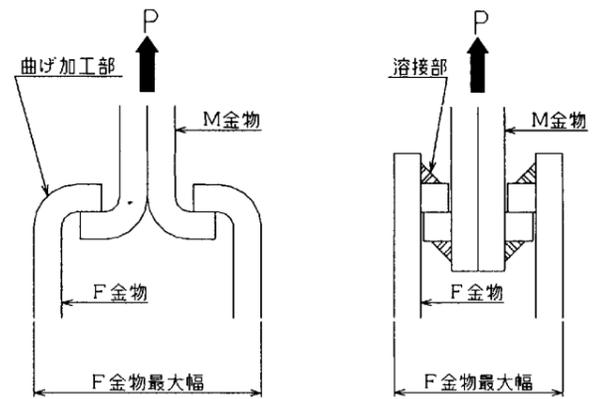


図-1 フック継手(曲げ加工) 図-2 フック継手(溶接構造)

キーワード：コストダウン 内面平滑 ワンパス施工 フック継手 溶接構造 セグメント継手

連絡先\*1：〒113-0024 東京都文京区西片 1-17-8 Tel 03-5844-1313 Fax 03-5844-1221

\*2：〒103-8310 東京都中央区日本橋室町 3-1-3 Tel 03-3245-3561 Fax 03-3245-3591

### 3. 要素（引張）試験の概要

#### 1) 試験方法

図-3に引張試験方法の概要図を示す。

試験は、F金物とM金物を嵌合させた状態で試験治具に取付け、PC鋼棒を介してセンターホールジャッキにより引張力を与えることにより行った。なお、F金物はコンクリート内に埋設されていることを想定し、外側への変形が生じないように拘束した。

#### 2) 試験ケース

表-1に試験ケースの一覧を示す。

表-1 試験ケース一覧

	供試体幅	許容荷重	破壊荷重
軽荷重用	70mm	62.4kN ( $\tau_{sa}=90\text{kN/mm}^2$ )	97.0kN ( $\tau_{yd}=140\text{kN/mm}^2$ )
重荷重用	130mm	115.8kN ( $\tau_{sa}=90\text{kN/mm}^2$ )	180.2kN ( $\tau_{yd}=140\text{kN/mm}^2$ )

注) 許容・破壊荷重は溶接部のせん断強度から設定した。

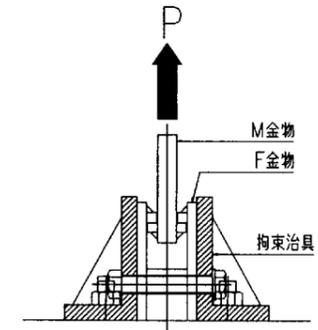


図-3 引張試験方法

### 4. 試験結果

図-4に荷重とF金物・M金物を固定した治具の間隔を測定した変位の関係を示す。

載荷初期段階において治具とのなじみと思われる1mm程度の変位が生じているが、設計荷重レベルでは、軽荷重用でおよそ2.5mm、重荷重用でおよそ3.5mmの変位を測定した。

図-5および6に荷重とひずみの関係を示す。

F金物の外側に曲げによるものと思われる圧縮ひずみが生じているもののM金物・F金物内側に発生しているひずみは、ほぼ理論値通りであった。

また最終荷重は、治具の能力から300kNまでとしたが、許容荷重を大きく上回り、溶接部にも変状をきたしていないことから、溶接構造としたフック継手は十分な耐力を有していることが確認できた。

### 5. まとめ

以上のように、金物接触部を溶接構造としたフック継手は、曲げ加工によるものに比較して、十分な耐力を有しており、許容荷重以上の引張力に対しても溶接部が破断することが無いことが確認された。

今後は、平板型の実供試体を作成し、製作性を確認するとともに継手曲げ試験を行う予定である。

最後に本試験を行うにあたり、貴重なご助言・ご指導を頂いた山本稔東京立大学名誉教授に謝意を表します。

### <参考文献>

- 1)秋田谷他：生産性良いワンパス継手の開発について，土木学会第54回年次学術講演会,1999,9
- 2)秋田谷他：フック継手の開発 セグメント間継手の要素試験,土木学会第57回年次学術講演会,2002,9

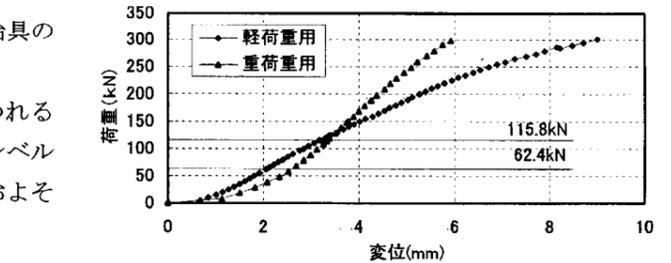


図-4 荷重-変位図

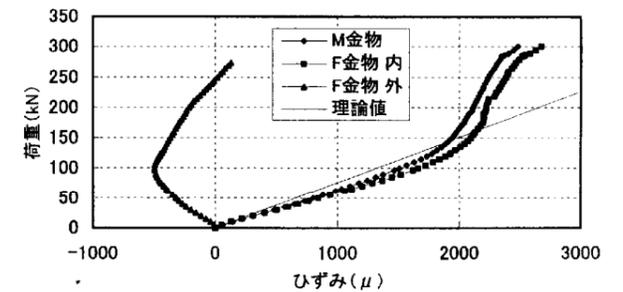


図-5 荷重-ひずみ図(軽荷重)

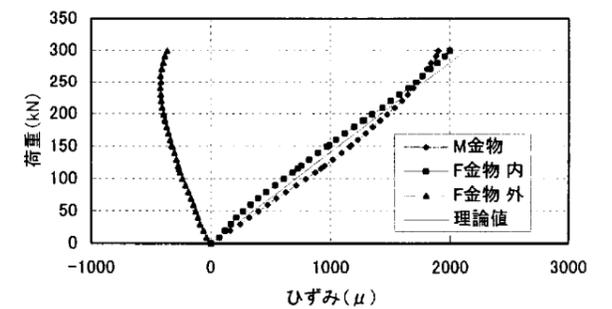


図-6 荷重-ひずみ図(重荷重)

フック継手（セグメント継手）の開発 ―軽荷重タイプ―

日本R/Cセグメント工業会 正会員○船木 暁啓<sup>\*1</sup> 正会員 長岡 省吾  
 正会員 岩田 和実 正会員 本郷 裕  
 正会員 若林 正憲  
 (株)クボタ 正会員 渡辺 仁 <sup>\*2</sup>

1. はじめに

近年、シールド工事においては工事費の低減や施工性の向上が要求されており、セグメントの開発の多くがこの要望に沿った形で進めている。

日本R/Cセグメント工業会では、この要望に沿ってセグメントの内面平滑を可能とするコンパクトな継手を志向して開発を進め、桁高150mmに対応する継手構造（中荷重）にて試験を行い、基本性能を十分満足する結果を得て、第59回土木学会年次学術講演会にて報告した。

今回、更に薄型化を目指し、桁高125mmに対応する継手構造（軽荷重）にて開発を進め、継手曲げ試験を実施したので、その試験結果について報告する。

2. 試験概要

(1) 試験供試体

供試体は、外径3,150mm×幅1,000mm×厚125mmのC17標準セグメントをモデルにし内面側に「二次覆工一体型セグメント設計・指針（案）平成14年5月：東京都下水道局」に準拠した50mmの防食層を設け、図-1に示すように相対する継手面それぞれにフック継手M金物（雄金物）、F金物（雌金物）を埋め込んだ平板供試体とした。供試体の断面諸元、性能値は表-1のとおりである。

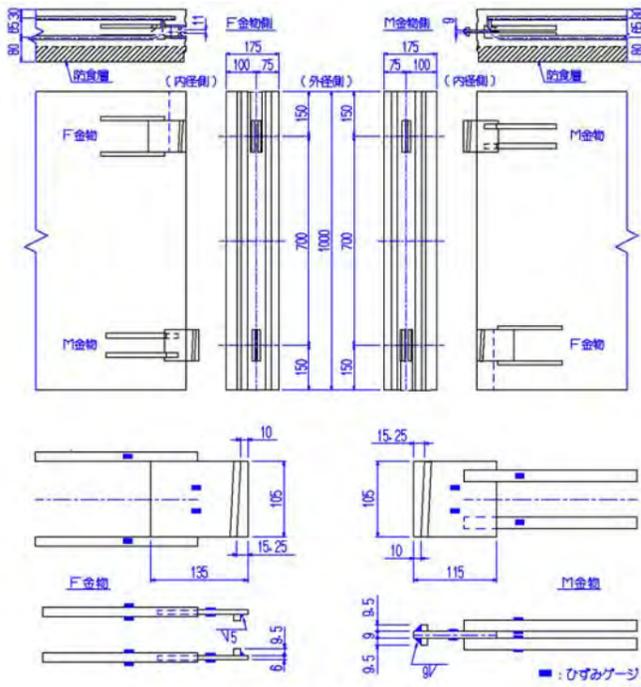


図-1 フック継手部

表-1 断面諸元・性能表

形式	C 1 7 規格値
幅	1,000 mm
桁高	125 mm+50 mm(防食層)
有効高さ	75 mm
抵抗モーメント	7.8 kN・m
破壊モーメント	18.5 kN・m
設計荷重	14.9 kN
規格荷重	35.2 kN

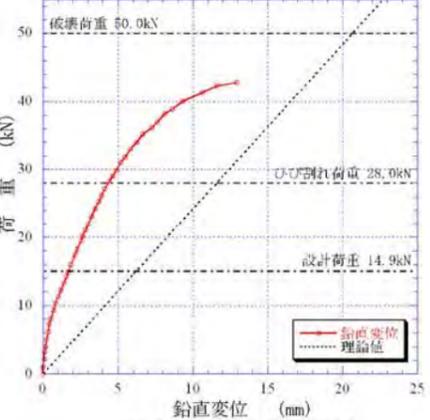


図-2 荷重-鉛直変位

(2) 試験方法

試験は、図-3に示すように水平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曲げ

キーワード：フック継手、小型化、内面平滑、ワンパス、継手曲げ試験  
 連絡先：<sup>\*1</sup> 東京都中央区京橋1-17-4 杉江ビル Tel 03-3562-2621 Fax 03-3564-4655  
<sup>\*2</sup> 東京都中央区日本橋室町3-1-3 Tel 03-3245-3561 Fax 03-3245-3591

モーメントを作用させて行った。載荷ピッチは、初亀裂発生までを1.0kNピッチ、初亀裂発生以降は2.0kNピッチとし破壊まで載荷した。

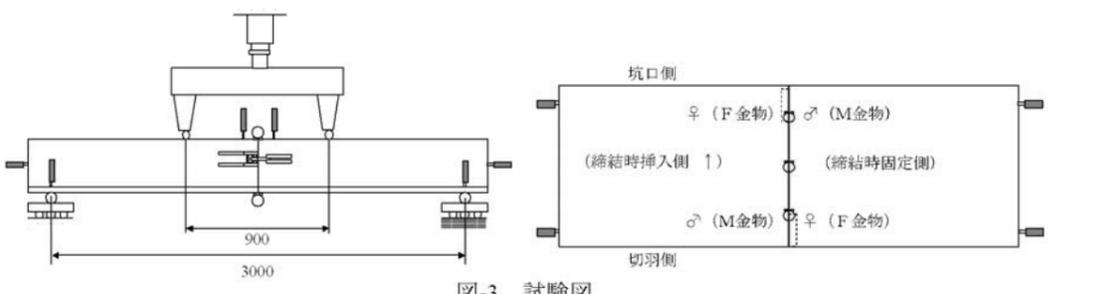


図-3 試験図

3. 試験結果

初亀裂は、28.0kNで切羽側M金物挿入用開口部より発生し、継手金物付近と配力筋に沿って亀裂が増加伸長していった。その後、切羽側M金物がF金物下段（内面）側プレートを曲げ回転により変形させ、防食層（無筋層）の内面側コンクリート塊が剥離し、最終荷重となった。規格値35.2kNに対して最終荷重は50.0kNで、安全率 $f_s=3.36$ を得た。

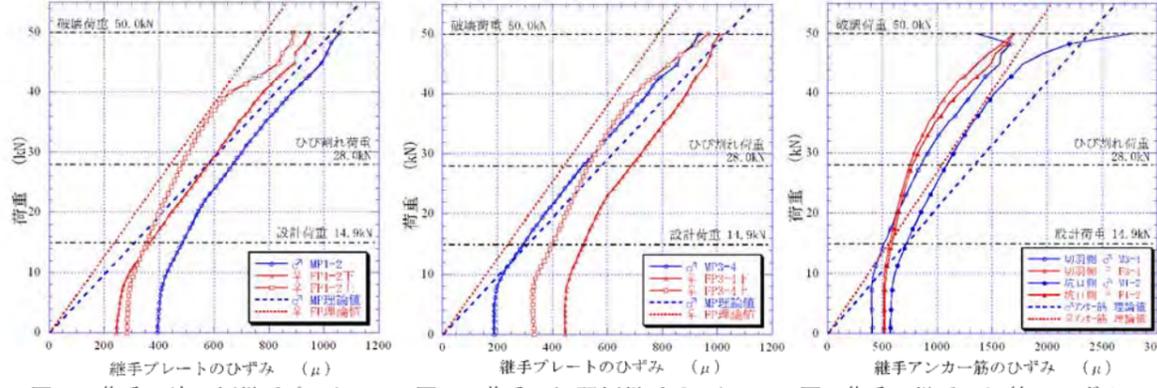


図-4 荷重-坑口側継手プレート  
 のひずみ  
 図-5 荷重-切羽側継手プレート  
 のひずみ  
 図-6 荷重-継手アンカー筋のひずみ

図-2に鉛直変位、図-4に坑口側継手プレートひずみ、図-5に切羽側継手プレートひずみ、図-6にアンカー筋ひずみをそれぞれ荷重との関係で表したグラフを示す。ひずみの増加は、継手プレートで10.0kN、継手アンカー筋で設計荷重まで、締結時に導入された軸力の影響により殆ど変化が見られない。その後、理論勾配に沿って増加し最終荷重に至った。継手アンカー筋ひずみで最終荷重に達する前に、切羽側が44.0kN付近より増加し、坑口側が48.0kNより減少しているが、切羽側F金物の下段プレートの変形によりM金物に曲げ引張りが集中した結果と推定できる。

4. まとめ

今回行った継手曲げ試験の結果、継手部の降伏は規格破壊値を十分上回り、当初のねらい通り桁高125mm、標準セグメントC 1 7相当の継手強度としては、十分な設計耐力を有していることを確認した。また、基本的な寸法や形状にも問題ないことが確認できたので、今後、実用化を図っていきたいと考えている。

最後に本試験を行うにあたり、貴重なご助言、ご指導を頂いた山本東京都立大学名誉教授に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 東京都下水道局：二次覆工一体型セグメント設計・施工指針（案）平成14年5月
- 2) 岩田 和実 他：フック継手の開発セグメント間継手の要素試験2、土木学会第58回年次学術講演会
- 3) 千葉 慎也 他：フック継手の開発継手曲げ試験、土木学会第59回年次学術講演会

フック継手（セグメント間継手）の開発

—継手曲げ試験—

日本 RC セグメント工業会 正会員 藤野 豊 正会員 橋本 博英  
 正会員 本田 和之 本郷 裕  
 正会員 ○ 千葉 慎也\*1  
 (株)クボタ 正会員 渡辺 仁\*2

1. はじめに

ここ数年来、シールド工事においては工事費の低減や施工性の向上が要望されており、新型セグメントの多くもこの要望に沿った形で開発が進められている。

日本 RC セグメント工業会では、この要望に対し従来のボルトを使わずシールドジャッキの押付けによるワンパスで継手の締結が可能であり、内面平滑で二次覆工の省略を可能とする継手としてコーンコネクター継手の実用化に成功した。そして、更に継手金物の小型化を目指して、フック継手の開発に着手し、第58回土木学会年次学術講演会において溶接構造のフック継手を用いた要素試験（継手単体の引張試験）の結果を報告した。

今回は、その試験結果をふまえてフック継手の開発の一環として、セグメントの継手曲げ試験を実施したので、そ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

供試体は、外径 3,550mm×幅 1,000mm 厚さ 150mm の標準セグメントをモデルにし内面側に「二次覆工一体型セグメント設計・施工指針（案）平成 14 年 5 月：東京都下水道局」に準拠した 50mm の防食層を設け、図-1 に示すように相対する継手面それぞれにフック継手 M 金物（雄金物）、F 金物（雌金物）を埋め込んだ平板供試体とした。供試体の断面諸元、性能の理論値は表-1 のとおりである。

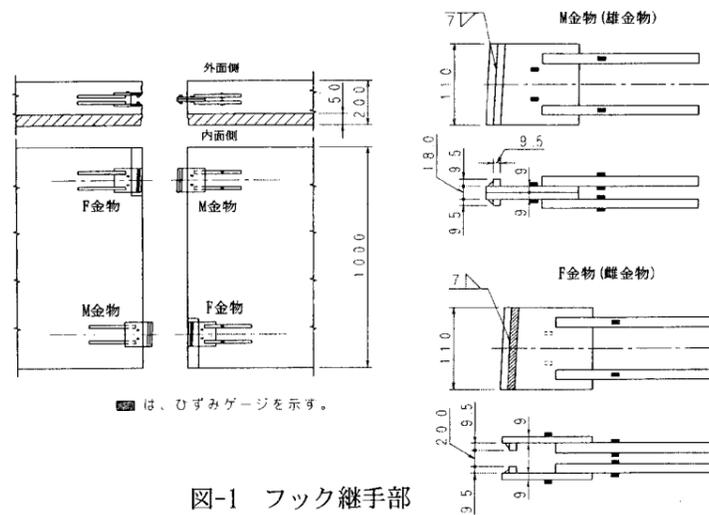


図-1 フック継手部

表-1 断面諸元・性能表（理論値）

継手部	
B (cm)	100
h (cm)	15+5 (防食層)
As (cm <sup>2</sup> )	39.6
d (cm)	8.3
Mr (kN・m)	12.6
Mu (kN・m)	24.1
Pu (kN)	45.9

キーワード：フック継手、小型化、内面平滑、ワンパス、継手曲げ試験、

連絡先\*1：東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 Tel 03-5644-1207 Fax 03-5644-1235

\*2：東京都中央区日本橋室町 3-1-3 Tel 03-3245-3561 Fax 03-3245-3591

(2) 試験方法

試験は、図-2 に示すように水平 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。荷重ピッチは、初亀裂発生までを 1.0kN ピッチ、初亀裂発生以降は、2.0kN ピッチとし破壊まで荷重を行った。

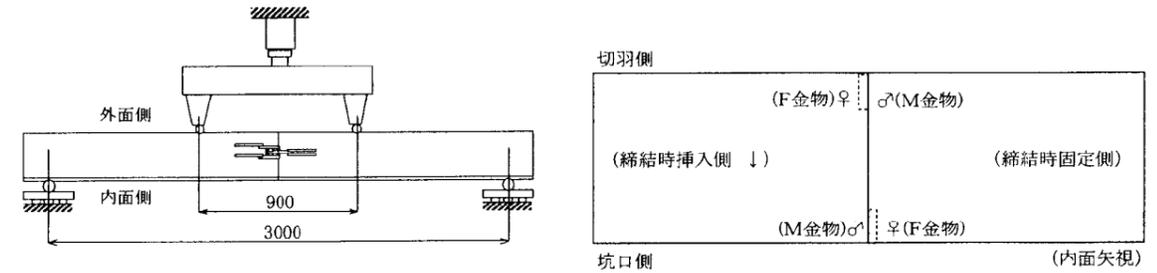


図-2 試験概要

3. 試験結果

初亀裂は、26.0kN で継手金物付近の内面側で発生し、継手金物付近と配力筋に沿って亀裂が増加、伸長していった。その後、F 金物ボックス部のコンクリートに亀裂を生じ、理論荷重 45.9kN を上回る 63.0kN で破壊に至った。

図-3 に、M 金物のひずみ、図-4 に、F 金物のひずみと荷重の関係を表したグラフを示す。ひずみの増加は、初亀裂発生前は、初期の締結力の影響によりひずみの変化は少ない。その後、理論勾配に沿って増加し、荷重値 50kN 付近より継手金物の降伏が始まり破壊に至っている事が確認できる。なお、金物には目立った変形は無かった。

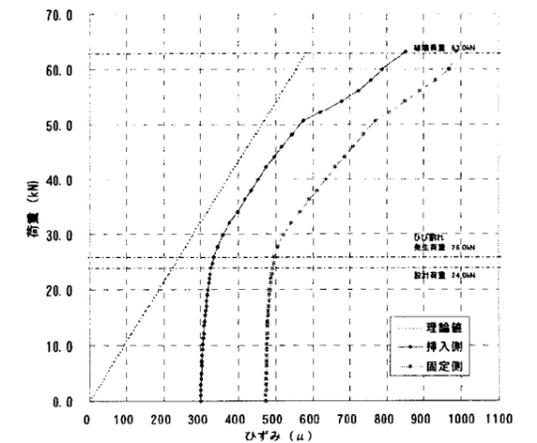


図-3 荷重-ひずみ図 (M 金物)

4. まとめ

今回行った継手曲げ試験結果より、継手部の降伏は理論破壊値を上回った後に起こっていることからフック継手は、設計値に対して十分な耐力を有しており、基本的な寸法や形状に問題無い事が確認できた。

今後、この実験結果をふまえ、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、貴重なご助言、ご指導を頂いた山本稔東京都立大学名誉教授に謝意を表します。

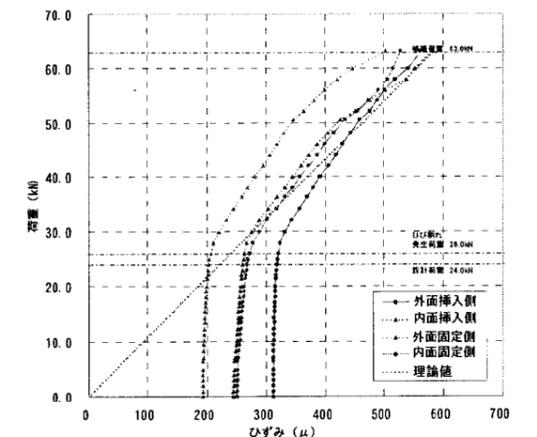


図-4 荷重-ひずみ図 (F 金物)

<参考文献>

- 1)東京都下水道局：二次覆工一体型セグメント設計・施工指針（案）平成 14 年 5 月
- 2)岩田 和実 他：フック継手の開発 セグメント間継手の要素試験 2、土木学会第 54 回年次学術講演会,2003,9