

GEOSTR

Modularch

モジュラーチ®



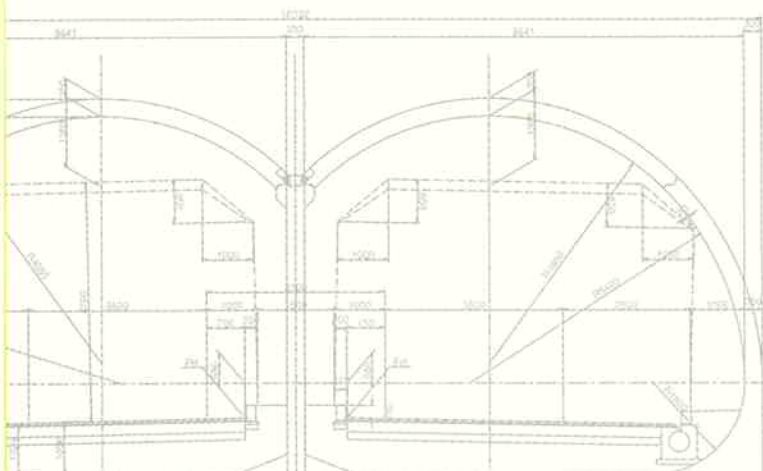
.....
ジオスター株式会社
モジュラーチ工法協会会員

Geoware Guide

Introduction

はじめに

アーチ構造は古くから、私たち人類にとって慣れ親しんできた空間であり、やすらぎやゆとりを与えてくれる基本的なシステムです。アーチを愛し、アーチの歴史と伝統を守り続けているヨーロッパの風土の中で、1982年 フランスのマティエール社によってモジュラーチは開発されました。大断面構造のプレキャスト化を実現し、周辺環境にマッチしたデザイン設計を取りそろえているモジュラーチは、ヨーロッパを中心にアメリカ、カナダ、アジアと世界各国で使用されています。1994年にモジュラーチ工法協会により日本に技術導入し、国内の設計基準に適應するように改良を加えられたモジュラーチは、景観豊かなトンネルが築造できるとともに時代のニーズであるローコスト化を可能とするアーチシステムとして、大いに活用いただけるものと確信しております。



坑口写真



結ぶアーチシステム—モジュラーチ



沖縄県南部土木事務所 (64/120) 13350×7730



日本道路公団富山工事事務所
(70/52 マルチ) 2-10160×7330



Strong Points

特長

軽量化が図れます。

アーチ構造の特性を活かし、周辺地盤と一体に挙動する柔構造の設計理論を確立し、大幅な軽量化を図っています。

大断面構造が構築できます。

軽量化に加え、合理的な分割方法により、スパン18m程度の構造物が構築できます。

施工が簡単で工期の大幅な短縮が図れます。

サイドウォール（側壁部材）が自立するため、1台のクレーンで簡単に据付けができ、工期の大幅な短縮が図れます。

美しいトンネルが構築できます。

ボックスカルバートに比べゆとりのある美しい空間が得られ、坑口部の竹割り構造が可能です。

急勾配施工、曲線施工が可能です。

縦断勾配は最大で15%、急カーブ施工は $R=15m$ の施工実績があり、厳しい施工条件下でも充分対応が可能です。

耐震性に優れています。

実物大実験や各種シミュレーションにより、地震時においても部材や継手部の安全性は確認されています。（財）土木研究センターでレベル2までの地震動に対して安全性が確認されています。

国土交通省・新技術活用システム

NETIS 登録NO：TH-980002

モジュラーチ工法技術資料

- Modularch工法技術資料
- Modularch工法技術マニュアル



製品の種類・用途

種類

SPタイプ

サイドウォール脚部が直線
水路を含む建築限界では合理的な断面で経済的

SP,STタイプで次の形状が可能です。

シングルアーチ

フーチングタイプ、インバートタイプ

STタイプ

サイドウォール脚部に曲線部を含む
景観性に優れている

マルチアーチ

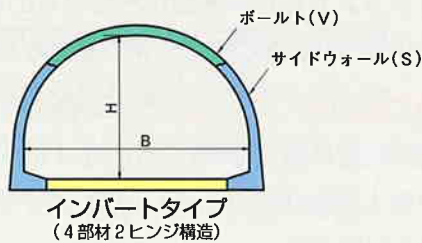
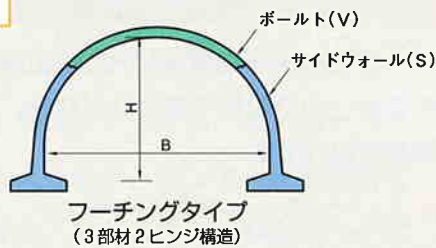
フーチングタイプ、インバートタイプ

用途

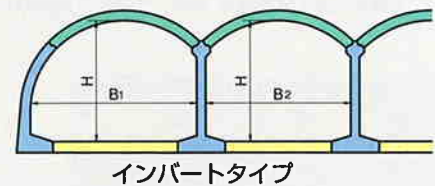
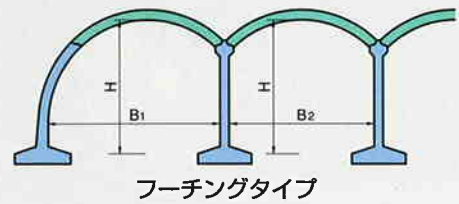
- ・道路、鉄道トンネル・多連アーチ橋・開削トンネル（道路、河川、水路）・トンネル坑門工
- ・地下調整池・トンネル坑口部・ロック、スノーシェッド・埋設管の防護工・トンネル明かり巻き部

SPタイプ

シングルアーチ

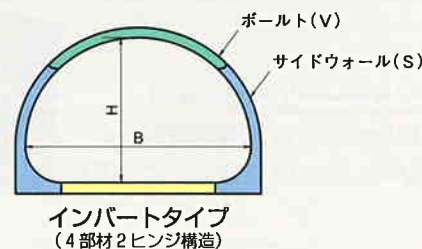
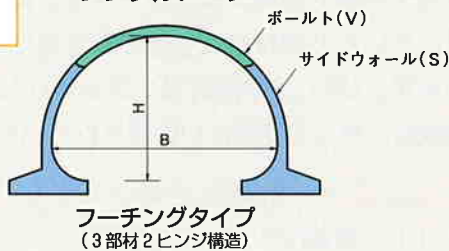


マルチアーチ

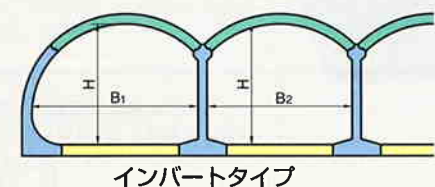
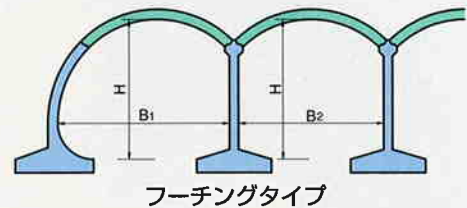


STタイプ

シングルアーチ



マルチアーチ



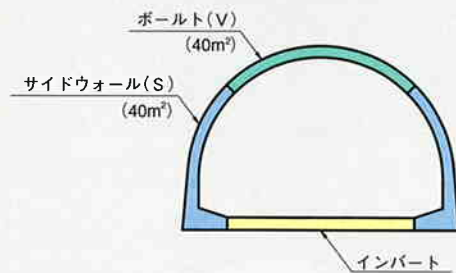
標準規格寸法表

呼び名 (S/V)	シングルアーチ		
	内幅B (mm)	内高H (mm)	有効 断面積 (m ²)
20/15	5,460	3,890	17
20/20	6,000	4,000	20
20/35	7,410	4,290	26
30/20	6,410	4,750	25
30/30	7,400	4,950	30
30/40	8,210	5,120	35
35/30	7,580	5,240	33
30/35	8,000	5,330	35
35/52	9,200	5,580	42
40/35	8,160	5,620	38
40/40	8,550	5,700	40
40/64	10,140	6,030	50
52/40	8,890	6,300	46
52/52	9,700	6,470	52
52/64	10,480	6,630	57
64/52	10,020	7,040	58
64/91	12,290	7,510	76
64/120	13,350	7,730	85
70/64	10,940	7,450	67
70/91	12,430	7,760	79
70/120	13,490	7,980	89
80/64	11,180	7,870	72
80/91	12,660	8,180	85
80/120	13,720	8,400	95
91/64	11,420	8,290	78
91/91	12,900	8,600	91
91/120	13,960	8,820	101
100/91	13,080	8,910	96
100/100	13,500	9,000	100
100/120	14,140	9,130	106
110/100	13,690	9,340	105
110/110	14,160	9,440	110
110/120	14,330	9,480	112
120/110	14,230	9,630	113
120/150	15,920	9,980	131
120/190	17,370	10,280	147

呼び名 (S/V)	マルチアーチ				
	内幅B ₁ (mm)	有効 断面積 (m ²)	内幅B ₂ (mm)	有効 断面積 (m ²)	内高H (mm)
20/15	4,800	16	4,130	15	3,890
20/20	5,330	18	4,670	17	4,000
20/35	6,750	25	6,080	23	4,290
30/20	5,530	23	4,640	20	4,750
30/30	6,520	28	5,630	25	4,950
30/40	7,330	32	6,450	30	5,120
35/30	6,650	30	5,730	27	5,240
35/35	7,080	32	6,160	30	5,330
35/52	8,280	40	7,360	37	5,580
40/35	7,120	35	6,080	31	5,620
40/40	7,510	37	6,470	34	5,700
40/64	9,100	47	8,060	44	6,030
52/40	7,670	42	6,450	38	6,300
52/52	8,480	47	7,260	43	6,470
52/64	9,260	53	8,040	49	6,630
64/52	8,640	53	7,260	47	7,040
64/91	10,900	70	9,520	65	7,510
64/120	11,960	79	10,580	74	7,730

SPタイプ

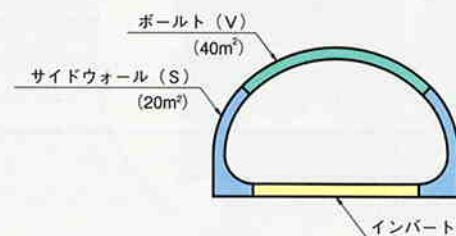
S40/V40



40m²サイドウォールと40m²ボールドの組合せ

STタイプ

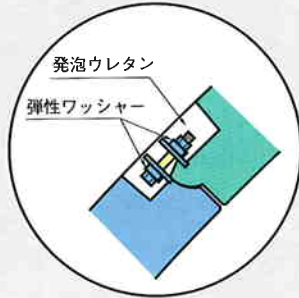
S20/V40



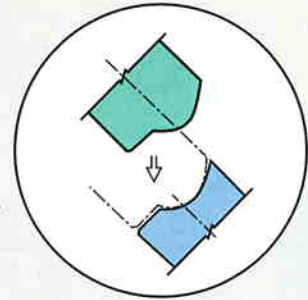
20m²サイドウォールと40m²ボールドの組合せ

標準構造

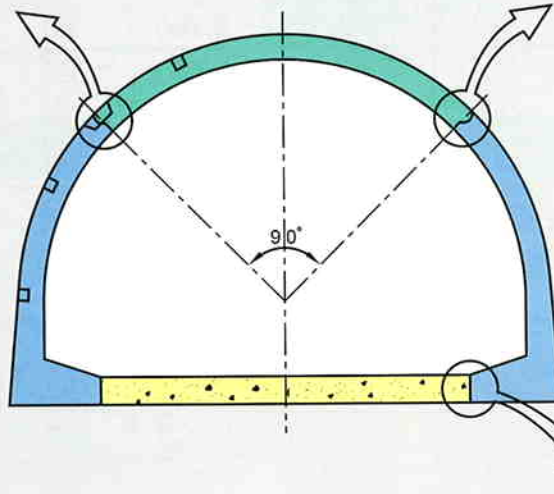
ピース間ジョイント



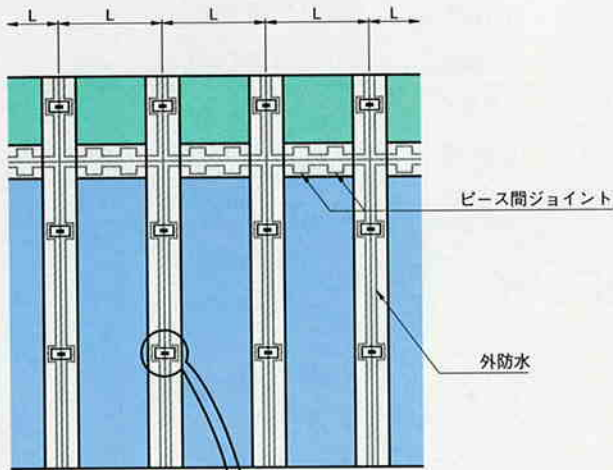
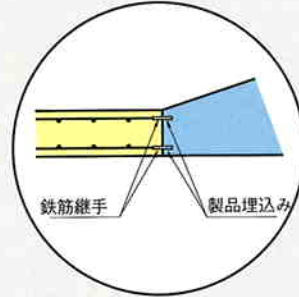
リングジョイント



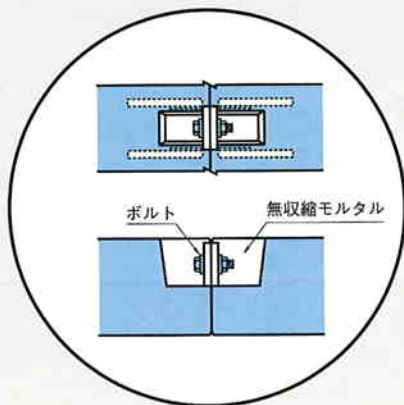
継手部 標準部



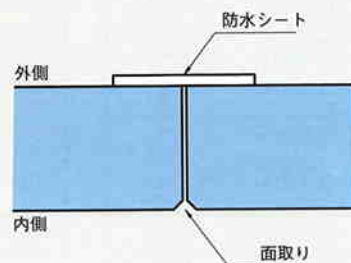
インバート接続部



リング間ジョイント



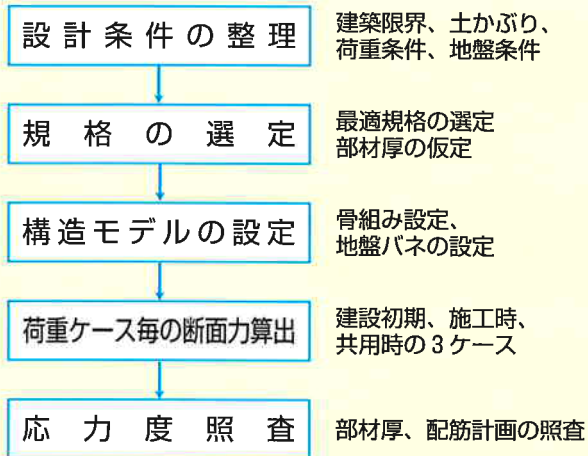
外防水及び内目地



設計概要

モジュラーチの設計は、部材および地盤が弾性体であるとの考えより、考えられるすべての荷重に対して部材の変形に応じた地盤反力を与える手法を用いており、現実に合せた合理的な設計手法を確立しています。具体的には、地盤バネをサイドウォールと底版に考慮したフレーム解析により発生断面力を算出しています。

設計フロー



荷重ケース

1. 建設初期

- ・製品のストックおよびハンドリング時
- ・組立時
- ・天端まで埋戻した状態

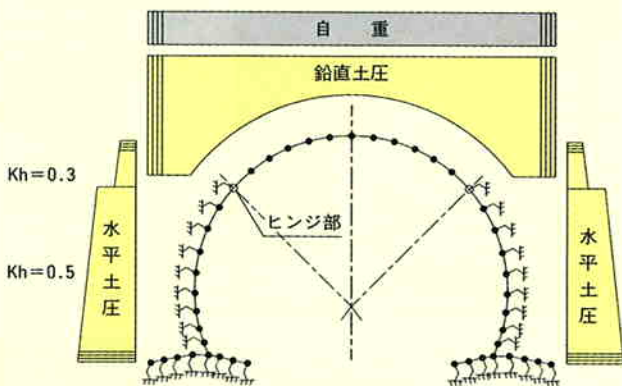
2. 施工時（埋戻し段階）

- ・施工時の最小盛土高さで建設車両（T-25）を載荷させた状態

3. 供用時

- ・完成時の盛土高さで活荷重（T-25）を載荷させた状態

構造モデル



部材設計

部材は曲げモーメントと軸力を同時に受ける単鉄筋長方形断面として応力度を算出します。許容応力度は以下のとおりとします。

	項目	記号	N/mm ²
コンクリート	設計基準強度	f'_{ck}	40
	許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	14
	許容せん断応力度	τ_a	0.55
	許容支圧応力度	σ_{ca}	20
鉄筋	許容引張応力度	σ_{sa}	180(SD345)

耐震設計

地震時に対するモジュラーチの全体構造系および継手部の安全性は、(財)土木研究センターにより設置された「モジュラーチ工法の耐震性に関する研究委員会」において、平成7年、8年の2年間にわたり検討がなされました。その結果、レベル1の地震荷重に対する安全性は十分に保有しており、これを超えるレベル2の地震荷重に対しても局所的な構造検討を加えれば、安全な構造となることが確認されております。従って、レベル1の地震に対しては標準仕様そのまま充分安全となりますので、安心してご使用ください。なお、委員会における実物実験、模型実験の詳細およびシミュレーション結果につきましては、「モジュラーチ工法の耐震性向上に関する研究会報告書」をご参照ください。



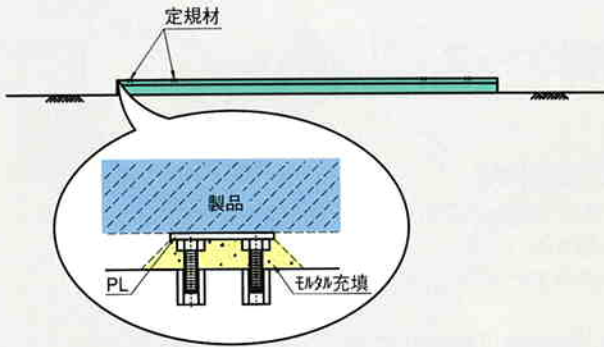
(注) レベル1：道路橋示方書における地震時一震度法に相当する地震動 レベル2：道路橋示方書における地震時保有水平耐力法に相当する地震動

施工

施工手順

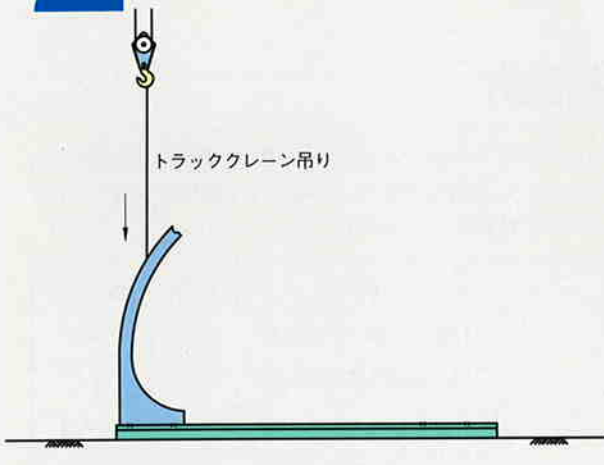
1

基礎構築（定規材埋め込み）



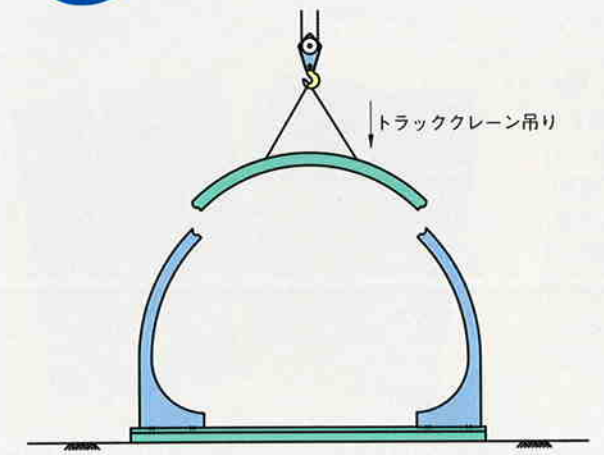
2

サイドウォール据付け



3

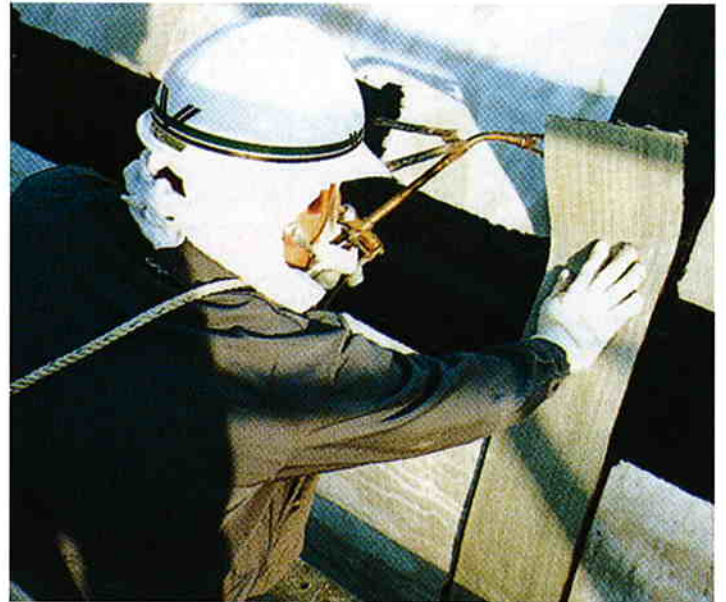
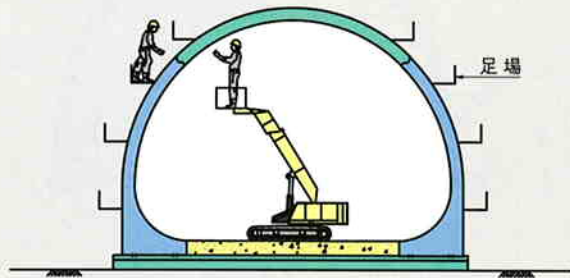
ボルト据付け・足場設置
※各リング据え付ける毎に随時行う



4

防水工

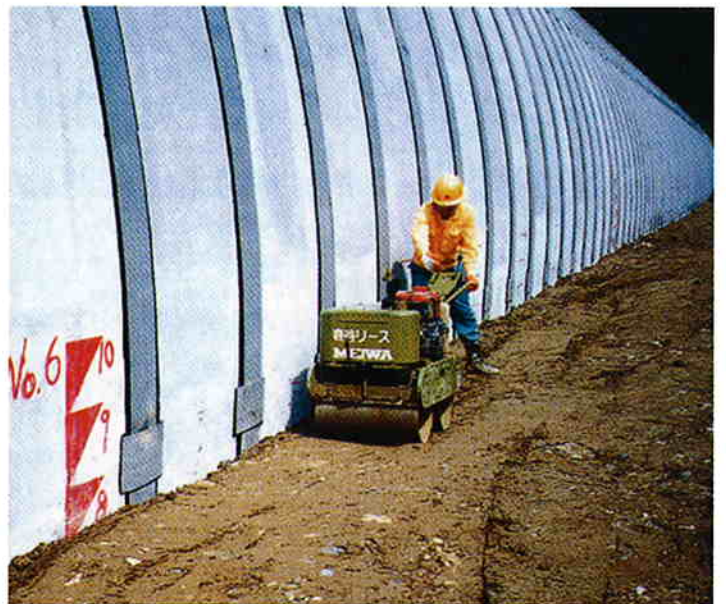
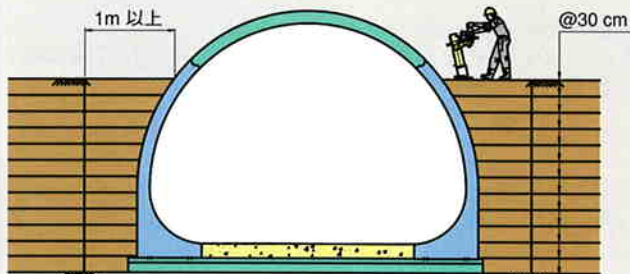
※内目地は必要に応じて施工します



5

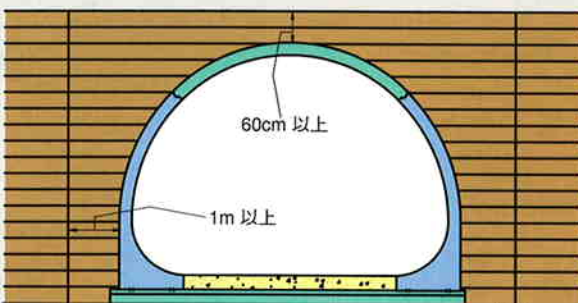
盛土工その1 (アーチ天端より60cm以下)

※小型建設機械による締め領域
1層を30cmとし、左右交互に締め固めを行う。



6

盛土工その2 (アーチ天端より60cm超)



横断ボックス構造比較検討

比較項目	現場打ちボックスカルバート	モジュラーチ工法
断面形状		
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ●現場で鉄筋、型組み、コンクリート打設を行い、ボックスカルバートを築造する工法である。 ●コンクリート打設は、3回打ちとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ●工場で製作した側壁部材およびアーチ部材を現場で組み立てた後、現場打ちのインバートを打設し、カルバートを築造する。 ●側壁部材とアーチ部材はヒンジ機能を有したナックルジョイントで接合され、2ヒンジ式アーチカルバートとなる。
コンクリート強度	24 N/mm ²	40 N/mm ²
構造特性	<ul style="list-style-type: none"> ●現場打ちのため部材厚が大きくなる。 ●躯体重量が大きく、沈下に対する安全性が低い。 	<ul style="list-style-type: none"> ●アーチ形状の特性により部材の大幅な軽量化が図れる。 ●ヒンジ部は、地震等の変位に対しても充分許容できる性能を有している。 ●縦方向は金具ボックスを用いたボルト連結方式で一体化が図れる。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ●工期が長くなる。 ●マスコンクリートとなり、品質管理が充分必要である。 ●支保工、足場工に充分注意を払う必要がある。 ●熟練工が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ●急速施行が可能で、道路占有も大幅に縮小できる。 ●部材の軽量化が図れるため、小さい機械で施行でき、他工事との併用が容易である。 ●外目地を施工し、止水性が良い。
坑口設計	ウイング構造しか対応できない。	ウイング構造の他、景観に優れた竹割り坑口が可能である。
工期	50m当り 90日	50m当り 30日
経済性	1.00	0.85
評価	一般的な工法であるが、工期が非常に長くなる。また、コンクリートの品質管理、支保工および足場工に対する安全管理が充分必要である。	国内での施行実績は200件以上あり、構造の安全性は確認されている。また、耐震性能も各種実験、シミュレーションにより確認されており、ゆとりある美観に優れたトンネルの築造が可能である。

モジュラーチST、SPタイプ比較表

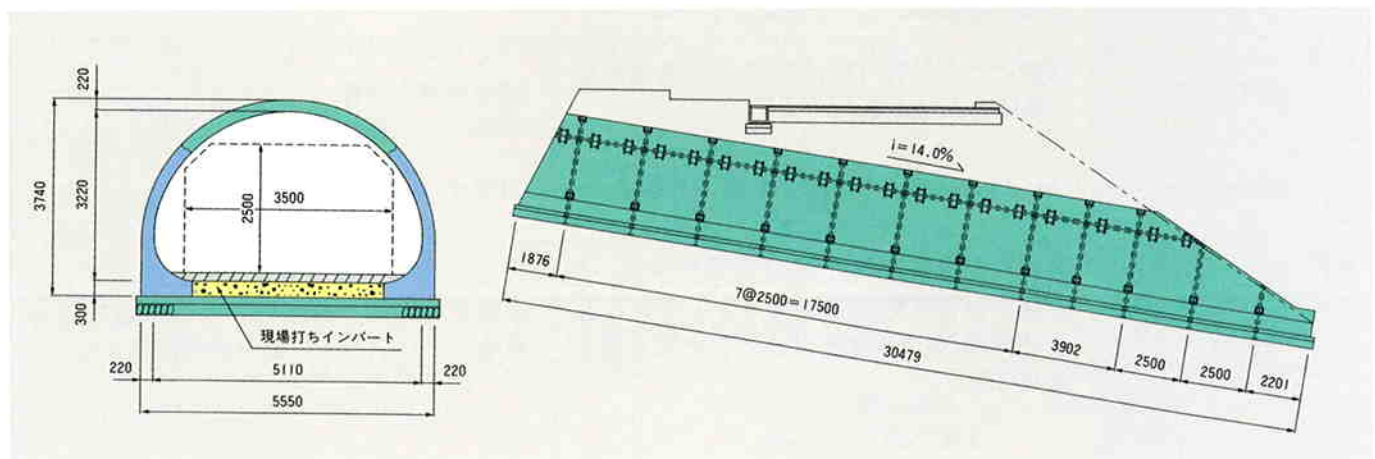
	断面形状比較 インバートタイプ	
	STタイプ 91/40土被り：5.4m	SPタイプ 52/52土被り：5.9m
構造形式		
製品の特徴	サイドウォール脚部が1/4円を含んだ形状である。	サイドウォール脚部が直線形状で、その高さを0.2mピッチで調整することが可能である。 ポルト部材はSTタイプと同一である。
景観性	美しいアーチ形状で景観性に優れている。	建築限界に即した断面を適用できる。
用途	道路、水路、鉄道などの開削トンネル、ロックシェッド スノーシェルター、多径間アーチ橋など	STタイプと同様
製品規格	トンネル内空断面積が15~120m ² になる組み合わせの部材が用意されている。	STタイプと同様
設計方法	周辺地盤を弾性体と考え、地盤パネを考慮したフレーム解析により設計を行っている。	STタイプと同様 設計詳細は「Modularch技術マニュアル」による。
耐震性能	(財) 土木研究センター委託の「モジュラーチ工法の耐震性向上委員会」でモデル試験によりレベル2まで検証。 また、FEM解析により検証をおこない構造的に問題ないことを確認している。	STタイプと同様にレベル2地震動まで検討。脚部のせん断補強により耐震に対して充分安全である。
施工方法	詳細については「Modularch工法標準施工要領書」による。	STタイプと同様
製造方法	「Modularch製作仕様書」に基づき製造	STタイプと同様
経済性	水路工を含んだ断面ではサイドウォール1/4円の影響で内空断面積が少し大きくなる傾向にある。	水路工を含んだ断面では合理的な組み合わせによりSTタイプより経済的になる。

写真で見る施工例

アンダーパス (遊歩道)



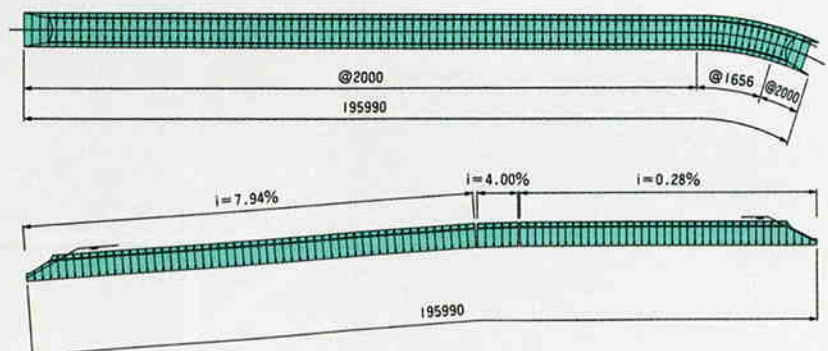
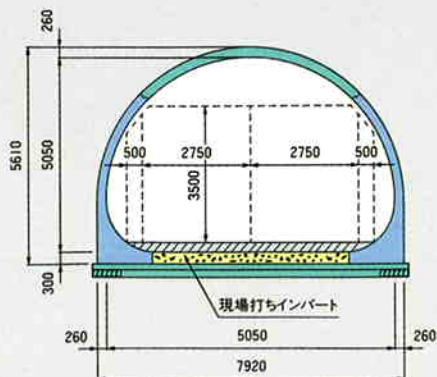
施 主：建設省東北地方建設局三春ダム
 工事事務所
 場 所：福島県田村郡三春町大字見山字泉沢
 構造物延長：30.5m
 土かぶり：2.5m
 S/V：12.5/15
 内幅×内高×厚さ：5.100×3.220×0.22
 施工年月：1996.3～5



アンダーパス (道路)



施 主：クレセントバレー美濃加茂
 場 所：岐阜県美濃加茂市蜂屋町
 構造物延長：196.0m
 土かぶり：1.0m
 S/V：30/30
 内幅×内高×厚さ：7.400×4.990×0.26
 施工年月：1996.9～12



写真で見る施工例

都市道路トンネル

山留め内施工
ベアリング横引き工法採用

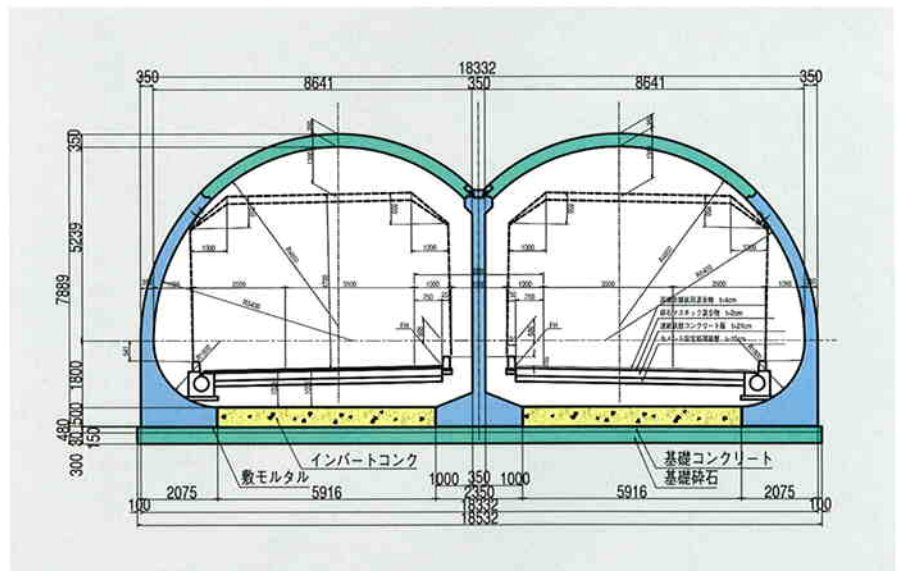
施主：川越土木事務所
場所：埼玉県川越市
構造物延長：113m
土かぶり：2.0m
S/V：64/52
内幅×内高×厚さ：10,020×7,040×300
施工年月：2001.3



インターチェンジアンダーパス

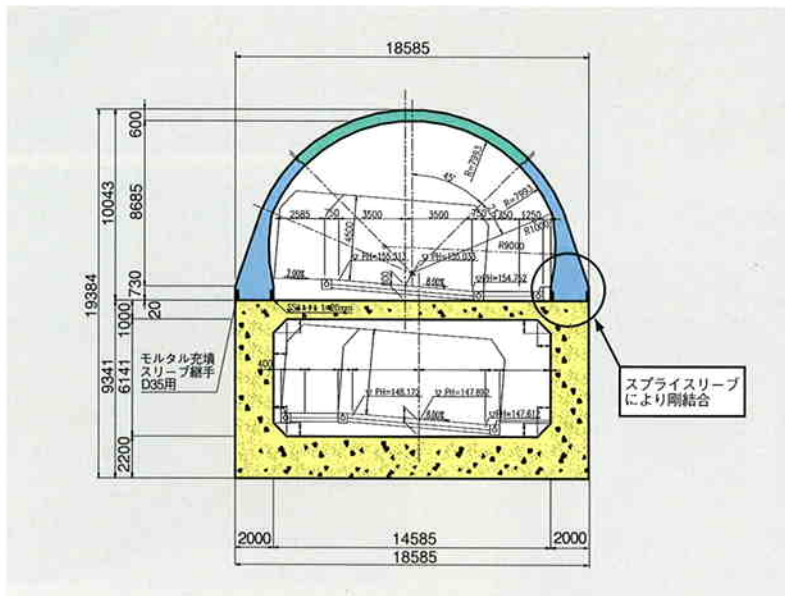
2連マルチタイプ

施主：国土交通省 大分県事務所
場所：大分県速見
構造物延長：102m
土かぶり：6.0m
S/V：64/52
内幅×内高×厚さ：27,000×4,700×350
施工年月：2001.9



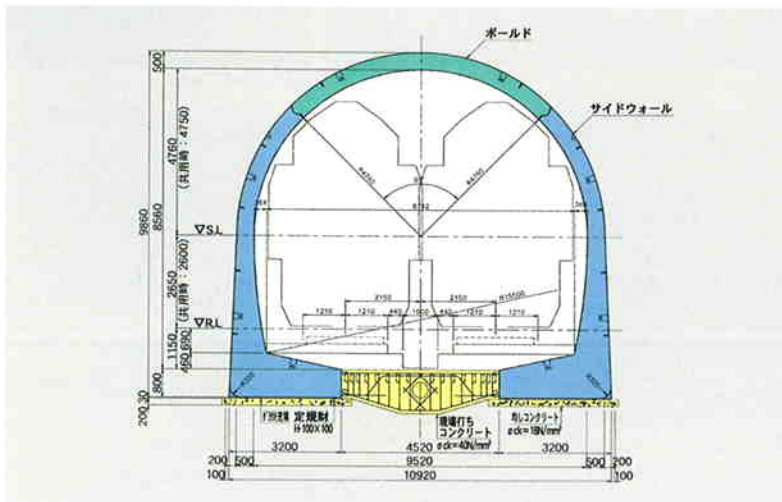
明かり巻トンネル（都市NATM本線道路）

施主：日本道路公団東京建設局八王子工事事務所
 場所：東京都青梅市
 構造物延長：27m
 土かぶり：5.0m
 S/V：30/30
 内幅×内高×厚さ：15,880×9,440×600
 施工年月：2001.10



明かり巻トンネル（新幹線本線トンネル）

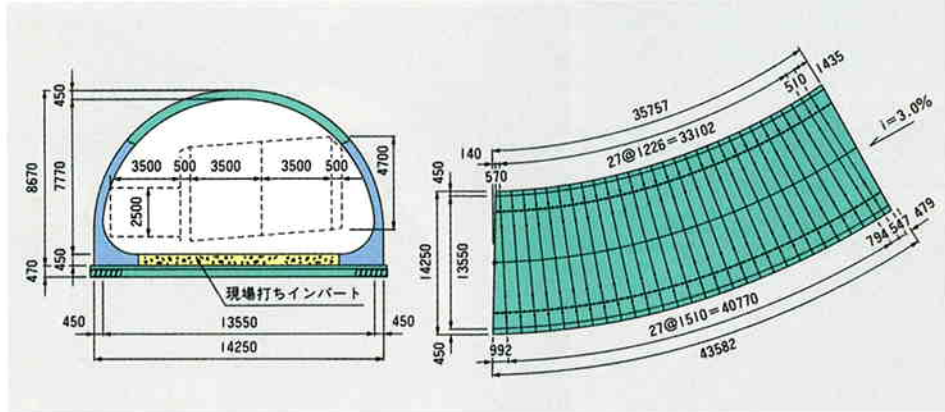
施主：日本鉄道建設公団九州新幹線建設局
 鹿児島鉄道建設所
 場所：鹿児島県鹿児島市
 構造物延長：118m
 土かぶり：20.0m
 S/V：100/52
 内幅×内高×厚さ：10,810×8,480×500
 施工年月：2001.1



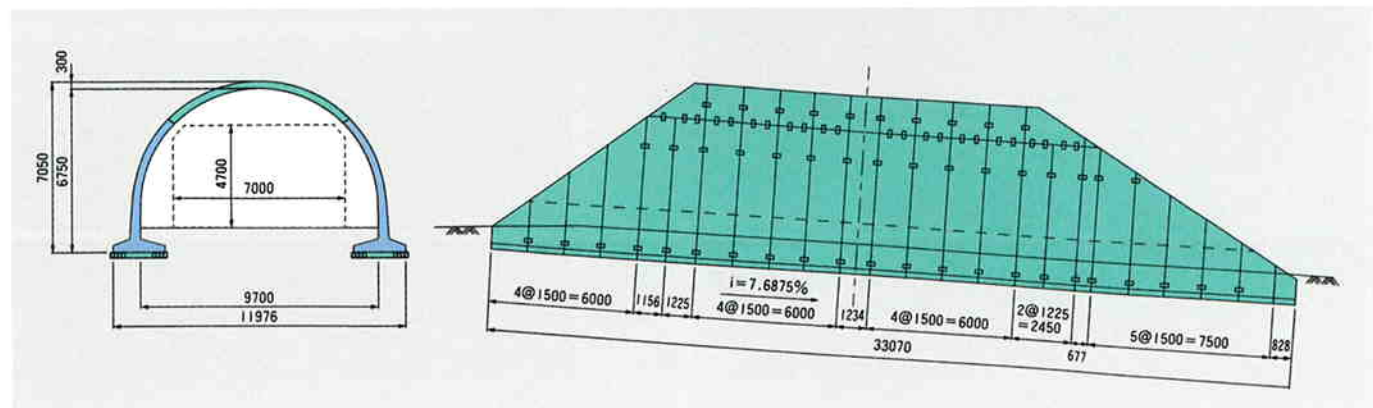
写真で見る施工例

アンダーパス (道路)

施主：沖縄県南部土木事務所
 場所：沖縄県那覇市首里
 構造物延長：39.6m
 土かぶり：1.5m
 S/V：64/120
 内幅×内高×厚さ：13.350×7.730×0.45
 施工年月：1998.10～11



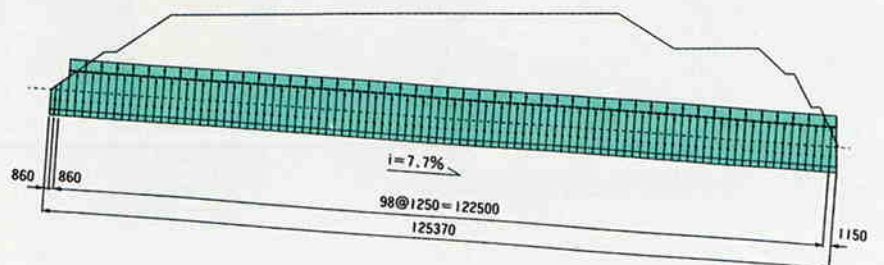
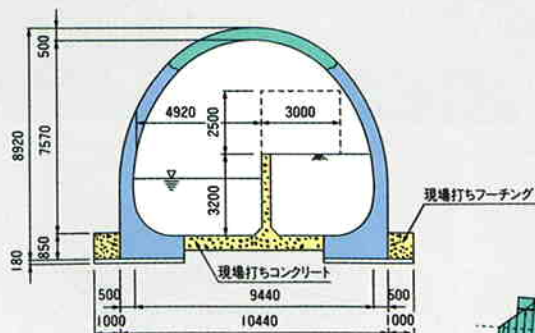
施主：福島県地方水道用水供給企業団
 場所：福島県福島市飯坂町
 構造物延長：33.07m
 土かぶり：2.0m
 S/V：52/52
 内幅×内高×厚さ：9.700×5.700×0.30
 施工年月：1997.9～10



アンダーパス (水路)

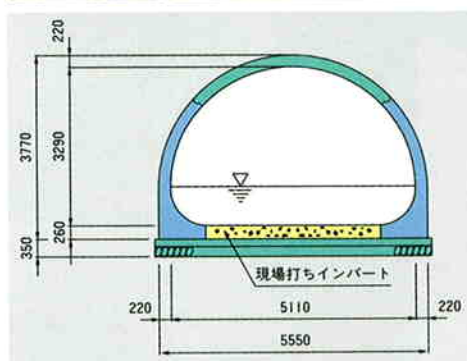


施主：長崎県出島バイパス建設事務所
 場所：長崎県長崎市早坂町
 構造物延長：125.0m
 土かぶり：11.0m
 S/V：91/35
 内輪×内高×厚寸：9.440×7.90×0.50
 施工年月：1997.3



写真で見る施工例

アーチ橋

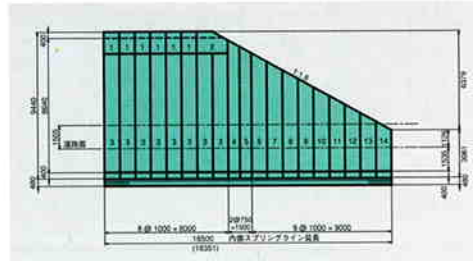
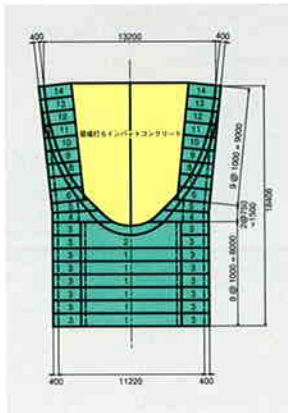
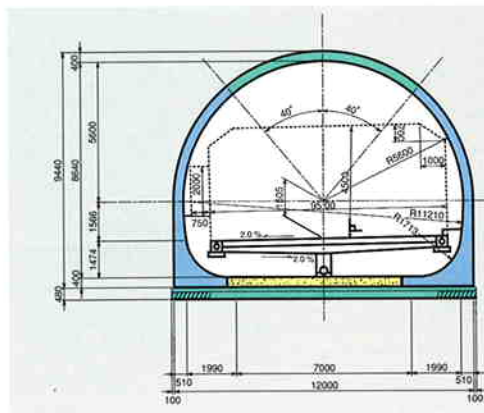


施主：新潟県中央銀行
 場所：山梨県西八千代郡上九一色村
 構造物延長：5.0m
 土かぶり：0.7m
 S/V：12.5/15
 内幅×内高×厚さ：5.110×3.260×0.22
 施工年月：1996.10

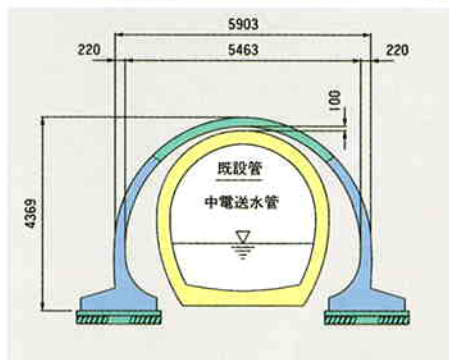
坑門工（JH本線トンネル）



施主：日本道路公団四国支社高松工事事務所
 場所：香川県大川郡
 構造物延長：19m
 土かぶり：2.0m
 S/V：70/70
 内幅×内高×厚さ：11,590×8,850×400
 施工年月：1999.6



防護管



施主：岐阜県損斐土木事務所
 場所：岐阜県本巣郡梶尾村
 構造物延長：16.0m
 土かぶり：1.5m
 S/V：20/15
 内幅×内高×厚さ：4.150×5.460×0.22
 施工年月：1996.12

地上トンネル



施主：栃木県土地開発公社
 場所：栃木県鹿沼市下石川町
 構造物延長：94m
 土かぶり：0m
 S/V：15/52
 内幅×内高×厚さ：8.390×4.140×0.26
 施工年月：1997.8

