五反田川放水路整備事業概要

【事業概要】

目　的　：　五反田川の洪水全量を地下トンネルに流入させ直接多摩川へ放流することにより、洪水被害を防ぐもの

事業期間　：　平成4年度～平成30年度

事 業 費　：　約213億円

施設内容　：　延長　2，157m

うち地下トンネル（内径　8.7m）　延長　2,025 m

放流部（函体・樋門・堤外水路）　延長　132.0 m

【事業経過及び今後の予定】

平成　4年度　：事業着手

平成12年度　：分流部立坑完成

平成20年度　：放流部整備工事完成

用地、区分地上権取得完了

平成21年度　：トンネル部築造工事及び放流部立坑築造工事着手

平成24年度　：放流部立坑築造工事完了

平成26年度　：トンネル部築造工事完了予定

函体部築造工事着手予定（平成26～27年度）

平成27年度　：樋門、堤外水路築造工事着手予定（平成27～29年度）

：分流部施設築造工事着手予定（平成27～30年度）

平成30年度　：工事完了後、放水路全体供用開始予定

項目		H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
放流部	放流立坑										
	樋門・堤外水路										
	函体部										
トンネル											
分流部施設											

1　工事名
五反田川放水路トンネル部築造工事

2　場所
川崎市多摩区生田8丁目、登戸新町地内

3　請負者
清水・飛島・鴻池・馬淵共同企業体

4　工期
平成21年10月13日～平成27年3月15日

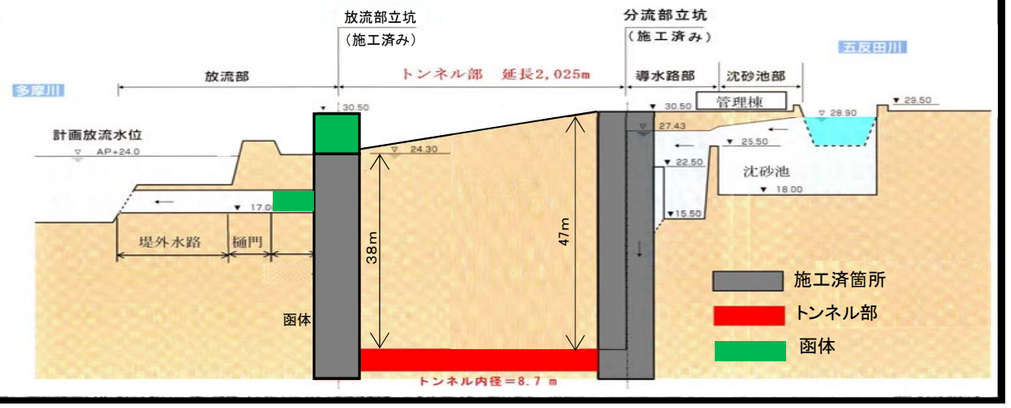
5　契約金
￥7，230，193，950

6　経緯

平成25年　8月27日	本掘進開始
平成25年10月10日	リング継ぎボルト破断確認（一時中断）
平成25年10月29日	リング継ぎボルト破断箇所の応急対策完了
平成25年12月　2日	請負者よりボルト破断の最終報告書の提出
平成25年12月　9日 ～ 平成26年　1月27日	専門家の方々へ意見聴取「破断原因の究明、再掘進計画について」
平成26年　1月28日	工事再開
平成26年　2月25日 ～ 平成26年　3月　3日	専門家の方々へ意見聴取「補修方法について」
平成26年　5月20日	補修方法の決定

※専門家の方々：土木研究所・真下グループ長ほか2名、早稲田大学・小泉教授、国土技術研究センター・今田技術顧問

縦　断　図

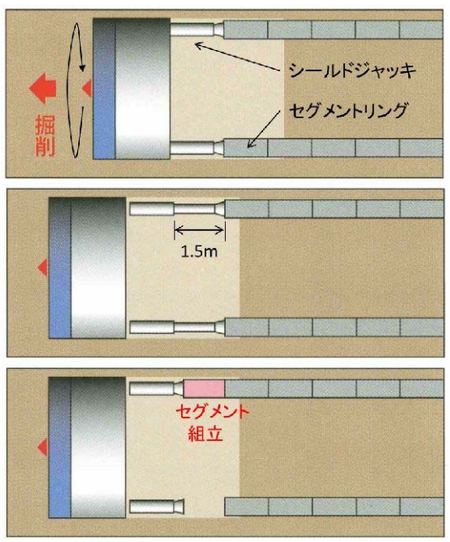


シールド工法について

シールド工法とは、シールドマシンと呼ばれる掘削機械で前面の土を掘削しながらトンネルを掘り、同時にシールドマシンの後部でトンネル本体を築造していくものです。

【シールドマシン】

【掘進方法】



ステップ①：
既に組立て終わっているセグメントリングに、シールドジャッキを押し当てて反力を得て、シールドマシンの前面にある刃を回転させながら土を掘削します。

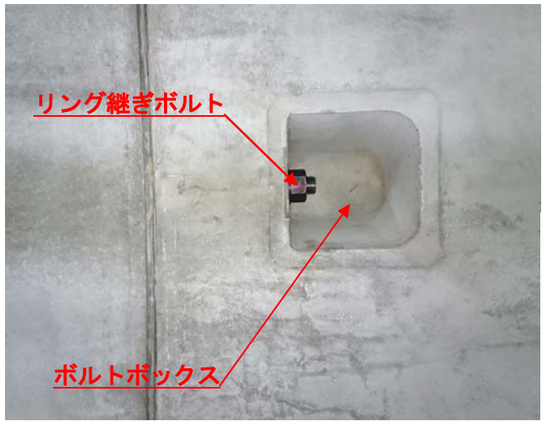
ステップ②：
シールドジャッキを伸ばして押しながら１リング分（幅1.5m）を掘り進みます。

ステップ③：
伸びたシールドジャッキを縮めて、その隙間に７つのセグメントを円形につないで、一つのセグメントリングの組立てを行います。

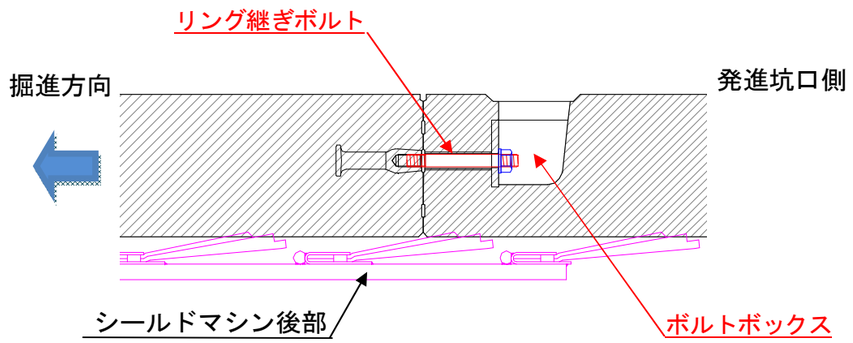
【リング継ぎボルト】

トンネル部内部の写真

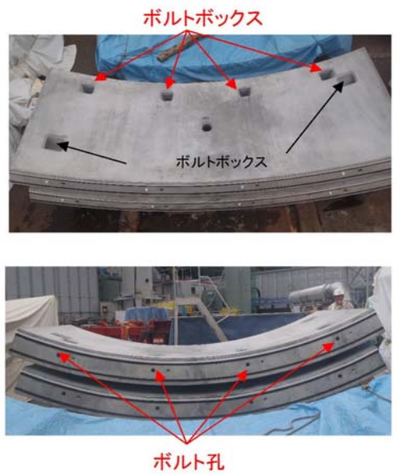
ボルトボックス拡大写真



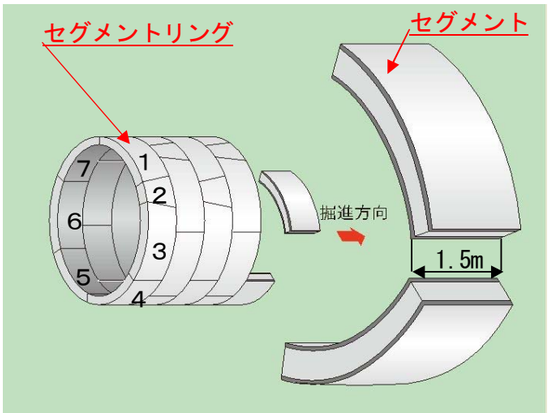
ボルトボックス拡大図



【セグメントリング組立概要】



７つのセグメントを円形につないで一つのセグメントリングの組立を行います。



五反田川放水路トンネル部築造工事（ボルト破断について）

【ボルト破断の原因】

計画した左方向に曲がるため、片側だけに大きな力を加えて押し進みました。しかし、計画していた方向に曲がって掘り進まないため、片側に更に大きな力を加えるなどシールドマシンの急激な姿勢制御を行ったところ、シールドマシンの後部とセグメントリングが局所的に接触しセグメントリング間に過剰な力が加わり、リング継ぎボルトが破断しました。

シールドマシンと
セグメントリングの接触箇所
（断面図）

図.１　リング継ぎボルト破断の詳細

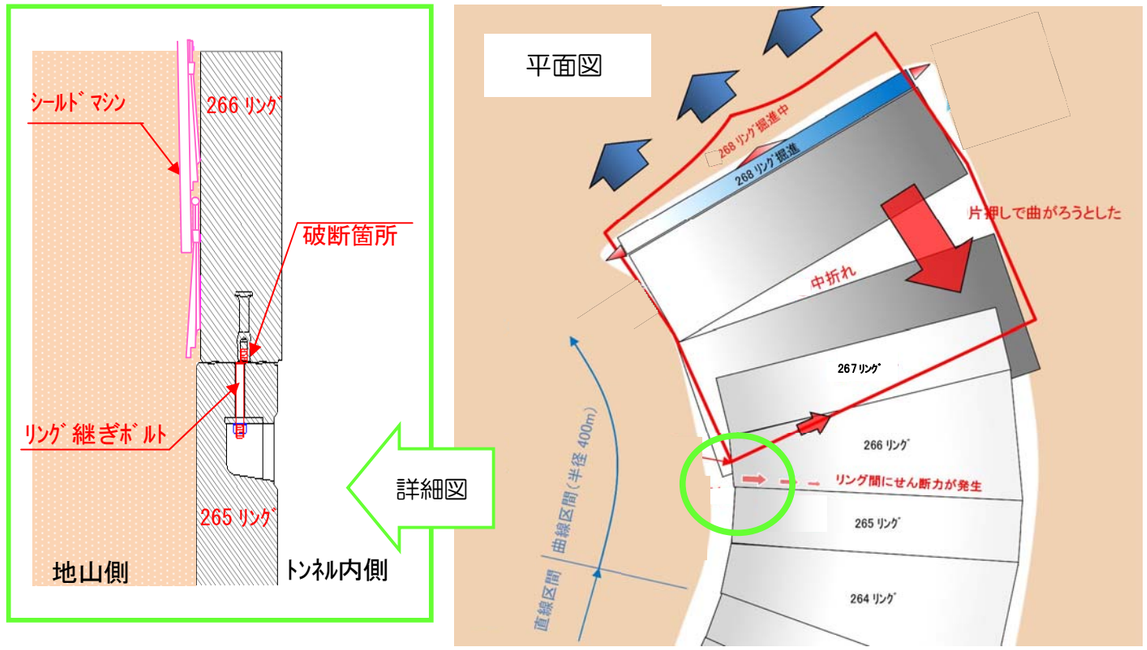
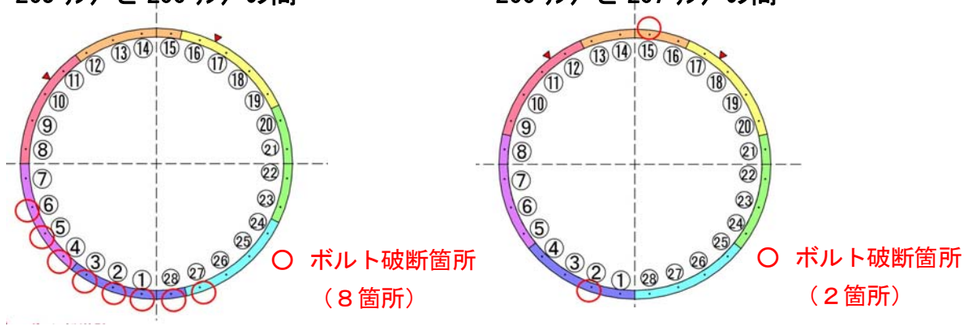


図.２　ボルト破断箇所の断面



【ボルト破断部の補修方法】

基本方針

補修後の構造に求められる性能の基本方針

- 設計強度、流れや貯水機能、維持管理性能を確保します。
- 放水路施設の耐用年数と同程度の長期性能を確保します。
- セグメントをなるべく傷めないよう補修プレートを設置します。

補修方法

補修プレートはステンレス製鋼板（厚さ 6㎜）を用いることとし、補修プレートの設置は、破断したリング継手箇所だけではなく、セグメントリングの継ぎ手部分を円周状に４箇所配置し、アンカーボルトで固定することとしました。

図.　3　ボルト破断部補修計画図

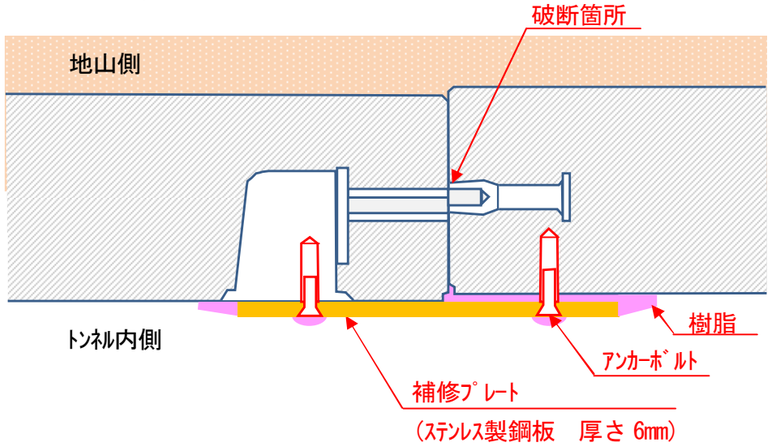
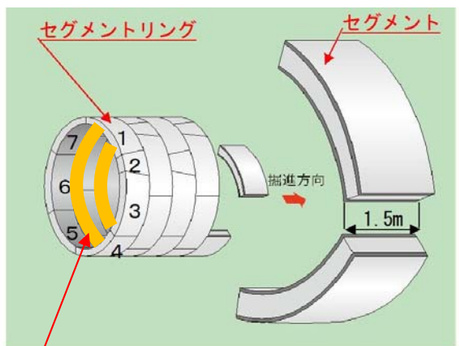


図.　4　トンネル部内部における補修イメージ図



参 考 資 料

五反田川放水路トンネル部築造工事

ボルト破断について

平成 26 年 5 月

川崎市　建設緑政局

目　　次

1. トンネル工事の概要 1
(1) 五反田放水路事業について 1
(2) トンネル工事の概要 2
ア トンネルルート 2
イ 全体事業工程 3
ウ トンネル築造工事の概要 3
(3) 地質概要 4

2. ボルト破断の概要 5
(1) 概要 5
(2) 破断位置及び損傷状況 6

3. ボルト破断原因の整理 8
(1) 破断に至るまでのステップ 9
(2) 破断時の模式図 10

4. 補修方法 11
(1) 基本方針 11
(2) 破断したリング継手箇所の補修方法 14
ア 補修プレートの必要諸元 14
イ 補修プレートの配置 15
ウ アンカーボルトについて 16
エ 補修プレート施工に際しての留意点 21
(3) ボルト破断部補修計画図 22

1. トンネル工事の概要

（1） 五反田放水路整備事業について

五反田川放水路整備事業は、五反田川の田中橋下流より、計画流量 150m³／s（降雨確率規模 1／30）を取り込み多摩川の宿河原堰上流へ全量放流する放水路計画であり、平成 9 年 4 月（平瀬川水系全体計画（変更） 平成 9 年 4 月　神奈川県）に策定されたものである。五反田川放水路は、放流先の多摩川との水位差、地形・地質条件、地下埋設物等の制約条件から大深度（ＧＬ－50m～－60m）の自然流下圧力式の地下河川トンネル（延長 2km）で計画されている。洪水時には五反田川本川の締め切り水門で全量（Q=150m³/s）カットし、多摩川に放流する計画である。維持流量を除いた常時流量についても放水路に取り込む計画である。

表 1　平瀬川水系の水理計画基本諸値

項　　目		基本諸値
計画降雨	超過確率	1/30
	降雨強度	90 ㎜/hr
	降雨強度曲線式	$\gamma = \frac{1{,}800}{t^{2/3} + 4.5}$ （中央気象台）
流出計	流出計算方法	合　理　式 (流出係数によ 洪水調節施 の 価
	流出係数	f =0.8
	洪水調節施設	細山調節池、菅北浦調節池、 五反田川放水路、南生田調整池

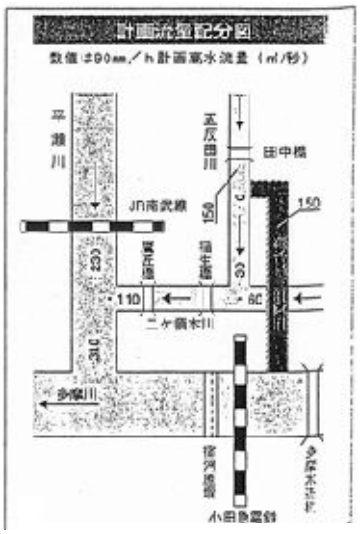


図 1　計画流量配分図

（2） トンネル工事の概要

ア トンネルルート

トンネルのルートは、下図のとおりである。

トンネル延長は2,025ｍとやや長距離である。用地制約から道路（主要地方道県道世田谷町田）の下を通過するよう、道路線形に合わせて左右に湾曲する線形となっている。

また、放流立坑付近ではＪＲ南部線の直下を通過する。

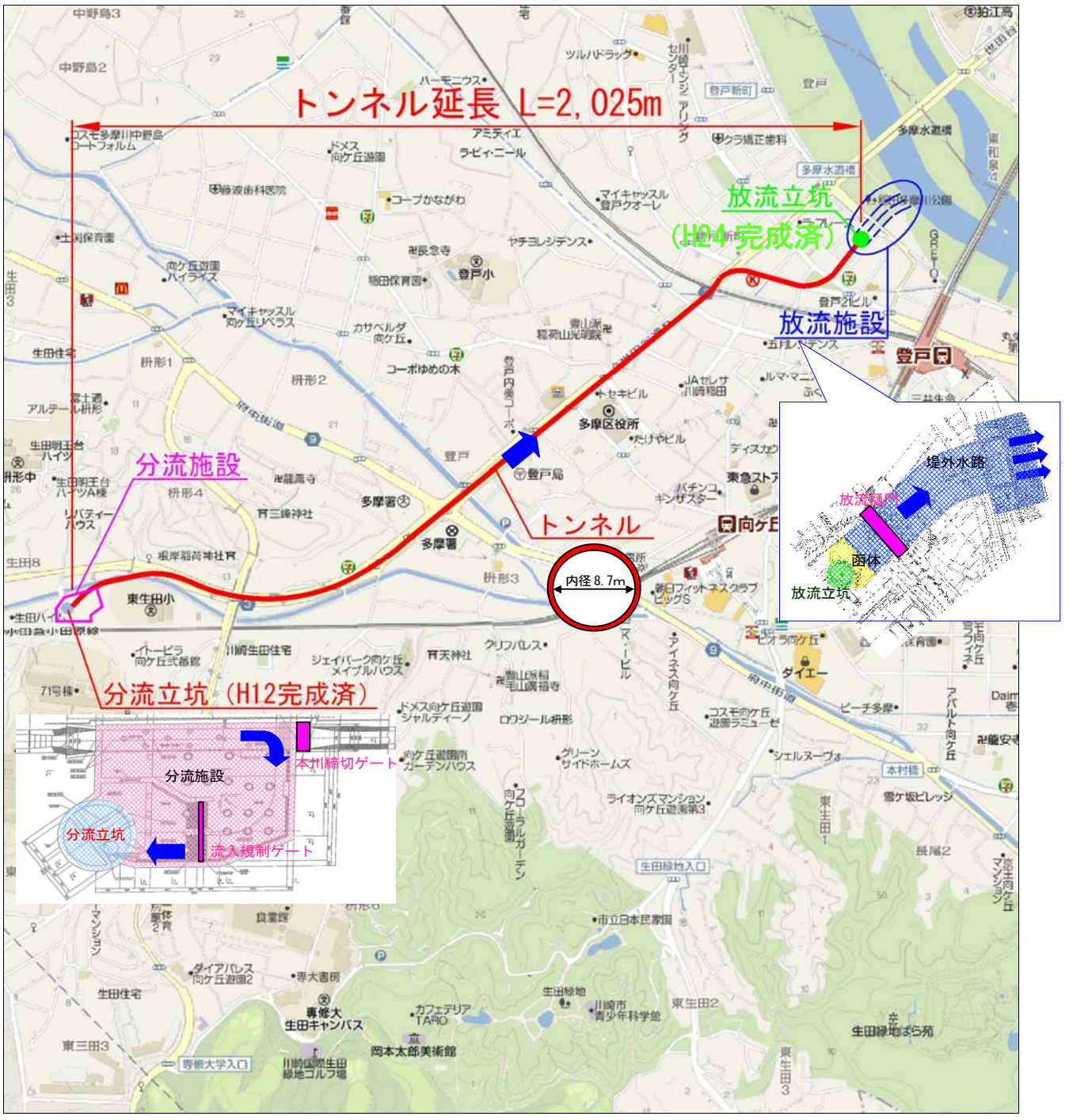


図 2 トンネルルート

イ　全体事業工程

全体事業工程は以下のとおりであり、トンネル工事は平成 21 年度に着手している。

トンネルの到達立坑となる放流立坑は、平成 24 年度に完成済である。

表 2

※放流部の樋門・堤外水路及び分流施設工事は平成２７年度から工事着手予定

ウ　五反田川放水路トンネル部築造工事の概要

トンネル部築造工事の概要は以下のとおりである。

- トンネル規模：延長　2,025m、内径　8.7m、深さ　38～47m
- 工事場所：川崎市多摩区生田 8 丁目～登戸新町地内
- 工　　期：平成 21 年 10 月 13 日～平成 27 年 3 月 15 日
- 請負業者：清水・飛島・鴻池・馬淵共同企業体

表 3

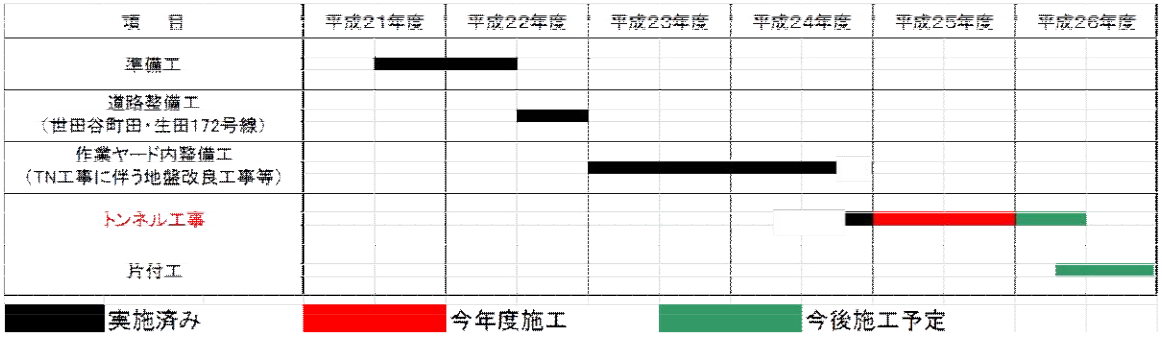


写真 1

トンネル内作業
状況写真
H25 年 10 月

(3) 地質概要

トンネルが通過する地質は、主にN値 50 以上のＭｓ（砂質泥岩）層から構成されている。また、ところどころ介在するＳｍ（細砂）は、未固結～半固結状で帯水層となっている。

図 3 **平面図**

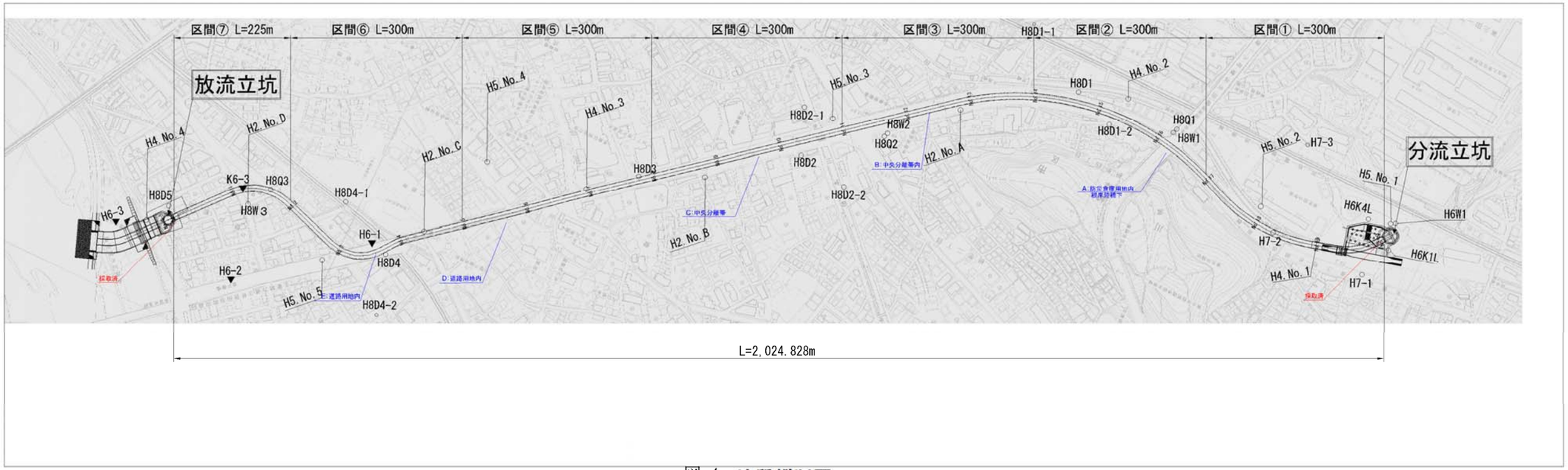
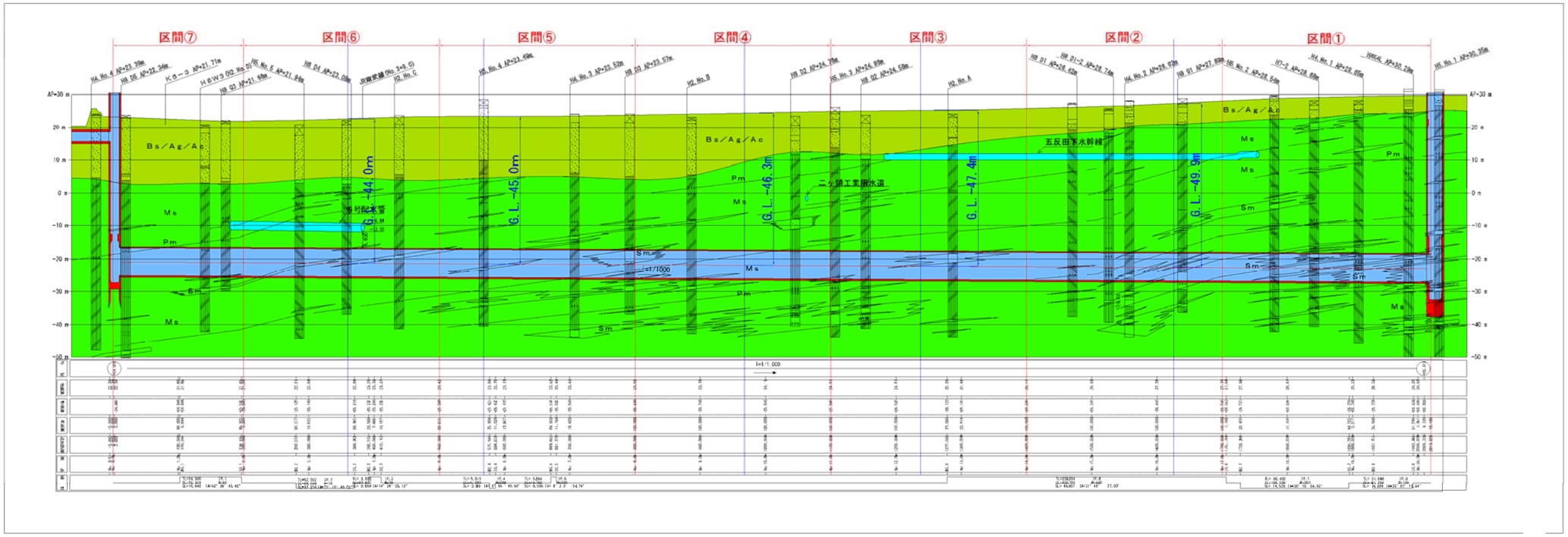


図 4 **地質縦断図**



2. ボルト破断の概要

(1) 概要

10 月 10 日の昼間施工中に、265R-266R 間のリング間ボルト 8 本、266R-267R 間のリング間ボルト 1 本の破断を確認した（左 R=400m 区間施工中）。その後の調査により、266R-267R 間においてさらに 1 本の破断を確認した。

表 4 事故発生の経緯概要

月 日	時 間	施工状況	備考
10 月 9 日	20:30～3:57	264Ｒ組立～267Ｒ掘進途中（残り 300mm）	
	3:57	267Ｒ 掘進停止	オイルタンク油温異常発生
10 月 10 日	8:28～8:42	267Ｒ 掘進再開	警報設定温度の見直しにより対策完了
	8:45～9:35	267Ｒ 組 立	
	10:29～11:32	268Ｒ 掘 進	異音（叩くような音）が聞こえた
	11:35～12:30	268Ｒ 組 立	
	12:47～13:48	269Ｒ 掘 進	クラック、漏水が目立つ
	13:55～14:55	269Ｒ 組 立	265-266 継ぎに大きな目違い発見 リング継ぎボルトの破断を発見
10 月 16 日	午 後	セグメント応急処置工事	
10 月 17 日	午 前	セグメント応急処置工事	
10 月 16 日 ～ 10 月 23 日		打音・目視確認による全ボルト調査実施	266-267 継ぎボルト破断 1 本を確認
10 月 29 日		セグメント応急処置工事	

(2)　破断位置及び損傷状況

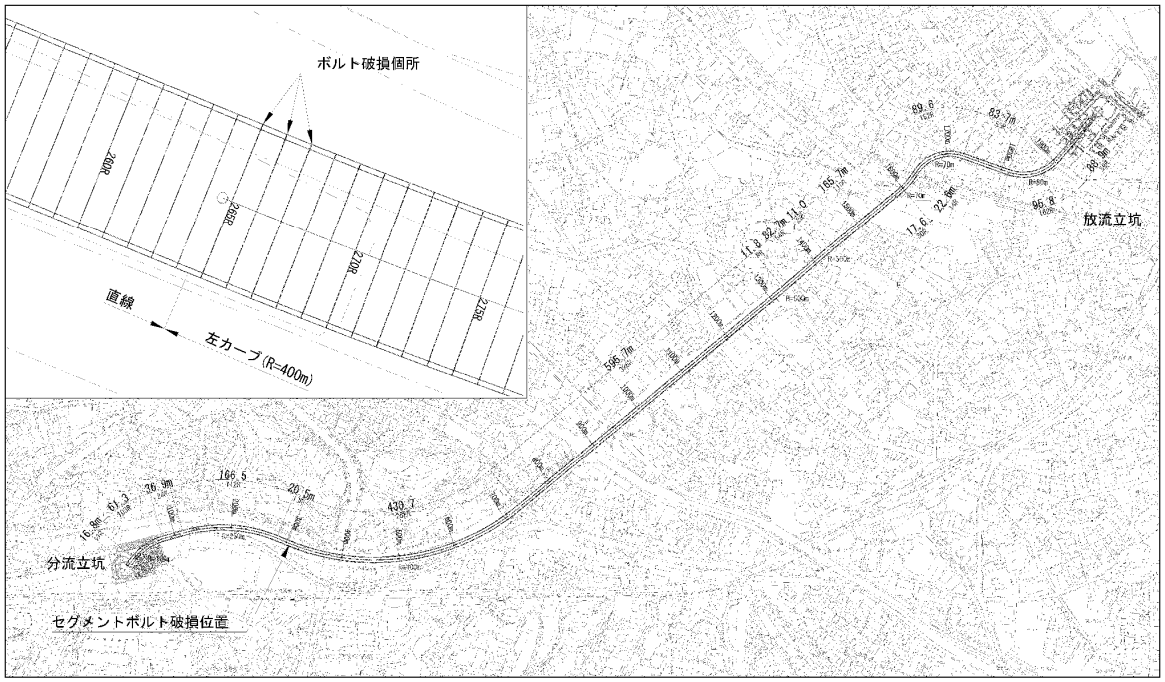


図 5　破断位置図

○ 破断箇所:10 箇所

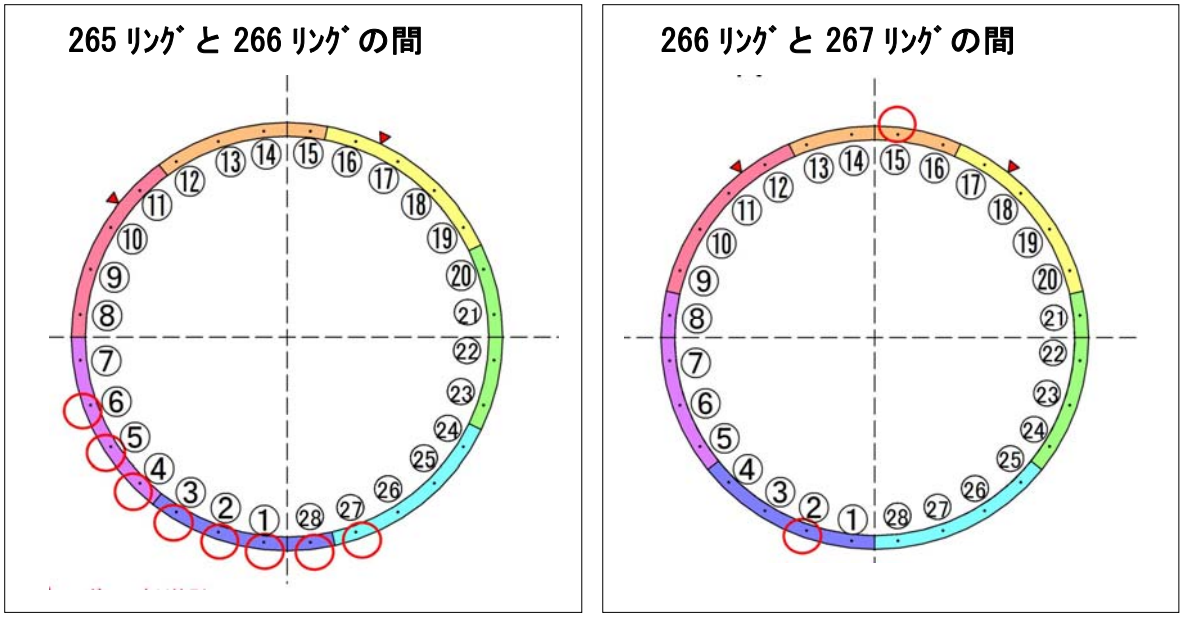


図 6　破断箇所セグメント断面図

3. ボルト破断原因の整理

シールド機制御の基本的な考えは、

・当然ながら基準値内での蛇行管理（カーブが続くため水平方向を重視）

・オーバーランをしないようにカーブ内側に方向制御

・ピッチングはジャッキの入れ抜き（1 本程度）で制御

であったが、初期掘進時は組立精度にバラツキがあり、ボルトの挿入を重視した方向制御を行った場合が多かった。

本掘進に入ると、比較的落ち着いた掘進となり、直前の 250mR では余掘り、中折れ角度が計画値以下で楽に制御可能であったため、ボルト破断箇所（400mR の入り口）では、余掘り、中折れ角度を少な目に変更し、掘進を行った。しかし、カーブ外側への変位が増大しオーバーランを回避するために、急激な方向制御（270R 手前）を行い、下図の状況となり競りを発生させた。

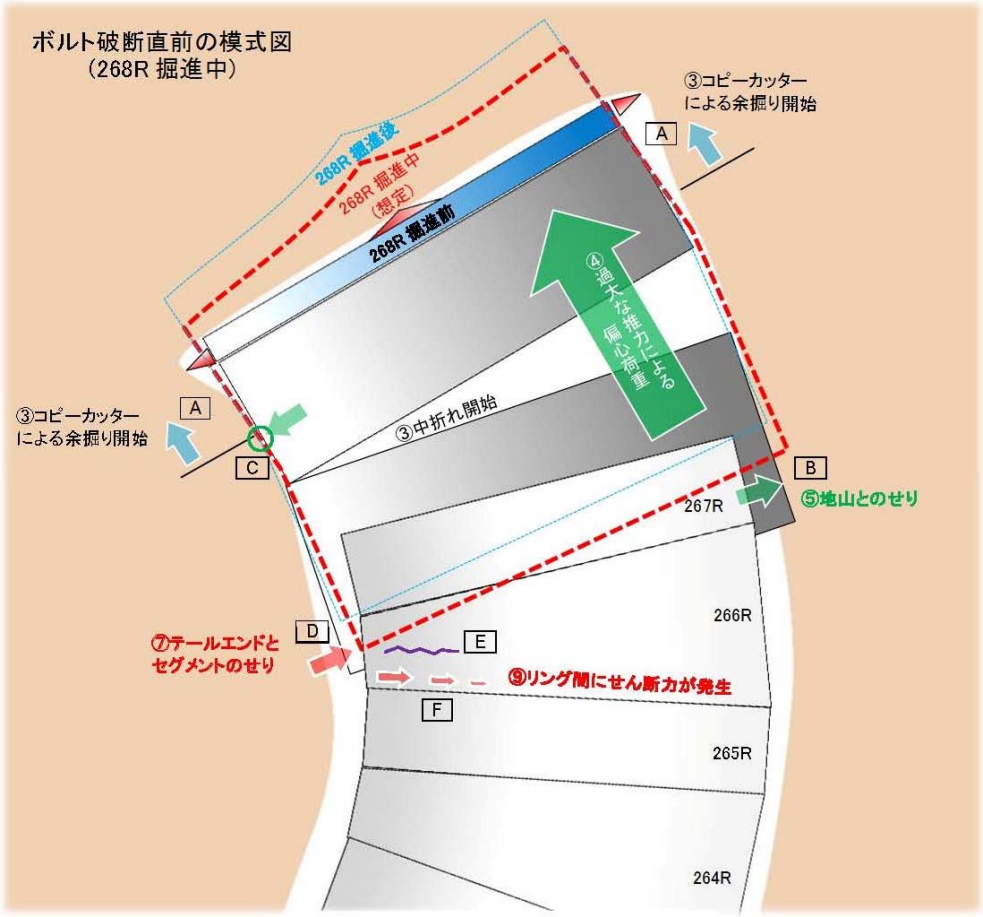


図 7　ボルト破断直前の模式図

(1) 破断に至るまでのステップ

① R=400m の曲線に対し、「中折れ角度ゼロ、余掘りゼロ」で掘進を計画。

② ジャッキ選択(片押し)で曲線を曲がろうとするが、予定通りに曲がらなかった。

③ そのため、余掘り **A** (265R～)と中折れ(266R～)を開始。

④ 目標に近づけようとし、ジャッキ選択が極端な片押しとなり推力が上昇。

⑤ 推力の上昇原因は、右のテールと地山のせりによるものと判断 **B** 。

⑥ 徐々に推力は上昇するが、スピードを落とし掘進を継続。

⑦ 【推定】268R 掘進中に、以下の 2 点が複合しテールエンドのクリアランスが減少。

・余掘り不足箇所 **C** が支点となり、片押によりテールエンドが右側に移動(セグメント組立前後のストローク差の変化より、掘進中に地盤が弾性変形し移動している可能性が高い)。次ページ掘進データ参照

・変向荷重により、シールド機のテールが水平方向につぶれる(縦タマゴ状態)。

⑧ テールエンドでせりが発生し、266R のセグメントがテールで押される状態となる **D** 。

⑨ 266R の内面に、周方向の曲げひび割れが発生 **E** 。

⑩ 265R と 266R のリング間に過大なせん断力が発生し、リング間ボルトが連鎖的に破断 **F** 。

(2)　破断時の模式図

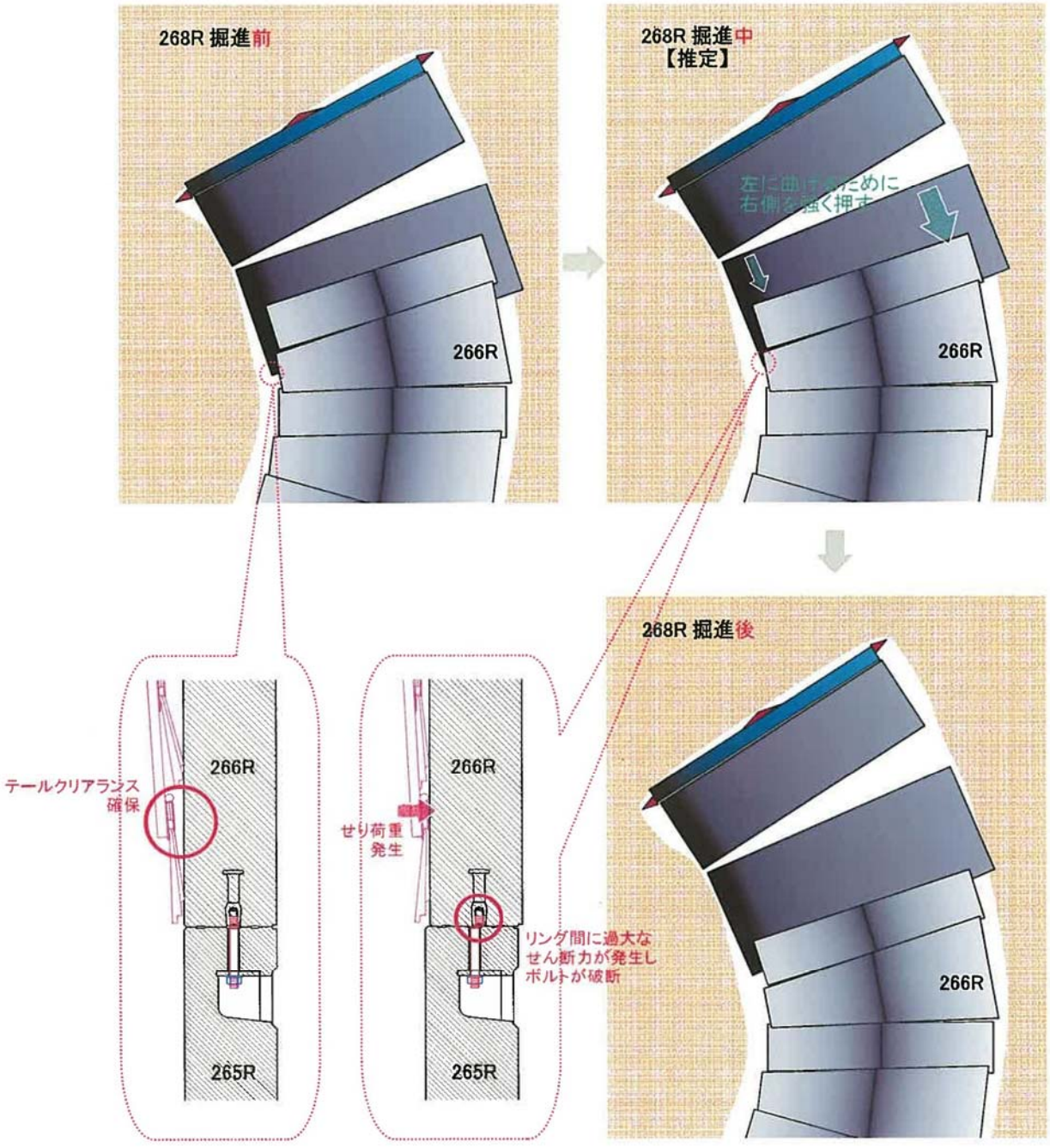


図 8　破断時の模式図

4. 補修方法

(1) 基本方針

補修後の構造に求められる性能についての基本方針を以下に示す。

〇設計強度の確保

内水圧が作用する大深度シールドトンネルであり、想定した外力に対してトンネル構造が所定の安全性を保てるよう、設計強度を確保するとともに、リング形状であることをふまえ、リング方向にバランスのとれた構造とする。

〇流れ、貯水機能の確保

供用後は、洪水時に流量 150m³/s を確実に流すことが出来るとともに、貯水容量（約 12 万 m³）を著しく低下させないものとする。

〇維持管理性能の確保

五反田川放水路施設全体の維持管理を確実に実施できるものとする。トンネルに関連する維持管理事項として、土砂等の除去・洗浄、セグメントの点検、放流立坑への車両の移動、などが有る。

なお、維持管理用にインバート平場を４m設ける（下図参照）計画である。

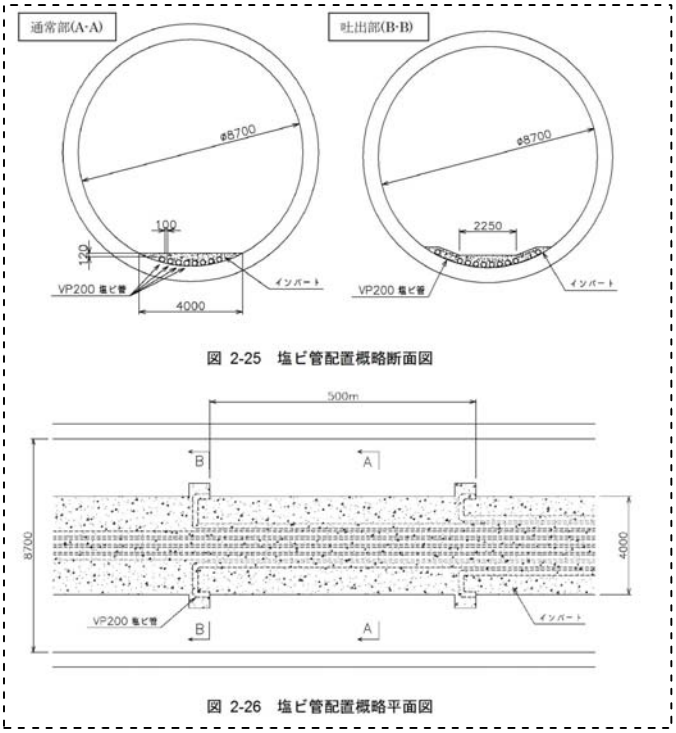


図 9 維持管理施設

〇施設耐用年数と同程度の長期性能の確保

五反田川放水路施設の耐用年数と同程度の期間、上記で示した機能を確保するものとする。なお、B/C 算定で想定する期間は 50 年である。

〇本体工を傷めない

ボルト破損部を補修するために、本体工であるセグメントを出来るだけ傷めないものとする。

〇補修プレートの設置

設置したセグメントは取り外しが困難であり、ＣＰＩ継手が取り外し不可能なことから、破断したリング継手を取り換えて対応することが出来ない。よって、継手と同等の機能をもたせた代替構造を構築するものとする。

リング継手に求められる機能として、引張抵抗とせん断抵抗がある。引張抵抗は特に地震時に機能し、目開きを抑えて止水性を確保することがある。しかし、Ｌ２地震動照査結果より目開き量が僅かであること、軸方向に引っ張られた時に残ったボルトの配置が偏ることによる偏荷重が作用するが、それでも破断しないことが確認されている。よって、同等以上のせん断抵抗となる代替構造を検討する。

なお、現在応急対応済の構造（以下写真参照）は、セグメント内側に設けられているが、本トンネルは地下河川（サイフォン形式）であり、２次覆工省略型のため、応急対応の構造では大きく通水断面を阻害することから採用することはできない。

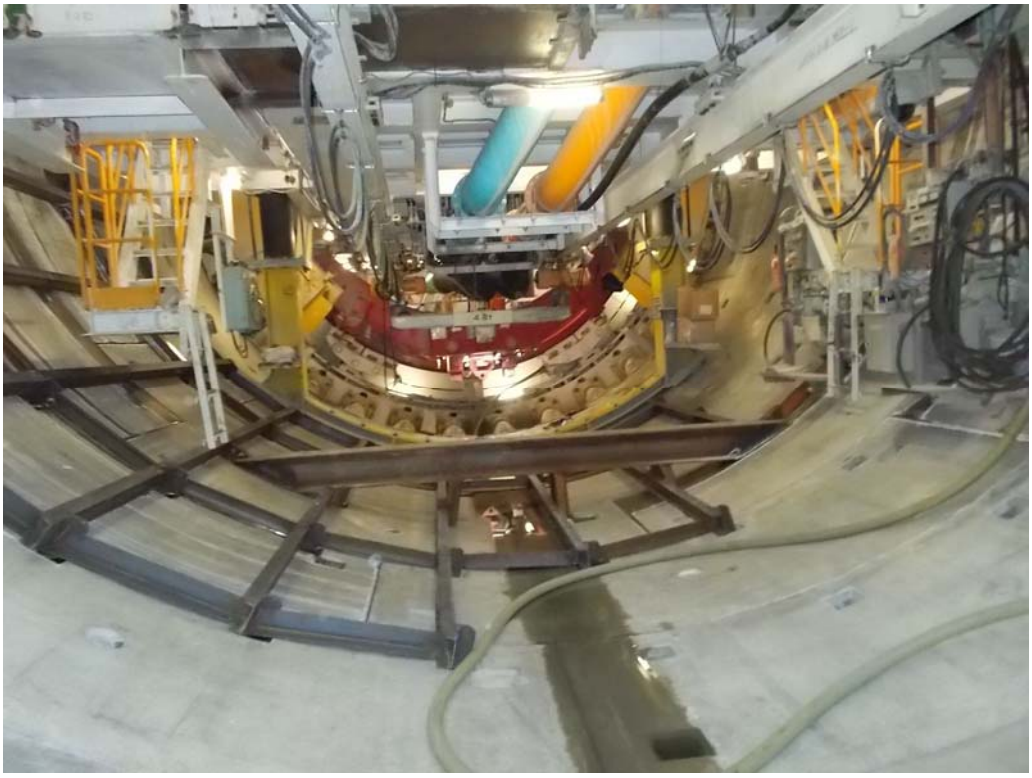
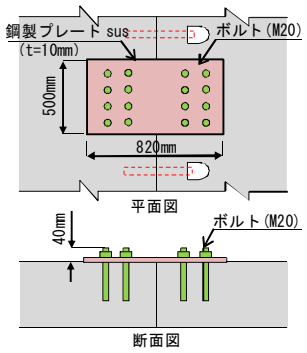
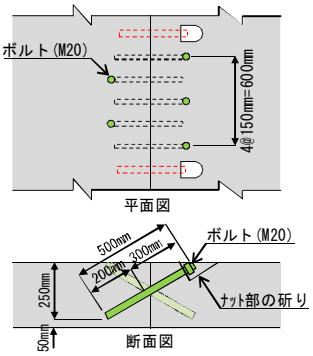
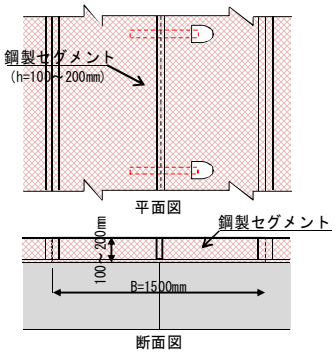


写真 2　応急復旧の現状

構造形式の選定

せん断強度を代替する構造形式として、以下の３案が考えられる。

表５　構造形式概要図

	案１：補強プレート（鋼板）	案２：補強アンカー	案３：内面側に鋼製セグメント
概　要　図			

・案３は最も確実なものであるが、流下能力を大きく低下させることから採用不可とする

・案１と案２は両案とも、流下能力への影響はほとんど生じないものの、案２の方は主筋配力筋と複雑に干渉するため、削孔時に本体に致命傷を与える可能性が有る上、施工性が悪い

以上より、代替構造の構造形式は、「補修プレート（鋼板)」とする。

(2) 破断したリング継手箇所の補修方法

ア 補修プレートの必要諸元

補修プレートに必要とされる断面積は、リング継手と同等の剛性となるよう、以下のとおり設定する。

1) 補修プレートの断面積

許容値は設計思想の要素が含まれるため、剛性を降伏点の数値に置き換えて考える。

施工済のリング継手の降伏点は 660N/mm2 である。

補修プレートは SUS304 を使用するものとし、降伏点は 205N/mm2 と小さいため、リング継手の有効断面積（459mm2）に剛性比を考慮して、Asreq=1,478mm2 とする。

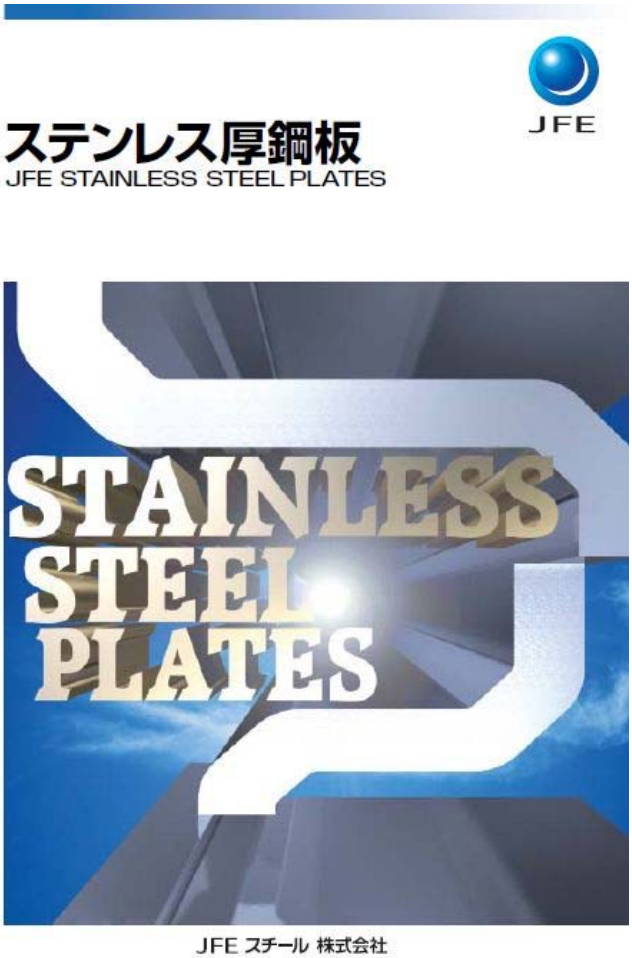
2) 補修プレートの肉厚

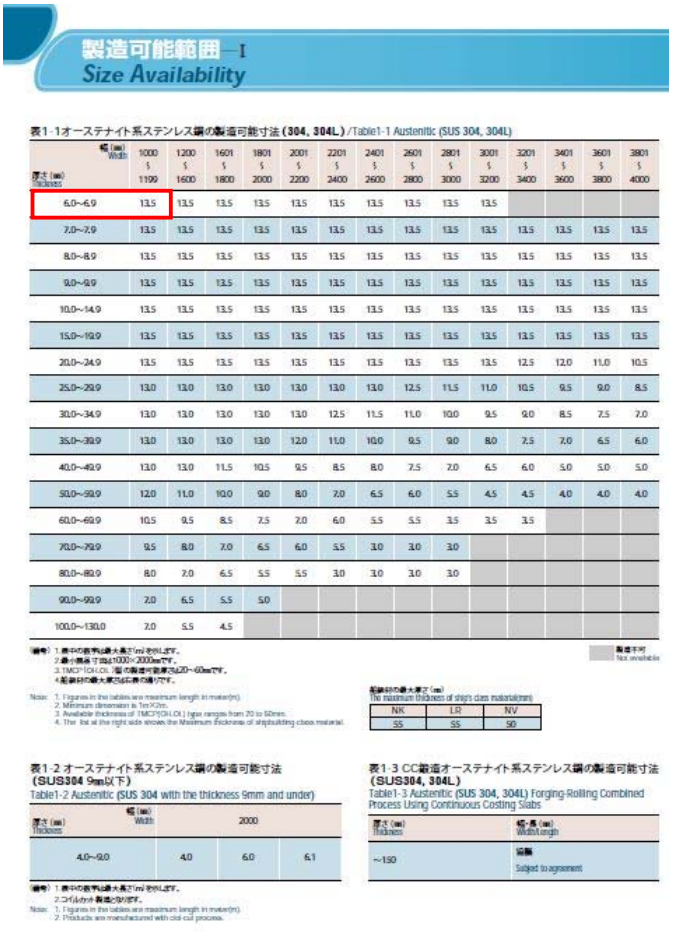
補修プレートの肉厚は、流水への影響を出来るだけ小さくするために、ステンレス厚鋼板の最小肉厚である 6mm とする。

なお、以下のとおり 6 mの長さまで製造可能である。

3) 補修プレートの幅

上記より、補修プレートの必要幅は、B=1,478/6=246 mm となる。





イ 補修プレートの配置

補修プレートの配置方法として、以下の３案が考えられる

1) （案１）ボルト破断部だけにプレートを配置

ボルト破断部１箇所に、１枚の補修プレートを配置する案。なお、リング間目違いが3mm 以上の箇所についても、同じセグメントに補修プレートを配置する。

アンカーボルトで固定するため、プレートの幅はアンカー穴を考慮して 300mm とする。

2) （案２）トンネル軸方向にプレートを連続配置

案１に対して、トンネル軸方向のプレートを連続配置する案。

水流方向の凹凸が少なくなる。

案１と同様にアンカーボルトで固定するため、プレートの幅は、アンカー穴を考慮して300mm とする。

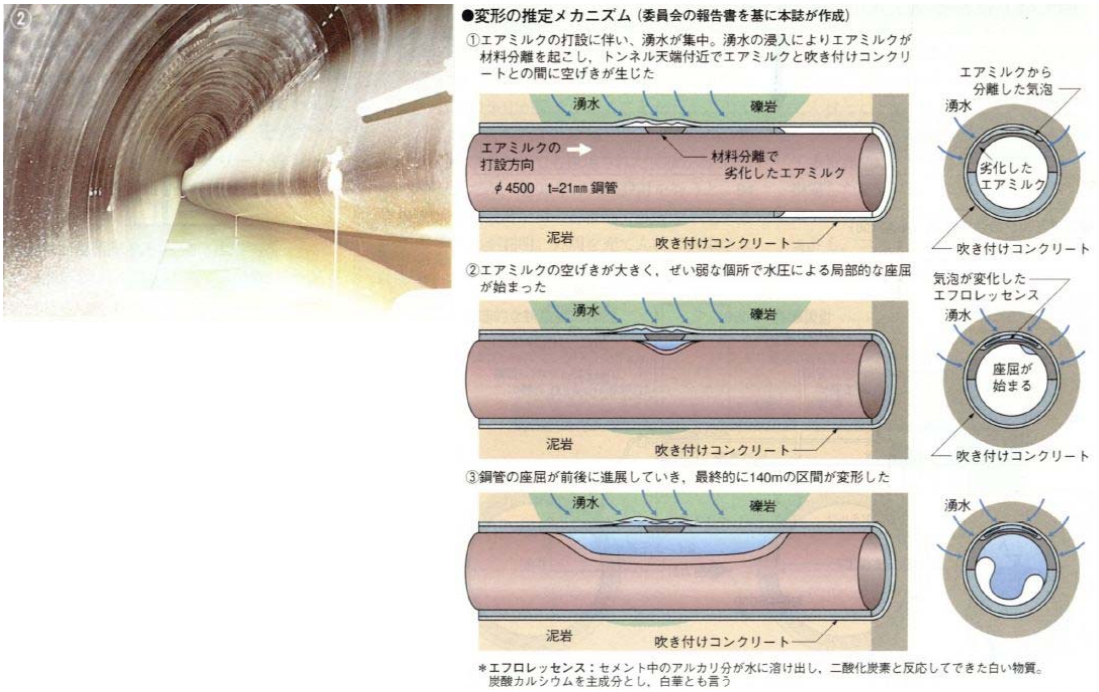
3) （案３）トンネルリング方向にプレートを連続配置

案１や案２と異なり、プレートでリングを構成する案。

リング形状に配置することで、バランスのとれた構造となる。

なお、セグメントと鋼板の隙間から作用する水圧が生じて高水圧が作用すると、以下のように座屈が生じる恐れがある。

よって水圧が抜けるよう、リング方向プレートの幅は出来るだけ狭くする。



出典「日経コンストラクション 1999.12」

ウ　アンカーボルトについて

1)　アンカーボルトに作用する荷重

鋼材にせん断力が作用した時に、アンカーボルトに引張応力が作用する。

アンカーボルトに作用する引張力は、計算で確認できる最大せん断応力とする。

はりーバネモデルの計算結果より、リング間ボルトに作用する最大せん応力度は56N/mm2 であった。有効断面積が 459mm2 であることから、最大せん断力は 26KN（＝56×459/1000）となる。

よって､アンカーに 26KN の引張力が作用しても長期性能が確保できるものとする。

2)　アンカーボルトの構造

アンカーボルトは、流水に影響が及ばないよう、皿ボルトタイプとする。

なお、樹脂系アンカーは高水圧環境下において性能保証していないため、機械式アンカーで固定する。

3)　アンカーボルトの必要本数

M20 の１本当たりの許容引張力（長期荷重）は、16.1KN/本である。

よって、下式のとおり損傷１箇所あたり２本のアンカーが必要である。

なお、１ランク下のM16 にすると、１本当たりの許容引張力は 8.7KN/本となりアンカー本数が３本に増えるため、M20 を採用する。

N＝2 本　（26/16.1＝1.9　⇒　2 本）

アンカーは下図のとおりリング方向に２本配置する。また、隣接するセグメントにも２本配置するため、１箇所の損傷部に４本のアンカーボルトを配置する。

プレートの長さは、鉄筋等を避けた結果、Ｌ＝550mm となる。

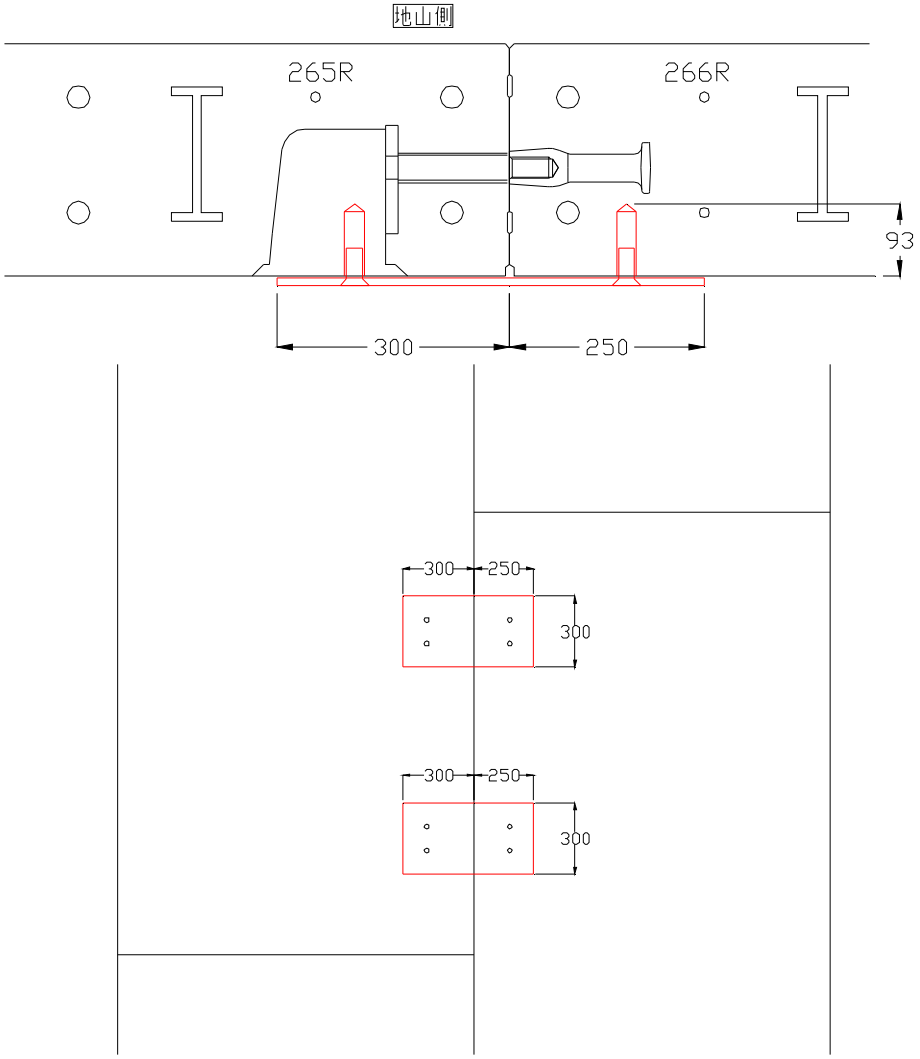
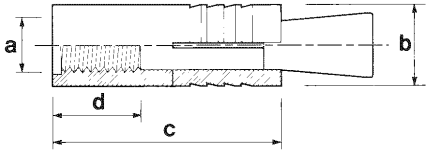


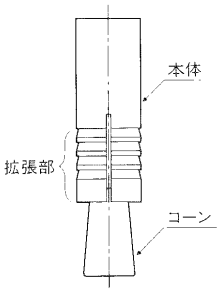
図 10　アンカー配置図

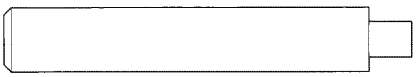
ホーク・カットアンカー（本体打込み式）

本体 めねじタイプ フラット サイズ豊富 設備

あと施工アンカーにおける「めねじタイプ」の代表的な商品です。
市販の六角ボルトや吊ボルトに適用できます。
また、鉄筋コンクリート用異形棒鋼と併用した差筋アンカーとしても使用が可能であり、バリエーション豊かな商品です。







専用打込み棒

（電気亜鉛めっき）

寸法及び強度

●コンクリート設計基準強度＝18N/mm²
●ボルト＝SS400相当品

品　番	ねじの呼び a	外径 (mm) b	全長 (mm) c	ねじの長さ (mm) d	ねじのはめあい長さ (mm)	ドリル径 (mm)	コンクリート部穿孔深さ (mm)	専用打込み棒 (品番)	使用手ハンマー (kg)	※1最大強度 引張(KN)	※1最大強度 せん断(KN)	※2長期許容強度 引張(KN)	※2長期許容強度 せん断(KN)	質量/1本 (g)	梱包単位(本) 小箱	梱包単位(本) 大箱
＃ 6CA	M6	10.5	30	9	8	11.0	33	SC-6	0.9	9.0	6.0	1.25	1.50	19	100	1200
＃ 8CA	M8	12.0	35	12	10	12.5	38	SC-8	0.9	13.0	10.5	1.69	2.73	24	50	600
＃10CA	M10	14.0	40	14	12	14.5	45	SC-10	1.3	19.0	17.0	2.23	4.33	40	100	600
＃12CA※3	M12	17.5	50	20	16	18.0	56	SC-12	1.3	27.0	25.0	3.48	6.30	75	50	300
＃16CA※3	M16	21.4	60	24	20	22.0	69	SC-16	1.8	41.0	45.0	5.04	11.73	132	30	180
＃20CA	M20	25.4	83	31	25	26.0	93	SC-20	1.8	53.0	71.0	9.29	18.31	234	15	90
＃22CA	M22	28.5	93	36	30	29.0	103	SC-22	1.8	65.0	87.0	11.67	22.64	319	10	60
＃24CA	M24	31.8	110	55	36	33.0	120	SC-24	2.7	68.0	101.0	16.11	26.38	469	6	36
＃28CA	W1/4	10.5	30	9	8	11.0	33	SC-6	0.9	9.0	6.0	1.25	1.49	19	100	1200
＃258CA	W5/16	12.0	35	12	10	12.5	38	SC-8	0.9	13.0	9.5	1.69	2.47	24	50	600
＃38CA	W3/8	14.0	40	14	12	14.5	45	SC-10	1.3	19.0	14.0	2.23	3.67	40	100	600
＃48CA	W1/2	17.5	50	20	16	18.0	56	SC-12	1.3	27.0	25.0	3.48	6.53	72	50	300
＃58CA	W5/8	21.4	60	24	20	22.0	69	SC-16	1.8	41.0	41.0	5.04	10.75	132	30	180
＃68CA	W3/4	25.4	83	31	25	26.0	93	SC-20	1.8	53.0	60.0	9.29	15.94	244	15	90
＃78CA	W7/8	28.5	93	36	30	29.0	103	SC-22	1.8	65.0	83.0	11.67	22.02	316	10	60
＃88CA★	W1	31.8	110	55	36	33.0	120	SC-24	2.7	68.0	109.0	16.11	28.92	450	6	36

★=受注生産になります。
※1 最大強度は、実験値を表示しております。
※2 長期許容強度は、各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会）の計算式により算定した値です。（設置条件により低減する場合があります）
※3 ＃12CA全長52mm、＃16CA全長63mmは受注生産になります。

（ステンレス）

寸法及び強度

●コンクリート設計基準強度＝18N/mm²
●ボルト＝SUS304相当品

品　番	ねじの呼び a	外径 (mm) b	全長 (mm) c	ねじの長さ (mm) d	ねじのはめあい長さ (mm)	ドリル径 (mm)	コンクリート部穿孔深さ (mm)	専用打込み棒 (品番)	使用手ハンマー (kg)	※1最大強度 引張(KN)	※1最大強度 せん断(KN)	※2長期許容強度 引張(KN)	※2長期許容強度 せん断(KN)	質量/1本 (g)	梱包単位(本) 小箱	梱包単位(本) 大箱
SUS＃ 6CA	M6	10.5	30	9	8	11.0	33	SC-6	0.9	9.0	6.0	1.25	1.50	18	100	1200
SUS＃ 8CA	M8	12.0	35	12	10	12.5	38	SC-8	0.9	13.0	10.5	1.69	2.73	25	50	600
SUS＃10CA	M10	14.0	40	14	12	14.5	45	SC-10	1.3	19.0	17.0	2.23	4.33	37	100	600
SUS＃12CA※3	M12	17.5	50	20	16	18.0	56	SC-12	1.3	27.0	25.0	3.48	6.30	77	50	300
SUS＃16CA※3	M16	21.4	60	24	20	22.0	69	SC-16	1.8	41.0	45.0	5.04	11.73	136	30	180
SUS＃20CA	M20	25.4	83	31	25	26.0	93	SC-20	1.8	53.0	71.0	9.29	18.31	232	15	90
SUS＃22CA	M22	28.5	93	36	30	29.0	103	SC-22	1.8	65.0	87.0	11.67	22.64	326	10	60
SUS＃24CA	M24	32.0	110	55	36	33.0	120	SC-24	2.7	68.0	101.0	16.13	26.38	475	6	36
SUS＃28CA	W1/4	11.0	30	9	8	11.0	33	SC-6	0.9	9.0	6.0	1.27	1.49	18	100	1200
SUS＃258CA	W5/16	12.0	35	12	10	12.5	38	SC-8	0.9	13.0	9.5	1.69	2.47	24	50	600
SUS＃38CA	W3/8	14.0	40	14	12	14.5	45	SC-10	1.3	19.0	14.0	2.23	3.67	37	100	600
SUS＃48CA	W1/2	17.5	50	20	16	18.0	56	SC-12	1.3	27.0	25.0	3.48	6.53	75	50	300
SUS＃58CA	W5/8	21.4	63	24	20	22.0	72	SC-16	1.8	41.0	41.0	5.49	10.75	137	30	180
SUS＃68CA	W3/4	25.4	83	31	25	26.0	93	SC-20	1.8	53.0	60.0	9.29	15.94	240	15	90
SUS＃78CA★	W7/8	28.5	93	36	30	29.0	103	SC-22	1.8	65.0	83.0	11.67	22.02	323	10	60
SUS＃88CA★	W1	32.0	110	55	36	33.0	120	SC-24	2.7	68.0	109.0	16.13	28.92	467	6	36

★=受注生産になります。
※1 最大強度は、実験値を表示しております。
※2 長期許容強度は、各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会)の計算式により算定した値です。(設置条件により低減する場合があります)
※3 SUS＃12CA全長52mm、SUS＃16CA全長63mmは受注生産になります。

（溶融亜鉛めっき）

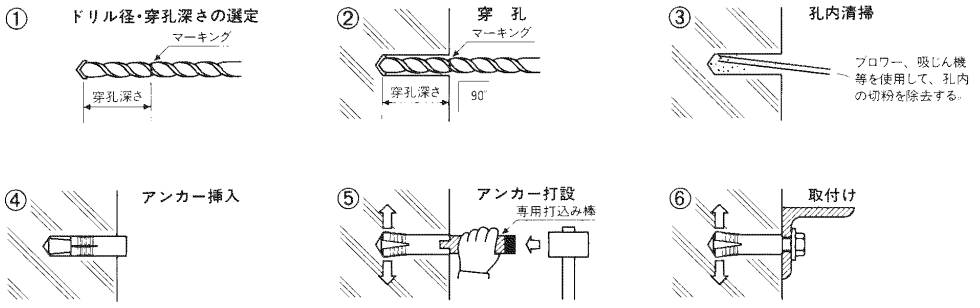
寸法及び強度

●コンクリート設計基準強度＝18N/mm²
●ボルト＝SS400相当品

品　番	ねじの呼び a	外径 (mm) b	全長 (mm) c	ねじの長さ (mm) d	ねじのはめあい長さ (mm)	ドリル径 (mm)	コンクリート部穿孔深さ (mm)	専用打込み棒 (品番)	使用手ハンマー (kg)	※1最大強度 引張(KN)	※1最大強度 せん断(KN)	※2長期許容強度 引張(KN)	※2長期許容強度 せん断(KN)	質量/1本 (g)	梱包単位(本) 小箱	梱包単位(本) 大箱
ドブ＃10CA	M10	14.0	40	14	12	14.5	45	SC-10	1.3	19.0	17.0	2.23	4.33	41	100	600
ドブ＃12CA	M12	17.5	52	20	16	18.0	58	SC-12	1.3	27.0	25.0	3.73	6.30	77	50	300
ドブ＃16CA	M16	21.4	63	24	20	22.0	72	SC-16	1.8	41.0	45.0	5.49	11.73	138	30	180
ドブ＃20CA	M20	25.4	83	31	25	26.0	93	SC-20	1.8	53.0	71.0	9.29	18.31	237	15	90
ドブ＃22CA	M22	28.5	93	36	30	29.0	103	SC-22	1.8	65.0	87.0	11.67	22.64	322	10	60
ドブ＃24CA	M24	31.8	110	55	36	33.0	120	SC-24	2.7	68.0	101.0	16.11	26.38	474	6	36
ドブ＃38CA	W3/8	14.0	40	14	12	14.5	45	SC-10	1.3	19.0	14.0	2.23	3.67	39	100	600
ドブ＃48CA	W1/2	17.5	52	20	16	18.0	58	SC-12	1.3	27.0	25.0	3.73	6.53	74	50	300
ドブ＃58CA★	W5/8	21.7	63	24	20	22.0	72	SC-16	1.8	41.0	41.0	5.51	10.75	143	30	180
ドブ＃68CA★	W3/4	25.4	83	31	25	26.0	93	SC-20	1.8	53.0	60.0	9.29	15.94	232	15	90
ドブ＃78CA★	W7/8	28.5	93	36	30	29.0	103	SC-22	1.8	65.0	83.0	11.67	22.02	321	10	60
ドブ＃88CA★	W1	31.8	110	55	36	33.0	120	SC-24	2.7	68.0	109.0	16.11	28.92	458	6	36

★=受注生産になります。
※1 最大強度は、実験値を表示しております。
※2 長期許容強度は、各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会)の計算式により算定した値です。(設置条件により低減する場合があります)

施工手順



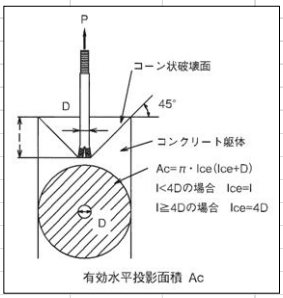
M20 の許容引張力（１本当たり）

あと施工アンカーの強度計算（金属系）
「各種合成構造設計指針・同解説2010年改訂版」（日本建築学会）の計算式により算定する

（1）入力条件

ϕ_1, ϕ_2：低減係数で下表の値を用いる。

	ϕ_1	ϕ_2
長期荷重用	2/3	1/3
短期荷重用	1.0	2/3



1）低減係数
　ϕ１　0.666667
　ϕ２　0.333333
2）鋼材の降伏点
　sσy　205 N/mm2
3）鋼材の危険断面積（ねじ部有効断面積等）
　sca　245 mm2
4）施工のバラツキを考慮した低減係数（通常は0.75）
　αc　0.75
5）コンクリートの圧縮強度（設計基準強度）
　Fc　54 N/mm2
6）アンカーボルト鋼材のコンクリート内への埋め込み長さ
　L　83 mm
7）外径
　D　25.4 mm

$$pa_1 = \phi_1 \cdot s\sigma pa \cdot sca \quad (1)$$

$$pa_2 = \phi_2 \cdot \alpha c \cdot c\sigma t \cdot Ac \quad (2)$$

$$Ac = \pi \cdot lce \ (lce+D)$$

（2）許容引張力の算定
1）強度計算用埋め込み深さ（L<4Dの場合はLce=L、L>=4Dの場合はLcd=4D）
　Lce　83 mm
2）アンカー1本当たりのコンクリートコーン状破壊面の有効水平投影面積
　Ac　28,266 mm2
3）コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度
　cσt　2.28 N/mm2
4）金属拡張アンカー鋼材の降伏により決まる1本当たりの許容引張力
　Pa1　33,483 N
5）定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合の金属拡張アンカー1本当たりの許容引張力
　Pa2　16,097 N

（3）許容引張力の決定
上記Pa1とPa2の小さい値
　Pa　16,097 N

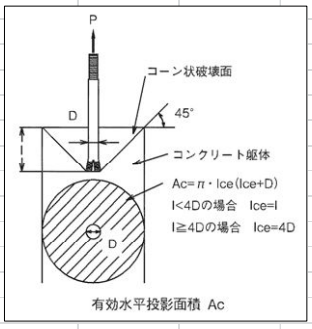
M16 の許容引張力（１本当たり）

あと施工アンカーの強度計算（金属系）
「各種合成構造設計指針・同解説2010年改訂版」（日本建築学会）の計算式により算定する

（1）入力条件

ϕ_1, ϕ_2：低減係数で下表の値を用いる。

	ϕ_1	ϕ_2
長期荷重用	2/3	1/3
短期荷重用	1.0	2/3



1）低減係数
　ϕ１　0.666667
　ϕ２　0.333333
2）鋼材の降伏点
　sσy　205 N/mm2
3）鋼材の危険断面積（ねじ部有効断面積等）
　sca　157 mm2
4）施工のバラツキを考慮した低減係数（通常は0.75）
　αc　0.75
5）コンクリートの圧縮強度（設計基準強度）
　Fc　54 N/mm2
6）アンカーボルト鋼材のコンクリート内への埋め込み長さ
　L　60 mm
7）外径
　D　21.4 mm

$$pa_1 = \phi_1 \cdot s\sigma pa \cdot sca \quad (1)$$

$$pa_2 = \phi_2 \cdot \alpha c \cdot c\sigma t \cdot Ac \quad (2)$$

$$Ac = \pi \cdot lce \ (lce+D)$$

（2）許容引張力の算定
1）強度計算用埋め込み深さ（L<4Dの場合はLce=L、L>=4Dの場合はLcd=4D）
　Lce　60 mm
2）アンカー1本当たりのコンクリートコーン状破壊面の有効水平投影面積
　Ac　15,344 mm2
3）コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度
　cσt　2.28 N/mm2
4）金属拡張アンカー鋼材の降伏により決まる1本当たりの許容引張力
　Pa1　21,457 N
5）定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合の金属拡張アンカー1本当たりの許容引張力
　Pa2　8,738 N

（3）許容引張力の決定
上記Pa1とPa2の小さい値
　Pa　8,738 N

エ　補修プレートの施工に際しての留意点

補修プレートをリング状に施工するにあたっての留意点は、以下のとおりである。

①　段差の処理

セグメントと鉄板の間は、エポキシ樹脂等で充填し、接着させる。ただし、今回最大で 12mm の段差が生じており、段差処理も含めた充填方法に留意する必要がある。

②　端部の処理

補修プレートは薄いとはいえ、樹脂も含めて 10mm 以上の厚さとなるため、流れが乱れやすく、剥がれる恐れがある。また一度剥がれると、さらに流れは乱れてしまう。

よって、端部の処理方法に留意する必要がある。

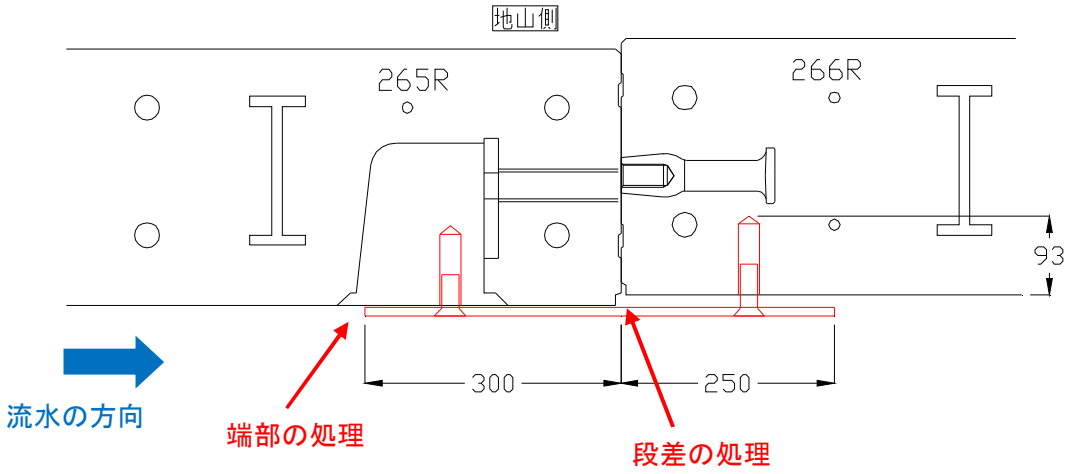


図 11　端部処理と段差処理の概要図

③　閉合の処理

補修プレートは重量が大きいため、分割して設置する。リング形状とするために、分割したプレートを接続するが、特に最後の接続部分（閉合処理）に留意する必要がある。

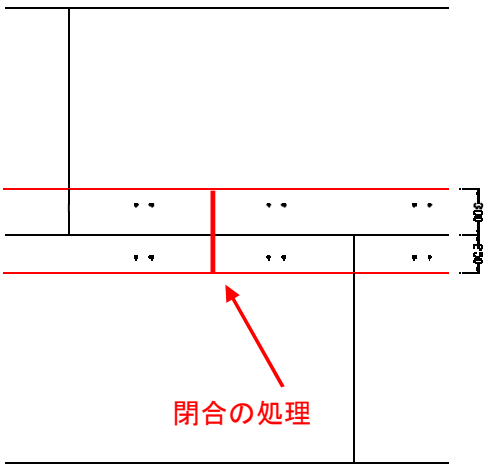
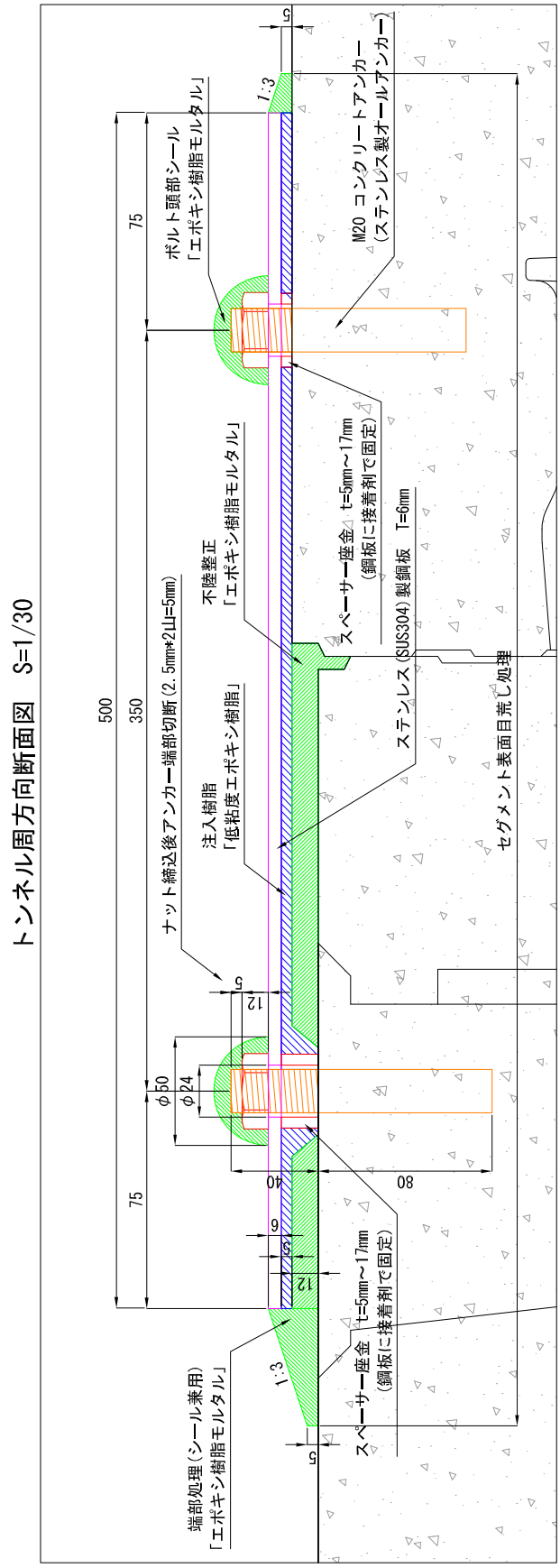
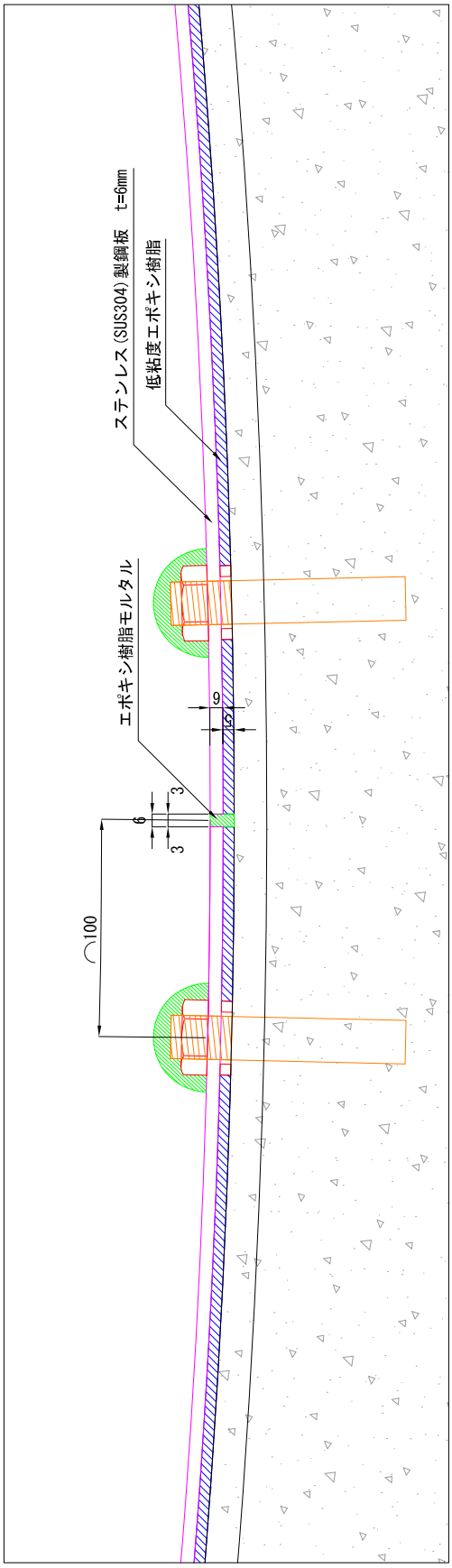


図 12　閉合処理の概要図

(3) ボルト破断部補修計画図