IKK合成セグメント

IC セグメント

トンネルの未来を変える



株式会社ＩＫＫ

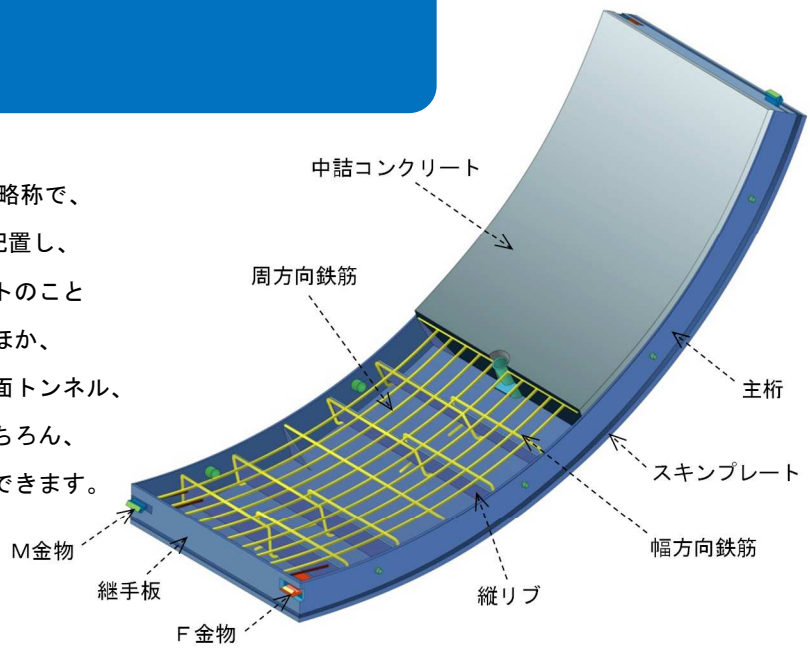
「ICセグメント」が、これからの都市空間を進化させる

安全性・経済性、施工性・耐久性など、
セグメントに求められる要素をひとつひとつクリアしながら、
新しい都市空間づくりに貢献します。

「IC セグメント」とは...

IKK Composite Segment（IKK 合成セグメント）の略称で、5 面を鋼板で覆われた鋼殻内部に鉄筋と鋼材を配置し、鋼材とコンクリートを一体化した合成セグメントのことです。コンクリートの充填性を考慮したリブのほか、継手のバリエーションなども豊富に揃え、大断面トンネル、中小口径および内水圧が作用するトンネルはもちろん、曲線区間や開口区間などの幅広い分野にも適用できます。

※IC セグメントの「I」には、
Innovative, Infinite, Individual などの
意味合いが込められています。



IC セグメントの特長

覆工厚の薄型化で高い経済性を発揮

- コンクリートセグメントに比べて覆工厚を薄型化。掘削断面の減少により排出土砂処分費やシールドマシン費などを削減し、コストダウンを実現します。
- 鋼殻内部の鉄筋は多段配置が可能で高強度化も容易に行えます。

安全かつ確実な施工を実現

- 高い剛性と優れた止水性で安全施工を実現します。
- 継手にはトンネル軸方向にスライドして締結する嵌合式と楔式を組み合わせ、より安全・確実な施工を可能にしました。

二次覆工の省略や高速施工により工期を短縮

- 内部にコンクリートを充填することで二次覆工を不要とし、工期を短縮します。
- 楔式継手や嵌合式継手を使うことで内面の平滑化を実現し、高速施工による省力化や工期短縮を可能にします。

内水圧が作用するトンネルにも適合

- 曲げモーメントと軸引張り力に優れ、河川トンネルや貯留トンネルなど内水圧が作用するトンネルにも十分に対応できます。
- コンクリートにひび割れなどが発生しても高い止水性をキープします。

優れた止水性を確保

- ５面を鋼板で覆い、組立時や推進ジャッキ加圧時などの割れ・欠けをなくして漏水を防ぎます。
- 止水シール材の膨張圧が鋼板で分散されるため継手部が高い止水性を発揮します。

耐震性に優れた構造

- 鋼材とコンクリートの一体化により、変形追従性に優れた構造を実現。脆弱的な破壊を防止します。

適用効果

ＩＣセグメントは、**「合成セグメント」**が持つ特長を生かし、多様化するトンネル用途や設計条件に合理的に対応可能なセグメントです。重荷重・内水圧・高土水圧下等では、従来セグメントより覆工厚を薄くできる場合が多く、工期短縮やトータルコスト削減など数々なメリットを実現します。

従来セグメント

ＲＣセグメント
ＲＣ断面の引張鉄筋比の上限の目安（約 1.2%）を超える場合
桁高が大きくなる

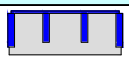
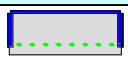
コンクリート中詰鋼製セグメント
鋼殻のみで構造設計
高土水圧下においては、
主桁本数や板厚を増やして対応

合成セグメント

鋼材量の上限が大きい
薄肉化が可能

主桁を安価な
中詰コンクリートと鉄筋に
置き換えられ**経済的**

従来セグメントとの比較

	RCセグメント	SSPC	合成セグメント
概略図			
価格	○	×	△
薄肉化	×	△	○
割れ欠け・止水性	×	○	○
生産効率	○	△	△
特殊荷重部への適用	×	△	○

ＩＣセグメントの適用が効果的な条件例

大深度軟弱地盤部

大深度軟弱地盤に敷設されるトンネル覆工には高軸圧縮力と同時に大きな曲げモーメントが発生します。従来セグメントでは桁高や鋼材量が過大となり、不経済となる場合がありります。ＩＣセグメントは高い剛性と優れた止水性があり、経済的でかつ安全にトンネルを構築できます。

急曲線部

近年では、従来鋼製セグメント＋二次覆工で構築してきた急曲線部においても二次覆工省略可能なセグメントが求められる場合があります。ＩＣセグメントは５面を鋼殻で覆われているため、コンクリート部の局所荷重による損傷を防ぐことができます。

重荷重部

長距離トンネルでは軽荷重部区間と重荷重部区間が存在する場合が多く、軽荷重部区間のＲＣセグメントの桁高では重荷重部区間で適用出来ない場合があります。ＩＣセグメントを軽荷重部のＲＣセグメントの桁高で重荷重部に適用することで経済的な覆工断面が実現可能です。

開口部・坑口部

開口部リングの前後や開口ピースの隣接ピースには開口に伴い重荷重となる場合がある他、特殊幅・特殊分割や特殊継手となる場合があります。また、坑口部では特殊幅等の調整リングが必要となる場合があります。ＩＣセグメントは設計自由度が高く、特殊部にも対応可能です。

内水圧作用部

内水圧が作用する雨水貯留管･地下河川等のトンネルは、セグメントに軸引張力が作用することがあります。引張に弱いＲＣセグメントでは桁高が過大となったり、貫通クラックや漏水、周辺地盤の地下水汚染などの懸念が生じる可能性があります。ＩＣセグメントでは、軸引張力に強く止水性に優れたトンネルを構築できます。

大規模上載荷重部

低土被りで直上に大規模構造物がある場合等では、大規模上載荷重となり、高耐力な覆工断面が必要になる場合があります。ＩＣセグメントは標準部の桁高で高耐力を発揮できるため、大規模上載荷重部にも力を発揮します。

高耐震性トンネル

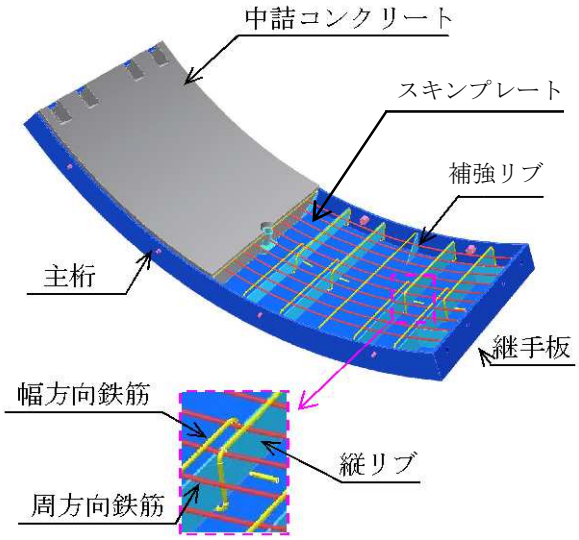
高い耐震性能が求められるトンネルでは従来のセグメントでは不経済な桁高となったり、適用できない場合があります。ＩＣセグメントは鋼材とコンクリートの一体化により変形追従性に優れた靭性を実現、脆弱的な破壊を防止でき、安全なトンネルを構築できます。

偏荷重部

併設施工や近接施工の先行トンネル等は後行トンネルの掘削影響で大きな偏荷重を受け、高耐力なセグメントが必要な場合があります。ＩＣセグメントは高耐力であるため、偏荷重区間への適用にも対応可能です。

本体構造

ＩＣセグメントは内面を除く５面を鋼板（主桁・継手板・スキンプレート）で覆われた鋼殻内部に鉄筋とリブ鋼材を配置し、鋼殻と中詰コンクリートを一体化した合成セグメントです。中詰コンクリートと鋼殻・鉄筋を構造部材として取扱い、鋼材比の上限が大きいため、従来のセグメントと比較して薄肉高強度の覆工断面を実現します。欠けやひび割れを原因とする漏水がなく、止水性にも優れています。



ＩＣセグメントの構造概要図

主構造部材

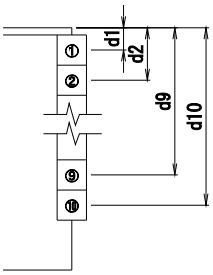
覆工断面の算定にあたっては、主桁・スキンプレート・中詰コンクリート・主鉄筋（周方向鉄筋）を合成構造として取扱い、主桁は桁高方向に分割して多段配置した圧縮および引張に対して有効な鉄筋部材の集合としてモデル化したＲＣ断面計算により行います。

ＩＣセグメントでは２本主桁を基本とし、主鉄筋の段数と鋼材比の違いにより下記の２タイプとしています。

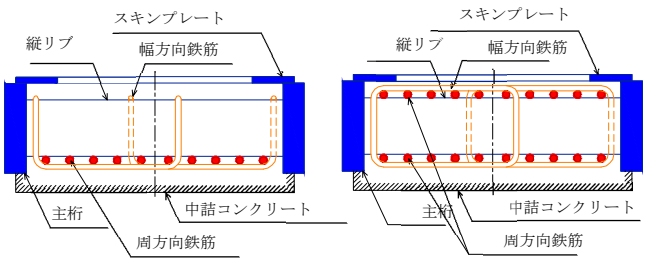
軽荷重部用：内面に主鉄筋一段配置
（鋼材比　２．５％～５．０％）

重荷重部用：内外面に主鉄筋二段配置
（鋼材比　３．０％～８．０％）

鋼材比＝ 鋼材有効断面積／（幅×桁高）



ＲＣ断面計算における
主桁のモデル化



軽荷重部用　　重荷重部用

ＩＣセグメントの断面概要図

合成構造

周方向鉄筋（主鉄筋）と縦リブを曲げ加工した幅方向鉄筋（配力筋）により中詰コンクリートと一体化しています。継手板・縦リブ・補強リブが鋼枠と中詰コンクリートの周方向／桁高方向のずれを防止しています。

コンクリートの充填性

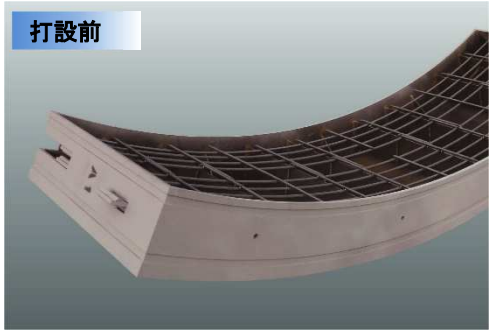
ＩＣセグメントは縦リブとスキンプレート間に隙間空間を設けているため、コンクリートの充填性に優れ、密実な断面を実現しています。

防食機能

鋼殻部が中詰コンクリートにより被覆されているため、重防食塗装が不要です。長期的かつ安定的に防食機能を確保でき、塗替等の維持管理が不要となります。

耐火機能

道路トンネル等では、コンクリートに爆裂防止用のＰＰ繊維を混入することにより耐火機能一体の構造とできるため、耐火板の設置が不要となります。





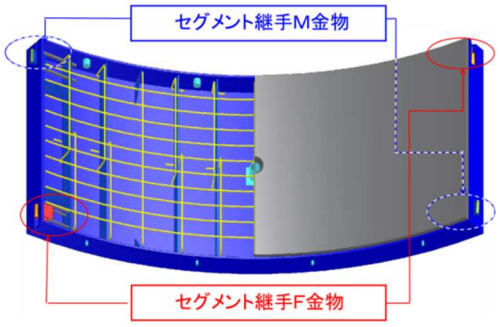
ＩＣセグメントの外観

継手構造

ＩＣセグメントの継手は、荷重条件や施工条件に応じた方式を採用することで安全性と施工性を向上させます。
継手方式は従来のボルト式継手の他、**嵌合式**や**ワンタッチ式**を設置可能であり、**完全内面平滑**なセグメントを提供できます。
嵌合式とワンタッチ式継手の採用により、ボルトの締結作業が不要となるため、施工サイクルの高速化が可能です。

セグメント継手

ＩＣセグメントでは、従来のボルト式継手の他に省力化･内面平滑を可能にするセグメント継手として**嵌合式継手（フック継手）**を主に提案しています。
フック継手はＭ金物（オス側）とＦ金物（メス側）からなり、後続ピースをトンネル軸方向にスライド嵌合することにより、自動的に締結することができます。構造は鋼板にアンカー筋と丸鋼･角鋼が溶接されている単純な部材構成で低桁高にも対応でき、経済的な設計が可能となります。継手に作用する引張力に対して、継手板ではなくアンカー筋を介してコンクリート内部に伝達させる方式では継手板の厚さを薄く出来るメリットがあります。

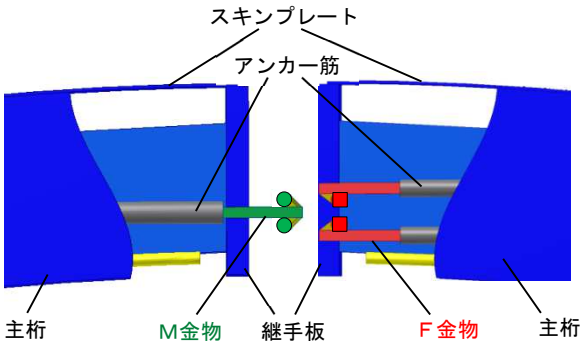




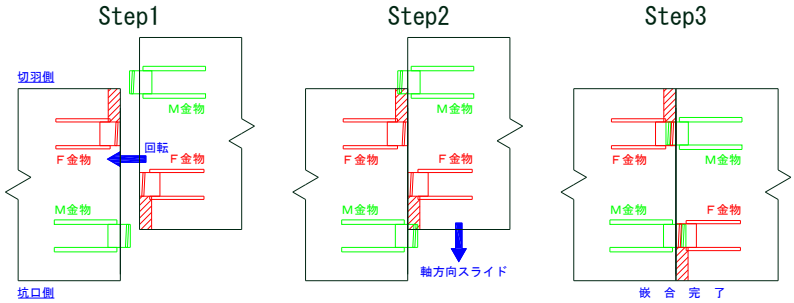
継手全景



嵌合状態



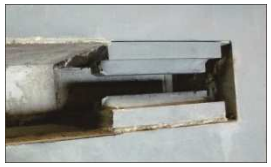
嵌合式継手（フック継手）概要図



嵌合式継手施工手順



Ｍ金物（オス側）



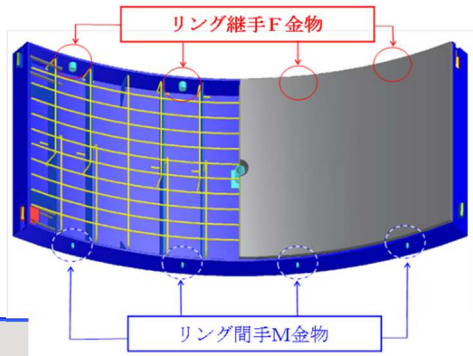
Ｆ金物（メス側）

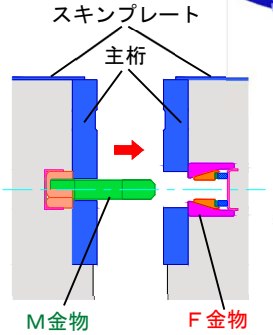
※フック継手以外も採用検討可能です。例）コーンコネクター継手、水平コッター継手等

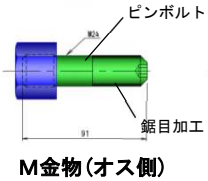
リング継手

ＩＣセグメントでは、従来のボルト式継手の他に省力化･内面平滑を可能にするリング継手として**ワンタッチ式継手（ＰＧ１継手）**を主に提案しています。
ＰＧ１継手はＭ金物（オス側）とＦ金物（メス側）からなり、後続ピースをトンネル軸方向にスライド挿入することにより自動的に締結することができます。組立時はＭ金物（ピンボルト）がＦ金物の楔を押し広げながら挿入され、引抜き力に対してはピンボルト表面の鋸目が楔に食い込み、引抜耐力を保持します。
継手に作用する引張力は主桁と縦リブに伝達させ、アンカー筋を省略しています。また、せん断力が厳しい条件下ではせん断補強リングやせん断ピン増設で対応しています。

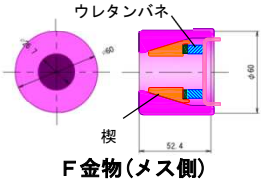
※ＰＧ１継手以外も採用検討可能です。







Ｍ金物（オス側）



Ｆ金物（メス側）

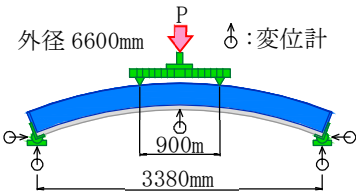
ワンタッチ式継手（ＰＧ１）概要図

性能確認試験

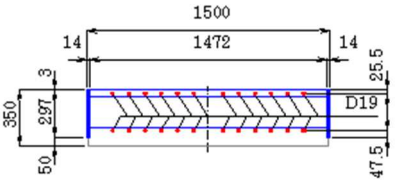
ＩＣセグメントの基本性能は各種実験にて確認しています。

単体曲げ試験

ＩＣセグメントの本体部の開発にあたっては、実大円弧梁単体曲げ試験を実施し、適用性を確認しています。設計上の耐力を上回り、理論値と近似した挙動を示すとともに、平面保持が成立し、鋼材とコンクリートが一体化していることや最大モーメント到達後も極端な荷重低下が発生せず、十分な変形性能を有していることを確認しています。



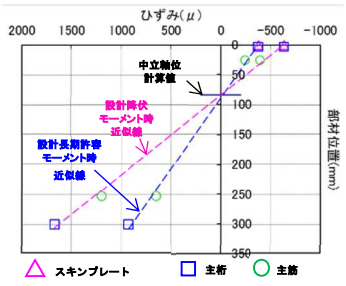
試験概要図



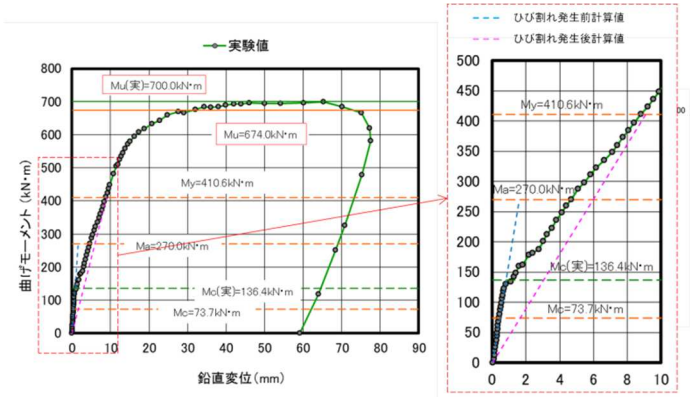
供試体断面図



試験状況



主構造部材ひずみ分布図

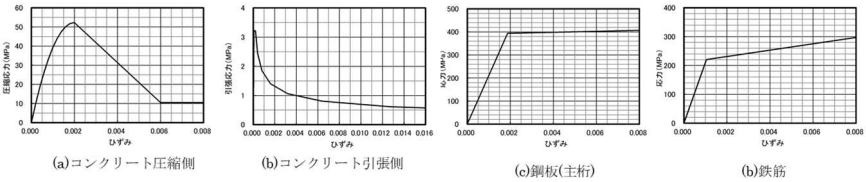


曲げモーメント−鉛直変位関係図

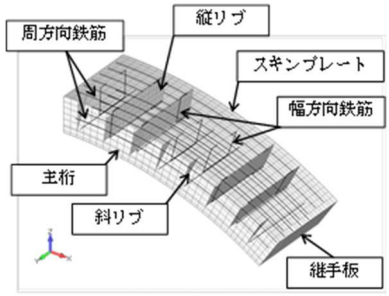
ＦＥＭ解析

近年の解析環境の充実により、合成構造のＦＥＭ解析による評価が可能になりつつあります。

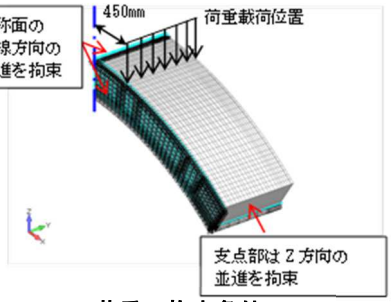
ＦＥＭ解析結果と前述の単体曲げ試験計測値結果との比較を行い、ＩＣセグメントの本体性能を解析的に評価しました。試験計測値と解析値は概ね一致した結果が得られ、解析手法が適正であることを確認しています。さらに合理的な構造設計の実現を目指しています。



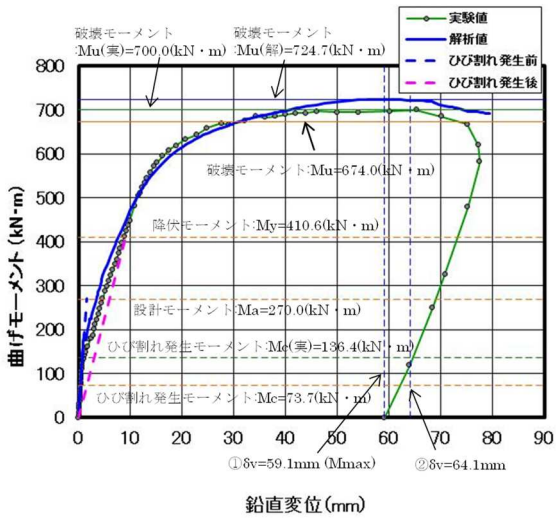
各材料のひずみ−応力関係図



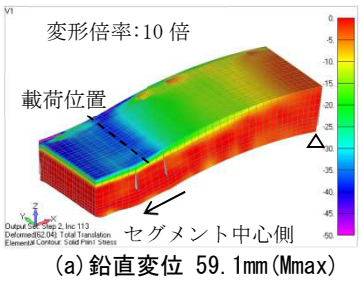
解析モデル図



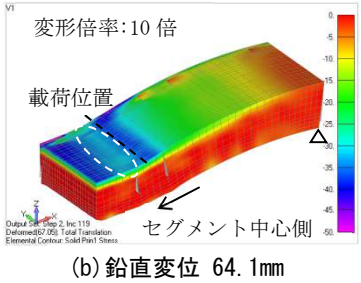
荷重・拘束条件



曲げモーメント−鉛直変位関係図



(a) 鉛直変位 59.1mm(Mmax)

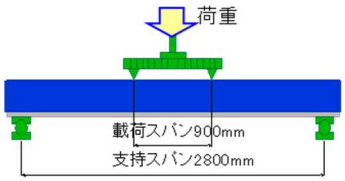


(b) 鉛直変位 64.1mm

コンクリートの最小主応力コンター図

単体曲げ試験（鋼材比８％以上）

今後のさらなる重荷重部への適用を想定して、鋼材比８％※以上の試験体の実大平板単体曲げ試験を実施し、適用性を確認しています。設計上の耐力を上回り、理論値と近似した挙動を示すとともに、平面保持が成立し、鋼材とコンクリートが一体化していることや最大モーメント到達後も極端な荷重低下が発生せず、十分な変形性能を有していることを確認しています。



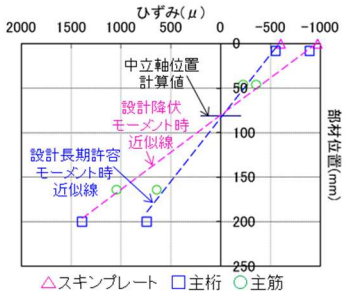
試験概要図



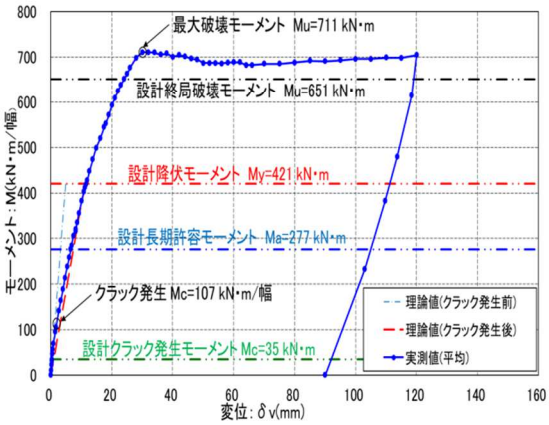
供試体断面図



試験状況



主構造部材ひずみ分布図



曲げモーメント－鉛直変位関係図

※出典「複合構造物の性能照査指針(案)」(土木学会)

継手曲げ試験

嵌合式継手(フック継手)のＩＣセグメントへの適用にあたっては、要素試験および継手曲げ試験にて適用性を確認しています。

① 要素試験：破壊は金物鋼板の降伏で、溶接部は健全である。

② 継手曲げ試験：最大荷重が理論破壊荷重を上回り、十分な耐力を有し、回転ばね定数実測値は理論値とほぼ等しい。

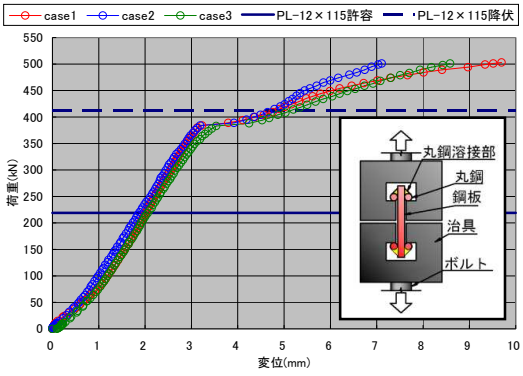
継手供試体緒元

鋼板 PL12×115(SS400)

丸鋼φ13×115(SS400)



要素試験状況



【要素試験】 荷重-変位関係図

継手供試体緒元

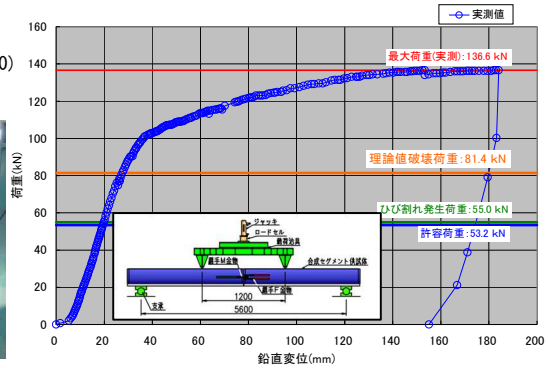
鋼板 PL12×105(SS400)

丸鋼φ13×105(角鋼口13×105)(SS400)

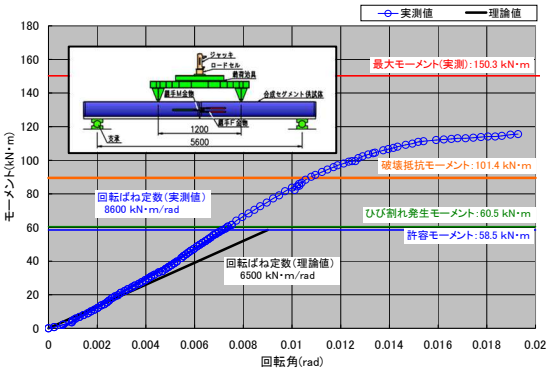
ｱﾝｶｰ筋 M-D25×2(F-D19×4)(SD345)



継手曲げ試験状況



【継手曲げ試験】 荷重-鉛直変位関係図



【継手曲げ試験】 曲げモーメント-回転角関係図

施工実績

東京都砂町水再生センター雨水放流渠工事

施主：日本下水道事業団

施工：フジタ･佐藤･株木特定建設共同企業体

仕様：外径 7.9m×幅 1.2m×桁高 0.4m(鋼材比 3.6%)

数量：2 ﾘﾝｸﾞ

時期：2012 年

適用：試験施工区間

特徴：完全内面平滑

Ｐ間－嵌合式継手(フック継手)

Ｒ間－ワンタッチ式継手(ＰＧ１継手)



北浜逢坂貯留管築造工事（その１）

施主：大阪市建設局

施工：間･西武･中林･久本･青木特定建設工事共同企業体

仕様：①外径 6.43m×幅 0.75m×桁高 0.165m(鋼材比 4.2%)

②外径 5.90m×幅 1.05m×桁高 0.155m(鋼材比 3.0%)

数量：①5 ﾘﾝｸﾞ、②19 ﾘﾝｸﾞ

時期：①2012 年、②2013 年

適用：①試験施工区間、②特殊部



江東幹線工事、江東幹線その２工事

施主：東京都下水道局

施工：大豊･錢高建設共同企業体 (㊛)

仕様：外径 6.7m×幅 1.5m, 0.75m, 0.5m×桁高 0.35m

(鋼材比 3.0%, 3.6%, 5.3%)

数量：4009 ﾘﾝｸﾞ

時期：2014 年～2017 年

適用：全線(急曲線 R=30m、開口部を除く)

特徴：大深度軟弱地盤へ対応し薄型化を実現、完全内面平滑

Ｐ間－嵌合式継手(フック継手)

Ｒ間－ワンタッチ式継手(ＰＧ１継手)

曲線部のＲ間継手にせん断補強リングを設置

(※曲線施工時の競り合い対策)



中部２号幹線（２）築造工事

施主：福岡市道路下水道局

施工：清水･熊谷･大豊･松本･西光建設工事共同企業体

仕様：外径 5.16m（縮小径）×幅 0.6m, 0.5m×桁高 0.205m

（鋼材比 4.5%, 5.4%）

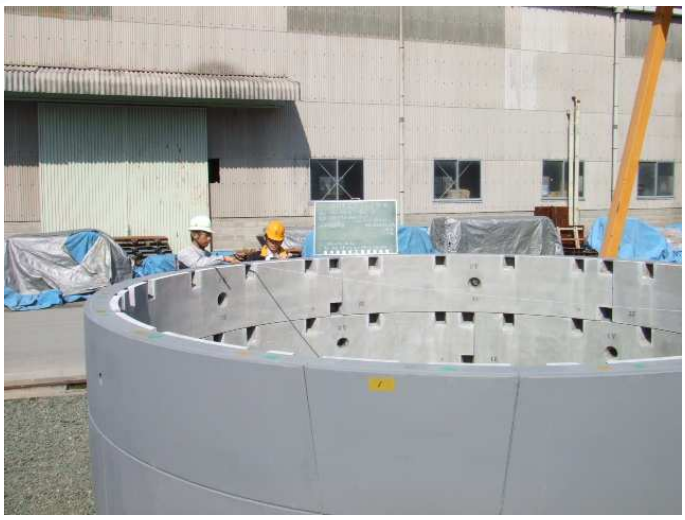
数量：262 ﾘﾝｸﾞ

時期：2015 年～2016 年

適用：急曲線部（R=60m, R=40m）

特徴：Ｒ間にせん断ピンを増設

（※曲線施工時の競り合い対策）



高速横浜環状北西線シールドトンネル建設工事

施主：横浜市道路局

施工：安藤ハザマ･岩田地崎･土志田･宮本土木建設共同企業体

仕様：外径 12.4m×幅 1.5m, 1.0m, 0.75m×桁高 0.45m

（鋼材比 5.4%, 6.4%, 7.7%）

数量：89 ﾘﾝｸﾞ

時期：2017 年～2018 年

適用：大規模建物荷重部・開口部・発進部・到達部

特徴：完全内面平滑、耐火機能一体型

Ｐ間－嵌合式継手（フック継手）

Ｒ間－ワンタッチ式継手（ＳＢ継手）

Ｒ間にせん断ピンを増設

（※上部構造物による特殊荷重対策）



中部２号幹線（３）築造工事

施主：福岡市道路下水道局

施工：大林･宮本･東田中･丸三建設工事共同企業体

仕様：外径 5.5m×幅 0.6m×桁高 0.25m（鋼材比 4.2%）

数量：106 ﾘﾝｸﾞ

時期：2018 年

適用：急曲線部（R=60m）

Ｒ間にせん断ピンを増設

（※曲線施工時の競り合い対策）



浜田通り貯留管築造工事

施主：四日市市上下水道局

施工：株式会社大林組

仕様：外径 4.8m×幅 0.6m×桁高 0.225m

（鋼材比 4.6%）

数量：102 ﾘﾝｸﾞ

時期：2020 年

適用：急曲線部(R=60m)

特徴：Ｒ間－ワンタッチ式継手(ＰＧ１継手)



門真守口増補幹線(第１工区)下水管渠築造工事

施主：大阪府東部流域下水道事務所

施工：大成建設・村本建設・中林建設共同企業体

仕様：外径 4.7m×幅 1.2m, 0.6m×桁高 0.25m

（鋼材比 7.9%, 3.9%）

数量：1549 ﾘﾝｸﾞ, 103 ﾘﾝｸﾞ

時期：2021 年

適用：内水圧対応、急曲線部(R=50m)

特徴：Ｒ間－ワンタッチ式継手(PG1 継手)

Ｒ間にせん断ピンを増設（※曲線施工時の競り合い対策）



思川開発導水路工事 南摩工区

施工：鹿島建設株式会社

仕様：外径 3.5m×幅 1.2m×桁高 0.35m（鋼材比 2.8%）

数量：948 ﾘﾝｸﾞ

時期：2021 年

適用：内水圧対応

特徴：完全内面平滑

Ｐ間－嵌合式継手(コーンコネクター継手)

Ｒ間－ワンタッチ式継手(PG1 継手)



谷沢川分水路工事

施主：東京都建設局

施工：安藤ハザマ・東鉄・京急建設共同企業体

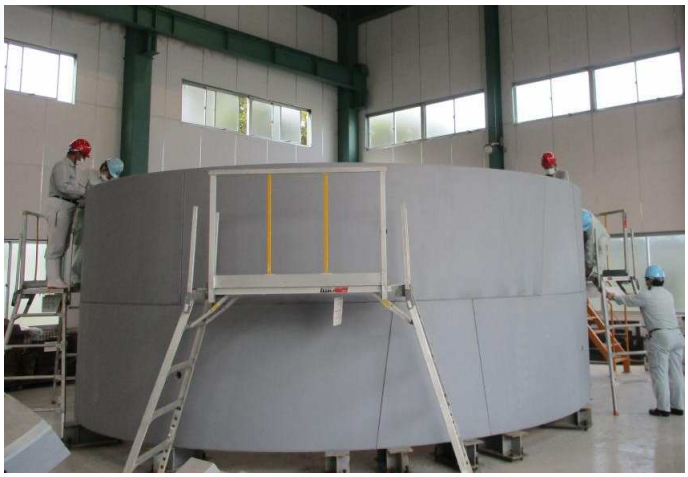
仕様：外径 6.1m×幅 1.2m×桁高 0.3m（鋼材比 4.2%）

数量：1722 ﾘﾝｸﾞ

時期：2021 年

適用：内水圧対応

特徴： Ｒ間－ワンタッチ式継手(PG1 継手)



セグメント開発の歴史と実績

地中深く築かれる交通インフラの建設をはじめ
先進かつ多彩な技術力で、鉄とコンクリートに挑んでいます。


ＩＣセグメント

2020
- 2021　谷沢川分水路（ＩＣ）
- 2021　思川開発導水路 南摩工区（ＩＣ）
- 2021　門真守口増補幹線(第１工区区)（ＩＣ）
- 2020　浜田通り貯留管（ＩＣ）
- 2018　中部２号幹線 (3)（ＩＣ）
- 2017　高速横浜環状北西線（ＩＣ）
- 2016　東京外かく環状道路 ランプ
- 2015　東京外かく環状道路 本線
- 2015　中部２号幹線 (2)（ＩＣ）
- 2014　江東幹線（ＩＣ）
- 2012　鳴海共同溝（ＳＢＬ）
- 2012　砂町雨水放流渠（ＩＣ）、北浜逢坂貯留管（ＩＣ）

2010
- 2010　横浜環状北線（ＳＦＲＣ）
- 2009　首都圏高速中央環状品川線（ＳＢＬ）
- 2004　首都圏高速中央環状新宿線


ＴＢＲＣセグメント（東京湾横断道路）

2000
- 2001　水平コッターが国土技術開発賞入賞
- 2000　ハニカムセグメントが国土技術開発賞最優秀賞


水平コッター式ＲＣセグメント（外郭放水路）

- 1997　首都圏外郭放水路
- 1997　水平コッター、高流動コンクリート
- 1996　ハイブリッドライナー
- 1995　プッシュグリップ継手
- 1993　ハニカムセグメント、ＳＲＣセグメント
- 1992　東京湾横断道路
- 1990　神田川調節池

1990
- 1990　ＤＯＴセグメント

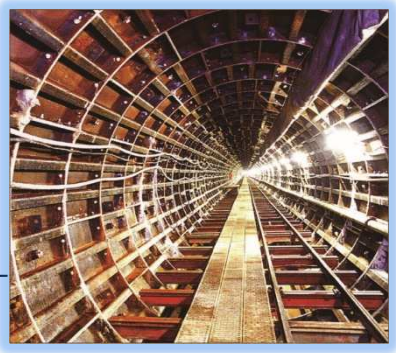

二連形ＲＣセグメント

- 1985　ＳＳＰＣ（コンクリート中詰鋼製セグメント）

1980
- 1973　シールド工事用標準セグメント制定（土木学会・下水道協会）
- 1973　ボルトフリーセグメント
- 1972　平板型ＲＣセグメント

1970
- 1966　鋼製セグメント
- 1965　合成セグメント（コンポジットセグメント）

1960


鋼製セグメント

株式会社ＩＫＫ

〒102-0083　東京都千代田区麹町 5-1（麹町弘済ビルディング）
TEL：(03)6271-7265　FAX：(03)6271-7299

2025.9