

リングロックセグメント
技術資料

2001年
改訂版

リングロックセグメント研究会

まえがき

近年、都市型洪水への対応策として、地下貯留管・雨水幹線などのトンネル計画が積極的に進められている。これらのトンネルにおいて満管状態の運用を考慮する場合、トンネル覆工は土水圧の外荷重と内水圧の両方に対応する必要がある。

また、シールド工事における建設コスト縮減策として二次覆工を省略し、トンネル掘削径の縮小や工期の短縮をはかることが注目されている。

リングロックセグメントは、鋼製ボルトなどの締結部材を用いることなく、リング継手面に設けた2種類の高さのかみ合いのみで覆工体を保持するボルトレス構造で、セグメントによる一次覆工のみで自重～内水圧を含む全ての荷重に対応できるコンクリート系セグメントである。

本技術資料は、一般的な円形断面トンネルにリングロックセグメントを適用する場合の設計および製作・施工について述べるものである。



リングロックセグメントによるトンネル覆工

目 次

第1章 概 要

1.1	適用の範囲と準拠指針	1
1.2	セグメントの概要と各部の名称	1
1.3	主構造	3
1.4	継手構造と耐荷機構	3
1.5	特 長	4

第2章 設 計

2.1	標準設計フロー	6
2.2	構造条件の設定	7
2.3	荷重の算定	15
2.4	断面力の算定	15
2.5	主断面の照査	16
2.6	セグメント継手の照査	18
2.7	リング継手の照査	21

第3章 製 作

3.1	セグメントの製作	22
3.2	製 造	24
3.3	検 査	27

第4章 施 工

4.1	仮置き・運搬	31
4.2	セグメント組立	31
4.3	シールド	35
4.4	シールド掘進	37
4.5	付帯工	39

第5章	施工実績	41
-----	------	----

参考資料 - 1 : リングロックセグメント標準断面(案)

参考資料 - 2 : 主な発表論文

第1章 概 要

1.1 適用の範囲と準拠指針

リングロックセグメントは、シールドトンネルの一次覆工に用いるコンクリート系セグメントで、地下河川・地下貯留管など内水圧が作用するトンネル(内圧トンネル)に適用可能な内水圧対応型セグメントである。一次覆工単独で土水圧の外荷重と内水圧の両方に対応できることから、トンネルの使用目的によっては二次覆工の省略が可能である。

内水圧による軸引張力に対し、覆工が全断面引張にならない範囲での適用を原則とする。本技術資料が準拠する指針類は次のとおりである。

「トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説」, 土木学会, H8年

「地下河川(シールドトンネル)内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き」,
先端建設技術センター, H11年

「シールド工事用標準セグメント」, 日本下水道協会, H13年

また、耐震検討を実施する場合は、次の指針類に準拠することとする。

「共同溝設計指針」, 日本道路協会, S61年

「大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン(案)」, 建設省土木研究所資料, H4年

「下水道施設の耐震対策指針と解説」, 日本下水道協会, H9年

1.2 セグメントの概要と各部の名称

リングロックセグメントの概要は次のとおりである。

セグメント本体は鉄筋コンクリート(RC)構造または鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)構造を標準とする。リング継手面に半径方向と円周方向のほぞ(ロック部)を有し、相対するほぞのかみ合いで組み立てる。

ほぞのかみ合い面には、コンクリートの欠損を防止する目的でインターレア材(緩衝材)を使用する。インターレア材とはシアストリップ, トランスマッションストリップ, プロテクションストリップの総称である。

半径方向のほぞは、土圧・地下水圧などの外荷重に抵抗する。ほぞのかみ合い部にはシアストリップを配置する。

円周方向のほぞ(ロック部)は内水圧に抵抗する。ほぞのかみ合い部には所定のクリアランスを設け、組立完了後にロック部注入材(樹脂など)を注入して 体化する。

ジャッキ推力は、トランスマッションストリップを介して伝達される。

セグメント継手はコンクリートの突合せ構造である。斜めボルト・コーンコネクタなどの仮止め部材を使用して組み立てる。

リング継手はほぞ形式である。ねじ節鉄筋などの仮止め部材を使用する。

仮止め部材は基本的に非構造部材であり、地震時などを除き評価しない。

基本形状を図 1.2.1 に示す。

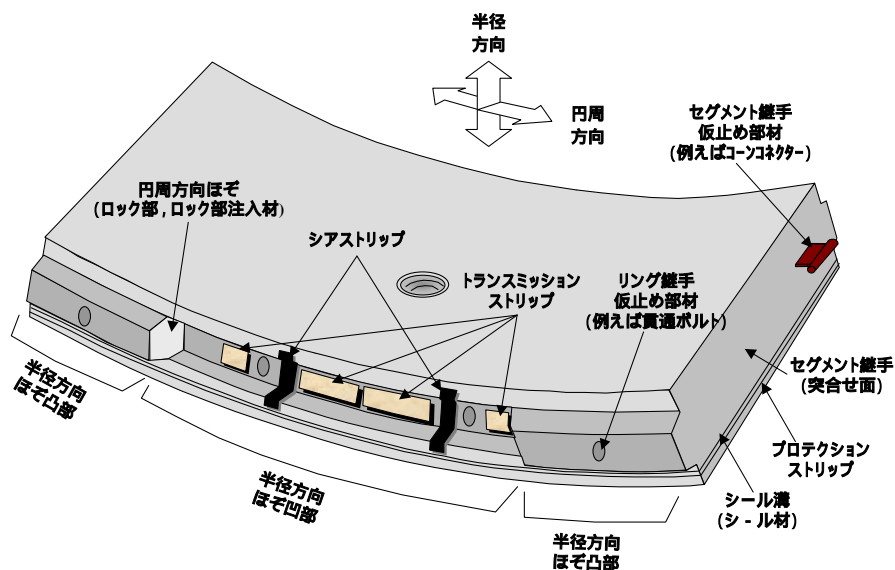


図 1.2.1 リングロックセグメントの基本形状

リングロックセグメントの各部の名称と働きは次のとおりである。

シアストリップ

- ・シアストリップは、リング継手に設けたコンクリートの凹凸ほぞがかみ合う時の緩衝材である。同時に、セグメントリングに作用する曲げモーメントを隣接セグメントに伝達する応力伝達材の役割を有する。
- ・設置箇所は、隣接リングのセグメントピースの継手位置に近い凹ほぞに 1 ピース当たり 4 ケ所とし、幅 5～10cm 程度でセグメントリング全体に配置する。
- ・材質は、ゴムとアスファルトの混合物を繊維補強したもの、合成ゴムなどを用いる

トランсмッションストリップ

- ・トランсмッションストリップは、リング継手面の不陸を吸収しジャッキ推力を均等に伝達する役割を有する。
- ・設置箇所は、シアストリップやロック部などを除く凹ほぞ底面の全面に設置する。
- ・材質は、硬質繊維板などを用いる。

プロテクションストリップ

- ・セグメント運搬・組立時の欠損防止，継手部クリアランスへの異物侵入防止を目的とし、必要に応じ施工する。材質は、発泡スチロールなどを用いる。

インターレア材

- ・シアストリップ，トランсмッションストリップ，プロテクションストリップを総称してインターレア材と呼ぶ。

円周方向ほぞ(ロック部，ロック部注入材)

- ・本セグメントは、組立て時の施工性を確保するため、相対する円周方向ほぞ(ロック

部)に2~4mmのクリアランスを設けている。トンネル完成後内水圧が作用するまでに樹脂を充填・固化し一体化させて、確実な内水圧対応をはかる。

- ・全てのロック部に対し、標準配置で1ヶ所あたり4孔の注入孔を用いて充填する。
- ・注入範囲は、注入補助シール材で限定する。
- ・注入材料は、硬化後の物性・耐久性に加えトンネル坑内の施工を考慮する。無溶剤の2液型エポキシ樹脂などを標準とする。

シール溝(シール材)

- ・シール材は、水膨張シール材、ガスケットなどを使用する。ガスケットは内水圧の作用・除荷に伴う継手部目開きの開閉に対する追従性の向上が期待できる。
- ・セグメント本体は従来型のRCセグメントと同等の水密性を有する。非常に高い止水性能が要求される場合には、本体に表面被覆を行うなどの付加的な処置を施す。

1.3 主構造

本セグメントは特有の継手構造による耐荷機構を特徴とすることから本体の主構造に制限は無い。本資料では、製作性、適用性などからRC構造またはSRC構造を標準とし、断面性能の評価はRC理論によるものとしている。

トンネル内面への金具の露出が少ないことから鋼製の継手ボックスを有するタイプに比較して防食性、耐久性に優れているが、より高い耐久性能が要求される場合はかぶりの増大・許容曲げひび割れ幅に基づく内部鋼材の応力度制限などにより対応する。

なお、硫化水素などによるコンクリート自体の腐食が問題となるような環境では内面被覆など付加的な処置が必要である。

1.4 継手構造と耐荷機構

リングロックセグメントは、1ピースのリング継手面の両端部に凸型、中央部に凹型のほぞを有する形状を基本としており、ほぞの凹凸の切り返し部分が、内水圧作用時にせん断力を伝達するロック部となっている。リング継手構造概要を図1.4.1に示す。

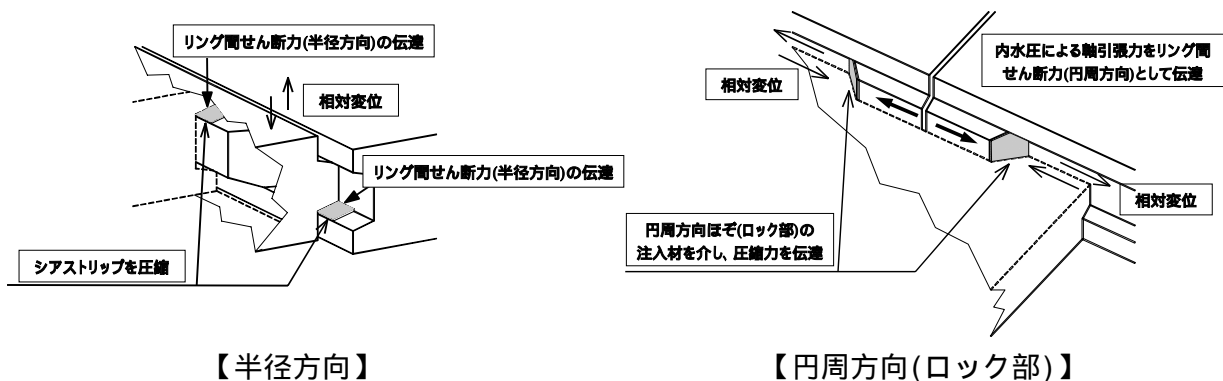


図 1.4.1 リング継手構造概要

内水圧によりセグメントリングに軸引張力が発生した場合、セグメント継手を離間させる方向に力が働くが、隣接するセグメント本体がロック部を介して2ピースのセグメントの端部を挟み込み、それらが離れようとする動きを抑制する。

また、土・水圧の外荷重により発生する曲げモーメントに対しては、リング間の相対変位によるせん断力を半径方向ほぞを介して隣接リングに伝達して抵抗し、コンクリート面の突合せ構造となっているセグメント継手面は軸力のみを伝達する。

ここで、セグメント継手の仮止め部材(斜めボルト、コーンコネクタなど)およびリング継手の仮止め部材(貫通ボルトなど)は、組立時の安定性を確保するためのもので、基本的に構造部材として考慮しない。

セグメントリングにおける内水圧による引張力の伝達を図 1.4.2 に示す。

既存の内水圧対応型セグメントでは、内水圧によりセグメントリングに発生する引張力に対し、セグメント継手を介して引張力を伝達し1リング単独で引張力に抵抗する機構が基本となっている。本セグメントは、ロック部を介して引張力を伝達する添接効果により、隣接リングとペアでリング状に閉合する構造が特徴となっている。

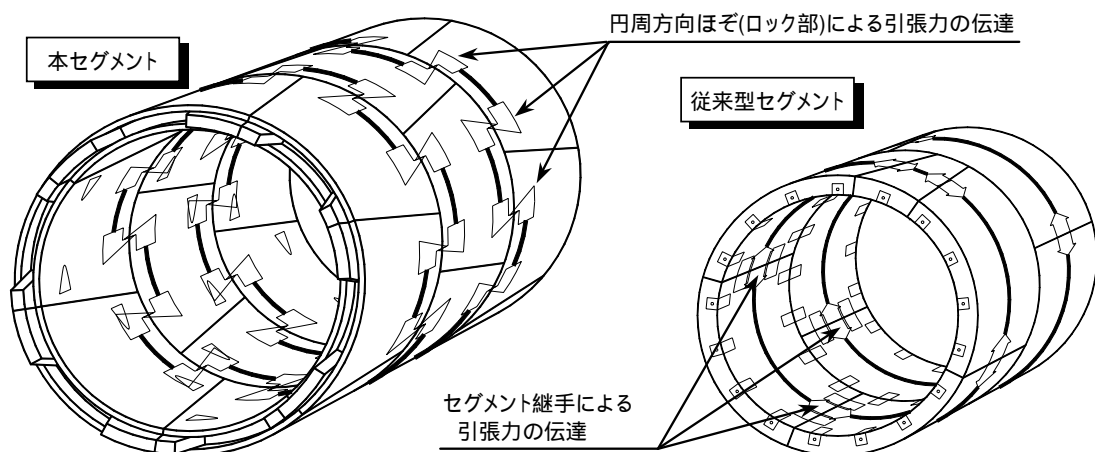


図 1.4.2 内水圧による引張力の伝達

1.5 特 長

リングロックセグメントの特長を次に示す。

- a)内水圧対応 : 内水圧の作用で軸引張力が発生した場合、隣接するセグメント本体に力を直接伝達して抵抗する。
- b)二次覆工省略 : 構造部材としての継手金物が不要で、セグメント組立時の仮止め部材を自由に選択できる。ボルトボックスの無い継手形式で内面平滑性を確保できること、鋼製部材が内面に露出しない形式で防食性を向上させることができることなどから、二次覆工省略の適用性が高い。(写真 1.5.1)

- c) 施工性の向上：仮止め部材には締結力を期待しないため、継手の数，規格を低減して締結作業時間を短縮し、施工速度の向上をはかることができる。また、ほぼ形状を組立時のガイドとして位置決めを容易かつ迅速に行えらるとともに真円保持に優れる。



内面平滑な施工例(コネクタ+貫通ボルト)



斜めボルトを用いた施工例

写真 1.5.1 仮止め部材の種類と内面性状

- d) 製作費の低減：内水圧に対応するための、高強度・高剛性の継手金物が不要で、セグメント製作費の低減が可能である。特に、継手金物の製作・取り付け費が比較的大きな比重を占める大口径シールドにおいてその効果が大きい。

第2章 設 計

本章では、地下河川・地下貯留管などを円形断面で計画する場合のリングロックセグメントの標準的な設計手法を示す。

なお、細部については設計技術者の判断にゆだねるものとする。

2.1 標準設計フロー

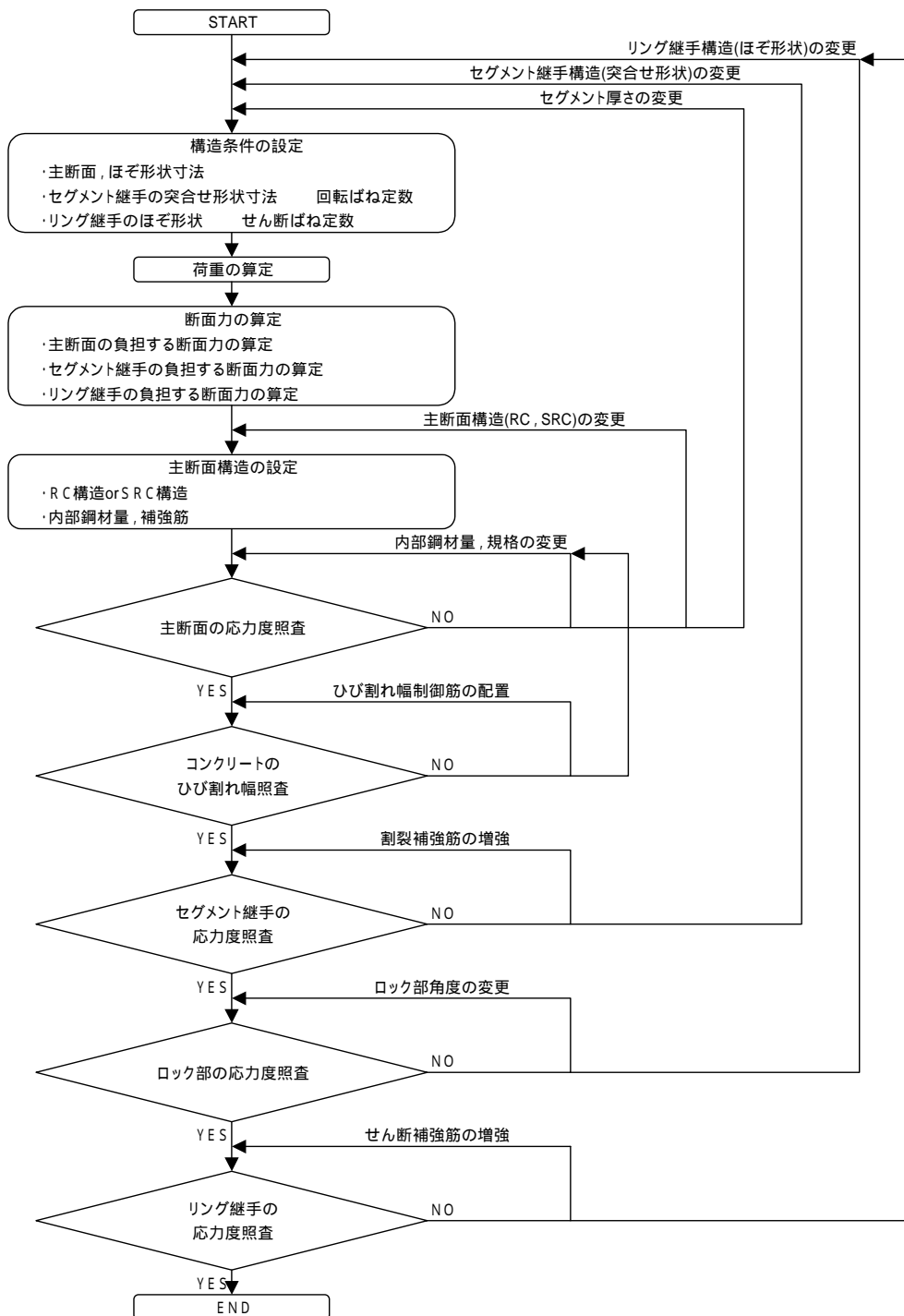


図 2.1.1 標準設計フロー

2.2 構造条件の設定

2.2.1 セグメントの分割形状

基本分割

リングロックセグメントの凹凸ほぞは、施工性・断面性能の一様性を確保するため、原則として円周方向に等間隔に設置する。したがって、セグメント分割も、等分割で軸方向挿入を基本とする。

分割数

分割数は、経済性、搬送時の作業性、組立時の安全性などを考慮し、適用するトンネル径に最適な分割数を選定する。

ピース形状

ピース形状は、従来型のセグメントと同様の矩形(A型, B型, K型)、全てのピース形状について台形、または、台形+平行四辺形などの選択が可能である。

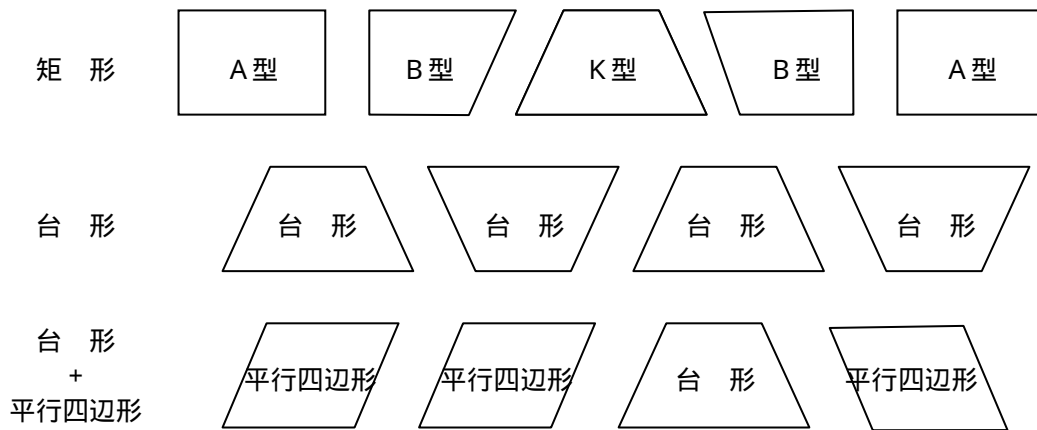


図 2.2.1 ピース形状の例

セグメントの組立てを容易にするため、ピース形状に挿入角および継手角を設ける場合は、セグメント端部の損傷防止、シールドテール部の長尺化などに留意して設定する。

既往のRCセグメントにおける実績は、継手角 < セグメント内角 / 3
挿入角 < 12 ~ 13° 程度以内である。

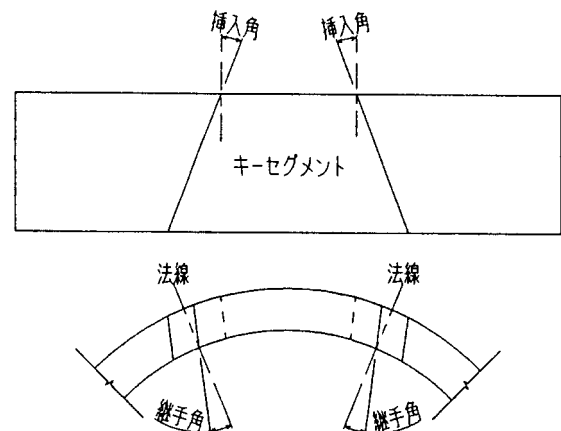


図 2.2.2 挿入角と継手角

2.2.2 主断面の形状寸法

セグメント幅は、坑内における作業性(搬送時の欠損防止、切羽でのハンドリングなど)を考慮して設定する。

セグメント厚は、次の点を総合的に判断して設定する。

- ・耐久性確保の観点から、必要十分な鋼材かぶり厚さを確保する。特に、二次覆工を省略する場合は内面の磨耗などを考慮したセグメント厚とする必要がある。
- ・リング継手のほぞ形状特性から、セグメント厚 = 200mm 以上を原則とする。
- ・ロック部の軸引張力負担幅(=セグメント幅)とロック部面積のバランスなどから、セグメント幅 / セグメント厚 = 6 以下が望ましい。
- ・既往の RC セグメントの実績では、セグメント厚 / セグメント外径 = 4 ~ 5% 程度である。

なお、主断面の形状寸法に基づく強度・剛性の諸元は、「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説」に準拠して求めるものとする。

2.2.3 ほぞ継手形状

リングロックセグメントでは、ほぞ継手形状の設定が最も重要である。荷重条件はもとより、施工条件、環境条件を総合的に判断して設定する必要がある。

参考資料 - 1 に標準断面(案)を示す。

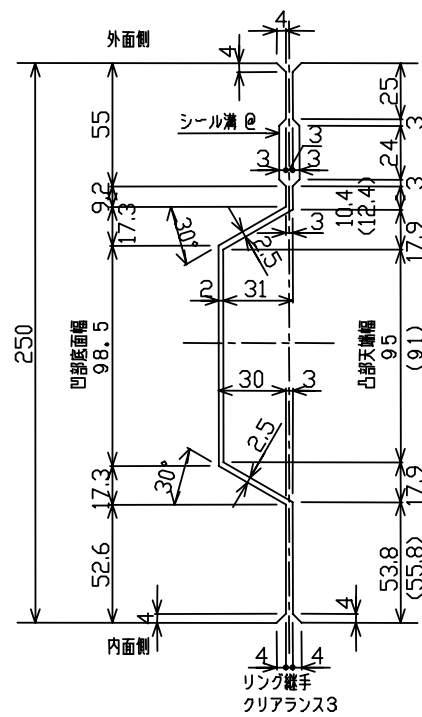
半径方向ほぞ

【形状設定】

- ・半径方向ほぞ形状は、設計断面力に対するせん断補強の可否のみでなく、セグメント組立時に相対するほぞをかみ合わせる時の楔効果などの施工性や、コンクリート充填・締固め、型枠脱型などの製作性に留意して計画する。
- ・ほぞの高さは、セグメント厚さの 12 ~ 15% 程度を目安とする。
- ・半径方向ほぞ斜辺の角度は、製作性から斜辺角度 = 30° を標準としているが、シール溝設置面の確保なども合わせて設定する。

【クリアランス】

- ・半径方向ほぞのクリアランスは 2 ~ 3mm を標準とするが、以下についても総合的に考慮する。
- ・緩衝材として設置するシアストリップの役割が確保できるよう留意して設定する。具体的には、事前解析でリング間変位をチェックし、セグメ



() 寸法は、ほぞ巾縮小部

図 2.2.3 半径方向ほぞの例

ント端部の接触が生じないことを確認する。事前解析の結果セグメント端部の接触が生じる場合は、端部から 50～150mm の範囲で凸ほぞ形状を 2mm 程度縮小するなどの対策を施す。

- ・半径方向ほぞのクリアランスが大きいと、組立て施工性は向上するが組立て後の真円度は低下する。エレクトラ能力の向上，真円保持機構の採用などで所要の施工性を確保しつつ、クリアランスを極力小さく設定するのが良い。

円周方向ほぞ

【形状設定】

- ・円周方向ほぞ(ロック部)形状は、設計断面力の内、内水圧による軸引張力に対応できる面積を確保する。円周方向ほぞの形状は、次の手順で設定する。

a)半径方向ほぞの形状設定からロック部の高さが決定される。

b)セグメント厚，シール溝の配置スペースおよび半径方向凹ほぞ部の耐力を確保するために必要な厚さからロック部の幅が決定される。

c)設計上必要なロック部耐力を確保できるようにロック部の角度を設定する。ロック部の角度は 30° を標準としているが、15～60° の範囲であれば、ロック部に作用する引張軸力をセグメント本体に円滑に伝達することができる。

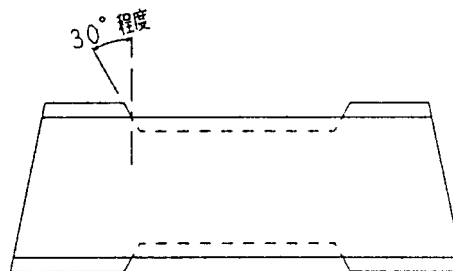


図 2.2.4 ロック部角度

【クリアランス】

- ・円周方向ほぞ(ロック部)のクリアランスは、2～4mm を標準とする。セグメント組立や樹脂注入の施工性が確保できる範囲で極力小さく設定する

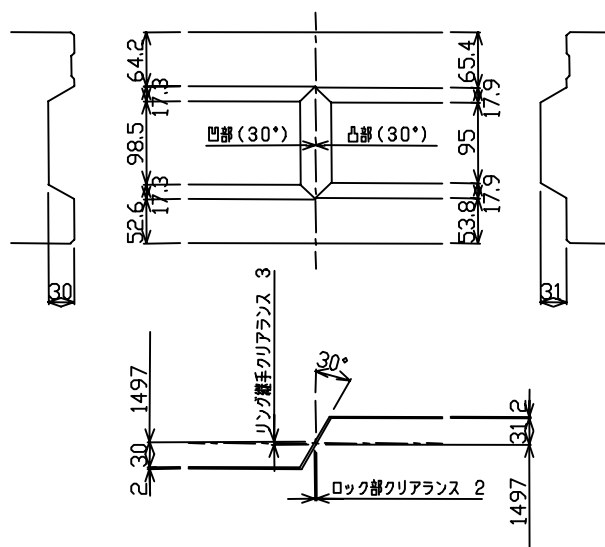


図 2.2.5 円周方向ほぞの例

2.2.4 セグメント継手

必要に応じて摩耗代, シール溝形状等を考慮し、コンクリート突合せ形状を設定する。
組立てに用いる仮止め部材の強度・剛性は基本的に考慮しない。

【回転バネ定数の算定】

セグメント継手の回転ばね定数は、レオンハルトらのコンクリートヒンジ理論に基づいて算定する。セグメント継手の応力と変形状態を図 2.2.6 に示す。

理論式によると継手の荷重偏心率：mにより回転ばね定数が変化するため、解析に用いる回転ばね定数と解析結果の荷重偏心率が同等となるまで、繰り返し計算を行う。レオンハルトらのコンクリートヒンジに関する理論式を以下に示す。

$$K_0 = \frac{M}{\alpha} = \frac{9a^3 b E_0}{8s} \times m(1-2m)^2$$

ここに、

K_0 : 継手の回転ばね定数

M, N : 曲げモーメント, 軸力

α : 回転角

a, b : 継手接触面の長さ, セグメント幅

s : 圧縮応力の影響範囲 (= 2a)

E_0 : コンクリートの弾性係数

m : 荷重偏心率 $m = M / (N \cdot a)$

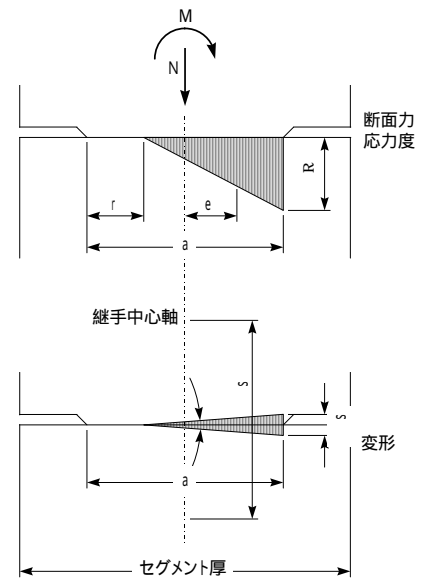


図 2.2.6 セグメント継手の応力と変形

上式における回転ばね定数と荷重偏心率の関係の一例を図 2.2.7 に示す。

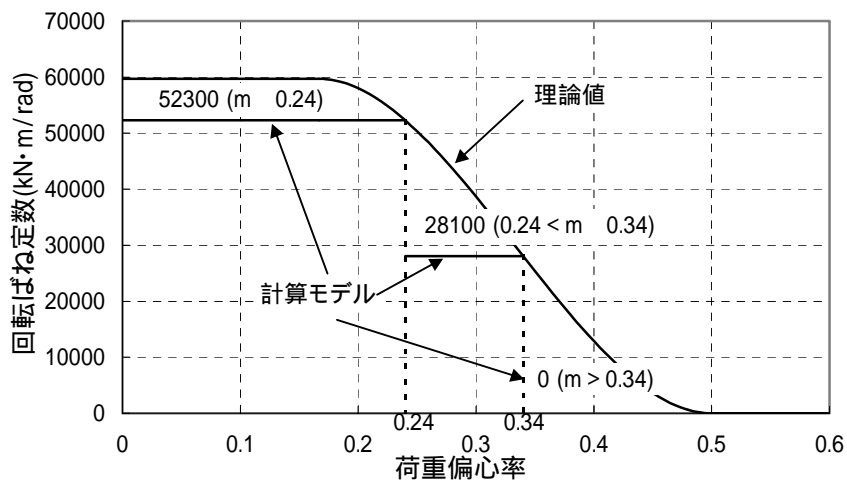


図 2.2.7 回転ばね定数の理論値と設計時のモデル化

2.2.5 リング継手

必要に応じて摩耗代，シール溝形状等を考慮し、ほぞ形状を設定する。

組立てに用いる仮止め部材の強度・剛性は基本的に考慮しない。

リング継手には、シアストリップによるリング半径方向へのせん断力の伝達とロック部による円周方向へのせん断力の伝達が生じるため、シアストリップ設置位置に半径方向せん断ばね、ロック部に円周方向せん断ばねを設置する。

【せん断ばね定数(半径方向)の算定】

半径方向せん断ばね定数は、リング継手に設置するシアストリップの圧縮剛性から算出する。リング継手形状(半径方向)を図 2.2.8 に、算定式を以下に示す。

$$K_{sr} = \frac{S_r}{\delta_r} = \frac{b \cdot h}{t / \cos \theta} E_s$$

ここに、

- K_{sr} : 半径方向せん断ばね定数
- S_r, δ_r : 半径方向せん断力, 変位
- b, t : シアストリップの幅, 厚さ
- h, θ : ほぞ高さ, 角度
- E_s : シアストリップの弾性係数

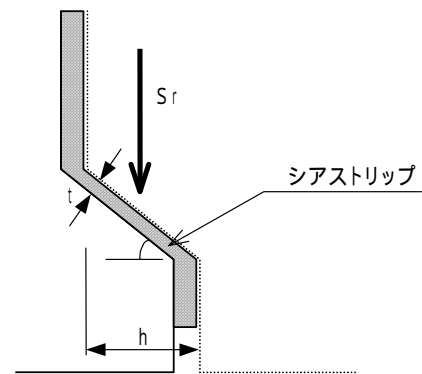


図 2.2.8 リング継手形状(半径方向)

【せん断ばね定数(円周方向)の算定】

リング継手の円周方向せん断ばね定数は、ロック部注入材(エポキシ樹脂など)の圧縮剛性から算出する。ロック部形状を図 2.2.9 に、算定式を以下に示す。

$$K_{st} = \frac{S_t}{\delta_t} = \frac{A'}{t / \cos \theta} Ee$$

ここに、

- K_{st} : 円周方向せん断ばね定数
- S_t, δ_t : 円周方向せん断力, 変位
- A' : ロック部円周方向投影面積
- t : ロック部注入厚さ
- θ : ロック部角度
- Ee : ロック部注入材弾性係数

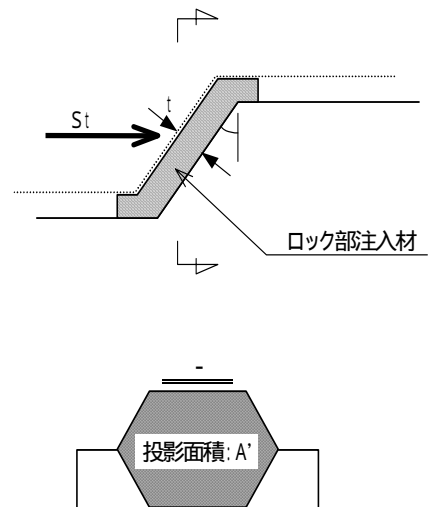


図 2.2.9 ロック部形状

2.2.6 仮止め部材

リングロックセグメントの仮止め部材は構造的に評価しないため比較的自由に選定できる。主に、施工条件、環境条件に基づき最適な形式を選定する。

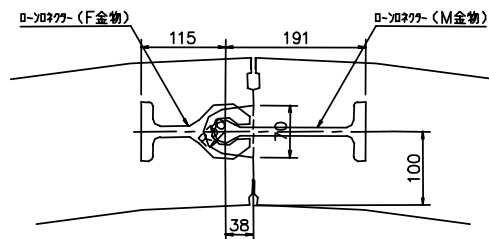
セグメント継手仮止め部材

- ・セグメント継手仮止め部材は、セグメント継手の目違いと切羽側の目開き抑制が可能なものとする。
- ・構造は極力簡易・安価なものとする。(斜めボルト、コーンコネクタ、調芯ピン+ほぞ、ピンほぞなど)

リング継手仮止め部材

- ・リング継手仮止め部材は、組み立てるセグメントピースを既に組み立てたセグメントリングに確実に固定できるものとする。
- ・ワンパス型継手など、施工性の高いものが望ましい。
- ・ねじ節鉄筋による貫通ボルト、斜めボルトなどの使用実績がある。

・コーンコネクタ



・貫通ボルト(ねじ節鉄筋+カプラ)

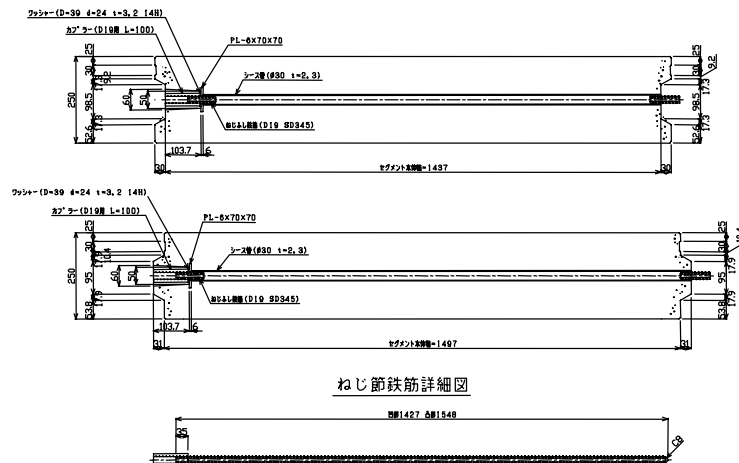


図 2.2.10(1) 仮止め部材の例 (1)

- ・必要に応じ、図 2.2.12 に示すシームレス加工(シール材の継ぎ目が発生しない)や、額縁加工(コーナー部を直角成型してコーナー部の止水性を向上させる)を検討する。



図 2.2.12 シール材の加工

シール溝の配置

- ・シール溝は、凹凸ほぞの両側にある矩形断面部に配置して従来型のセグメントと同様の貼付け施工性を確保する。シール溝の設置スペース(幅)を確保するため、半径方向ほぞの耐力が確保できる範囲でほぞ形状を偏心させても良い。
- ・シール溝の深さは、止水設計から得られるシール材諸元を満足するように設定する。
- ・シール溝は、組立て完了時にシール材天端面が正対するように配置する。特に、B - K間継手面に継手角度を設定する場合はシール材のずれを考慮する必要がある。

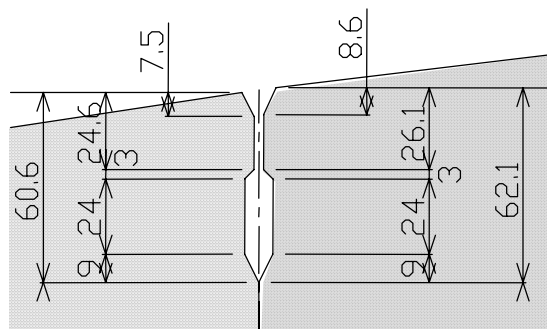


図 2.2.13 継手角度を設定する場合のシール溝配置(セグメント背面からの離隔=24.6mm ~ 26.1mm)

2.2.8 その他の構造細目

せん断補強筋

- ・せん断補強筋はシアストリップを完全に包括する範囲に設置する。
- ・せん断補強筋は半径方向ほぞ内部まで貫入するように配置し、頭部を鉄筋で連結することを基本とする。補強筋頭部を連結することで、せん断補強筋が一体となって作用せん断力に抵抗させることができる。

セグメント端部のほぞ形状

- ・BおよびKセグメントにおける鋭角形状の端部は、欠損防止のための対策を施す。
- ・対策としては、鋭角端部の凸ほぞに45°程度の面取りを設ける、補強筋やラス網などで補強するなどがある。

シアストリップの配置

- ・シアストリップはせん断補強筋の配置位置に合わせて配置する。蛇行修正などKセグ

メントの組立て位置が変化することを考慮し、シアストリップの配置パターンはA , B , Kセグメント共通とするのが良い。

テーパーリング

- ・テーパーリングは、シールドテールとのクリアランスが十分確保できるよう、テーパ量 , テーパー角 , セグメント幅を設定する。
- ・蛇行修正用テーパーリングの製作数は、概ね通常のRCセグメントと同程度である。

2.3 荷重の算定

荷重の組合せ（検討ケース）

セグメントに作用する荷重の組合せは、「内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き」に準拠し、表 2.3.1 に示す 6 ケースを基本とする。

表 2.3.1 荷重の組合せ

荷重 ケース	管内の状態	土 圧		地下水圧		内水圧		自重	地盤 反力	許容応力度 の割増し
		大	小	高	低	平常	異常			
1	空水の状態									1.0
2	空水の状態									1.0
3	平常時内水位									1.0
4	平常時内水位									1.0
5	異常時内水位									1.5
6	異常時内水位									1.5

荷重の算定

検討断面の土質条件から、鉛直土圧の考え方（全土被り圧 or 緩み土圧）および土水の扱い（土水分離 or 土水一体）を判断する。さらに、側方土圧係数を設定したうえで表 2.3.1 に示す各ケースについて荷重値を算定する。

2.4 断面力の算定

2.2 構造条件の設定で設定した諸元による本体剛性およびばね定数を用い、図 2.4.1 に示す「はり - ばねモデル」を用いて、主断面（構造計算においては全断面を有効として断面力を求める）、セグメント継手およびリング継手の発生断面力を表 2.3.1 に示す各ケースについて算定する。

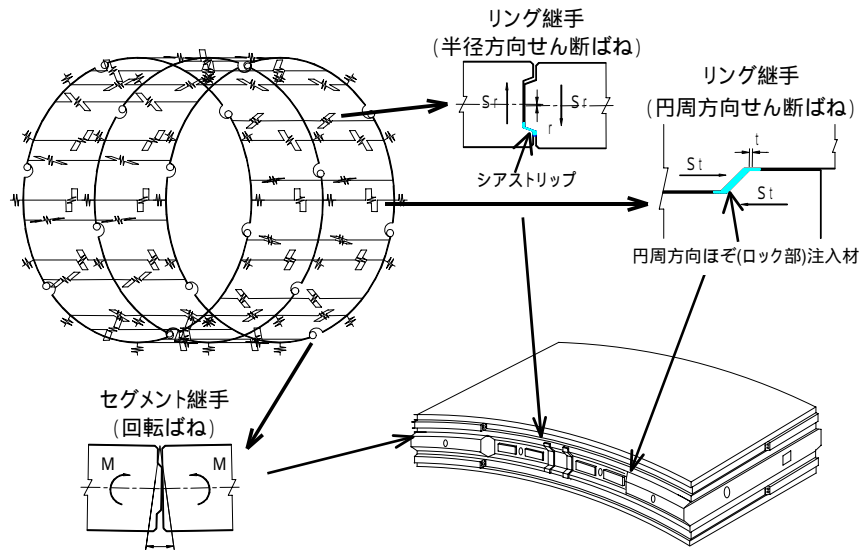


図 2.4.1 はり - ばねモデル

2.5 主断面の照査

2.5.1 照査断面の設定

照査断面は、曲げモーメントが最大、最小となる点とする。また、必要に応じ曲げモーメント = 0 となる点について、所要の圧縮領域が確保できていることの確認を行う。

地下河川、地下貯留施設など、流水によるすりへりのおそれがありセグメント内面に摩耗代等の余裕代を設ける時は、余裕代を除く断面を照査対象とする。「コンクリート標準示方書（設計編）」によると、余裕代は「有効な保護層を設けないときは、かぶりを通常より 10 mm 以上増して、耐力計算上必要な断面より厚くしておくのが良い」とされている。

2.5.2 鉄筋かぶり

鉄筋かぶりは、「コンクリート標準示方書（設計編）」に準拠し、次式で設定する。

$$C_{min} = \cdot C_0$$

ここに、 C_{min} ：最小かぶり

：コンクリートの設計基準強度 f'_{ck} に応じ、次の値とする。

$f'_{ck} \leq 18\text{N/mm}^2$	の場合	= 1.2
$18\text{N/mm}^2 < f'_{ck} < 34\text{N/mm}^2$	の場合	= 1.0
$f'_{ck} \geq 34\text{N/mm}^2$	の場合	= 0.8

C_0 ：基本のかぶり、部材の種類および環境条件に応じて表 2.5.1 の値とする。

表 2.5.1 C_oの値 (mm)

環境条件	部材		
	スラブ	はり	柱
一般の環境	25	30	35
腐食性環境	40	50	60
特に厳しい腐食性環境	50	60	70

なお、プレキャスト部材として表 2.5.1 の値をさらに 20%まで低減しても良いとされているが、トンネルの重要度および運用形態等を考慮したうえで低減の可否を検討する。

2.5.3 応力度照査

主断面については、曲げモーメントと軸力が作用する鉄筋コンクリート断面計算を行い、鉄筋およびコンクリートの応力度を照査する。

2.5.4 ひび割れ幅の照査

許容ひび割れ幅は、「コンクリート標準示方書(設計編)」に準拠し、トンネルの用途、重要度および運用形態を考慮したうえで腐食に対する環境条件を判断し、表 2.5.2 に従い設定する。

表 2.5.2 許容ひび割れ幅 w_a (mm) c : 主鉄筋かぶり

鋼材の種類	鋼材の腐食に対する環境条件		
	一般の環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
異形鉄筋・普通丸鋼	0.005c	0.004c	0.0035c
P C 鋼 材	0.004c	-	-

ひび割れ幅は、「コンクリート標準示方書(設計編)」に準拠し、次式で算定する。

$$w = k\{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left(\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right)$$

ここに、

k : 鉄筋の付着性状の影響を表す定数(一般に異形鉄筋の場合=1.0)

c : 主鉄筋かぶり

c_s : 鉄筋の中心間隔

φ : 鉄筋径

ε'_{csd} : コンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値で、一般に 150 × 10⁻⁶としてよい。

σ_{se} : 鉄筋応力度の増加量

E_s : 鉄筋の弾性係数

2.6 セグメント継手の照査

継手に作用する軸力に対し、支圧，割裂および目開き量の照査を行う。
照査は、主断面と同様に余裕代を除く断面で行う。

2.6.1 支圧照査

セグメント継手の支圧照査は、最大軸力の作用する継手位置で曲げモーメントによる偏心を考慮した最大圧縮応力度に対して行う。許容応力度は、局部载荷として算定した許容支圧応力度を用いる。

許容支圧応力度

セグメント継手において、支圧範囲は突合せ接触面、支圧分布範囲はセグメント断面とする。許容支圧応力度算定式は次式を用いる。

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{2.8} \sigma_{ck} \sqrt{\frac{A}{A_a}}$$

ここに、

σ_{ca} : 許容支圧応力度

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度

A : 支圧分布面積

A_a : 支圧面積

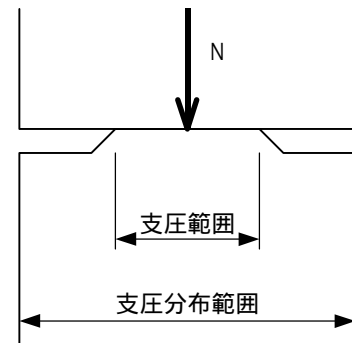


図 2.6.1 支圧形態

継手部コンクリートの最大圧縮応力度

図 2.2.6 に示すセグメント継手の応力と変形の関係式を以下に示す。ここで、縁圧縮応力度 σ_R を継手部コンクリートの最大圧縮応力度とする。

$$N = \frac{1}{2} \sigma_R \cdot b(a - r)$$

$$e = \frac{1}{6}(a + 2r)$$

$$m = \frac{M}{N \cdot a} = \frac{e}{a}$$

上式より、

$$\sigma_c = \sigma_R = \frac{4N}{3b \cdot a(1 - 2m)}$$

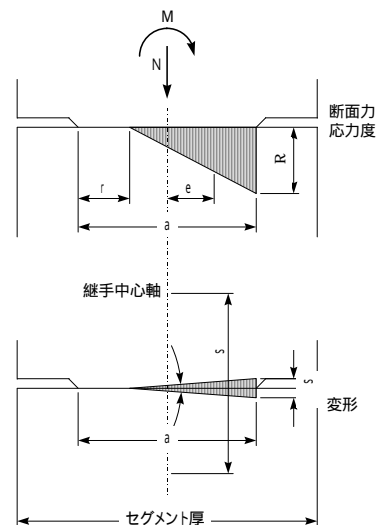


図 2.2.6(再掲) セグメント継手の応力と変形

ここに、

- σ_c : 継手部コンクリートの最大圧縮応力度
- N : 継手部の最大軸力
- a, b : 継手接触面の長さ, セグメント幅
- m : 荷重偏心率 $m = M/(N \cdot a)$

2.6.2 割裂照査

セグメント継手に作用する軸力によって生じる割裂引張力は次式で算定する。

$$T = 0.25N \left(1 - \frac{a}{d}\right)$$

ここに、

- T : 割裂引張力
- N : 継手部の最大軸力
- a, d : 継手接触面の長さ, セグメント厚さ

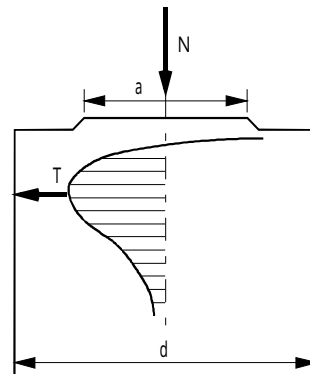


図 2.6.2 セグメント継手割裂引張力

割裂引張力に対しては割裂補強鉄筋で安全性を確保する。なお、主筋の曲げ定着部を割裂補強鉄筋として考慮できるものとする。

2.6.3 目開き量照査

セグメント継手の目開きは以下の状態が考えられる。継手の状態を図 2.6.3 に示す。

- a) 圧縮軸力で継手接触面が全断面圧縮状態
- b) 圧縮軸力で継手接触面が部分的に圧縮状態
- c) 引張軸力状態

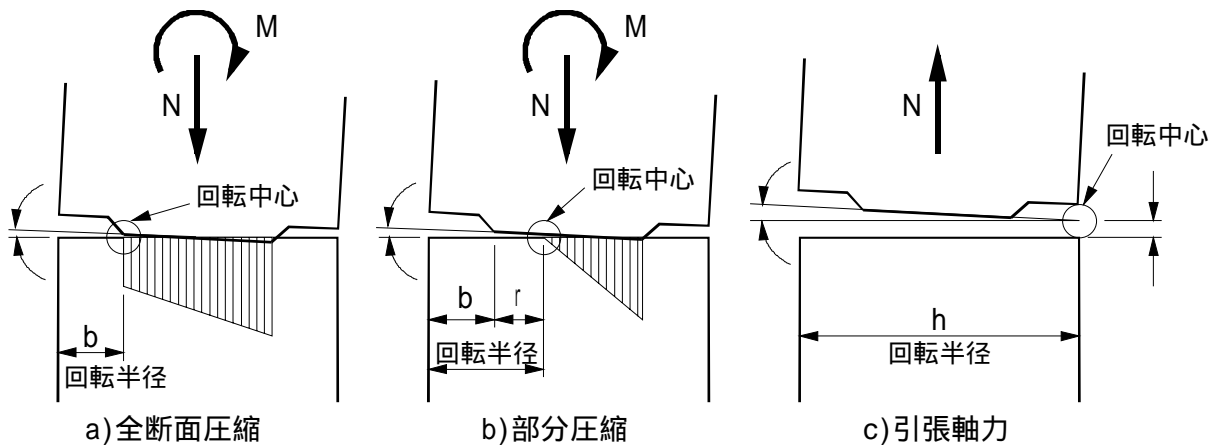


図 2.6.3 セグメント継手の目開き状態

各状態における目開き量の算定方法を以下に示す。

a) 圧縮軸力で継手接触面が全断面圧縮状態

継手接触面が全断面圧縮の場合、図 2.6.3 a) に示すように継手接触面の端部を中心にして継手は回転するとした。目開き量の算定は次式を用いる。

$$w = 2b \cdot \sin(\theta/2)$$

ここに、

w : 継手目開き量

b : 継手の非接触面長さ

θ : 継手回転角

b) 圧縮軸力で継手接触面が部分的に圧縮状態

継手接触面が部分的に圧縮の場合、図 2.6.3 b) に示すように継手接触面の圧縮域端点を中心にして継手は回転するとした。目開き量の算定は次式を用いる。

$$w = 2(b+r) \cdot \sin(\theta/2)$$

ここに、

W : 継手目開き量

b : 継手の非接触面長さ

r : 継手接触面の非圧縮域長さ ($r = 3M/N + a/2$)

M : 継手の曲げモーメント

N : 継手の圧縮軸力

a : 継手接触面長さ

θ : 継手回転角

c) 引張軸力状態

引張軸力の場合、図 2.6.3 c) に示すように継手は離間し、セグメント端部を中心にして継手は回転するとした。目開き量の算定は次式を用いる。

$$w = \delta + 2h \cdot \sin(\theta/2)$$

ここに、

w : 継手目開き量

δ : 継手の離間長さ

h : セグメントの厚さ

θ : 継手回転角

2.7 リング継手の照査

リング継手は、半径方向せん断力に対するほぞの照査と、円周方向せん断力に対するロック部の照査を行う。主断面と同様に、照査は余裕代を除く断面で行う。

ほぞ照査

ほぞ凹部に設置したせん断補強鉄筋により、リング継手に発生する半径方向せん断力を負担する。リング継手に半径方向最大せん断力が作用した時のせん断補強鉄筋に発生する引張力を次式により算定する。また、せん断補強鉄筋は図 2.7.1 に示すせん断力分布範囲に配置する。

$$T = S / \cos 45^\circ$$

ここに、

T : せん断補強鉄筋の引張力

S : 継手部の半径方向最大せん断力

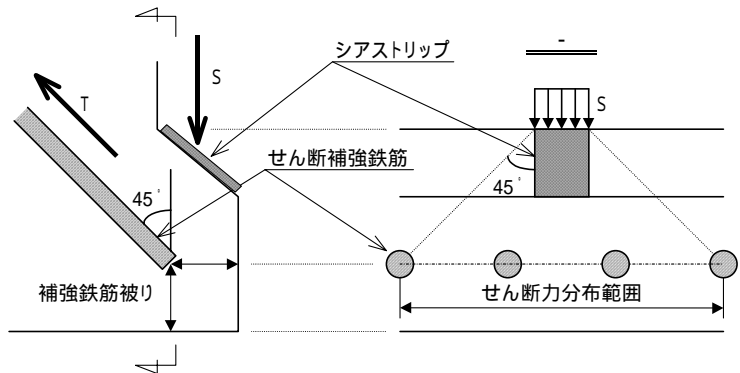


図 2.7.1 せん断補強鉄筋の引張力およびせん断力分布

ロック部照査

ロック部における円周方向せん断力の作用状態を図 2.7.2 に示す。

ロック部面へ垂直に作用する圧縮力をロック部のコンクリート圧縮強度で、ロック部面へ平行に作用するせん断力をロック部注入材のせん断強度で負担する。

ロック部のコンクリートおよび注入材に発生する圧縮力およびせん断力を次式で算定する。

$$S_c = S \cdot \cos \theta$$

$$S_e = S \cdot \sin \theta$$

ここに、

S_c : ロック部面へ垂直に作用する圧縮力

S_e : ロック部面へ平行に作用するせん断力

S : 継手部の円周方向の最大せん断力

θ : ロック部角度

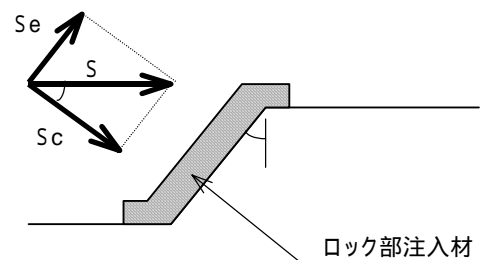


図 2.7.2 せん断力作用状態

第3章 製 作

3.1 セグメントの製作

セグメントの製作にあたっては、製作要領書、製作図および製作工程表を作成し、物件毎に承認を得ることを基本とする。また、「第1章概要」に記述する準拠指針に加え、JIS規格に準拠するものとする。

3.1.1 製作要領書

- ・製作要領書には、準拠指針に基づき、セグメントの材料、製造、検査等に関する必要事項を漏れなく記載する。その概要は次のとおり。
 - a)材料の明細（セグメント、骨材、副材料）
 - b)型枠
 - c)コンクリートの配合
 - d)製造法（鋼材の加工組立て、締固め方法、養生方法等）
 - e)検査および記号
- ・製作工程表は、製作工程の全容が容易に把握できるようにまとめる。

3.1.2 寸法精度

セグメントの製作にあたっては、特に寸法精度に留意しなければならない。

- ・寸法精度は、型枠が重要な要因となる。型枠の製作精度について十分留意する。
- ・「トンネル標準示方書」を参考に、セグメントの寸法精度の許容差を図3.1.1、表3.1.1に示す。寸法の計測には、ゲージ板、鋼尺および鋼巻尺等を用いる。

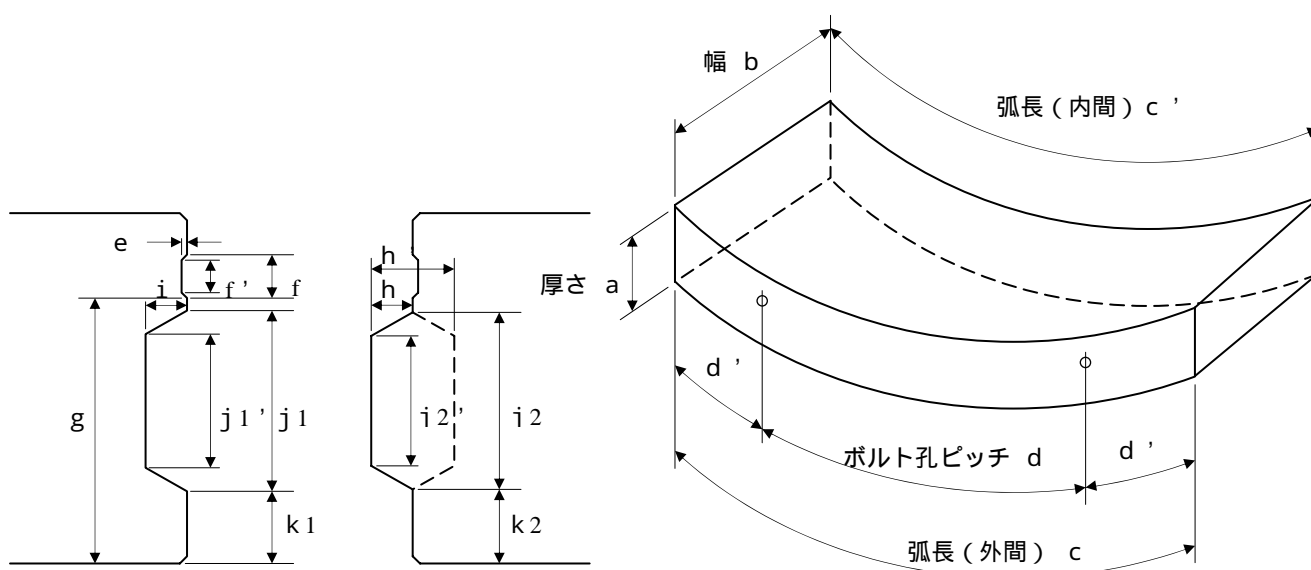


図3.1.1 寸法の計測

表 3.1.1 寸法許容差

項 目		寸法許容差 (mm)	
セグメント厚さ	(a)	+ 5 . 0 ~ 0 . 0	
セグメント幅	(b)	± 1 . 0	
弧 長	(c , c ')	± 1 . 0	
ボルト孔ピッチ	(d , d ')	± 1 . 0	
シール溝深さ	(e)	± 0 . 5	
シール溝幅	(f , f ')	± 0 . 5	
シール溝位置	(g)	± 1 . 0	
リング継手ほぞ高さ・深さ	(h , h ' , i)	± 0 . 5	
リング継手ほぞ幅	(j 1 , j 1 ' , j 2 , j 2 ')	± 0 . 5	
リング継手ほぞ位置	(k 1 , k 2)	± 1 . 0	
水平仮組時の真円度	外 径 の 区 分	6 m未満	6 m以上
	ボルトピッチサークル径 (D p)	± 1 0 . 0	± 1 0 . 0
	外 径 (D o)	± 1 0 . 0	± 1 5 . 0

3.1.3 使用材料

セグメントの製作に使用する主要材料は、表 3.1.2 の規格および規定に適合するものを基本とする。

表 3.1.2 セグメント用材料の規格および規定

セメント	JIS R 5210	ポルトランドセメント
骨 材	粗骨材	JIS A 5005 コンクリート用砕石及び砕砂
	細骨材	JIS A 5005 コンクリート用砕石及び砕砂
水		コンクリートに有害な物質を含まないこと
混和剤	JIS A 6204	コンクリート用化学混和剤
鉄 筋	JIS G 3112	鉄筋コンクリート用棒鋼
鋼 板	JIS G 3101	一般構造用圧延鋼材
	JIS G 3106	溶接構造用圧延鋼材
鋼 材 (形 鋼)	JIS G 3101	一般構造用圧延鋼材
	JIS G 3106	溶接構造用圧延鋼材
溶接材料	JIS Z 3211	軟鋼用被覆アーク溶接棒
	JIS Z 3212	高張力鋼用被覆アーク溶接棒
	JIS Z 3312	軟鋼および高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤ
鋼 管	JIS G 3444	一般構造用炭素鋼鋼管
	JIS G 3445	機械構造用炭素鋼鋼管
注入孔栓		ABS 樹脂製品
エレクター孔栓	JIS B 2401	「Oリング」1種A

3.2 製造

セグメントの製造に関する管理項目は、以下のとおりとする。

3.2.1 コンクリートの配合および強度

セグメントに使用するコンクリートは、所要の強度、耐久性、水密性等をもち、品質のバラツキの少ない、打ち込み作業が出来るワーカビリティを有する配合とする。

- ・配合強度は、設計基準強度にバラツキを考慮して割増係数を乗じて定める。
- ・コンクリートの配合設計は、製作工場の実績によって定まる変動係数等を加味し、所定のワーカビリティが得られる配合とし、示方配合を製作要領書に記載する。
- ・コンクリートの品質管理は、設計基準強度に従って配合強度を定めた場合と同じ条件で行い、「コンクリート標準示方書」等に定められている確率で設計基準強度を下回ってはならない。
- ・管理については、試験結果を記録し、保管しなければならない。

3.2.2 フレッシュコンクリートの製造

安定したコンクリートが製造できる設備を有している工場で、材料のストック、計量、練り混ぜを行う。

材料の貯蔵

セメントはサイロに保管し、骨材は粗骨材と細骨材に分けて貯蔵する。

材料の計量

コンクリート用材料は、原則として重量で計量する。ただし、水および混和剤は、かなりの精度で計量できるため、容積によって計量してもよい。

練り混ぜ

工場内バッチャープラントで練り混ぜ、打設時間、気温等を考慮したうえで、バッチ間の変動を小さくするよう定める。

3.2.3 型枠

打設設備、打設方法、養生方法に支障が生じないものとする。また、繰り返し使用できるものとする。

- ・セグメントの製作に使用する型枠は、取り扱いによりひずみや凹凸が生じることなく、打設方法によって変形や各締付部がゆるまないようなものを選定し、脱型時の取扱いが容易なものとする。

3.2.4 鋼材の加工および組立

鋼材の加工は、設計図に基づき、正確に冷間加工および組立を行う。また、組立てら

れた鋼材は打設時に変形、移動のないよう溶接等によって固定するものとする。

- ・鋼材の加工は、加工前に清掃をし、浮き錆、油分、ゴミ等の付着がある場合は、除去してから行う。
- ・主要鋼材が移動すると、セグメントの曲げ強度に影響が出るため、加工については正確に加工し、組立治具および組立筋を用いて設計図に基づく位置に配置しなければならない。
- ・加工方法は、冷間加工とし、組立を溶接で行う場合は、アンダーカット等に注意する。また、溶接箇所は急冷しないように注意する。
- ・組立てられた鋼材の積み置き、移動、つり込み等の際は、変形のないよう慎重に行う。

3.2.5 組み付け

型枠の清掃を行った後、離型剤を塗布した型枠に組立てられた鋼材を所定のかぶりが確保できるよう、スペーサー等で固定する。

- ・鋼材のかぶりは、セグメントの耐久性はもとより、性能にも影響することから、設計図に示されたかぶりを確保するため、コンクリート打設時の衝撃に耐え、鋼材を保持できるスペーサーを設定する。

3.2.6 コンクリートの打設

練り混ぜられたコンクリートは、材料分離がないよう留意して打設する。2回以上にわけて打設する場合は、コールドジョイント等にも注意する。

打設完了後は、所定の前養生時間を取り、表面仕上げを入念に行う。

- ・コンクリートは型枠内を清掃し、離型剤を塗布し、鋼材および埋め込み金具等が正確に固定されていることを確認した後、打ち込むものとする。
- ・打設は、材料分離やシール溝等の影響による気泡が生じないよう充填性に注意し、欠陥のない平滑なモルタル表面が得られるように行う。

3.2.7 養生および脱型

脱型強度が得られるまで型枠内で養生を行う。促進養生を行う場合には、長期材令における強度低下等、有害な影響を与えないよう十分注意する必要がある。促進養生の方法については、製作要領書に記載するものとする。

脱型は、テストピースで強度確認をし、損傷を与えないよう十分注意する必要がある。

- ・促進養生を行う場合には、コンクリートにひび割れ、剥離、および長期材令における強度低下等の有害な影響を与えないように注意する。常圧蒸気養生を行う場合には、以下のとおりとする。

a) 蒸気養生は、コンクリートに有害な影響を与えないように注意するものとし、

前置き時間を2時間以上確保した後開始する。

b) 温度上昇は、20 / h以下の勾配とし、最高温度は、65 以下とする。

c) 養生温度は、徐々に下げ、外気と大差がないようになってから製品を取り出す。

- ・このほか、養生については「コンクリート標準示方書（施工編）」の8章に準拠する。
- ・脱型は圧縮強度が15N/mm²に達した後行うものとし、脱型後の養生は気乾養生を標準とする。水中養生の有無は責任技術者の指示に従う。
- ・脱型は、セグメントに損傷を与えないよう慎重に、脱型治具等を用いて行うものとする。製品の重量形状によって脱型治具を使用できない場合には、吊り用インサート等を打設時に製品に取り付けておくが、ストック中および施工後の腐食を考慮し、その使用にあたっては、責任技術者の承諾をとる必要がある。

3.2.8 塗装および記号表示

鋼材が直接、地山や地下水と接する部分は、鋼材表面に防錆処理を施す必要がある。

製作管理上および施工管理上必要な記号は、消滅しない方法で明示するものとする。

明示項目は製作要領書に記載する。

- ・セグメントに使用される鋼材や鋳鉄材が直接地山や地下水と接する場合は、製品検査終了後、この部分に防錆塗装を行う。防錆剤は、塗装面のスラグ、油、ちり等を清掃し、除去したのち、一般用錆止めペイント等により1回塗りを行う。
- ・その他の場所に塗装を必要とする場合は、責任技術者の指示に従うものとする。
- ・記号は、製造番号、製造年月日、種別、型別、テーパセグメントの合番号など、製作管理上、施工管理上必要な事項を消えない方法で表示する。その項目および表示位置は、製作要領書中に記載するものとする。

3.2.9 貯蔵

検査完了後、合格した製品は、所定の養生期間を満了するまで製作工場での貯蔵するものとする。

- ・貯蔵作業および搬出作業時は、カケ等の損傷が発生しやすいため、貯蔵場所や方法に特に留意する必要がある。
- ・付属品は、紛失しないように一定の場所に保管しなければならない。

3.2.10 運搬

セグメントは、損傷しないよう注意して運搬、取扱いしなければならない。運搬および取扱中に損傷を受けた物の処理については、責任技術者の指示に従うものとする。

- ・セグメントの隅角部や縁は、運搬に適切な防護措置を取るとともに、積込み、取り降ろし等の取り扱いには、十分注意しなければならない。

3.3 検査

完成したセグメントが所要の性能を有することが確認できるように、検査体系を定め、製造の各段階で必要な検査を行う。

3.3.1 検査項目

品質管理のために行う検査の主な項目は、次のとおり。セグメントの製作過程における検査を図 3.3.1 に示す。

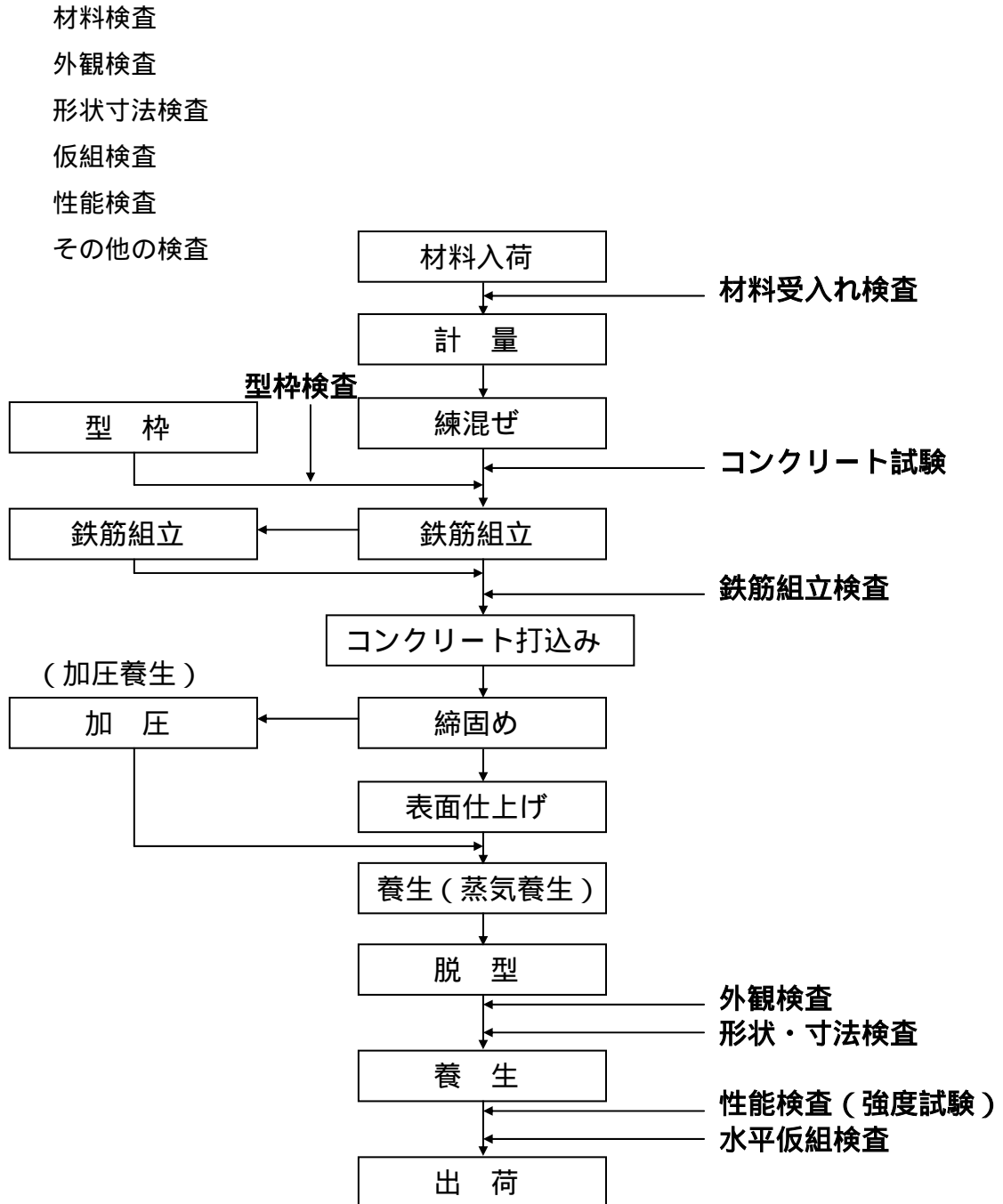


図 3.3.1 検査工程

3.3.2 材料受入れ検査およびコンクリート試験

材料の受入れ検査およびコンクリート試験は、下記方法にもとづき、自主検査を原則として実施する。

試験頻度については、製作計画書に記載するものとする。また、検査の証明書があるものは、それによって材質の確認に代えることができる。

セメントの物理試験方法 (JIS R 5201)

コンクリート用化学混和剤 (JIS A 6204)

骨材のふるい分け試験方法 (JIS A 1102)

骨材の洗い試験方法 (JIS A 1103)

骨材の単位容積質量及び実績率試験方法 (JIS A 1104)

細骨材の比重及び吸水率試験方法 (JIS A 1109)

細骨材の有機不純物試験方法 (JIS A 1105)

粗骨材の比重及び吸水率試験方法 (JIS A 1110)

細骨材の表面水率試験方法 (JIS A 1111)

ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法 (JIS A 1121)

骨材のアルカリ反応性試験方法 (化学法) (JIS A 5308 軽量コンクリート附属書 7)

金属材料引張試験方法 (JIS Z 2241)

金属材料曲げ試験方法 (JIS Z 2248)

コンクリートのスランプ試験方法 (JIS A 1101)

フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法 (空気室圧力方法) (JIS A 1128)

フレッシュコンクリート中の水の塩化物イオン濃度試験方法 (JIS A 5308 軽量コンクリート附属書 5)

コンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1108)

3.3.3 外観検査

外観検査は、セグメントの隅角部の破損や有害なひびわれ等について行う検査で、セグメントの全数について実施する。

- ・隅角部の破損は、使用上有害と判断されるような欠け、割れ等は直ちに修理して、再検査を行う。また、シール溝に気泡が残った場合のモルタル補修はシール材貼付前のプライマー下地処理を十分に施すことを条件に行わない。
- ・コンクリートの硬化収縮、乾燥収縮等によって生じるひびわれは、外観検査にあたっては、0.1mm までを許容する。

3.3.4 形状および寸法検査

セグメントの形状および寸法検査は、図 3.1.1 に示す位置について実施する。

- ・セグメントの幅、厚さについては、ノギスを用い、セグメントの弧長、ボルト孔ピッ

チについては、製造初期に原寸よりとったゲージ板（ガバリ）を用いて全数について検査し、許容差内に収まることを確認する。

- ・ シール溝、リング継手ほぞについては、試作時にゲージ板を用いて十分な検査を行い、さらにセグメント製造中は適宜実施するものとする。

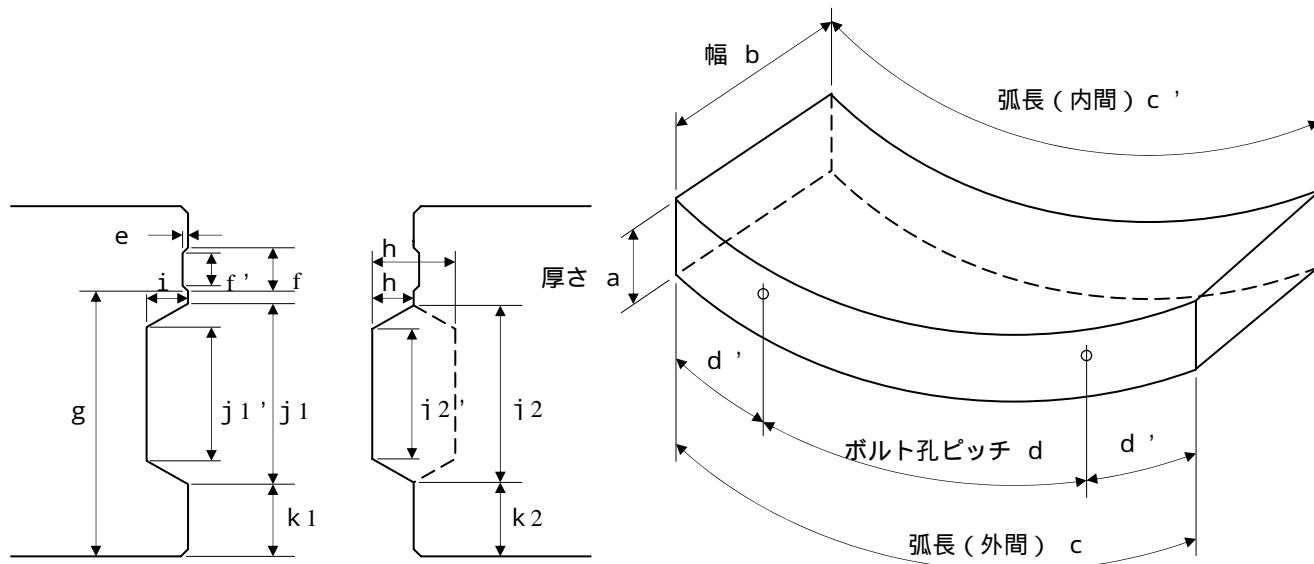


図 3.1.1 (再掲) 寸法検査の箇所

3.3.5 水平仮組検査

水平仮組検査は、使用した型枠、ボルトピッチ、K セグメントの挿入具合、セグメント継手面の平滑性、各部の形状、寸法等を総合的に調べる検査である。

- ・ 検査の方法は、水平盤上に 2 リングを千鳥組みして行う。また、リング継手部は、トランスミッションストリップおよびシアストリップの設置を考慮してボルト孔の位置を決めているため、検査時にはこれらを設置して行う。

3.3.6 性能検査

セグメントの性能を確認するため、責任技術者の定める試験頻度で強度試験を実施する。

単体曲げ試験

セグメント単体の本体強度を確認するため、図 3.3.2 に示すような、製品 1 ピースに曲げモーメントのみ作用させる試験装置にて行う。

ジャッキ推力試験

施工時のジャッキ推力作用時の安全性を確認するため、製品に軸力のみ作用させる試験装置にて行う。載荷荷重は実装備ジャッキ推力の 1.5 倍までとし、偏心量はセグメントとマシンテールとのクリアランスを考慮して決定する。

試験方法を図 3.3.3 に示す。必要に応じ、凸部、凹部および凹部に載荷治具を設置した状態について載荷試験を実施する。

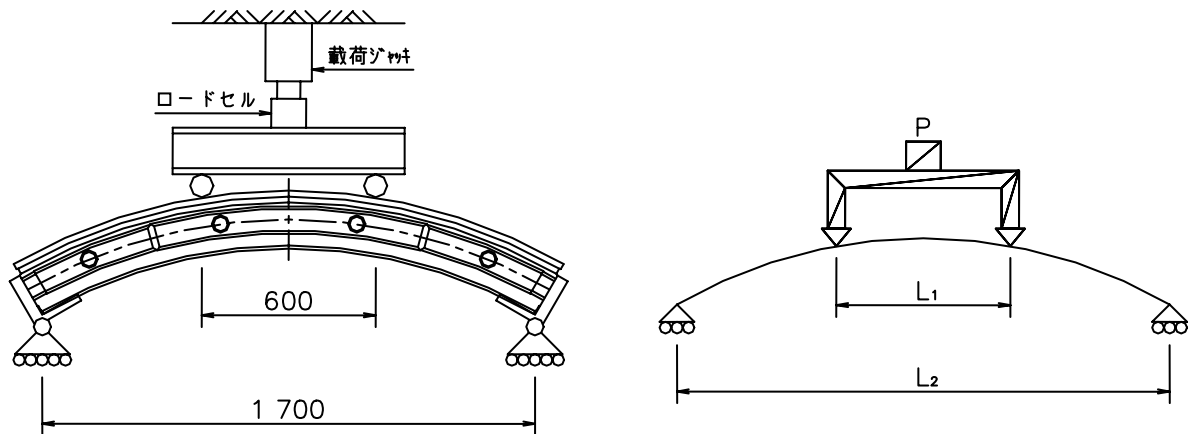


図 3.3.2 単体曲げ試験装置

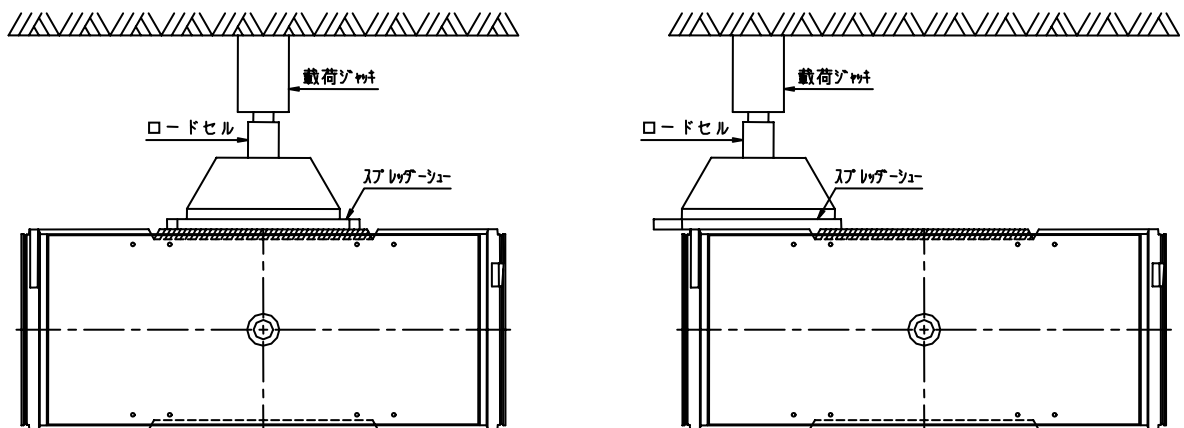


図 3.3.3 ジャッキ推力試験装置

継手部について

なお、継手部の性能試験は、次の理由により行わない。

-)セグメント継手曲げ試験は、レオンハルトらのコンクリート継手理論により検証されている。
-)リング継手せん断試験は、ほぞ部の設計時に実施されている。
-)リング継手ほぞ形状の寸法検査、コンクリートの圧縮強度試験および鉄筋の組立検査（せん断補強筋位置）を行うことで代用する。

第4章 施 工

リングロックセグメントの施工性は、適用径，曲率半径および水圧など、基本的に従来のボルトと鋼製継手板を用いたRCセグメント(以下、従来型と呼ぶ)と同等である。本章では、既往の実績に基づき、リングロックセグメントの標準的な施工計画を示す。なお、細部については監理技術者の判断にゆだねるものとする。

4.1 仮置き・運搬

把持方法

- ・セグメントの把持方法は、従来型と同様である。
- ・凸ほぞ部に貼布した注入補助シールの保護に留意する必要がある。

仮置き方法

- ・舟積みとする場合は従来型と同様である。縦積みで仮置きする場合は、凹部および凸部に対応する台木を使用し、損傷防止に努める。

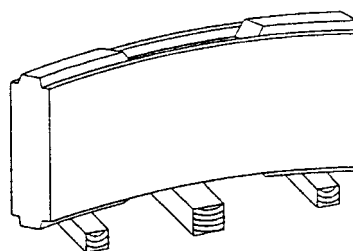


図 4.1.1 仮置き保管

4.2 セグメント組立

リングロックセグメントは、従来型のようにボルトの締結力による組立方法ではなく、リング継手のほぞをかみ合わせ、相対するほぞ形状の拘束により組み立てる。

エレクタにより粗位置決めを行った後、既設セグメントとの「通り」，「位置」を合わせ、エレクタ能力とジャッキ推力で既に組み立てたセグメントリングに押し付け、仮止め部材で固定する。

4.2.1 組立の基本

位置決め基準

- ・リングロックセグメントは、既設セグメントリングの切羽側リング継手面のほぞをガイドとし、組立ピースのほぞをかみ合わせる形で組立を行う。
- ・最初に設置するリングを高精度（真円度，方向）で組立てることで、以降の施工性，組立精度を確保できる。

位置決め方法

- ・リングロックセグメントでは、仮止め部材に締結力を期待せず、位置決め～接合までをエレクタにより行うことから、セグメント押付け能力，スライド量などについて十分なエレクタ能力を装備しておく必要がある。

- ・エレクタは3軸方向の微動機構を装備し、アイマークなどを用いて位置決めする。

継手ボルトの役割

- ・リングロックセグメントではエレクタとジャッキを併用して位置決め、組立を行った後、最終的にリングが閉合されるまでの固定はジャッキの押付け力による。

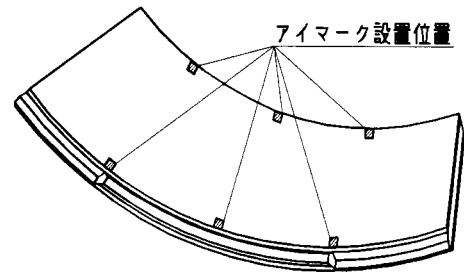


図 4.2.1 位置決め用アイマーク

- ・各継手ボルトの役割は、ピースの脱落防止および次のリングを組み立てるため一部のジャッキを除荷した際の固定補助である。

4.2.2 組立方法

組立パターン

- ・組立パターンは、次の2通りである。
 - a)インバートから順に組立てる。：従来型と同様の組立方法である。
 - b)同一方向ピースを先行して組立てる。：全数台形セグメントの場合に採用可能な組立方法である。先行ピースの設置精度を確保するため、アイマークなどを設置する。

組立手順

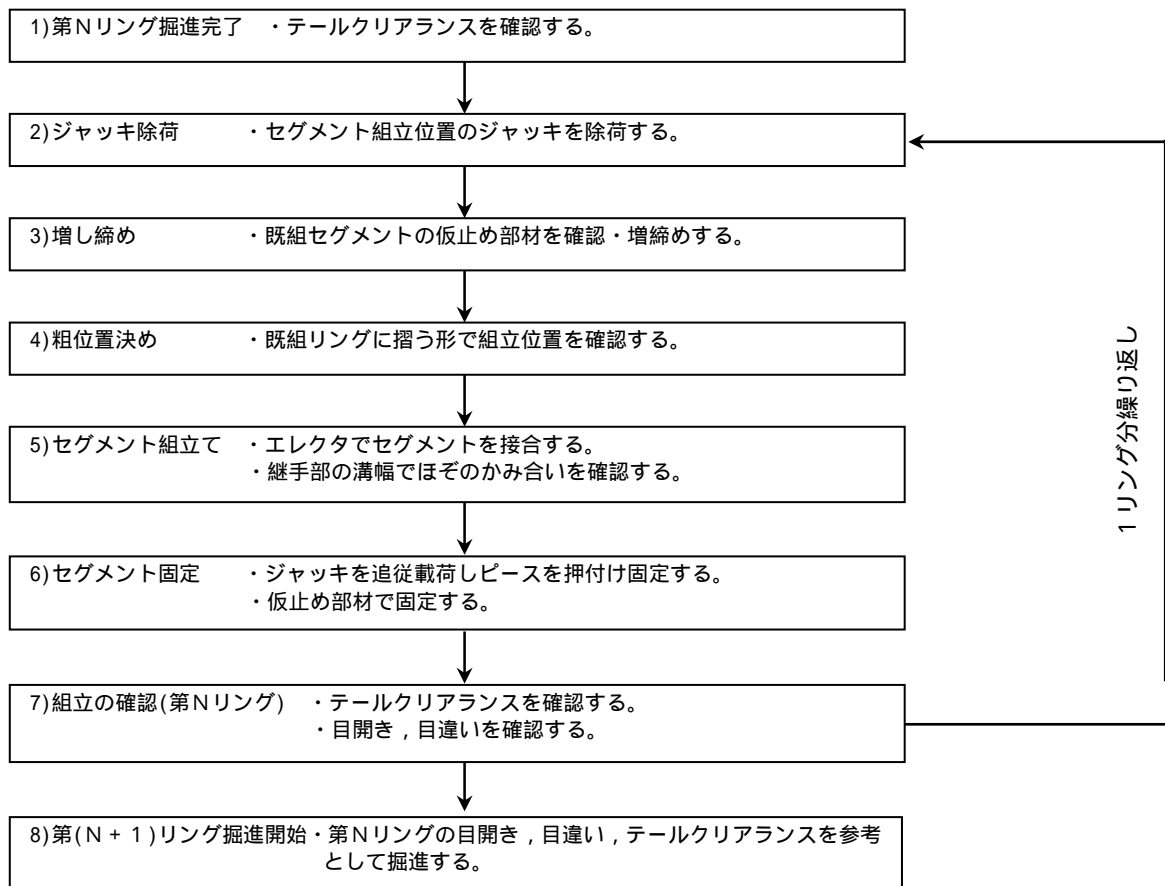


図 4.2.2 組立手順

4.2.3 組立管理

取扱い方法

- ・従来型と同様、セグメントピースの受け渡し、回転などに際しては、ピース端部の欠損防止に配慮して慎重に取り扱う。

仮組みセグメント

- ・仮組みセグメントには鋼製セグメントなどを用い、本設セグメントの真円度を確保する。施工性、品質を確保する上で、第1リングの真円度が特に重要である。
- ・仮組みセグメントとリングロックセグメントの接続部では、リング継手面の形状が異なるため、次のような配慮が必要である。
 - 1) リングロックセグメントのリング継手面(仮組みセグメント側)を平坦に製作し、鋼製継手板+短ボルトを用いた継手などで締結する。
 - 2) 必要に応じ、真円度確保を目的とした補強リング(始端リング)を用いる。始端リングは仮組みセグメントとリングロックセグメントのリング継手面形状を調整する役割も有する。

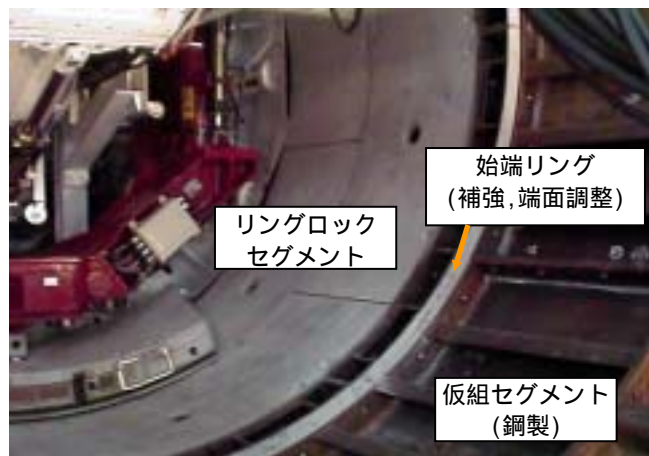


写真 4.2.1 始端リングの例

テールクリアランス

- ・テールクリアランスは管理基準値を設定し、テールシールの拘束による偏圧を防止する。
- ・管理基準値に基づき、直前のテールクリアランス量やシールドの掘進方向などを考慮して蛇行修正用テーパリングを適切に使用する。

位置決め精度

- ・セグメント内面に位置決め用アイマークなどを設置し、セグメントピースの位置決め精度を確保する。

組立精度

- ・組み立てるセグメントは継手部の清掃を行い、特にセグメント継手部に異物を挟み込むことの無いよう留意して組み立てる。

- ・セグメントを1ピース組み立てる毎に、推進ジャッキでピース固定を確実にを行う。
- ・組立後は、継手部の溝幅などにより、ほぞが確実にかみ合っていることを確認する。
- ・Bセグメントはシアストリップ設置位置～セグメント端部の距離が長いいためほぞのセリが発生しやすい。B - K間継手の目違い防止には特に留意する。

仮止め固定

- ・セグメント継手仮止め部材にボルトタイプの部材を用いる場合は、締め付け管理値を設定し、過締めによるセグメント継手のねじれを防止する。
- ・リング継手仮止め部材に増し締め可能なタイプの部材を用いる場合は、毎リング確実に増し締めする。

形状保持

- ・必要に応じた頻度，区間で真円度，セグメント挙動計測をおこなう。

セグメントローリング

- ・ローリング管理値を設定し、セグメント組立順序の変更，ロック部クリアランスの増減で修正する。
- ・ローリング管理値は、ジャッキスプレッドとロック部が干渉しないように設定し、必要に応じた頻度でローリング量計測を行う。

推進ジャッキの载荷

- ・組み立てたセグメントはジャッキで押し付けて固定する。
- ・ジャッキ载荷面は、凸ほぞ面および凹ほぞ面とし、ロック部には载荷しない。推進ジャッキの配置は、凹凸ほぞの配置に合わせて設定し、スプレッドとロック部が干渉しないように設定する。
- ・セグメント厚，装備ジャッキの推力によっては、凹部の欠け防止および凹部のシール材保護対策として、载荷治具を使用することもある。载荷治具は凹ほぞ部に設置し、凸ほぞ天端面と同一の高さで、スプレッドの载荷中心は、凸ほぞ中心と一致するように計画する。

4.2.4 曲線部の組立

テーパ量

- ・テーパ量の設定は従来型と同様である。
- ・セグメント外経，曲線半径，曲線長，地山条件等を十分考慮して決定する。
- ・急曲線部などで鋼製セグメントを使用する場合は、仮組みセグメント接続部と同様に継手面形状を調整するための配慮が必要である。

テーパリングの配置

- ・従来型と同様である。なお、リングロックセグメントは、構造上テーパリングを連続使用してもセグメント継手がイモ継ぎにならない。

4.3 シールド

4.3.1 推進機構

方向制御機構

- ・基本的に通常シールドと同様である。
- ・シールドは原則として中折れ装置を装備し、推進ジャッキを後胴支持方式としてジャッキ推力の偏向を抑制するのが望ましい。

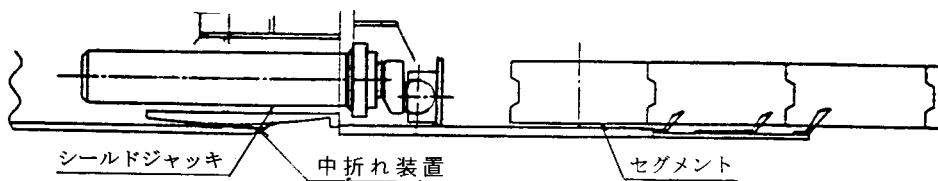


図 4.3.1 推進機構の例

推進ジャッキ

- ・リングロックセグメントのジャッキ載荷面は、凸ほぞ面および凹ほぞ面とし、ロック部には載荷しない。推進ジャッキの配置は、凹凸ほぞの配置に合わせて設定する。
- ・基本的には 4 本/ピースの配置とし、ジャッキ 1 本当たりの推力は必要総推力をジャッキ本数で割った値とする。

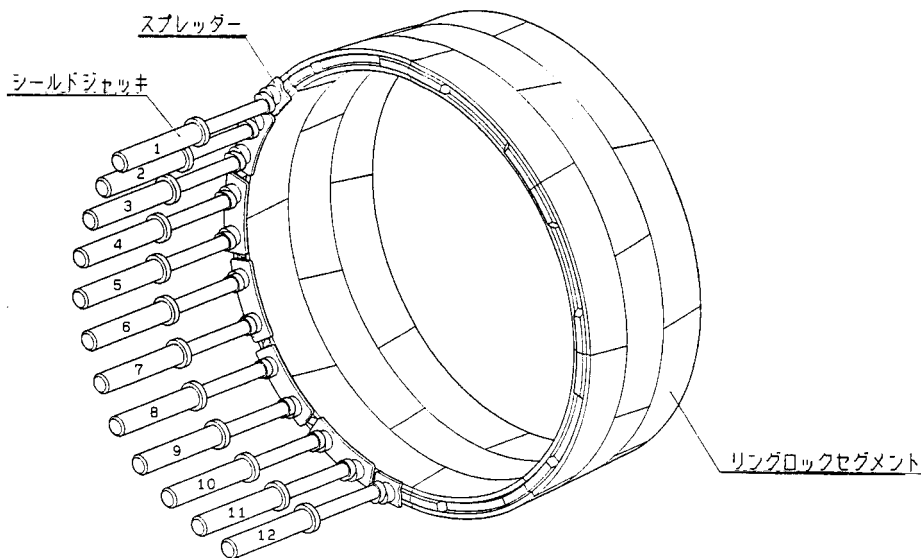


図 4.3.2 推進ジャッキ配置の例

- ・セグメント厚、装備ジャッキの推力によっては、凹部の欠け防止および凹部のシール材保護対策として、載荷治具を使用することもある。

載荷治具は凹ほぞ部に設置し、凸ほぞ天端面と同一の高さになるように計画する。載荷治具の計画にあたっては、セグメントへの固定方法、坑内での取扱い重量などに留意する必要がある。

スプレッド構造

- ・スプレッドの载荷中心は、凸ほぞ中心と一致するように計画する。
- ・スプレッドは凸ほぞ部に2本，凹ほぞ部に2本の配置を基本とする。また、スプレッドの弧長は、セグメントおよびシールドのローリングを考慮し、スプレッドとロック部が干渉しないように設定する。
- ・2ジャッキ1スプレッドとする，スプレッド接続部の球面構造におがみ防止装置を設置するなど、ジャッキ推力の偏向防止に留意する必要がある。

4.3.2 組立機構

エレクタ機能

- ・エレクタは、3軸全てに対し微動調整機構を有する6~7自由度の制御が可能なものとし、位置決め機構の構造は、既存のセグメント自動組立装置と同等程度の精度を有するものが望ましい。
- ・切羽におけるエレクタ・搬送装置は、ハンドリング時の欠損を防止できる構造とする。

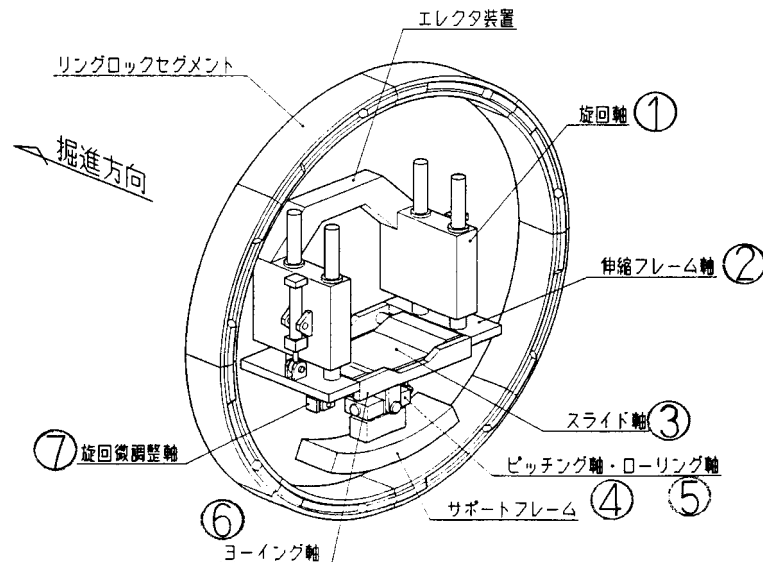


図 4.3.3 エレクタの例(7自由度)

エレクタ能力

- ・エレクタは、セグメントを確実にかみ合わせることができる能力を有するものとする。また、微動調整ジャッキの能力は、斜め挿入時などの負荷(シール材反発力など)を考慮して設定する。

形状保持装置

- ・組立てられたセグメントリングがテールを抜け地山に出た時の変形挙動は、地山条件により変化する。必要に応じて形状保持装置を設置する。
- ・形状保持装置を使用する場合は、十字型，リング型など変形方向が変化しても実効性のある形状保持装置を使用する。

4.3.3 その他

必要に応じて次に示す装置などを装備し、迅速かつ正確な施工管理を行う。

- (1) テールクリアランス自動計測装置
- (2) テールグリス自動給脂装置
- (3) 掘進管理装置 (シールド姿勢計測装置, 自動掘進装置など)
- (4) 裏込め(多点)同時注入装置

4.4 シールド掘進

4.4.1 掘進管理

測 量

- ・ 線形測量は、坑内外ともに信頼性の高い方法、機器を用い、十分な頻度で実施し結果を速やかに施工に反映させて方向修正の円滑化、テールクリアランスの保持をはかる。

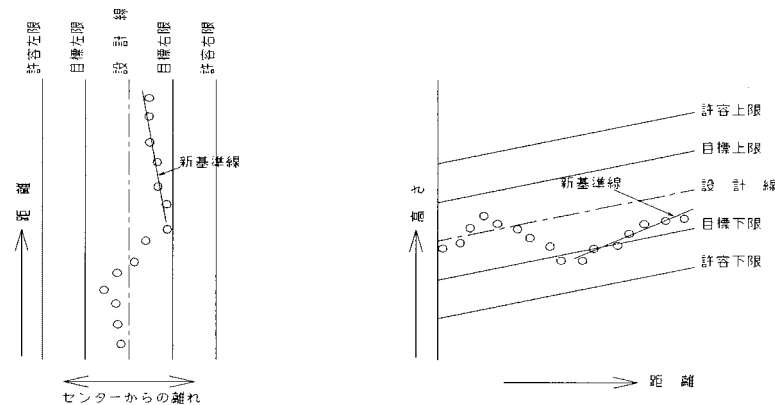


図 4.4.1 線形管理の例

ジャッキ推力の载荷

- ・ ジャッキの载荷パターンは全追従方式とし、シールドの方向制御には中折れジャッキを積極的に使用して片押しによる目開きなどを防止する。
- ・ ジャッキ推力および上下左右のストローク差に管理値を設定してセグメントの損傷を防止する。

テールクリアランス

- ・ セグメント組立時のテールクリアランス測定結果、セグメント種類などを参考にして方向制御を行い、掘進時のテールクリアランスを確保する。
- ・ テールグリスは自動給脂装置などにより常に補給充填し、テールクリアランス内に裏込め注入材などが浸入し固結することを防止する。

切羽圧力

- ・ 切羽圧力はセグメントリングに作用するジャッキ推力に大きな影響を与える。
- ・ 土被り、土質条件、地下水位および周辺環境などから管理基準を設定し遵守する。

シールドのローリング

- ・セグメント同様、シールドにもローリング管理値を設定し、カッターの回転方向などで迅速に修正する。

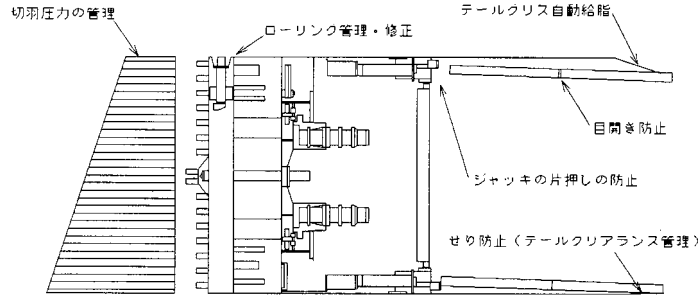


図 4.4.2 掘進管理 概要図

4.4.2 裏込め注入管理

裏込め注入は、地山の緩みと沈下の抑制、止水の補助、シールドの操縦性向上などを目的とする他、セグメントリングの真円度を保持し早期の安定をはかるために行う。

材料選定

- ・裏込め注入材料は施工性に優れ、かつ、速やかに強度を発現できる材料を選定する。

注入方法

- ・注入方法は、均等かつ迅速に充填可能な方法を選定する。
- ・必要に応じ、多点同時注入方式などを採用する。

管理方法

- ・裏込め注入の管理は、セグメントリングの変形量や注入量その他、注入圧力の管理を重点的に行う。

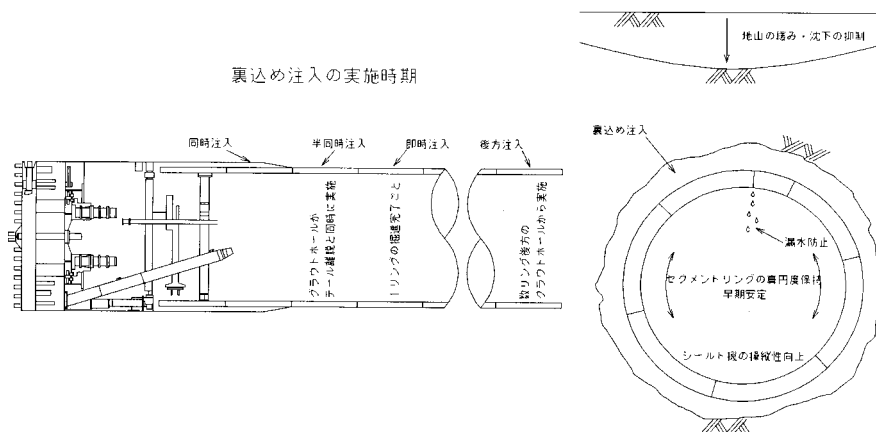


図 4.4.3 裏込め注入 概要図

4.5 付帯工

4.5.1 インターレア工

インターレアはシアストリップ、トランスミッションストリップおよびプロテクションストリップの総称であり、セグメントに設置する。

インターレアは、経済性や施工効率などを考慮し、最適な材料を選定し適切な時期に設置する。

4.5.2 シール工

リングロックセグメントの防水はシール工を主とし、コーキング工を補助的に行う。

材料選定

- ・リングロックセグメントではセグメントの組立をエレクタ主体で行うことから、エレクタの負担を軽減できるよう、圧縮反発力の小さいものが望ましい。

施工方法

- ・十分な接着力を有する接着剤を用い、均等に貼り付ける。貼り付け後は雨風養生を確実にし、極力早期に組立て施工を行う。
- ・組立直前に滑剤を塗布して摩擦を小さくするなどにより、組立時の損傷を防止する。

4.5.3 コーキング工

材料選定

- ・トンネルの伸縮に追従できる、柔軟性や復元性のある材料を選定する。
- ・十分な耐水性、耐薬品性および耐久性を有するものを選定する。

施工方法

- ・施工はセグメント組立後に行う。
- ・継手部のクリアランスに対しては、必要に応じてバックアップ材を用いる。

4.5.4 ロック部注入充填工

材料選定

- ・注入材料は、以下の点を考慮して選定する。
 - a)簡易な機械により注入充填が可能であること
 - b)硬化収縮が少なく硬化後は十分な圧縮強度を有すること
 - c)接着強度および引張じん性を有すること
 - d)繰返し载荷に対応できること
 - e)高湿度の条件でも硬化特性が変化しないこと
 - f)坑内において安全性が保てること

施工方法

- ・セグメント組立後、セグメントがジャッキ推力の影響を受けなくなった位置で注入する。注入は下部から行い、注入量および注入圧で管理する。
- ・全てのロック部を1ヶ所ずつ確実に注入する。
- ・注入範囲は、枠型の発泡ポリエチレンなどで作成した注入補助シール材により範囲を限定して行う。

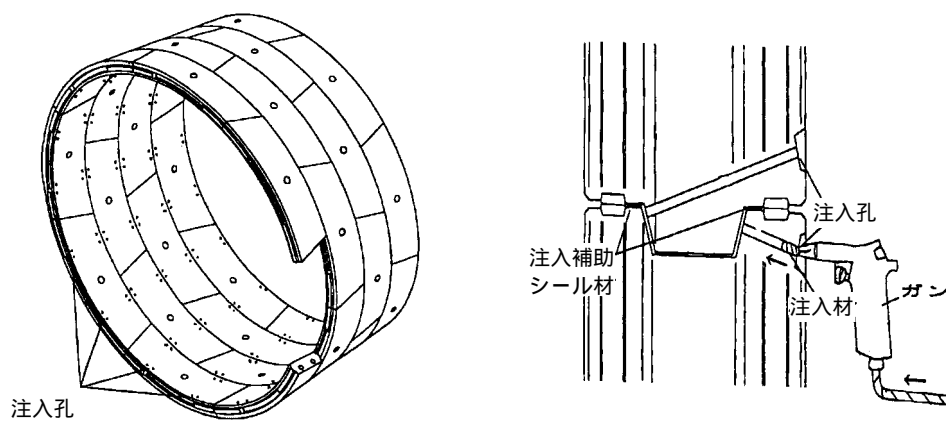


図 4.5.1 ロック部注入工 概要図

第5章 施工実績


リングロックセグメントの施工実績を表5.1に示す。

表5.1 リングロックセグメント施工実績 平成13年6月現在

工事件名	発注者	施工時期	外径	施工延長	備考
千島下水処理場第3ポンプ場流入管布設工事(その3)	大阪市 下水道局	平成12年9月 ～ 平成12年10月	3,800mm	166.1m	二次覆工省略
芝浦処理場放流渠工事	東京都 下水道局	平成12年9月 ～ 平成13年1月	4,300mm	714.9m	内水圧対応 (内水圧:0.31MPa) (水頭差:0.16MPa) 1.2m幅セグメント

■千島下水処理場第3ポンプ場流入管布設工事(その3)

発注者：大阪市下水道局
施工者：(株)フジタ



■復工概要


- セグメント外径 φ3,800mm
- セグメント厚さ 200mm
- 施工延長 166.1m

■復工の特徴

- 二次覆工省略
- トンネル縦断方向をネジ筋筋で締結

■芝浦処理場放流渠工事

発注者：東京都下水道局
施工者：三井・鴻池・安藤建設共同企業体



■復工概要

- セグメント外径 φ4,300mm
- セグメント厚さ 200mm
- 施工延長 714.9m

■復工の特徴

- 内水圧が最大300kN/m²
- 1200mm幅広セグメント