レジンコンクリートパネルによる
既設水路トンネルのリニューアル工法

【パネルライニング工法】

KIZAI キザイテクト株式会社

水路トンネルの現状と補修・補強について

重要インフラ

農業用水、工業用水、上下水道、水力発電など

↓ 建設後50年以上経過

老朽化進行、機能低下

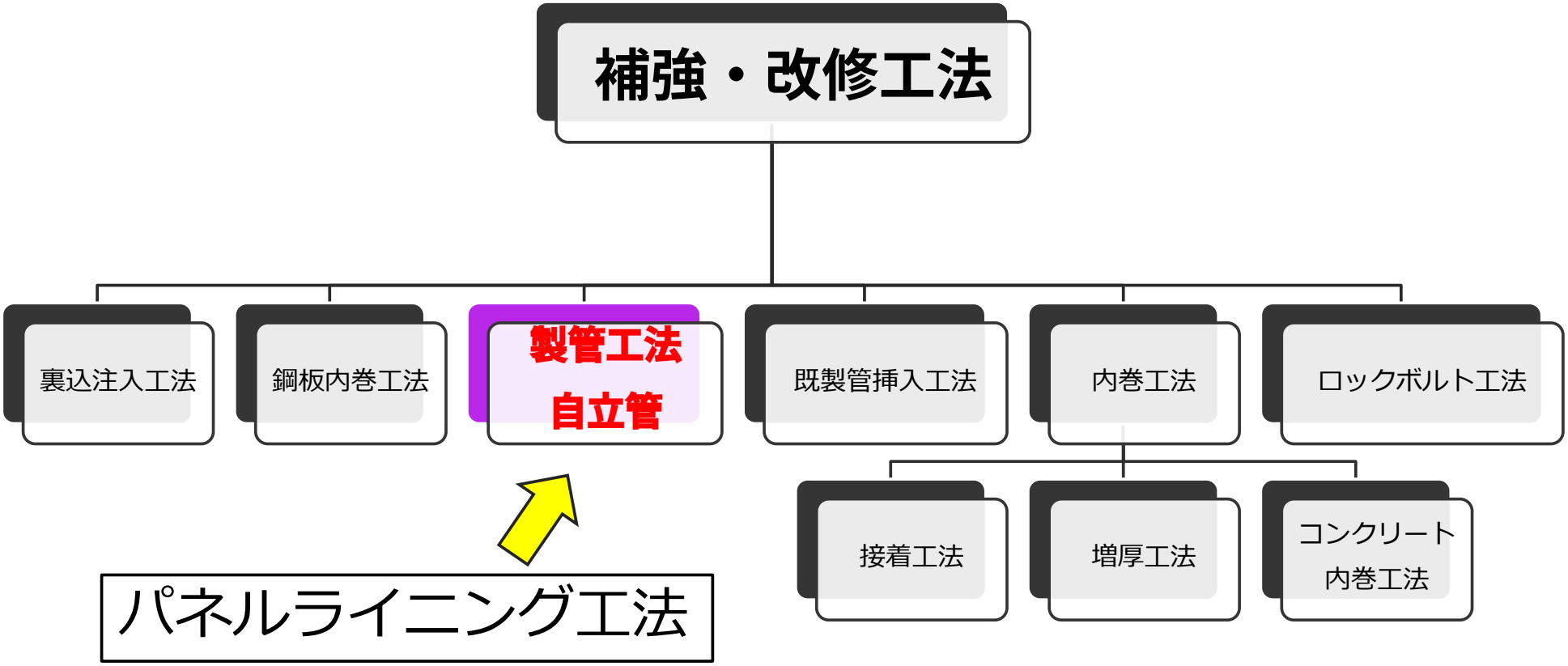
- 背面空洞
- 巻厚不足
- ひび割れ
- 洗掘、摩耗

→ 調査・分析
対策工の検討

→ 対策工施工

→ 通水機能回復

補強工法の分類

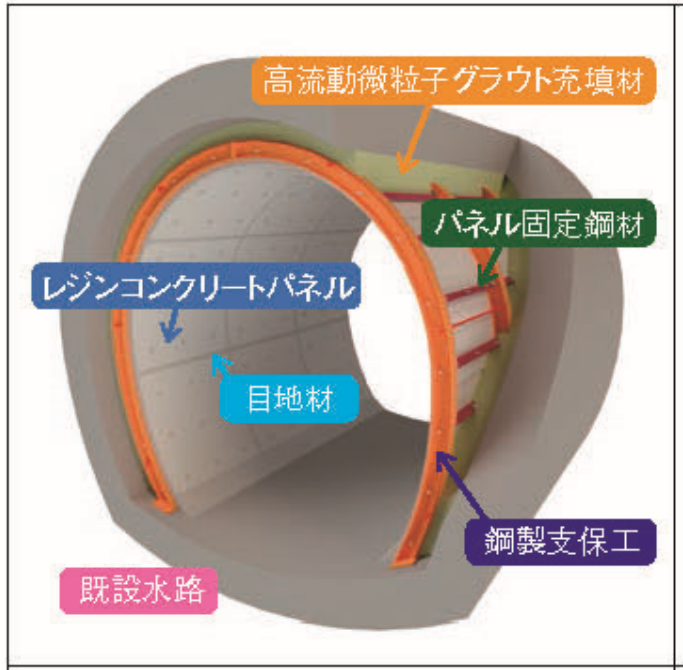

補強・改修工法
裏込注入工法
鋼板内巻工法
製管工法
自立管
既製管挿入工法
内巻工法
ロックボルト工法
接着工法
増厚工法
コンクリート
内巻工法
パネルライニング工法

パネルライニング工法

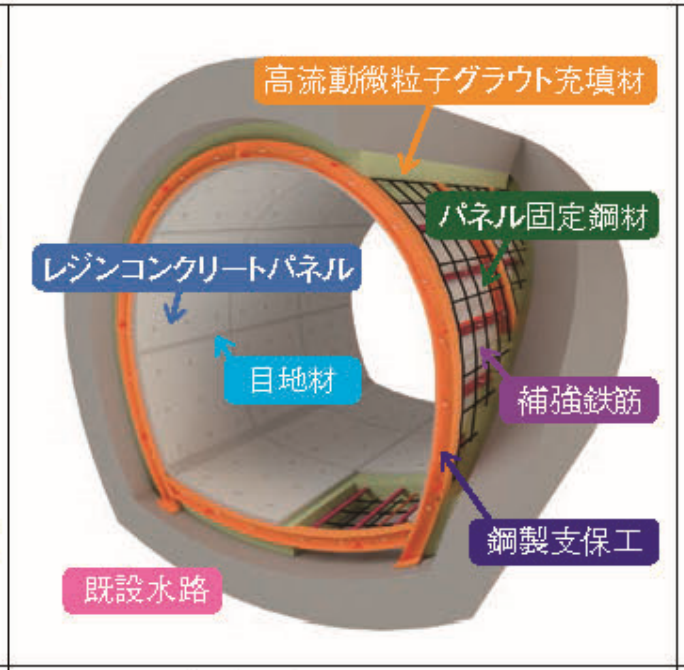
■工法の概要

パネルライニング工法は、既設構造物を取り壊すことなく、水路トンネルや暗渠内面に、レジンコンクリートを特許製法により**製作、曲げ加工した曲面パネル**を表面被覆材として用い、補強材と組み合わせて補修・補強し既設施設を有効活用する画期的な工法です。

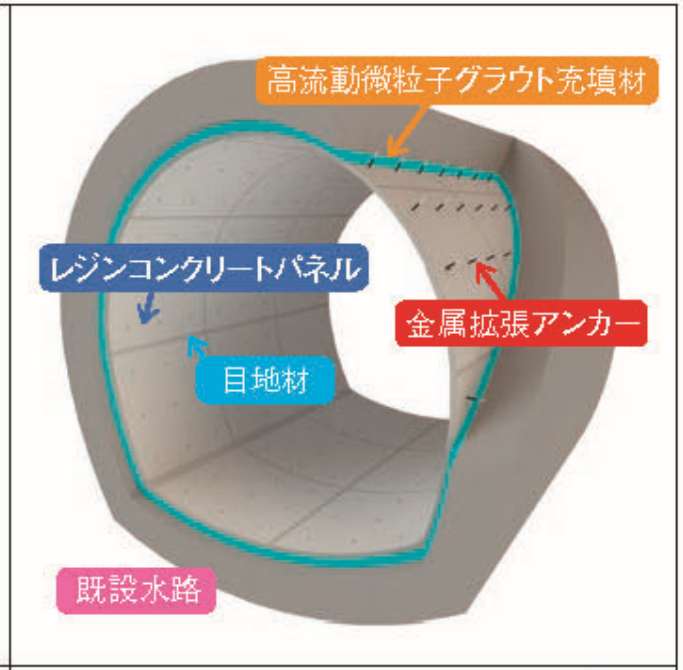
■　パネルライニング工法の補強タイプ



内巻補強型



耐震補強型（耐震レベル２対応）



表面被覆型（直貼りタイプ）

パネルライニング工法の概要

施工前準備

支保工組立て

補強鉄筋組立て

パネル設置

背面注入

完了

パネルライニング工法の特徴

①パネルは**軽量**で加工性に優れている。

②**粗度係数が0.01未満**で表面平滑性が高い。

③**任意曲率**で製作可能である。

④パネルは**強度・耐摩耗性**に優れている。

⑤背面充填材は**高強度で長距離圧送**が可能である。

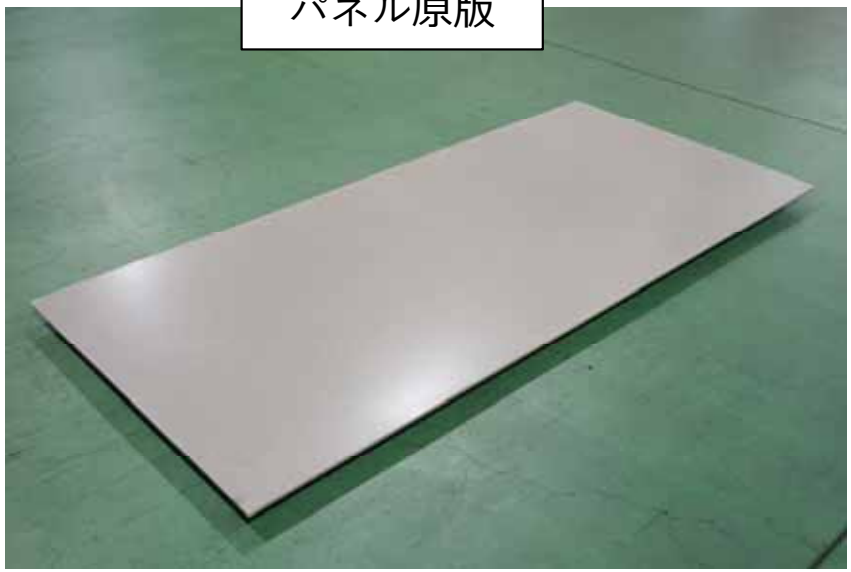
レジンコンクリートパネル

　レジンコンクリートは、セメントや水を使用せず、不飽和ポリエステル樹脂(レジン)を結合材として、砂炭酸カルシウム・ガラス繊維などを混合し強固に固めたものです。

　そのレジンコンクリートの特長を生かし、高温プレス成型にて製造したのが、表面平滑性、耐摩耗性等に優れたレジンコンクリートパネルです。

主要材料

パネル原版



レジンコンクリートパネルの製造工程

① 混 合

② プ レ ス 成 型

③ 完 成 （ 養 生 ）

後加工・検査・出荷

パネルライニング工法の特徴①

①パネルは**軽量**で加工性に優れている。

①厚み：10ｍｍ

②重量：22kg/m2

③圧縮強度：80N/mm2以上

④形状：原版から所定寸法に切断

最大原版原寸

幅（mm）	1015
長さ（ｍｍ）	2210

パネルライニング工法の特徴②

②**粗度係数が0.01未満**で表面平滑性が高い。

表面平滑性が高いため粗度係数に優れ、水利施設の表面被覆材に使用することで高い通水能力が期待できます。

粗度係数＝0.00963

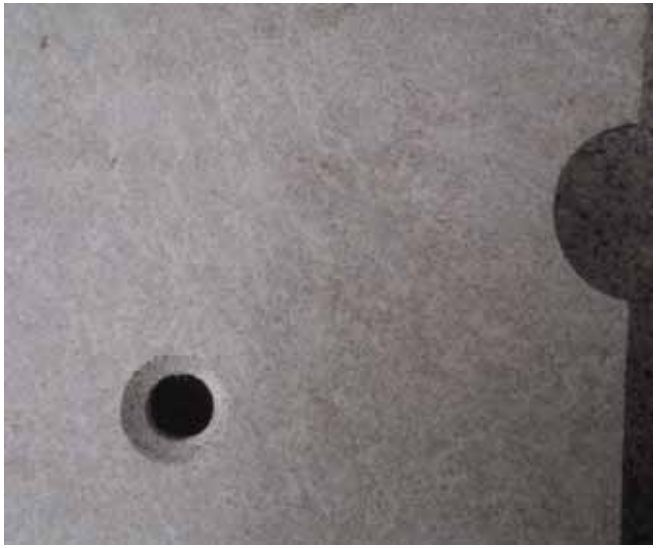
粗度係数測定状況

パネルライニング工法の特徴③

③**任意曲率**で製作可能である。

①曲面加工が可能（曲率半径700mm以上）

②任意の位置に穴あけ加工が可能



レジンコンクリートパネルの特徴④

④パネルは**強度・耐摩耗性**に優れている。

緻密で高強度であるため耐摩耗性に優れ、高い耐久性が期待できます。

摩耗試験実施状況

レジンコンクリートパネルの特徴⑤

⑤背面充填材は**高強度で長距離圧送**が可能である。

■高流動微粒子グラウト材の特徴

・流動性に優れ長距離圧送が可能

・懸濁性が安定して、圧送トラブルが少い

・固結強度が一定以上の値を確保できる

■微粒子混和材（ＭＰグラウト）

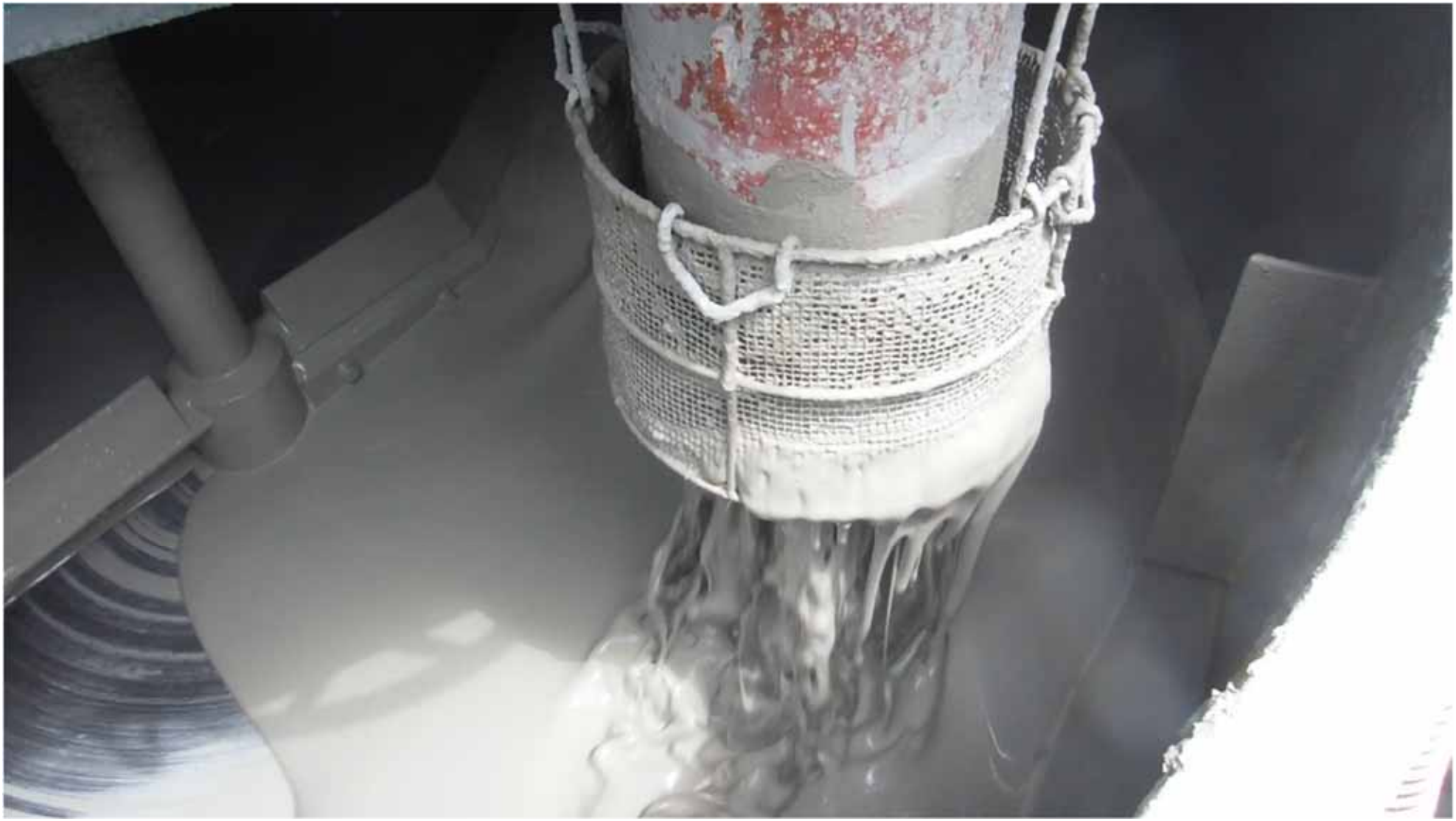
・炭酸カルシウムを主成分とし、天然鉱物を工場にて乾燥させ、粉砕加工して微粒子状にした後グラウト用に粒度調整したもの

高流動微粒子グラウト材　圧送

長距離圧送試験

高流動微粒子グラウト材　製造

混練状況



高流動微粒子グラウト材

配合（例）＊圧送距離1500m程度　　１m3当り

W/(C+MP)	セメント	MPグラウト	水	混和剤	圧縮強度	フロー値	生比重
	C	MP	**W**	Ain1	σ_{28}	J14	γ
%	kg	kg	kg	kg	**N/mm^2**	秒	t/m3
59.5	900	450	536	11.8	**30**	3±2	1.9±0.1
比重：　普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ　NCs＝3.15							
微粒子混和材（MPｸﾞﾗｳﾄ）　MPs＝2.70							

■施工手順（詳細）　アーチ・側壁・インバートを施工する場合

1. 坑内・坑外設備工

↓　　坑外プラント設置工

2. 壁面洗浄工

↓　　湧水処理工（必要時）

3. 資材運搬（鋼製支保工、パネル等）

↓

4. 鋼製支保工設置工

↓

5. 鉄筋組立（耐震補強型のみ）

↓

6. レジコンパネル設置工（アーチ・側壁部）

↓

7. レジコンパネル目地コーキング

↓

壁面洗浄工

鋼製支保工・鉄筋組立

パネル設置・目地工

■施工手順（詳細）　アーチ・側壁・インバートを施工する場合

8．端部擦り付け、間仕切壁設置

↓

9．高流動微粒子グラウト材注入（アーチ・側壁）

↓

10．レジコンパネル設置工（インバート部）

↓

11．パネル目地コーキング

↓

12．端部摺り付け、間仕切壁設置

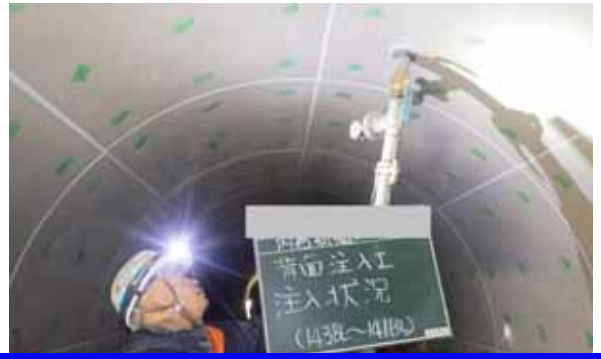
↓

13．高流動微粒子グラウト材注入（インバート）

↓

14．ウィープホール

間仕切壁設置工

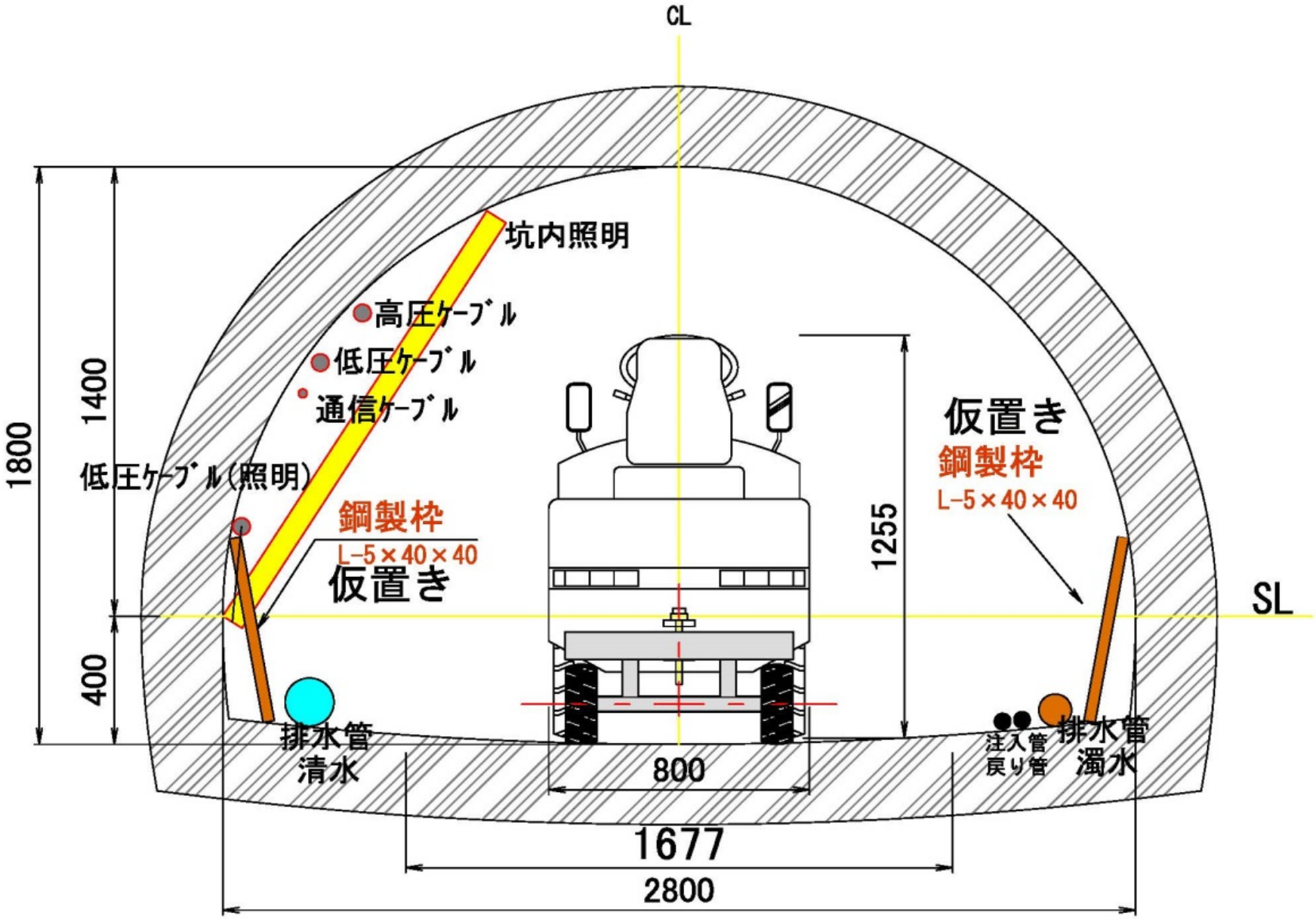


高流動微粒子グラウト材注入

施工完了

坑内設備

電気・照明・通信・運搬・換気・排水・注入



坑外設備

荷役設備・注入プラント・濁水プラント・受電・資材置場

坑外設備図（例）

トンネル内　資材運搬

◇鋼製支保工やレジンコンクリートパネル等
必要資機材を搬入し、施工区間に仮置きする。

◇運搬設備はトンネル内空断面、輻輳する作業
工程等を考慮し選定する。

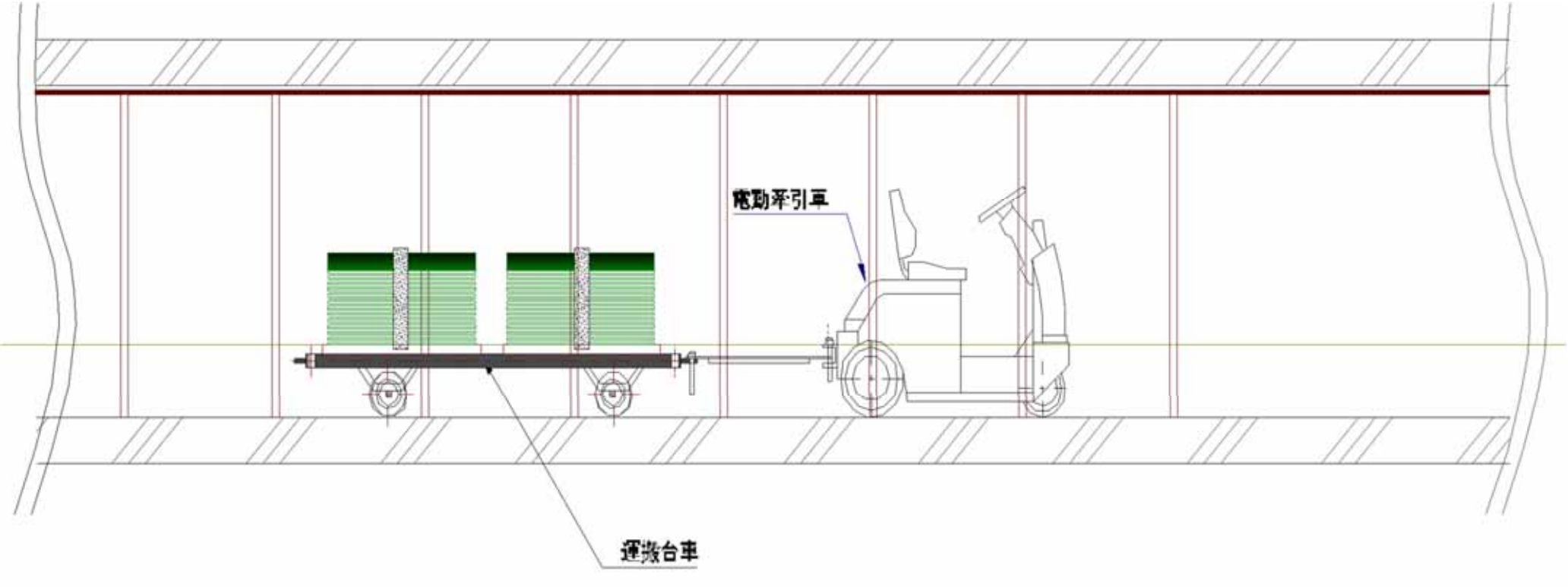
■坑内運搬設備

・バッテリー式牽引車両
（タイヤ式・軌道式）

・不整地運搬車両等

資材運搬

バッテリー式牽引車両（タイヤ方式）



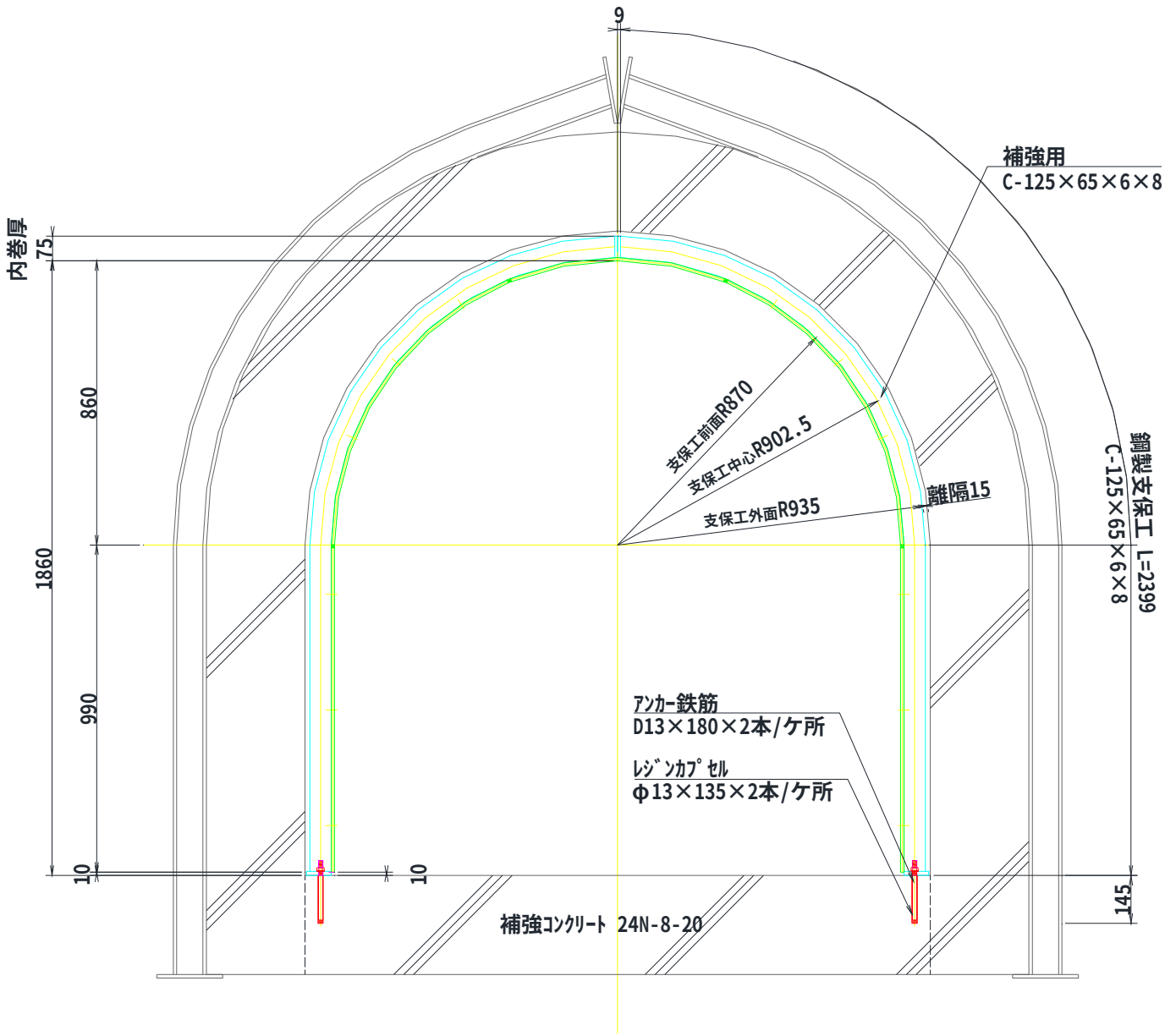
名称	型式	台数	備考
電動牽引車	2～4tタイプ	1台	牽引タイプ
充電設備	48V	1台	3.7kW
運搬台車	タイヤ式	2台	平台車

資材運搬

バッテリー式牽引車両（タイヤ方式）

鋼製支保工設置工

鋼製支保工をボルト式の鋼製支保工継材とパネル固定鋼材を使用して組立てる。



鋼製支保工設置工

レジンコンクリートパネル設置工

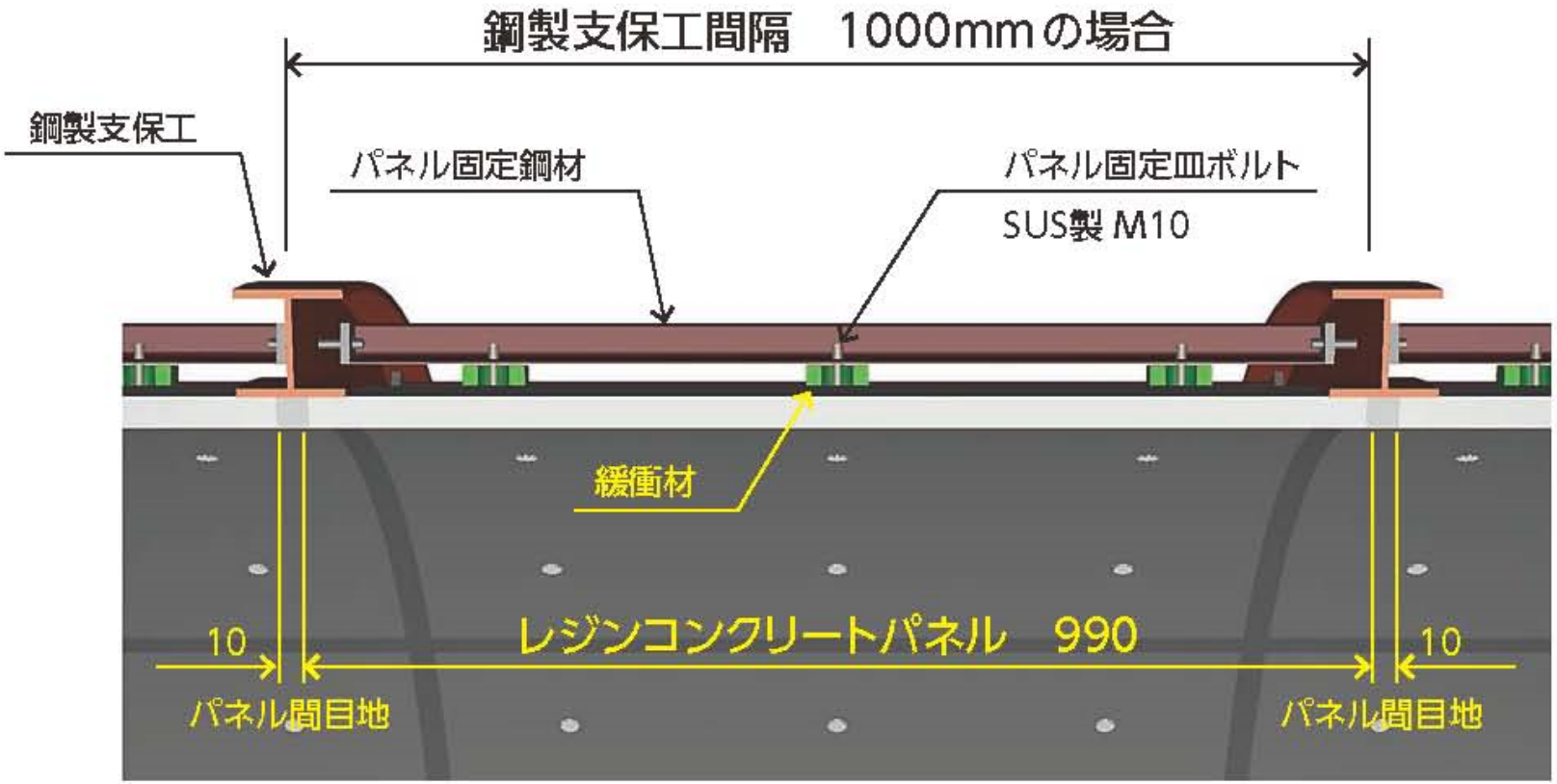
◇鋼製支保工の水路内側にレジンコンクリートパネルをＳＵＳ製皿ボルトにて固定する。

◇パネル間の横断方向及び縦断方向目地は10~20㎜の間隔を開け、コーキング用目地部分とする。

◇目地部の背面にはコーキング材の漏出防止のためバックアップ材を接着する。

レジンコンクリートパネル設置工

レジンコンクリートパネルと鋼製支保工との固定構造（例）



レジンコンクリートパネル設置工

レジコンパネル目地コーキング

◇パネル間の目地には湿潤面用弾性エポキシ樹脂パテを使用しコーキングを行う

レジコンパネル目地コーキング

項　目	単　位	主　　剤	硬　化　剤
主成分	–	エポキシ樹脂	ポリアミドアミン
外観	–	淡黄乳白色	灰　色
粘度	Pa・S	300	550
比重	–	1.5	1.5
配合比	–	1：1	
混合比重		1.5	
可使時間	min	80	
指触乾燥時間	h	8以内	
硬度	Dタイプ	D50	
引張強度	N/mm^2	6	
伸び	%	50	
圧縮強度	N/mm^2	30	
接着性	N/mm^2	7	
		2	

間仕切壁設置

◇レジンコンクリートパネルの設置が終わり、パネル背面の間隙を充填する前に、モルタル等を使用して充填区間の端部に褄壁を設置する

高流動微粒子グラウト材注入

◇坑外に設置したミキシングプラントを使用し、高流動微粒子グラウト材を製造後、グラウトポンプにて圧送する。

◇充填はアーチ天端にあらかじめ取付けた注入孔を使用し注入する。

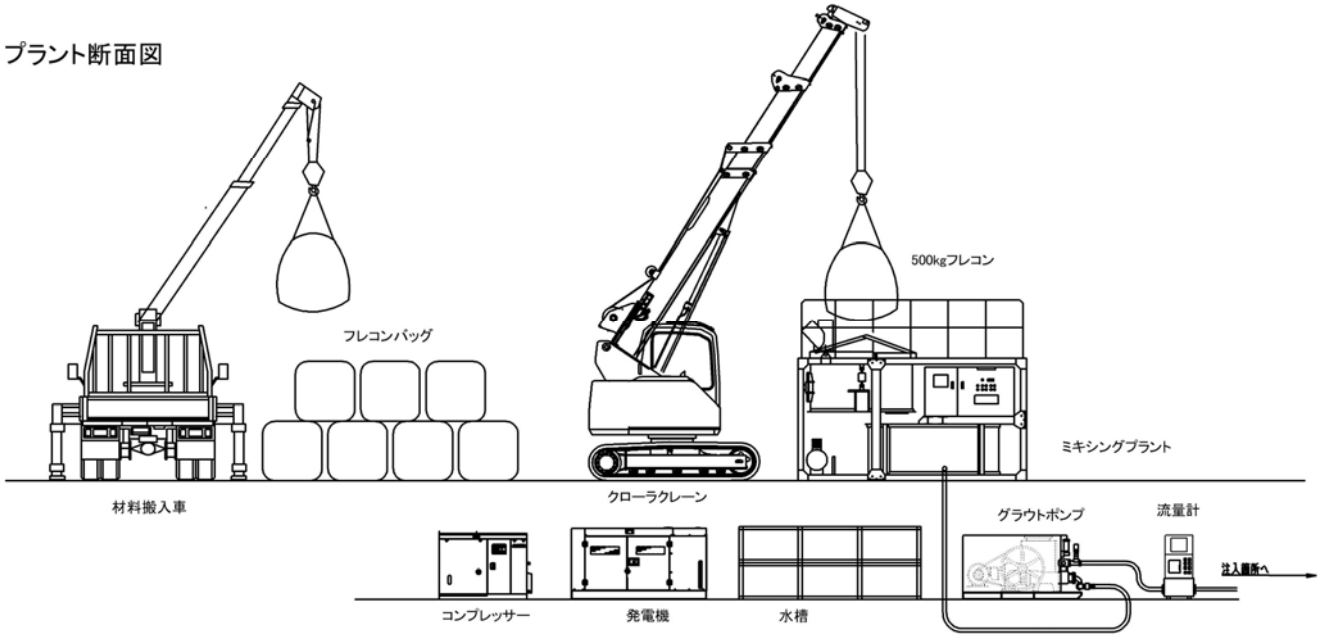
◇グラウト材とパネルが密着し空隙を残さず充填出来るよう留意し、空気抜孔及び充填確認孔より注入材が流出した後、確認孔のバルブを閉じ、１スパンの注入を終了する。

◇グラウト材の硬化後、注入孔に使用したバルブ等を外しグラウトキャップにて閉塞処理を行う。

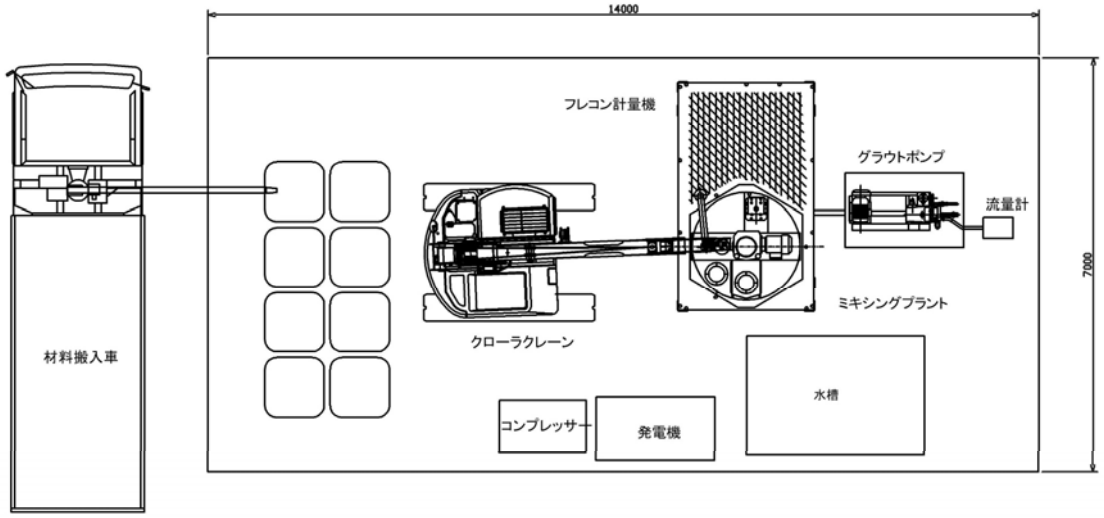
注入プラント設備

プラント設備（例）

プラント断面図



プラント平面図



機械一覧表

名称	寸法（L×W×H）	電力量	重量
グラウトポンプ	2000×1250×1090	22.00kW	1.65t
ミキシングプラント	3850×2280×3050	24.80kW	4.00t
発電機	3000×1000×1500	125KVA	2.50t
コンプレッサー	1460×750×845	11.0kW	0.49t
流量計	450×700×950		0.10t

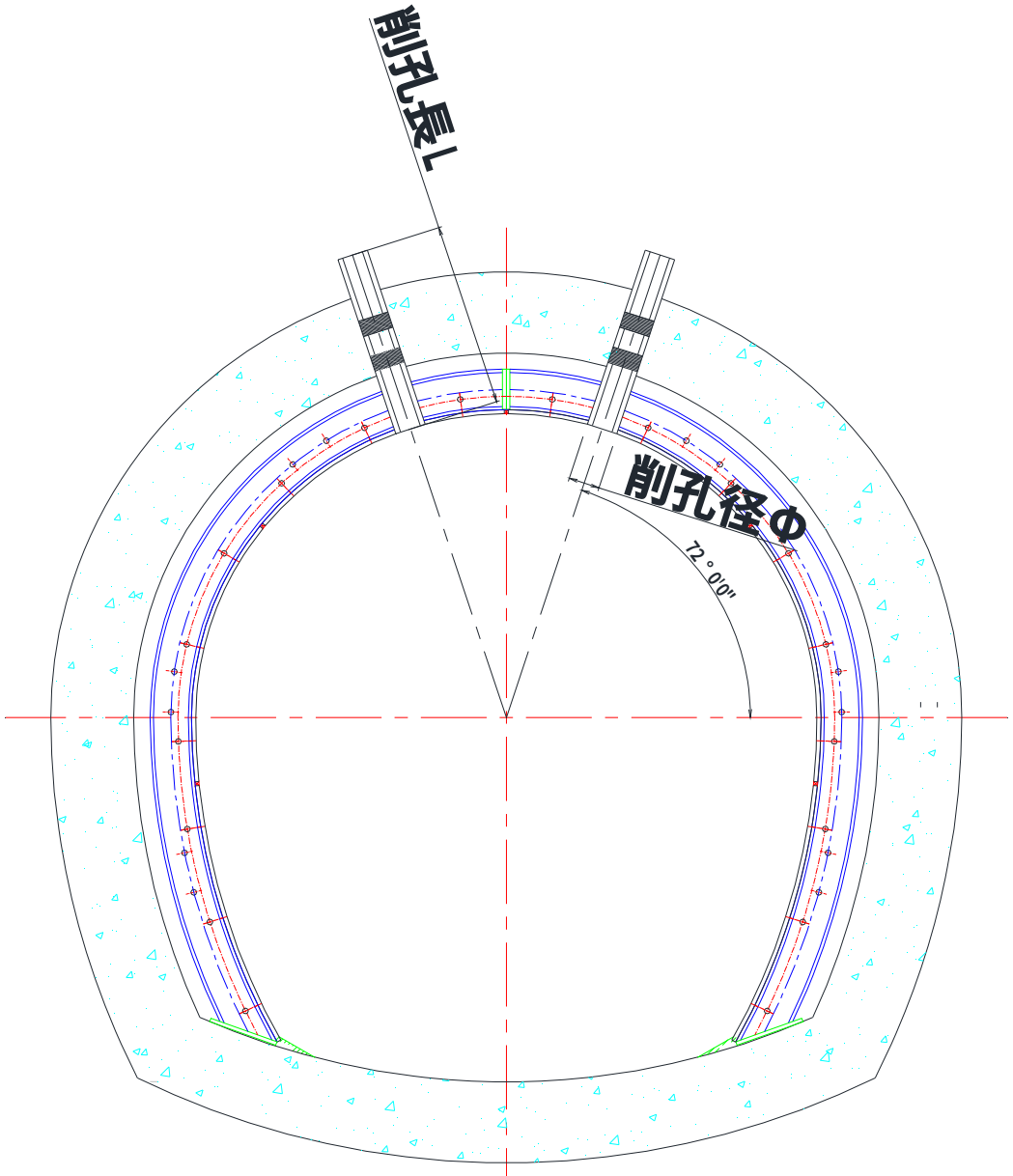
注入プラント設備

■主要機械（例）

全自動式			
名称	型式	規格	備考
グラウトポンプ	SG-30	22.0kw	プランジャー式
全自動プラント	RS-12	37.85kw	コンビサイロ共
水中ポンプ	φ50×15m	1.5kw	プラント供給用
水中ポンプ	φ50×10m	0.75kw	ＰＨ処理機用
水中ポンプ	φ25×10m	0.4kw	ＰＨ処理機用
圧送管	φ50鋼管	ビクトリックジョイント式	プラント～充填箇所
コンプレッサー	SMS22s	22.0kw	
グラウト流量計	φ50	0～1000 L /min	記録式
集塵機	33m3/分	2.2kw	プラント規模に合わせる
坑内連絡設備	アイホン式	送受話　1組	電話線施工延長分
水槽	20m3		用水供給量により選定
濁水原槽	10m3	ノッチ式	原則立坑下設置
ＰＨ処理機	PH-05	0.6kw	炭酸ガス使用
防音型発電機	NES-125SK	125KVA	商用電源が無い場合
注入バルブ	ボールバルブ	φ50	必要数
耐圧ホース	φ50×10m	3本程度	坑内状況にて検討
電力合計		87.3kw	

ウィープホール設置工

◇外水圧対策として、アーチクラウン部の位置に既設の覆工コンクリートより地山部に15cm程度削孔し、ウィープホールを挿入設置する



品質管理　◆　レジンコンクリートパネル

項　目	規 格 値	試験方法等
寸法	設計値±3mm	
厚さ	10～12mm	
曲げ強度	20N/mm^2(MPa)以上	JIS K 7171（日本工業規格）
圧縮強度	80N/mm^2(MPa)以上	JIS K 7181（日本工業規格）
粗度係数	0.01未満	水理模型試験
耐摩耗性※1	標準供試体に対する 平均摩耗深さの比が 0.20以下（部材厚2.1㎜未満） 部材厚の1/3（部材厚2.1㎜以上）	水砂噴流摩耗試験
浸出試験 （水質安全性）	水道施設の技術的基準を 定める省令の評価基準に 適合すること※2	JWWA Z 108 （日本水道協会規格）
耐薬品性※3 （塩／酸／ｱﾙｶﾘ）	試験液浸漬前後の 質量変化率±0.3以内	JAWAS-K2(日本下水道協会規格) ・10%塩化ﾅﾄﾘｳﾑ水溶液 ・30%硫酸 ・40%水酸化ﾅﾄﾘｳﾑ水溶液

※1.農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室策定「農林水利設備の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案)を適用
※2.水道施設の技術的基準を定める省令（平成12年厚生省令15号）第1条第17号ハに規定する評価基準
※3.耐薬品性が求められる場合にのみ適用

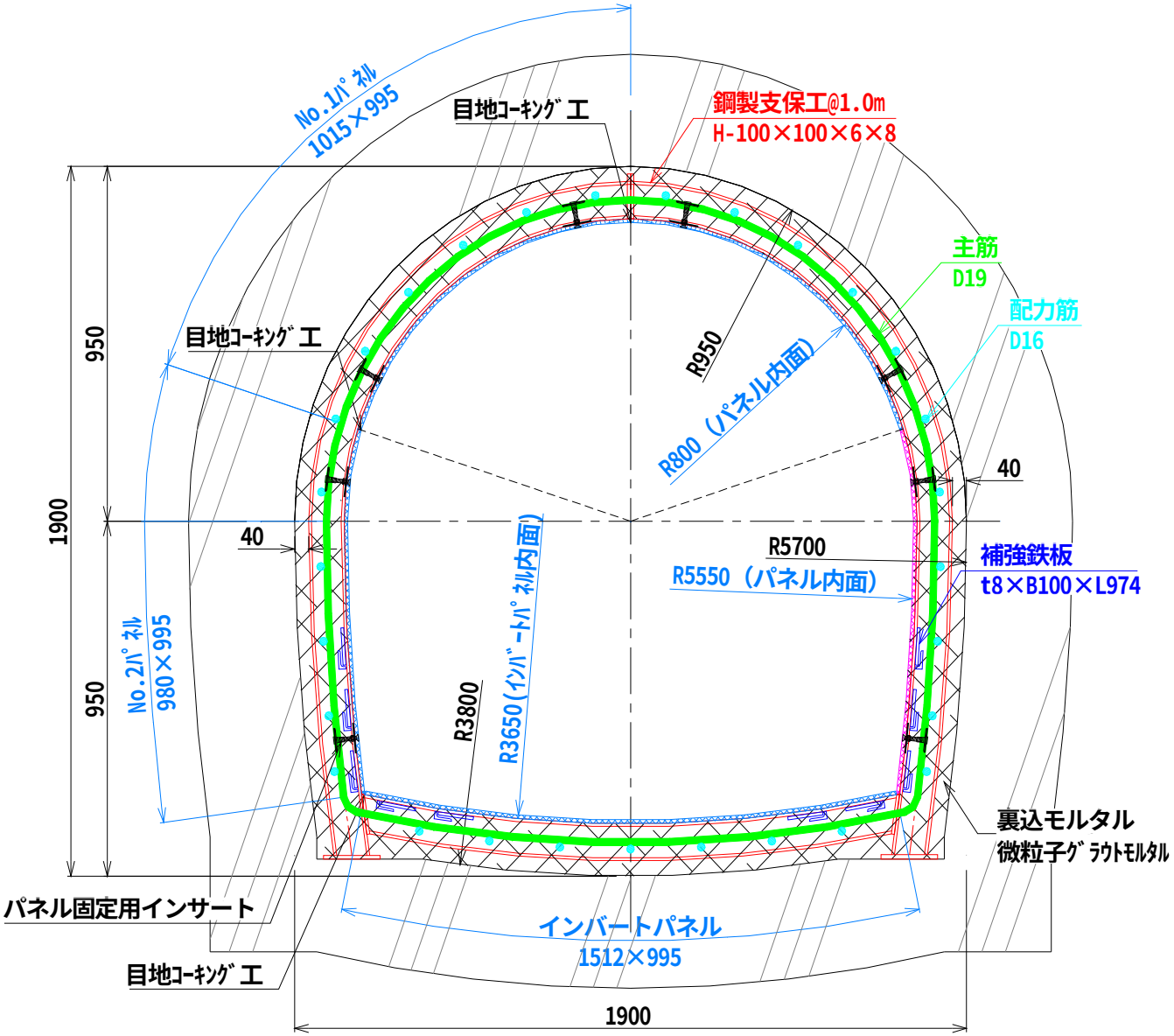
品質管理　◆　注入材

項　　目	確　認　方　法	目　標　値
配合確認	各計量器のキャリブレーション	2%以内
一軸圧縮強度	高流動微粒子グラウト材（材令28日）	30N/mm^2
見掛密度	高流動微粒子グラウト材	1.90±0.1 **t**/m^3
ブリーディング率	高流動微粒子グラウト材	1.0%以下
流動性試験	JSCE-F541	測定フロー値
	「PCグラウトの流動性試験方法」に準拠して	J14ロート 3±2秒
	グラウト材の流下時間を測定する	
注入量	ﾌﾟﾘﾝﾀｰ印字数量	ℓ単位

施工実績の紹介

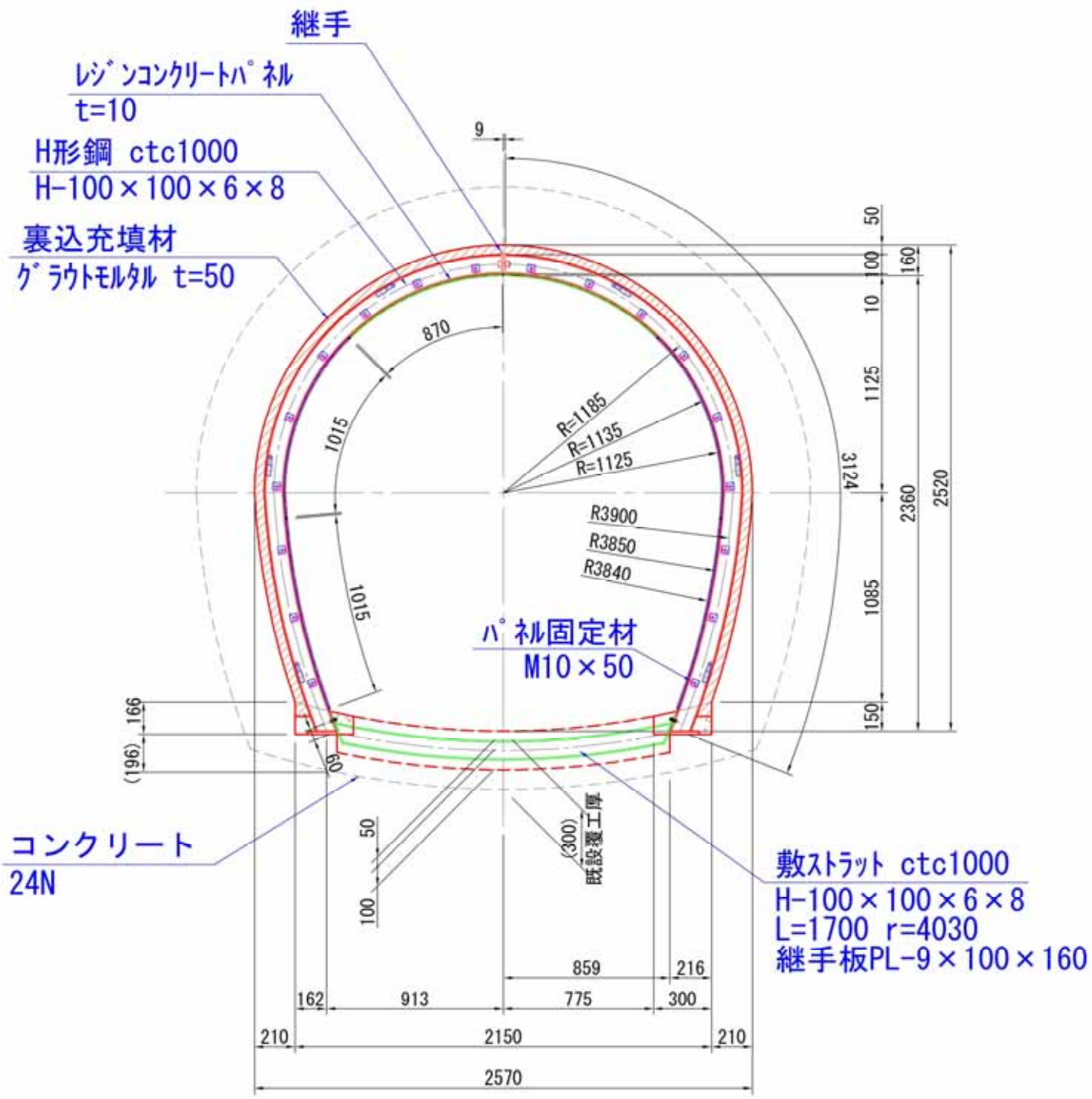
工事名	施工延長（ﾄﾝﾈﾙ長）	施工面積	既設トンネル仕様			補強・補修仕様						施工条件等
						アーチ・側壁			インバート			
	(m)	(m²)	形状	幅 m	高さ m	支保工	鉄筋	パネル	支保工	鉄筋	パネル	
						裏込め注入			裏込め注入			
A工事	600	3,300	馬蹄	1.9	1.9	H-100	D19	10㎜ 背面砂付	H-100	D19	10㎜ 背面砂付	
						高流動微粒子 t=130			高流動微粒子 t=130			
B工事	74	194	馬蹄	2.57	2.52	H-100	―	10㎜ 背面ﾌﾞﾗｽﾄ	H-100	―		敷ストラッド L=19m
						高流動微粒子 t=150			コンクリートFc24N			
C工事	16	168	円形	3.6	3.6	H-100	D16	10㎜	アーチ側壁と同じ			パネル背面 ｱﾗﾐﾄﾞ繊維ｼｰﾄ 接着
						高流動微粒子 t ＝120						
D工事	1504 (5730)	10,600	馬蹄	2.8	1.8	L-40	D10	10㎜ 背面ﾌﾞﾗｽﾄ	直貼り	―	10㎜ 背面ﾌﾞﾗｽﾄ	湧水量多い
						高流動微粒子 t=120			高流動微粒子 t=50			
E工事	95.14 (464)	561	幌型	1.8	1.8	2× [-75*40	―	10㎜ 背面ﾌﾞﾗｽﾄ	2× [-75*40	―	10㎜ 背面ﾌﾞﾗｽﾄ	支保工@0.7m 溝形鋼ダブル
						高流動微粒子 t=65			高流動微粒子 t=65			
F工事	386.9 (400)	2,325	幌型	3.7	1.8	―	―	10㎜	―	―	―	直貼り
						高流動微粒子 t=65			高流動微粒子 t=65			

A工事　構造補強型　【レベルⅡ対応耐震補強】



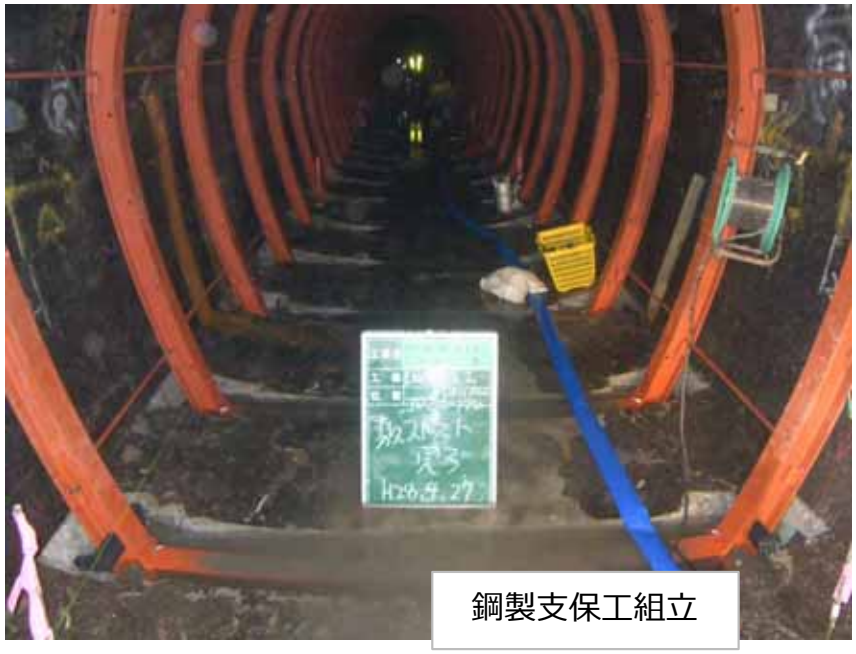
A工事　構造補強型　【レベルⅡ対応耐震補強】

B工事　構造補強型　馬蹄形断面



B工事　　構造補強型　馬蹄形断面

施工前

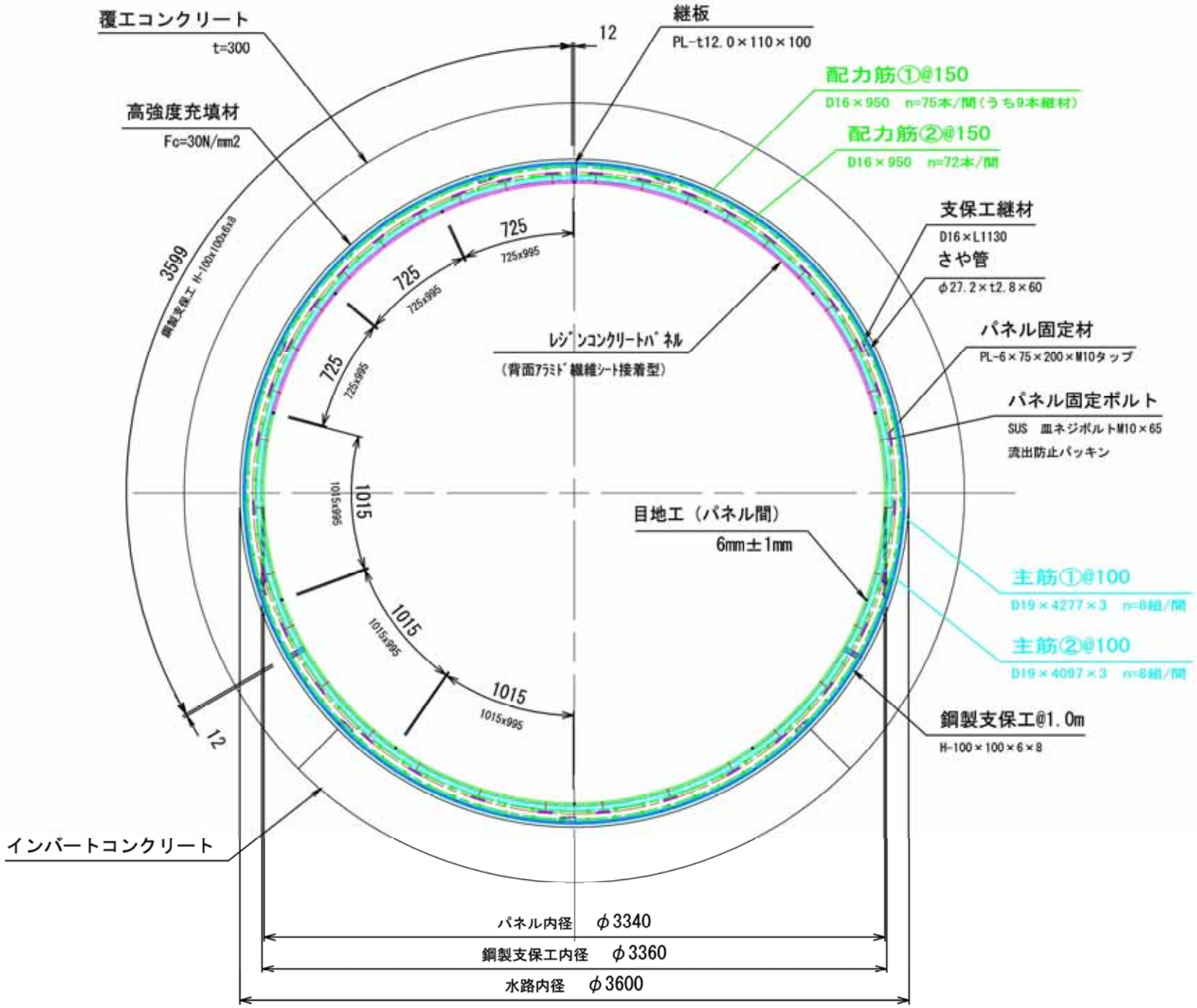


鋼製支保工組立

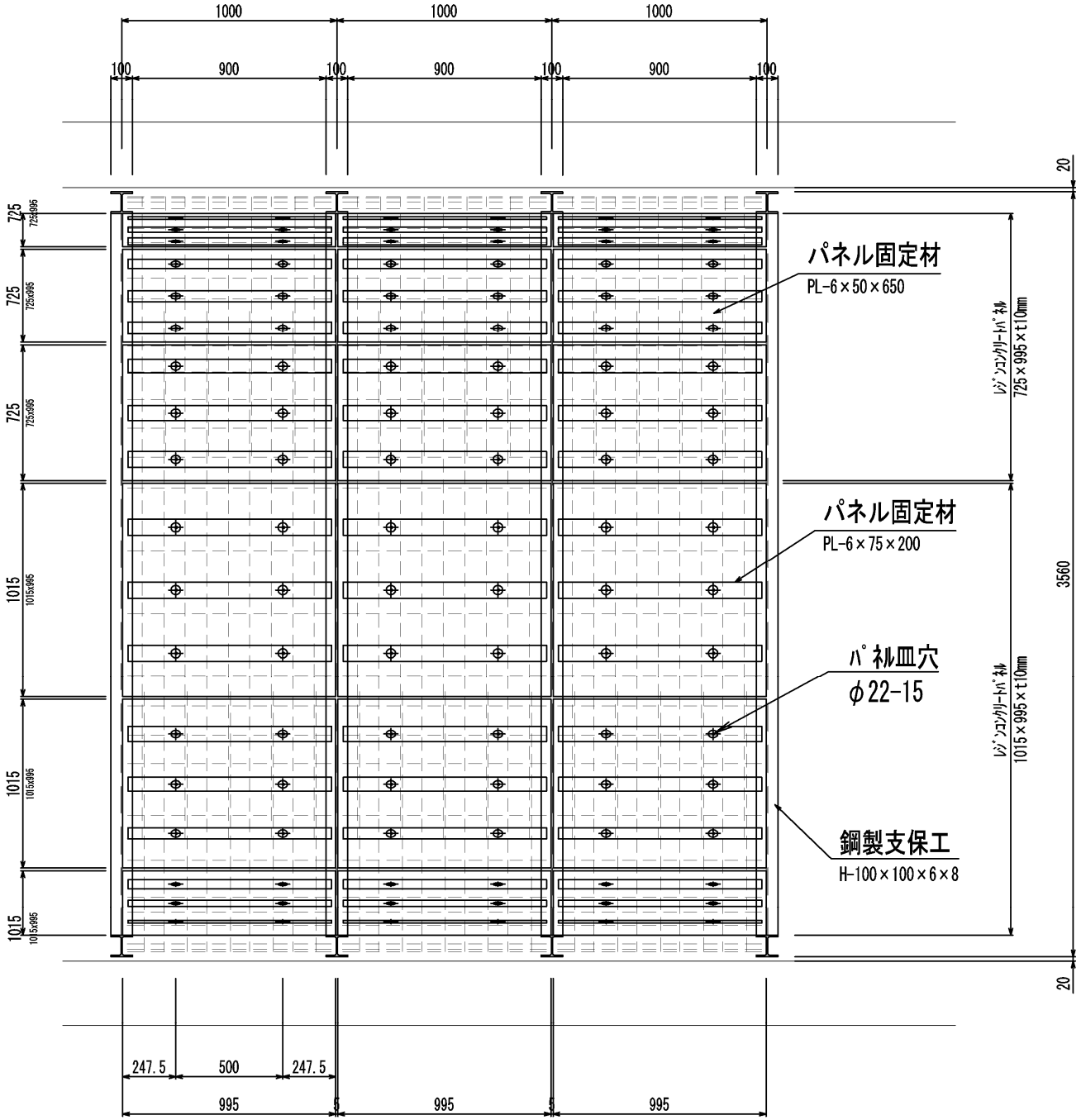
パネル組立

完成

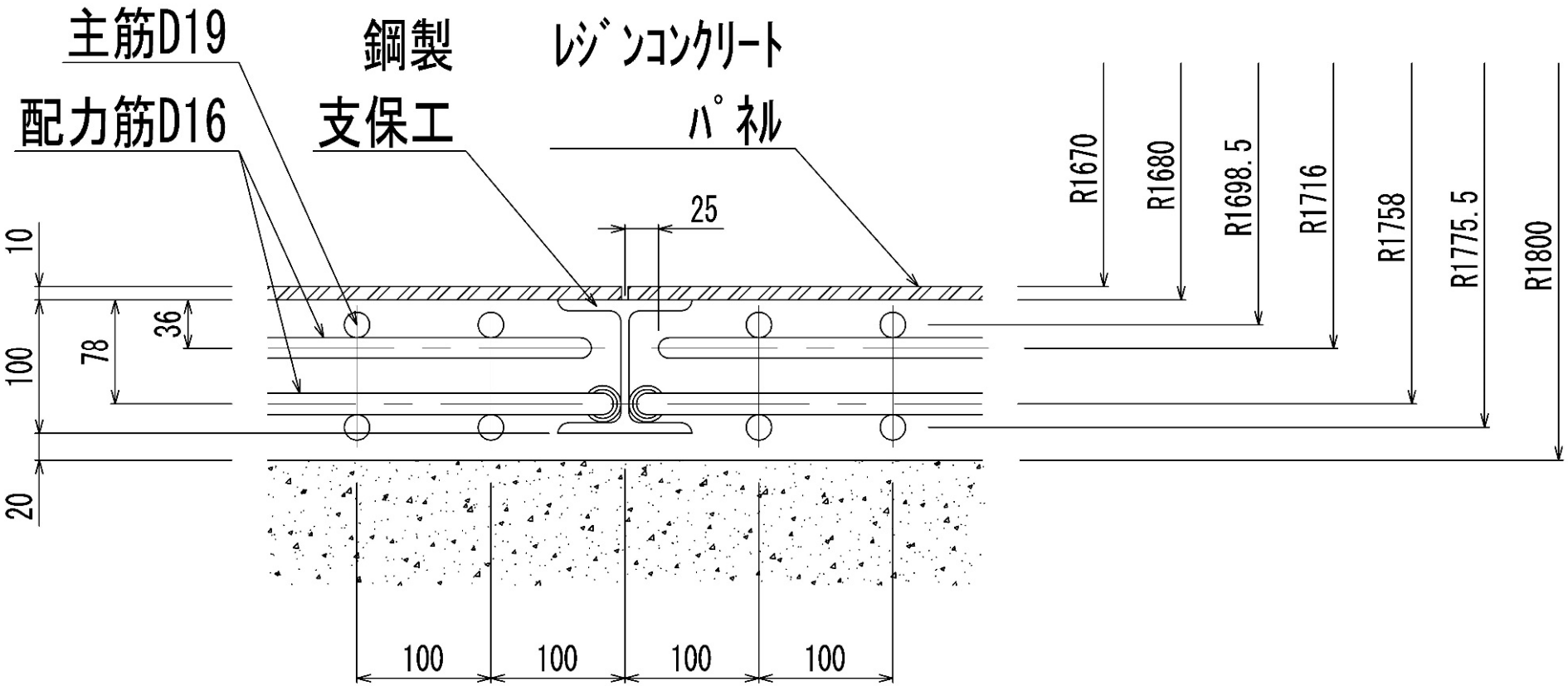
C工事　構造補強型　円形断面



C工事　構造補強型　円形断面



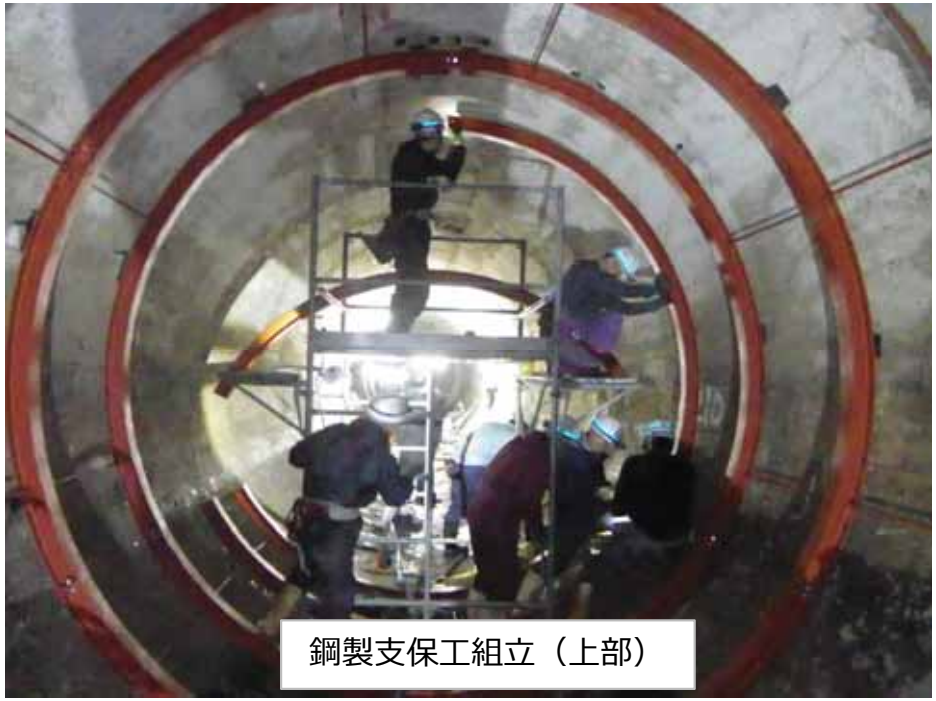
C工事　　構造補強型　円形断面



C工事　　構造補強型　円形断面

施工前

鋼製支保工組立（下部）

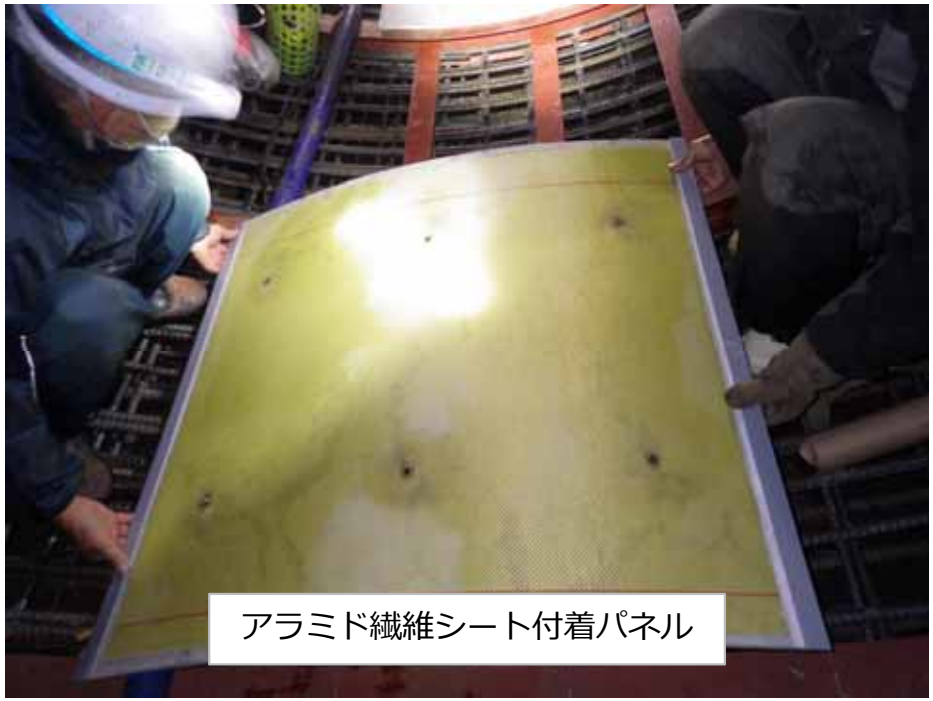


鋼製支保工組立（上部）

鋼製支保工組立

C工事　構造補強型　円形断面

鉄筋組立



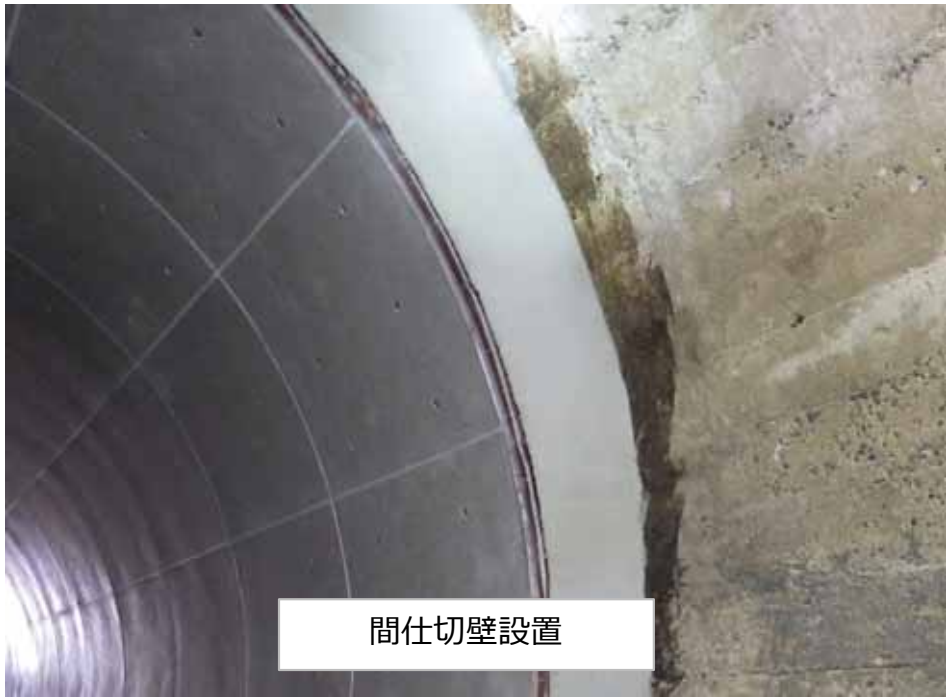
アラミド繊維シート付着パネル

パネル組立

パネル組立

C工事　構造補強型　円形断面

パネル固定

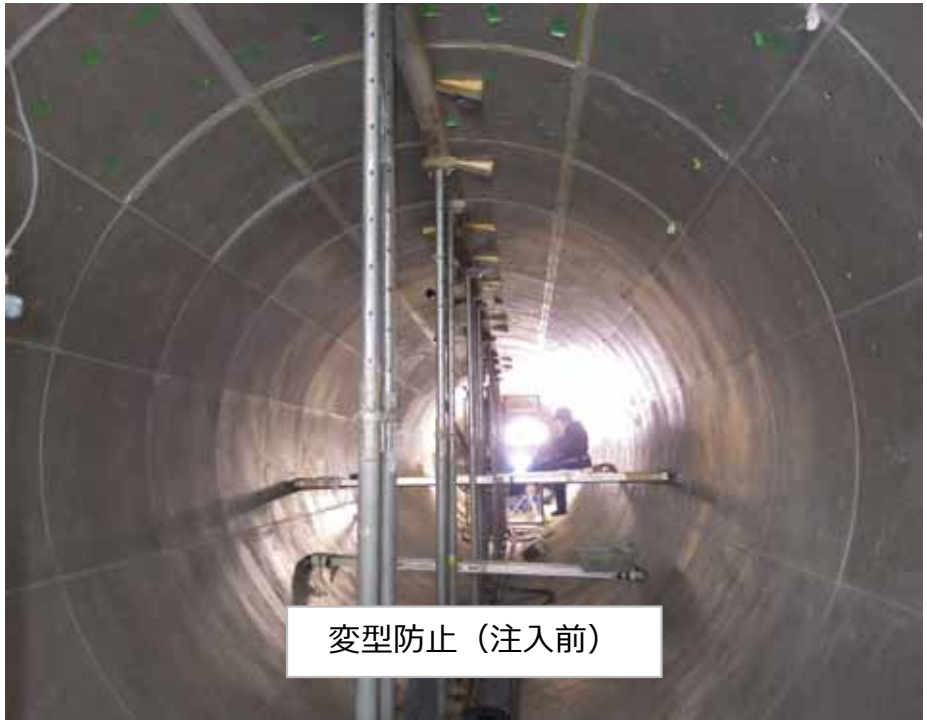


間仕切壁設置

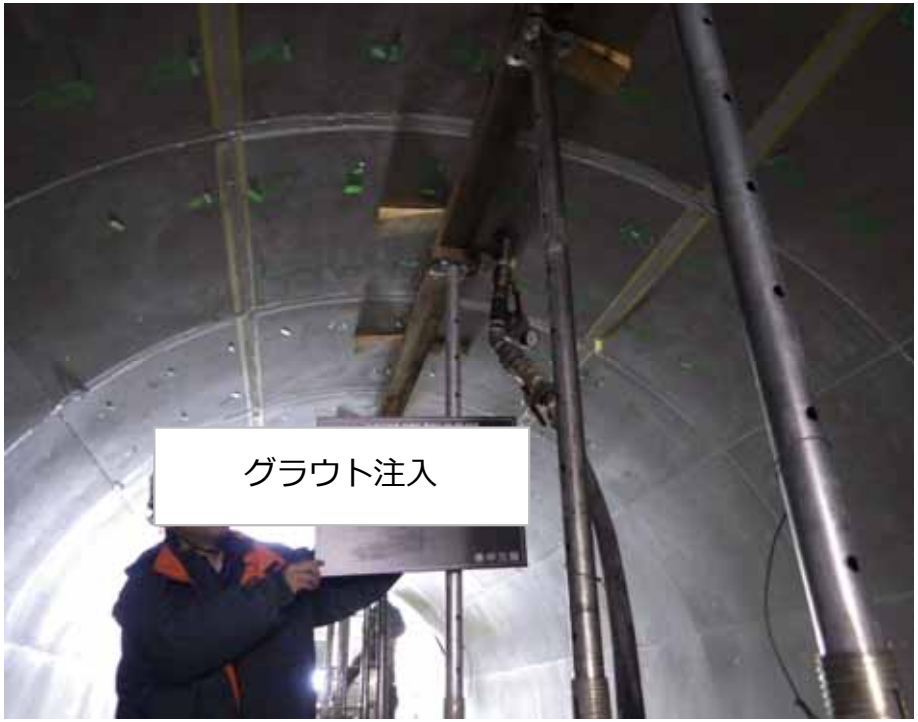
目地コーキング

目地コーキング

C工事　構造補強型　円形断面



変型防止（注入前）

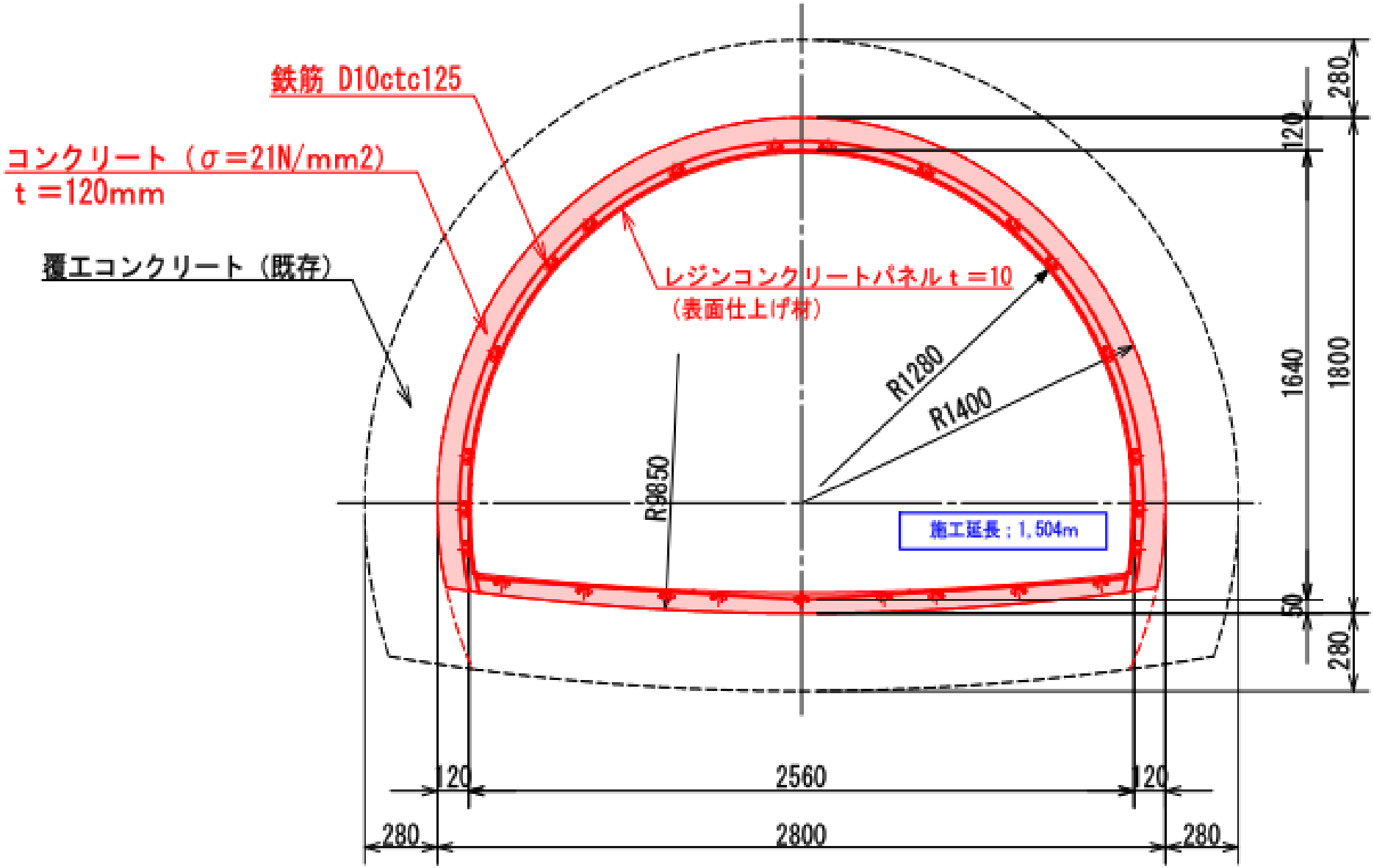


グラウト注入

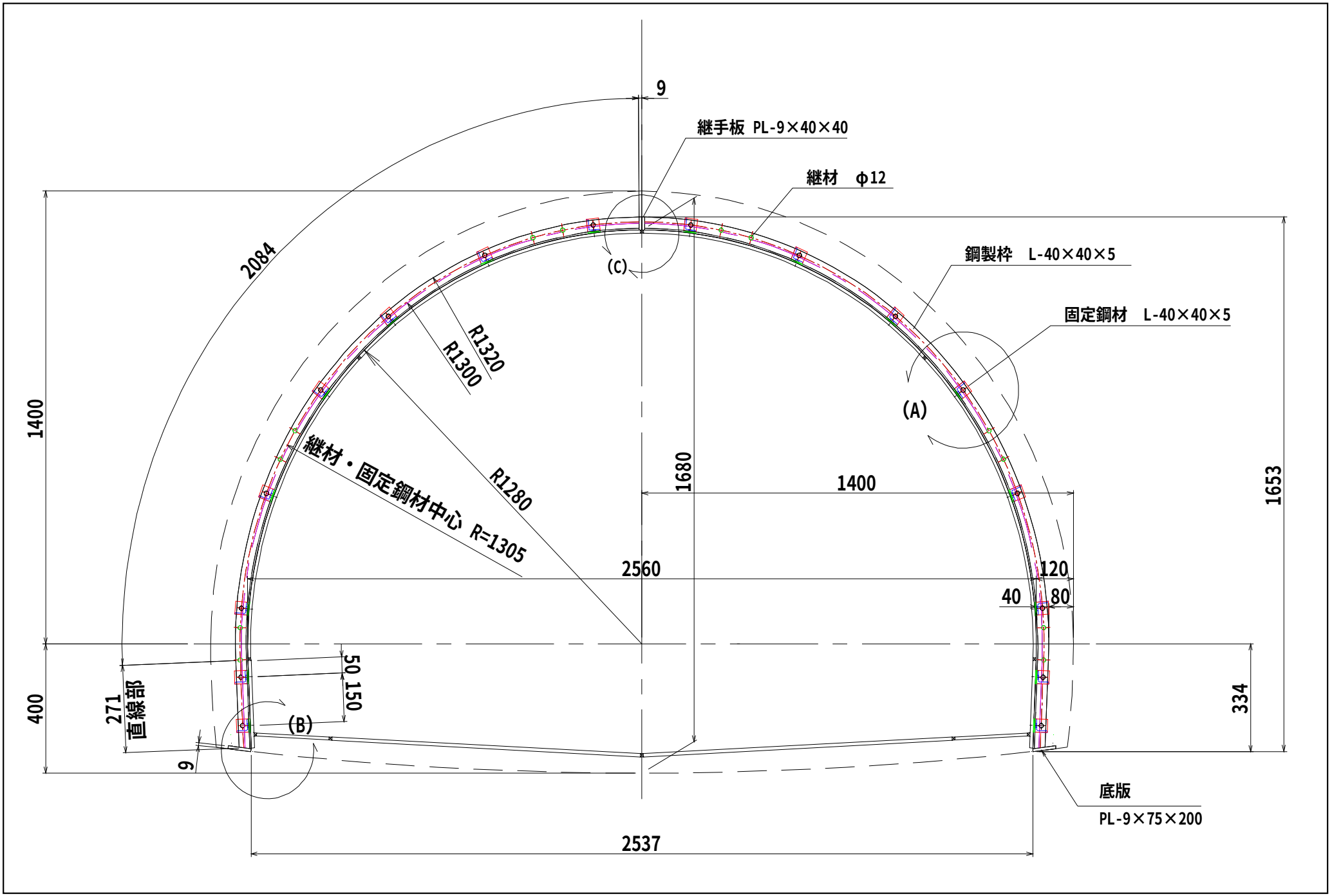
注入確認

完成

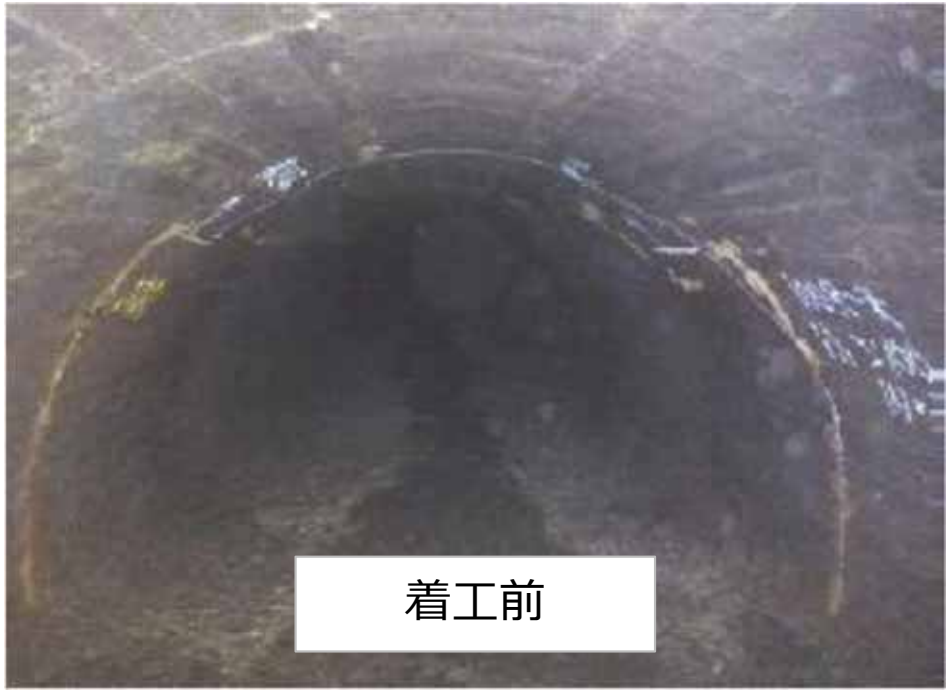
D工事　　構造補強型　馬蹄断面



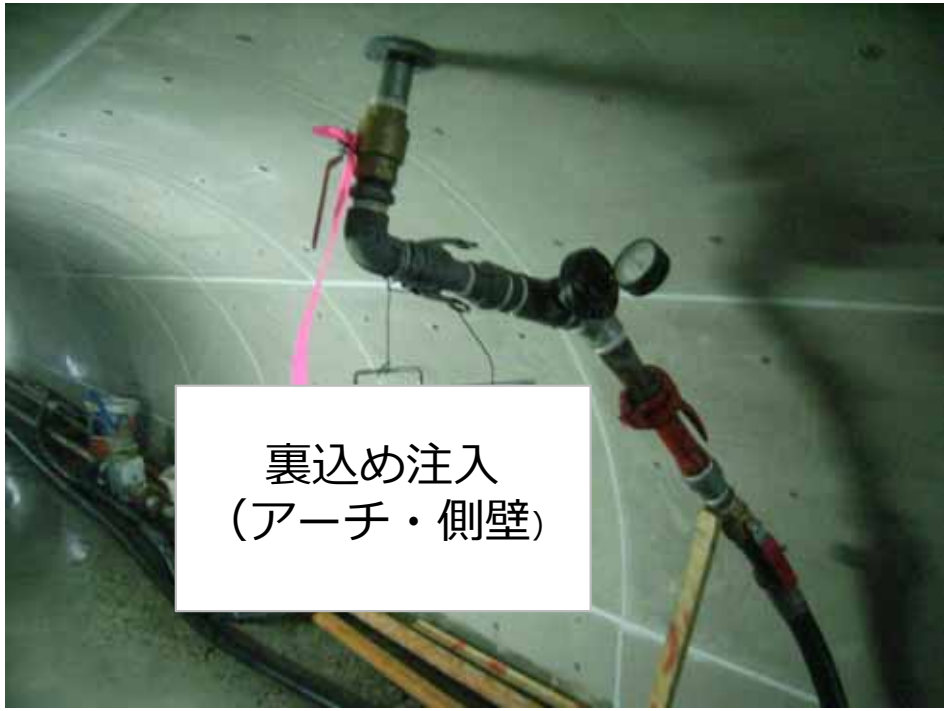
D工事　構造補強型　馬蹄断面



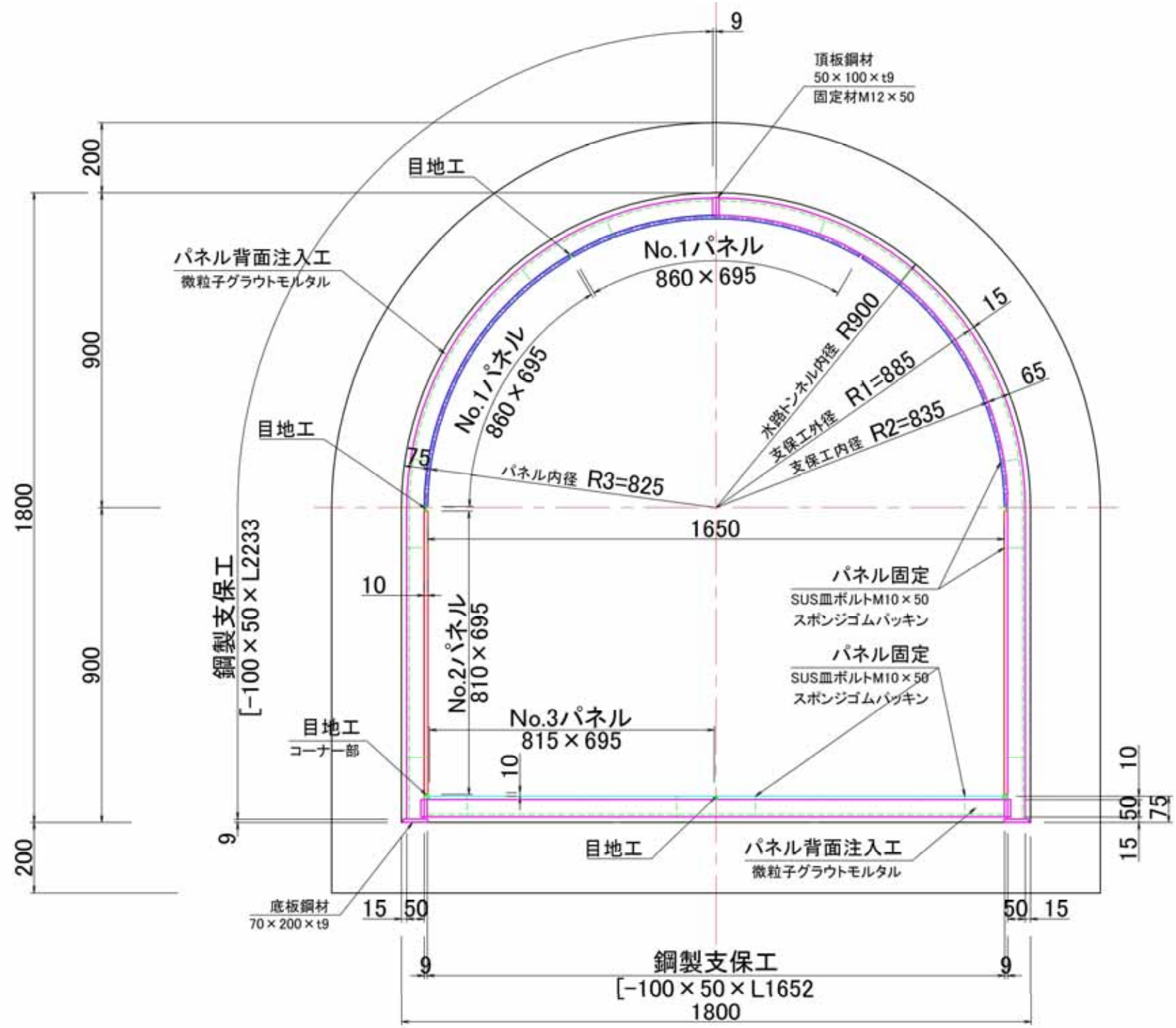
D工事　　構造補強型　馬蹄断面



D工事　構造補強型　馬蹄断面



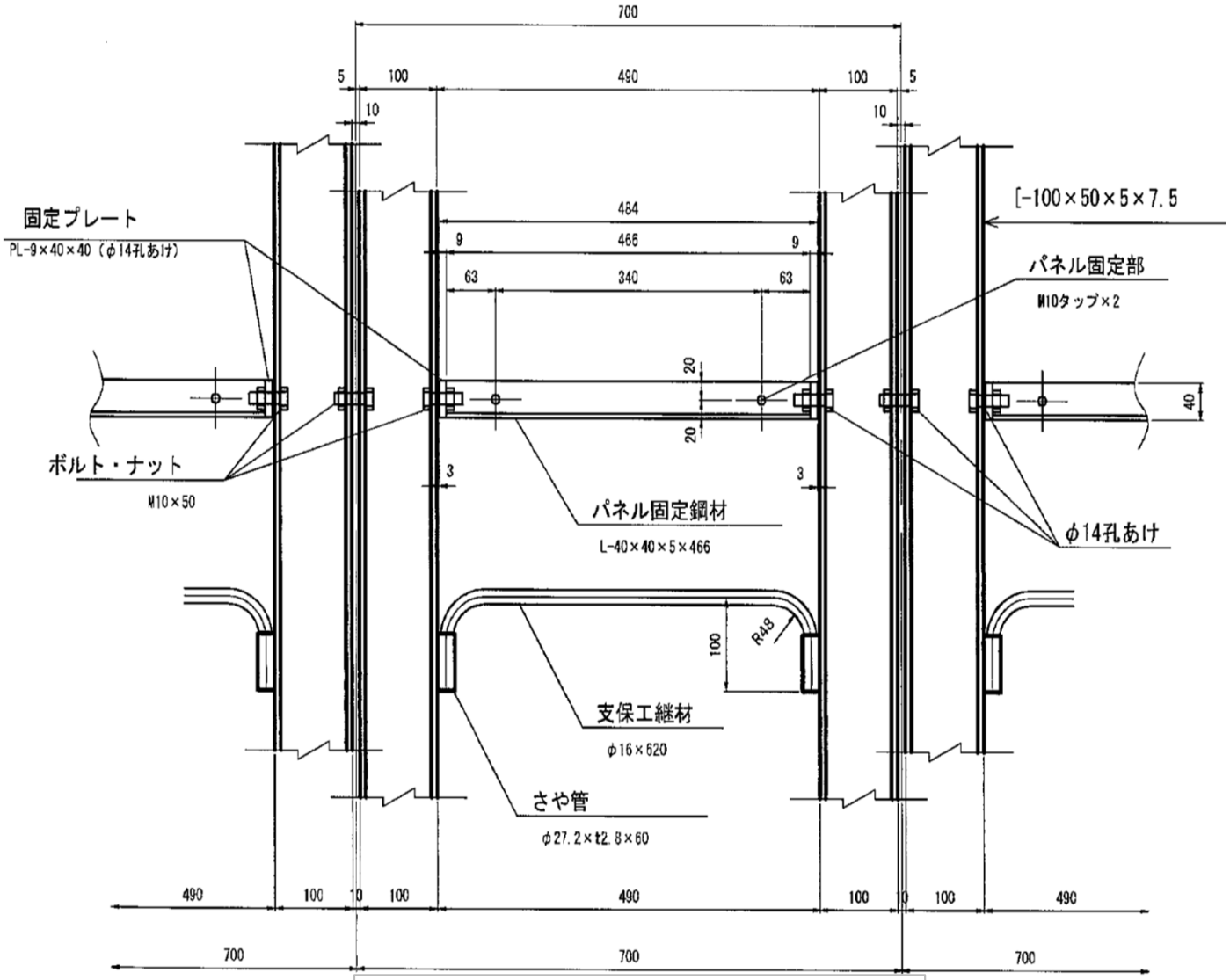
E工事　構造補強型　幌型断面



E工事　構造補強型　幌型断面

継材・パネル固定鋼材　詳細図

S = 1:5



鋼製支保工組立詳細図

S = 1:5

E工事　構造補強型　幌型断面

施工前

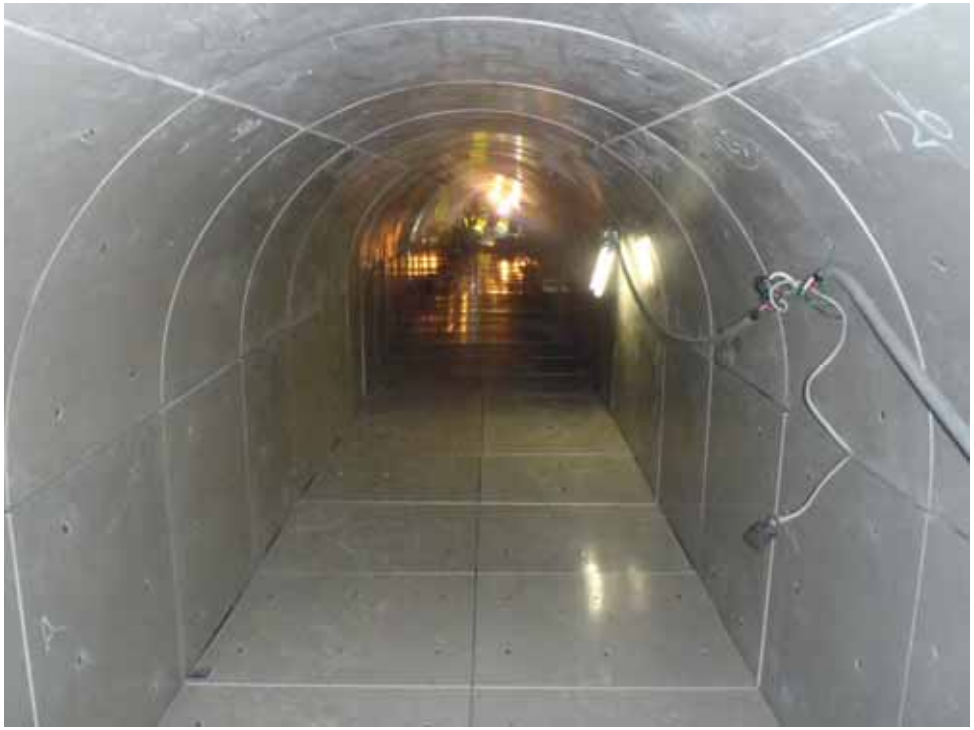
鋼製支保工組立

鋼製支保工

パネル組立

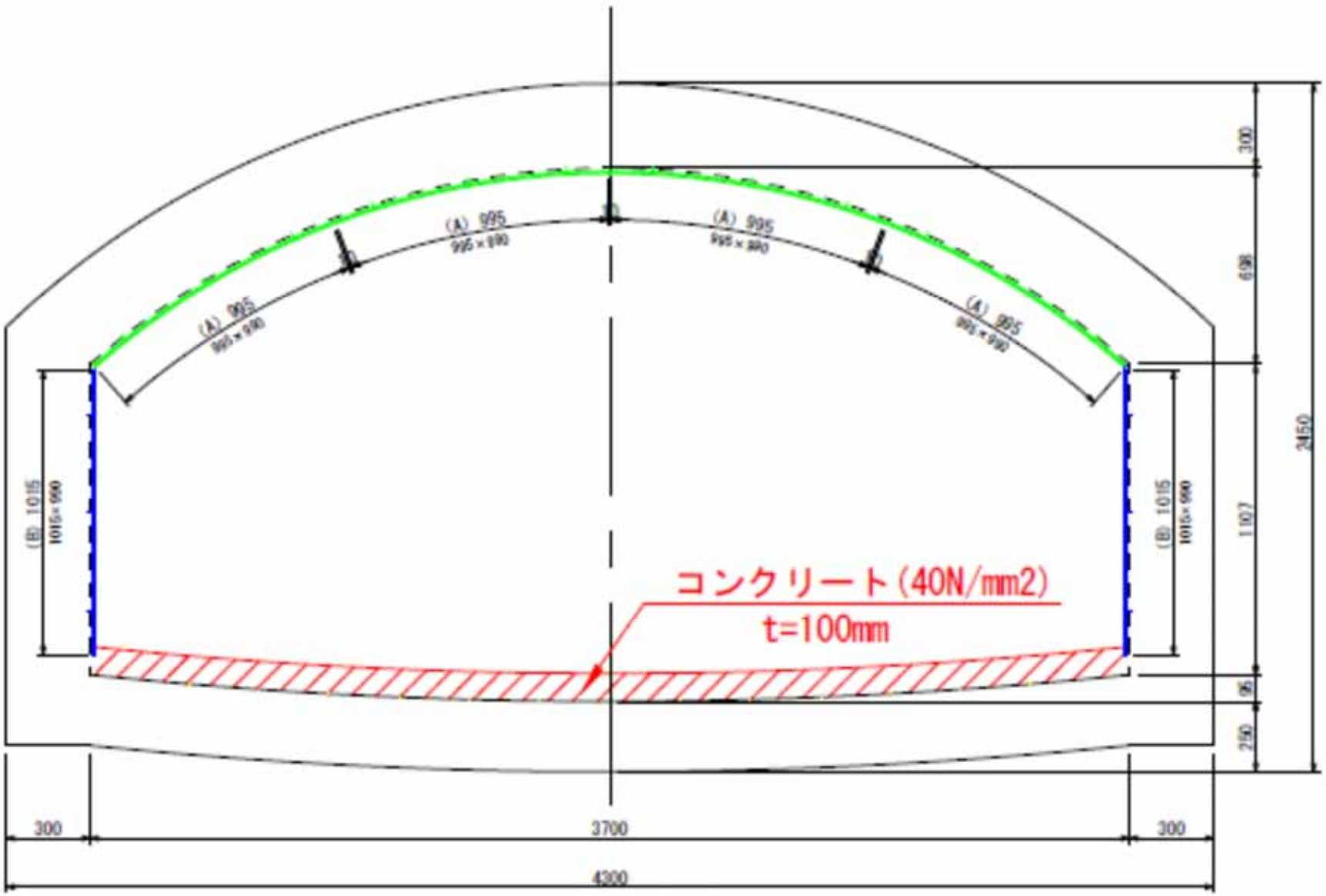
E工事　構造補強型　幌型断面

パネル取付（インバート部）



完成

F工事　表面被覆型　幌型断面



F工事　表面被覆型　幌型断面

施工前

パネル運搬状況

パネル設置状況

パネル設置完了

F工事　表面被覆型　幌型断面

コーキング状況

練り混ぜ機械

パネル設置状況

施工完了

ご清聴ありがとうございました。

KIZAI キザイテクト株式会社

〒451-0055　名古屋市西区堀越二丁目3番20号
TEL 052-521-6445　FAX 052-521-6439

農業農村整備民間技術情報データベース（NNTD）
登録番号　1369　パネルライニング工法
NETIS登録番号　CB-180016-A