

第7章 既製管挿入工法

7.1 工法概要

既製管挿入工法は、既設トンネル内に既製管を挿入し、挿入管と覆工との間隙に裏込充填材を充填する工法であり、管種や管体の形状から分類できる。

【解説】

既製管挿入工法は、覆工を取り壊すことなく、既設トンネルの形状寸法内に合わせてあらかじめ製作した鋼管、FRPM 管等を、既設トンネル内に挿入し、挿入管と覆工との間隙に裏込充填材を充填する工法である。管体の形状については円形管と馬てい形管が適用されている（図-7.1.1 参照）。

既製管挿入工法は、覆工の失われた耐荷性能を補う目的（自立管）で適用する。また、水路システムの再編に伴い、圧力トンネルの内張管として適用される場合もある。

本書では、自立管として適用する既製管挿入工法を対象とする。

(1) 適用条件

- ① 覆工の老朽度合が著しく、地圧等の外圧を負担できない場合
- ② 地山条件が悪く、覆工に手をかけると危険である場合
- ③ 水路システムの再編等により、圧力トンネルの内張管として更新する場合は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路トンネル」（平成 26 年 7 月、第 7 章 圧力トンネル）に準拠して設計する（本書の適用外）。

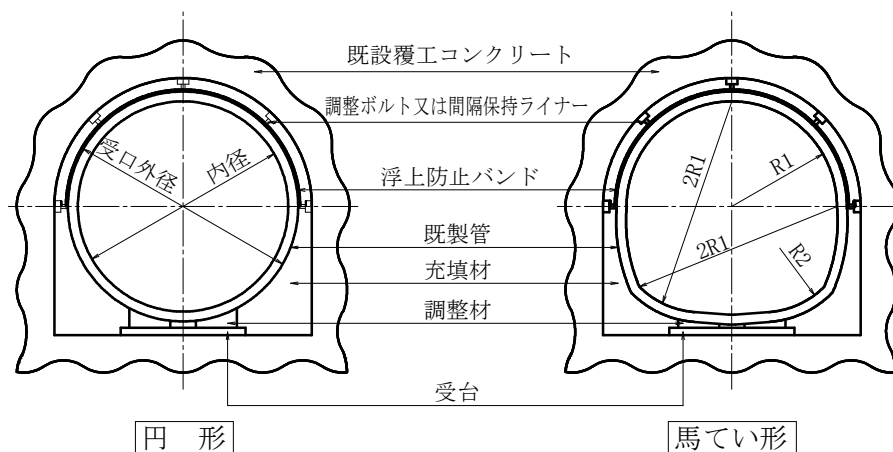


図-7.1.1 既製管挿入工法（例）

(2) 工法の特徴

既製管挿入工法は、鋼管、FRPM 管等を既設トンネルに運搬、引込み、据付けを行い、覆工と挿入管との間隙に裏込充填材を充填する工法である。図-7.1.2 に実績のある既製管挿入工法の分類を示す。



図-7.1.2 既製管挿入工法の分類

鋼管挿入工法は、普通鋼管を使用する工法と、既設トンネルの内空断面に近い口径を確保する目的で、あらかじめ縮径した巻込鋼管を使用する工法がある。図-7.1.3 に巻込鋼管の拡管状況を示す。普通鋼管を挿入する場合は、既設内空断面の 100mm 落ちサイズで施工することができる。また、巻込鋼管を使用する場合は 40mm 落ちサイズで施工できる。

FRPM 管挿入工法は、円形 FRPM 管を挿入する工法（写真-7.1.1）や馬てい形 FRPM 管を挿入する工法（写真-7.1.2）がある。また、近年、FRPM 管内に浮力を発生させる浮体を設置し、通水しながら管を浮上させて運搬する工法も開発・実用化されている。

覆工表面と挿入管受口外径との間隔は、覆工最小部分から 20mm 以上とすることが多い。また、インバート部では、運搬方法（レール式、タイヤ式）、台車構造（積載タイプ、キャスター付の埋め殺しタイプ）及びインバートの形状（曲線形、水平形）によって必要な離隔が異なるので、これらを勘案して挿入管の運搬方法を決定する。

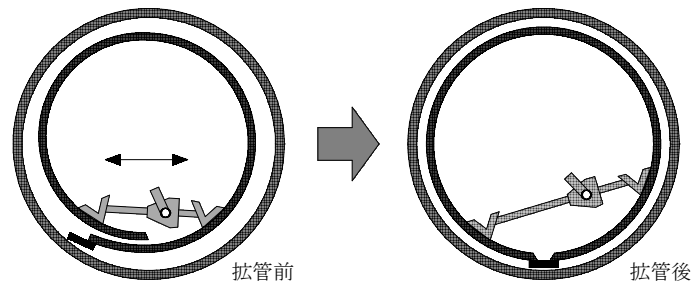


図-7.1.3 巻込鋼管拡管状況



写真-7.1.1 円形 FRPM 管挿入工法



写真-7.1.2 馬てい形 FRPM 管挿入工法

(3) 施工の概要

1) 鋼管挿入工法の施工手順

既製管をバッテリー車等で坑内に運搬し、巻き込み鋼管の場合はジャッキ等を使用して拡管したあと管軸方向の仮溶接を行う。円周方向の裏当て金を取り付け、レバブロック等で所定の位置に据え付け、間隔保持ライナーを設置する。芯出し作業の後、本溶接（裏当て金溶接）と溶接箇所の超音波検査を行い、鋼管と覆工との間隙を裏込充填材で充填する。最後に、現場溶接継手部の内面塗装と塗装検査を行う。

2) 円形・馬てい形 FRPM 管挿入工法の施工手順

円形又は馬てい形の FRPM 管をバッテリー車等で坑内に運搬し、レバブロック等を使用して接合する。管 1 本毎に浮上防止工を設置し、注入 1 スパン毎に間仕切り壁を設置した後、FRPM 管と覆工との間隙を裏込充填材で充填する。最後に、継ぎ手性能試験を行う。

(4) 留意事項

- ① 既設水路トンネルの形状を精度よく測量し、挿入管の通過可能管長を決定する必要がある。
- ② 覆工背面に空洞がある場合、挿入管に作用する荷重を均一にするために裏込注入工法との併用を検討する必要がある。
- ③ 裏込充填材の選定に当たっては、トンネル内の湧水状況、圧送距離等に留意する必要がある。
- ④ 計画で見込んだ地下水位より高い地下水位が管に作用し、管が座屈する事例があるので注意する必要がある。
- ⑤ 水路システムの変更に伴い自由水面水路のパイプライン化を目的として適用されている場合は、圧力トンネルの内張管として設計する必要がある。

(5) 裏込充填材

裏込充填材は、覆工と挿入管との間隙部へ充填するものであるから、スラリー性状と硬化性状が要求される。一般に裏込充填材は、一軸圧縮強さ $\sigma_{28}=1.0\text{N/mm}^2$ 以上の強度特性を持ったエアミルク、エアモルタルや可塑性充填材等が使用される。砂エアモルタルの圧送限界は約 300m 程度であり、長距離用としては微粒子混和材エアモルタル、クレーサンドエアモルタル、高流動エアモルタル等がある。

7.2 要求性能、性能照査

7.2.1 既製管挿入工法の要求性能と性能照査

既製管挿入工法の要求性能は、管種や構造形式及び現場条件に応じて適切に設定する。

既製管挿入工法の性能照査は、材料及び施工の性能が標準的な試験により定められた基準値を満足していることを確認するとともに、施工が適切に実施されることを施工計画の照査により確認する。

【解説】

(1) 性能照査の基本的な考え方

既製管挿入工法の性能照査は、当該工法に期待される効果の持続期間中に、水路トンネルが所要の要求性能を満足していることを確認しなければならない。しかし、施工対象の水路トンネルについて都度試験施工を行うことや、当該工法に要求される性能を一つの試験で直接評価することは、一般に困難である。

このため、性能照査に当たっては、当該工法に係る材料及び施工の各照査項目について、試験値が基準値を満足していることを確認するものとする。ただし、当該工法が所要の性能を有することを確認するためには、標準的な試験による確認に加え、仕様どおりに確実に施工されるよう、施工計画が適切であることをあらかじめ確認しなければならない。

(2) 照査方法と品質規格値の考え方

既製管挿入工法を施工した水路トンネルが所要の性能を確保するためには、当該工法に適用する材料の特性及び施工方法を考慮して要求性能を決定する必要がある。試験方法については、JIS 等に規定された方法を用いるものとする。

既製管挿入工法の要求性能に対する要求項目と照査方法及び要求値に関する基本的な考え方を表-7.2.1-1に示す。なお、既製管挿入工法で使用する管材料は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路トンネル」に掲載されている既製管等を対象とした工場製品であることから、要求性能の確認は JIS 等の公的規格に基づくものとし、ここでは主に裏込充填材の要求性能を示す。試験方法の詳細は、それぞれ適用する JIS 規格、NEXCO 試験方法等を参照されたい。

また、以下に性能照査に関する特記事項を記す。

通水性：既製管の実績より性能照査試験を省略可能とする。ただし、水理計算による流下能力の照査は実施する。

水密性：既製管の実績より性能照査試験を省略可能とする。

表-7.2.1-1 既製管挿入工法に求められる要求性能と性能照査方法

要求性能			要求項目	照査方法		要求値 (性能照査判定基準)
				試験方法	試験条件	
基本的性能	水理機能	水密性	想定される水圧に対して水密を保持できる性能	水密性試験 (注1)	継目試験 「テストバンドによる継手性能試験等」	試験水圧で5分間放置後の水圧が80%以下に低下していないこと
	構造機能	耐荷性 (注2)	充填材の強度(圧縮強さ)	一軸圧縮強さ試験 (注3)	JIS A 1216 「土の一軸圧縮試験方法」	材齢28日の圧縮強さ 1.0N/mm ² 以上
			充填材の単位容積質量	NEXCO 試験方法	試験法 313 「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」	申告値 ±100 (kg/m ³)
			充填材の空気量	NEXCO 試験方法 空気量の測定方法	試験法 313 「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」	申告値 ±5 (%)
			充填材の水中不分離性	水中作製供試体の圧縮強さ試験 (注3)	本書に示す試験	材齢28日の圧縮強さ 1.0N/mm ² 以上
		耐久性	鋼材腐食に対し耐久性を有する	溶接部の検査	JIS Z 3060 「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」	水道用鋼管現場溶接継手部の非破壊検査基準 WSP 008 による
				塗装部の検査	土木工事施工管理基準 (管水路工事)	外観、塗膜の厚さ (0.5mm 以上)、ピンホール、付着性を確認する
		充填性流動性	充填材の流動性 (フロー値)	NEXCO 試験方法 コンシステンシー試験方法	試験法 313 「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」のシリンダー法	申告値 ±20 (mm)
			長距離圧送性	模擬配管による充填性能試験 (注4)	各社技術による	工法の申告値

(注1) 水密性試験は FRPM 管挿入工法を対象とする。

(注2) 充填材の施工時の品質管理は、単位容積質量、フロー値、空気量により行うこととし、圧縮強さに加えて、所定の強度に管理するための諸数値を設定する。

(注3) ①湧水が無い場合は、「水中作製供試体の圧縮強さ試験」を省略し、「一軸圧縮強さ試験」を実施する。 ②湧水の痕跡がある、若しくはその量が滲み出し、滴水程度である場合は「一軸圧縮強さ試験」を省略し、「水中作製供試体の圧縮強さ試験」を実施する。 ③流水、噴水程度の湧水が確認され、湧水を完全に処理できない場合は、可塑性充填材が適用される。可塑性充填材については、「水中作製供試体の圧縮強さ試験」を省略し、表-5.2.1-1 に示す裏込注入工法の「一軸圧縮強さ試験」及び「水中分離抵抗性試験」を実施する。ただし、一軸圧縮強さ試験の要求値は 1.0N/mm² 以上とする。

(注4) 過去の圧送距離を超える圧送を行う場合には、適用する配合に対し新たな模擬配管による充填性能試験を行う。

① 水密性：水密性試験 (FRPM 管)

[試験方法]

水密性の照査は、「テストバンドを使用した継目試験」により行うものとする。

[要求値]

試験水圧は「充滿水による静水圧」とし、5分間放置後の水圧が80%以下に低下しないことを確認する。

② 溶接部の検査（鋼管）

〔検査方法〕

溶接部の検査は、JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」による。

〔判定基準〕

判定基準は、WSP 008「水道用鋼管現場溶接継手部の非破壊検査基準」に基づくものとする。

③ 塗装部の検査（鋼管）

〔検査方法〕

溶剤形エポキシ樹脂塗装の検査は、土木工事施工管理基準（管水路工事）による。

検査の時期は塗膜硬化後とし、外観、塗膜の厚さ（0.5mm 以上）、ピンホール、付着性について検査を行う。

④ 耐荷性：充填材

挿入管と覆工の間隙に充填する材料については、構造としての強度は期待しないことから高い強度は必要なく、間隙を充填することにより管体外面の保護や覆工コンクリート破損時の緩衝体としての機能を求めるものとする。

強度以外の照査項目は、覆工と挿入管の間隙を確実に充填するための施工性を確保するためのものとする。

〔試験方法〕

照査の項目は、充填材の強度（圧縮強さ）とする。これに加え、所定の強度を管理するため、充填材の施工時の品質管理は、単位容積質量、フロー値、空気量の諸数値を設定する。

試験方法について、充填材の強度（圧縮強さ）は JIS A 1216「土の一軸圧縮試験方法」、単位容積質量は NEXCO 試験方法の試験法 313「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」、材料の流動性は試験法 313「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」のシリンダー法、空気量は試験法 313「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」によるものとする。

〔要求値〕

充填材の強度（圧縮強さ）は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路トンネル」（平成 26 年 7 月）p.274 を参考に、下限値は 1.0N/mm^2 （材齢 28 日）とする。

(3) 耐久性

第4章 対策工法の共通事項 4.3 要求性能、性能照査を参照

7.2.2 既製管挿入工法の適用性

既製管挿入工法は、水利用機能、水理機能、構造機能、社会的機能及び施工条件を満足し、経済性、施工性、維持管理性等を比較検討して管種を選定しなければならない。

【解説】

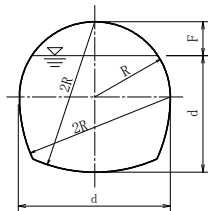
(1) 挿入管の適用性

既製管挿入工法の適用目的は、水路トンネルの補強だけでなく、水理性能向上のためのライニング管や水路システムの再構築に伴うパイプライン化の一環として適用するなど、多岐にわたる。このため、既製管挿入工法の適用に当たっては、適用目的に合った管種を選定することが重要である。

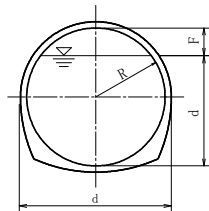
挿入管の通水能力は、管の形状や管種によって異なる。通水能力の比較例を表-7.2.2-1 に示す。粗度係数の標準値は、鋼管の場合 0.013、FRPM 管の場合 0.012 とする（表-4.4.2-1 参照）。

表-7.2.2-1 通水能力の比較例

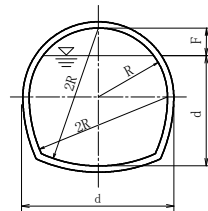
既設トンネルが 2R 馬てい形 2R=2.0m の場合											
	内空断面の形状	内空直径 $D(m)$	$F=0.20 \cdot D$			$F=0.17 \cdot D$			$F=0.10 \cdot D$		
			d	V	Q	d	V	Q	d	V	Q
既設トンネル ($n=0.015$)	2R 馬てい形	2.00	1.600	1.076	3.088	1.660	1.076	3.188	1.800	1.062	3.349
FRPM ($n=0.012$)	円形	1.80	1.440	1.247	2.722	1.494	1.210	2.814	1.620	1.230	2.968
	2R 馬てい形		1.440	1.254	2.915		1.253	3.007		1.237	3.160
鋼管・鋼板 ($n=0.013$)	円形	1.85	1.480	1.172	2.703	1.536	1.172	2.796	1.665	1.157	2.947
	2R 馬てい形		1.480	1.179	2.895		1.178	2.988		1.163	3.138



既設トンネル



円形



馬てい形

$$I = 1/2000$$

d : 水深(m)

V : 流速(m/s)

Q : 流量(m³/s)

$$V = 1/n \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

$$Q = A \cdot V$$

既設トンネルが 2R 馬てい形 2R=3.0m の場合											
	内空断面の形状	内空直径 $D(m)$	$F=0.20 \cdot D$			$F=0.17 \cdot D$			$F=0.10 \cdot D$		
			d	V	Q	d	V	Q	d	V	Q
既設トンネル ($n=0.015$)	2R 馬てい形	3.00	2.400	1.410	9.106	2.490	1.410	9.398	2.700	1.391	9.872
FRPM ($n=0.012$)	円形	2.80	2.240	1.674	8.842	2.324	1.674	9.143	2.520	1.652	9.641
	2R 馬てい形	2.60 (注1)	2.080	1.602	7.771	2.158	1.601	8.017	2.340	1.581	8.426
鋼管・鋼板 ($n=0.013$)	円形	2.85	2.280	1.564	8.556	2.366	1.564	8.852	2.565	1.543	9.329
	2R 馬てい形		2.280	1.572	9.164		1.572	9.459		1.551	9.935

(注1) 2R 馬てい形 FRPM 管の製作可能最大口径は 2.60m である。

FRPM 管はほろ形の成形ができないが、馬てい形（縦長馬てい形など）の FRPM 管はほろ形トンネルに適用できる。

既設トンネルに曲りがある場合は、トンネル坑内路線図を基に通過管長を検討する。通過管長の算定は、WSPA-103-2021「鞘管工法の計画・施工指針（農業用パイプラインにおけるパイプ・イン・

パイプ工法)」、日本水道鋼管協会、p.17等を参照する。

(2) 裏込充填材の適用性

覆工と挿入管の間隙には裏込充填材を注入する。

裏込充填材は、背面地山からの外力を、覆工を介して自立管となる挿入管に伝達し、また挿入管の変形によって生じた反力を覆工・地山へと伝達する重要な基礎部材である。

裏込充填材は、pH の高いアルカリ成分により鋼管外面を不動態化させる防食材としての機能を有している。

湧水が無い場合は、エアミルクやエアモルタル等の非可塑性充填材の採用事例が多いが、これらの材料は、水と接すると気泡とセメントペーストが材料分離を起こし、強度・剛性が低下するため注意が必要である。

湧水がある場合は、湧水を完全に処理した上でエアミルクやエアモルタルを使用することが一般的である。湧水を完全に処理できない場合は、可塑性充填材等の水中不分離性を有する材料が採用されるが、エアミルク、エアモルタルと比較して流動性が劣るため裏込充填材の打設間隔や充填方法を検討する必要がある。

7.3 水理設計

第 4 章 対策工法の共通事項 4.4 水理設計 を参照

7.4 構造設計

7.4.1 構造設計の基本的な考え方

第4章 対策工法の共通事項 4.5.1 構造設計の基本的な考え方 を参照

7.4.2 解析の方法

第4章 対策工法の共通事項 4.5.2 解析の方法 を参照

7.4.3 既製管挿入工法の構造設計

既製管挿入工法の適用に際しては、水路トンネルの特性を踏まえ、現場条件に応じた構造設計手法を選定し、適切な構造計算を実施して耐荷性能を照査する。

【解説】

(1) 既製管挿入工法の骨組解析検討モデル

既製管挿入工法は、自立管として構造計算を行うことを標準とする。

自立管として設計する既製管挿入工法は、管体断面をはり要素と仮定し、地盤ばねで支持された構造モデルで解析を行う。図-7.4.3-1 に既製管挿入工法の骨組解析検討モデル（例）を示す。

ただし、挿入管に円形管を適用する場合で、覆工背面空洞がなく暗渠的な土水圧が作用する場合には、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」及び「シールドトンネル内配管設計・施工指針」を適用することができる。

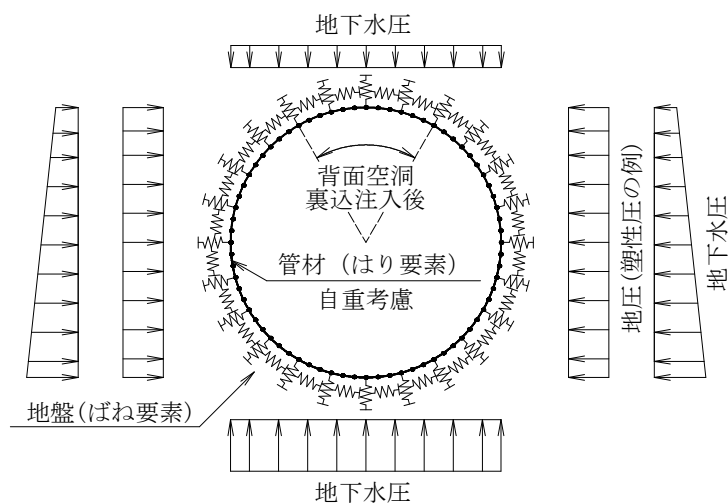


図-7.4.3-1 既製管挿入工法の骨組解析検討モデル（塑性圧の例）

① 既製管挿入工法の構造検討で考慮する荷重は次のとおりとする。

- ・ 自重（管材及び覆工コンクリートの自重）
- ・ 地圧
- ・ 地下水压
- ・ 内水压
- ・ 施工時荷重（裏込充填材充填時における浮力・充填圧）

- ② 地圧モードは覆工コンクリートの変状（ひび割れ位置等）や地山条件等から選択する。地圧強度は、第4章で示した曲げひび割れから推定した設計地圧強度と矢板工法の支保工に作用する荷重の大なる方、又は圧ぎが発生している場合の地圧強度などから適切に設定する。

- ③ 水圧条件については、湧水状況や地圧モードに応じて、表-4.5.2-8の中から適切な組合せを検討する。設計地下水位は、第4章で示したとおりウィープホールの有無等に応じて適切に設定する。

円形の既製管挿入工法は、一般にウィープホールが設置されないため、将来考えられる最大の外水圧を考慮して構造計算を行う。設計地下水位の設定には、ボーリング調査による長期間の水位観測が必要であるが、予想される最高地下水位を計画路線上の地表標高として設計する事例が多い。ただし、被圧水頭は別途考慮する。

既製管挿入工法は、全周を覆工と裏込充填材で囲まれ、外側への変形が拘束された状態にある。挿入管と裏込充填材との間隙に地下水が浸透した場合、挿入管は周辺拘束状態で外水圧を受けて局所的な変形をおこす可能性がある。このため、地下水圧に対する座屈の検討を行う。座屈に対しては鋼管の場合は1.5倍、FRPM管の場合は3.0倍の安全率を考慮する。

円形管の外水圧及び充填圧に対する検討は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路トンネル」、pp.339～345を参考にする。

- ④ 挿入管背面の反力係数は、解析モデルの節点に作用する地盤ばね（法線方向地盤ばね係数： K_r 、接線方向地盤ばね係数： K_θ ）でモデル化してよい。作用力は部材に直接作用させるものとする。部材を支持する地盤ばねは、圧縮方向にのみ作用させるものとし、部材が内側へ変位する場合には考慮しない。

地盤のモデル化の詳細は第4章を参照する。

地盤ばね係数は、地山相当のばね係数と裏込充填材のばね係数を比較して、小さい方を適用する。地山のばね係数は、式4.5.2-1、式4.5.2-2で算出してよい。なお、裏込充填材（エアモルタル）の変形係数は、表-6.4.3-1の値を適用してよい（地盤反力係数を算出する補正係数 α は4を適用する）。

また、覆工背面空洞への裏込注入を実施しない場合は、空洞範囲の地盤ばねを設定しない。

- ⑤ 鋼管の最小板厚は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」に準ずる。ただし、余裕厚（腐食代及び管厚公差余裕を見込んだもの）は考慮しない。
- ⑥ 施工時荷重に対する検討は、農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）（案）、pp.4-24～4-25を参考にする。施工時荷重で管厚（管級）が決定されることがないよう、充填方法を検討して、可能な範囲で施工時荷重の減少を図る。
- ⑦ FRPM管には内圧管と内挿用内圧管があるので、比較検討を行う。

- ⑧ 挿入管の構造検討に使用する諸数値及び許容応力度を表-7.4.3-1 に示す。補強効果の照査は、解析で求める補強部材の応力度が同表に示す許容応力度を超えなければよい。

表-7.4.3-1 既製管の構造検討に使用する諸数値

		既製管		
		鋼管 (STW400)	鋼管 (STW490)	FRPM 管
① 内水圧に対する検討				
σ_a	許容引張応力度 (N/mm ²)	170	208	—
H_c	管の試験内圧力 (N/mm ²)	—	—	別表①
② 外水圧に対する検討				
S	安全率	1.5	1.5	3.0
σ_F	材料の降伏点 (N/mm ²)	225	t ≤ 16 : 325 16 < t ≤ 40 : 315	(圧縮強度) 別表②
ν	管材のポアソン比	0.3	0.3	0.3
E_b	管の曲げ弾性係数 (N/mm ²)	2.0 × 10 ⁵	2.0 × 10 ⁵	別表②
E_c	管の圧縮弾性係数 (N/mm ²)	2.0 × 10 ⁵	2.0 × 10 ⁵	別表②
③ 充填圧に対する検討				
E_b	管の曲げ弾性係数 (N/mm ²)	2.0 × 10 ⁵	2.0 × 10 ⁵	別表②
ν	管材のポアソン比	0.3	0.3	0.3
S	安全率	1.5	1.5	1.5
④ 充填時の浮力に対する検討				
(a) 円周方向の曲げ応力				
σ_b	許容曲げ応力度 (N/mm ²)	225 (注1)	312	別表②
(b) 軸方向の曲げ応力				
σ_b	許容曲げ応力度 (N/mm ²)	225 (注1)	312	別表③

(注1) 許容曲げ応力度は許容引張応力度 σ_a を用い、施工中の荷重であるので 1.5 倍する。

170 × 1.5 = 255 N/mm² 降伏点 (225 N/mm²) を超えるので、降伏点を許容曲げ応力度とする。

内水圧に対する諸数値は参考値として示した。

別表① 試験内圧 H_c (N/mm²)

規格	管種	試験内圧
FRPM K-111A	内圧 1 種	2.6
	内圧 2 種	2.1
	内圧 3 種	1.6
	内圧 4 種	1.2
	内圧 5 種	0.6
FRPM K-111	内圧 1 種	2.6
	内圧 2 種	2.1
	内圧 3 種	1.4
	内圧 4 種	1.0
	内圧 5 種	0.5
FRPM K-111L	内挿用内圧 3 種	1.4
	内挿用内圧 4 種	1.0
	内挿用内圧 5 種	0.5

別表② 諸元

規格	管種	圧縮強度	曲げ弾性係数	圧縮弾性係数	円周方向許容 曲げ応力
		σ_F (N/mm ²)	E_b (N/mm ²)	E_c (N/mm ²)	σ_{bc} (N/mm ²)
FRPM K-111A	内圧 1 種	175	22,000	19,000	96
	内圧 2 種	175	20,000	17,000	95
	内圧 3 種	160	17,000	14,500	86
	内圧 4 種	140	15,500	13,500	76
	内圧 5 種	135	15,000	13,000	73
FRPM K-111	内圧 1 種	172	21,600	18,600	94
	内圧 2 種	172	19,600	16,700	93
	内圧 3 種	157	16,700	14,200	85
	内圧 4 種	137	15,200	13,200	75
	内圧 5 種	132	14,700	12,700	72
FRPM K-111L	内挿用内圧 3 種	157	16,700	14,200	85
	内挿用内圧 4 種	137	15,200	13,200	75
	内挿用内圧 5 種	132	14,700	12,700	72

(注 1) 円周方向許容曲げ応力は円周方向曲げ強さを、安全率 = 3 で除した数値とした。

別表③ 軸方向許容曲げ応力 σ_{ba} (N/mm²)

規格	FRPM K-111A		FRPM K-111		FRPM K-111L
呼び径	内圧 1 種～2 種	内圧 3 種～5 種	内圧 1 種～2 種	内圧 3 種～5 種	内挿内圧 3 種～5 種
200	30.00	25.00	29.40	24.50	—
250～350	27.50	22.50	26.95	22.05	—
400～500	25.00	20.00	24.50	19.60	—
600	22.50	17.50	22.05	17.15	28.60
700	17.50	15.00	17.15	14.70	24.50
800～900	15.00	12.50	14.70	12.25	20.40
1,000	12.50	10.00	12.25	9.80	16.35
1,100～3,000	10.00	7.50	9.80	7.35	12.25

(注 1) 軸方向許容曲げ強度は軸方向曲げ強さを、安全率 = 2 で除した数値とした。

(注 2) 許容曲げ応力は内張管として通常用いられる 4.0m 管の数値とした。

7.4.4 水抜工

第4章 対策工法の共通事項 4.5.3 水抜工 を参照

(1) 既製管挿入工法の水抜工

無圧トンネルの補強対策としては、原則としてアーチ部にウィープホールを計画することが望ましいが、既製管挿入工法を対象に確認できた施工実績の中にはウィープホールが施工された事例は見られなかった。

それに代わる水抜工としては、施工時の湧水対策を兼ねた防水シートとドレーンパイプを併用する事例がある（図-7.4.4-1、写真-7.4.4-1）。既製管挿入工法を適用する場合には、これらの方法により適切に施工時の湧水処理を行うとともに、竣工後の挿入管に過剰な地下水圧を作用させないための水抜工としても活用することが望ましい。

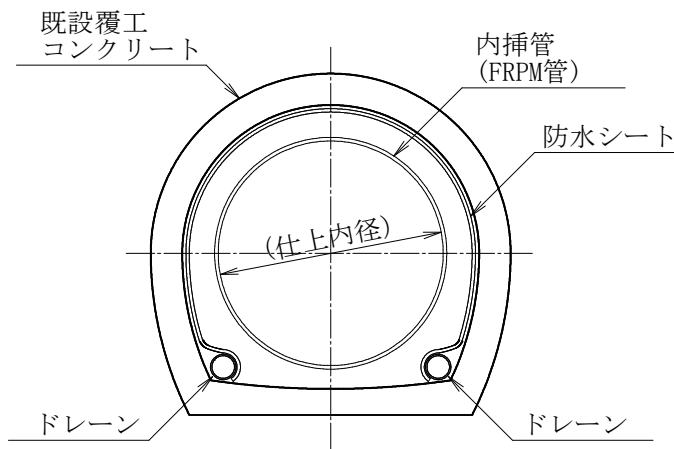


図-7.4.4-1 防水シートとドレーンパイプの施工事例



写真-7.4.4-1 止水・導水対策事例

FRPM管挿入工法にウィープホールを設置する場合は、裏込充填材の注入孔から地山まで削孔してウィープホールを設ける方法がある。

鋼管挿入工法にウィープホールを設置する場合は、鋼板内張工法に設置するウィープホールと同じ構造を適用できる。

7.5 施工方法

7.5.1 長寿命化対策の施工

第4章 対策工法の共通事項 4.6.1 長寿命化対策の施工 を参照

7.5.2 仮設備工

第4章 対策工法の共通事項 4.6.2 仮設備工 を参照

7.5.3 坑内作業準備工

第4章 対策工法の共通事項 4.6.3 坑内作業準備工 を参照

7.5.4 下地処理工

第4章 対策工法の共通事項 4.6.4 下地処理工 を参照

7.5.5 導水・止水対策工

第4章 対策工法の共通事項 4.6.5 導水・止水対策工 を参照

7.5.6 補修工法の施工

第4章 対策工法の共通事項 4.6.6 補修工法の施工 を参照

7.5.7 既製管挿入工法の施工

既製管挿入工法は、現場条件を十分に踏まえた計画の下で施工を行うことが求められる。

【解説】

(1) 鋼管挿入工法の施工

図-7.5.7-1 に鋼管挿入工法の施工手順を示す。

1) 既設水路トンネル内調査

既設水路トンネル内の配管においては、可能な限り既設トンネルの中心部に鋼管を据え付ける計画を行う。したがって、既設水路トンネルの縦横断方向の蛇行に対し、直管部、曲管部を問わず管端のテーパ加工が必要となる。正確なテーパ加工を行うには、既設水路トンネルの形状を精度良く調査することが肝要であるため、既設水路トンネル内の線形測量、及び既設トンネル内径測定を行う。

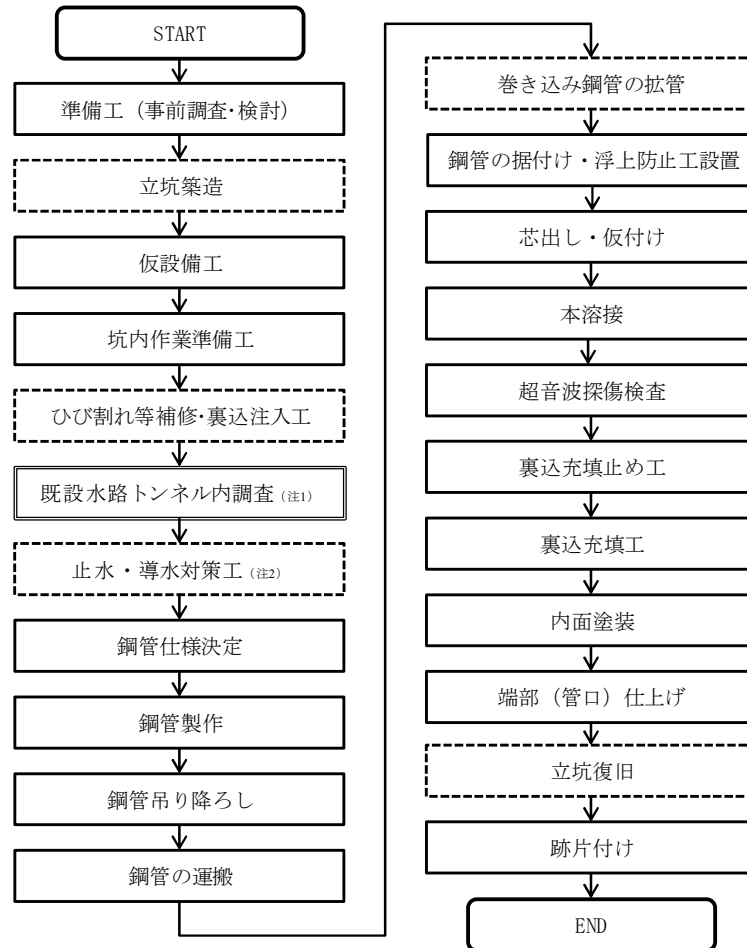
これらの調査（坑内路線測量）は、原則として実施設計段階で行うことが望ましい。坑内路線測量方法については、本書の巻末資料「1. 現地調査方法」を参考に行う。

縦断線形の調査結果を基に、凸部の管頂部には裏込充填確認孔を凹部の管底部には湧水排水用孔を設けポンプ等で排水できる構造としておくことが望ましい。

2) 鋼管仕様決定・鋼管製作

既設水路トンネル内調査結果に基づき、管種（普通鋼管、巻き込み鋼管）、管長等の仕様を決定し、管割図や製作図を作成する。

製作図に基づき普通鋼管や巻き込み鋼管を製作し、現場へ搬入する。



注) 破線は必要に応じて実施する

(注1) 既設水路トンネル内調査は原則として実施設計段階で行う。これによらない場合は鋼管仕様決定前に既設水路トンネル内調査を行わなければならない。

(注2) 止水・導水対策工については、7.4.4 水抜工を参照するものとする。

図-7.5.7-1 鋼管挿入工法施工フロー（例）

3) 鋼管の吊り降ろし

管が工事現場に到着した後、管の寸法形状、材質等を製作図及び仕様書と照査するとともに、輸送中における傷の有無を確認する。

据付方向、順序、天地について確認し、クレーン等により立坑内に鋼管を吊り降ろす。吊り降ろし設備は、吊り荷に対して適切な能力を持ったものを使用する。

4) 鋼管の運搬

運搬方法は、一般的には鋼管の管端部にローラーを取り付け、バッテリー車で運搬する方法又は

ウインチで引き込む方法が用いられる。

バッテリー車又はウインチの選定に当たっては、既設水路トンネルの状態（勾配、不陸等）、鋼管の寸法と重量、作業条件等を十分検討して決定しなければならない。また、運搬に当たっては、鋼管と既設水路トンネルとの間隙が狭いため、ローラーの高さの選定なども十分に検討する必要がある。

図-7.5.7-2 に鋼管の運搬作業の例を示す。

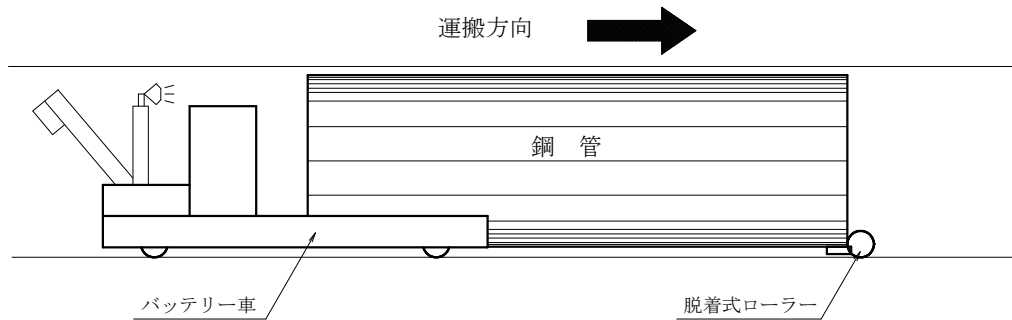


図-7.5.7-2 鋼管の運搬作業の例

5) 巻き込み鋼管の拡管

巻き込み鋼管を使用する場合は、据付位置まで運搬後、ガス切断機、グラインダー等を用いて固定金具を切断する。その後、棒ジャッキや油圧ジャッキ等を使用し、最終仕上げ径まで拡管し、管軸方法の仮付溶接を行う。

図-7.5.7-3 に巻き込み鋼管の拡管作業の例を示す。

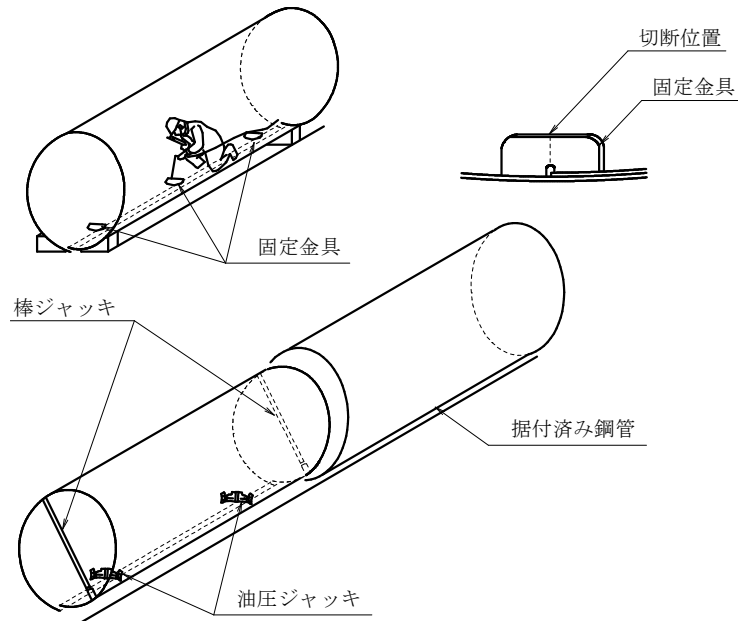


図-7.5.7-3 巻き込み鋼管の拡管作業の例

6) 鋼管の据付け・浮上防止工設置

鋼管の据え付けは、バッテリー車等にて据え付け位置まで運搬し、鋼管管端のローラーを取り外し既設水路トンネル内に仮置きした後、円周方向裏当て金を取り付け、レバーブロックやジャッキ等を用いて所定の位置に据え付ける。

図-7.5.7-4 に鋼管据付作業の例を示す。

間隔保持ライナー（浮上防止工を兼ねる）は、配管が部分的に完了し、鋼管と既設水路トンネルとの間隙に裏込充填材を注入する際の間隔保持を目的として行うものであり、管1本毎に設置する。

間隔保持ライナーの形状、取付位置、取付方法等には特に規定はないが、浮力により間隔保持ライナーが損壊したり、鋼管が局部変形を起こしたりしないようなものを使用するとともに適切な取付方法を選定する必要がある。

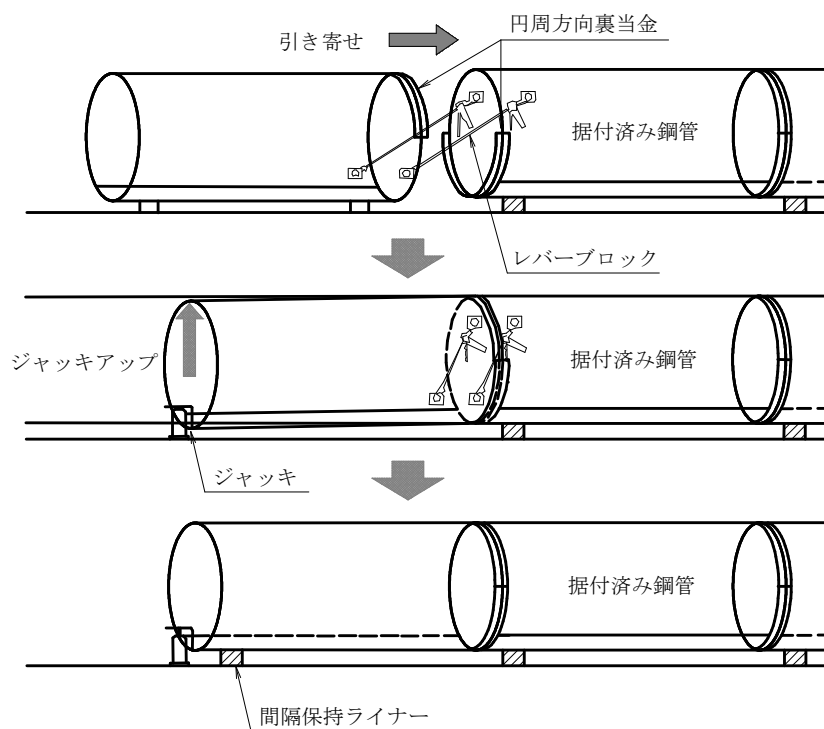


図-7.5.7-4 鋼管の据付作業の例

7) 芯出し・仮付け

芯出し作業は、既設管との目違い、ルート間隔を棒ジャッキ、溶接ジグ等を使用し天地左右を調整しながら肌合わせを行う。

また、仮付溶接は、ほとんどが内面からの作業となり、本溶接と同様にブローホールや割れなどの有害な欠陥を生じないように入念に行う。

鋼管の溶接は、重要な作業であり、適切な方法で溶接しなければならない。溶接方法としては、被覆アーク溶接法、半自動溶接法及び自動溶接法が採用されている。

8) 本溶接

溶接作業は、一般的に裏当金を用いた管内面からの片面溶接によって行われる。その開先形状の標準は、図-7.5.7-5 に示すとおりである。

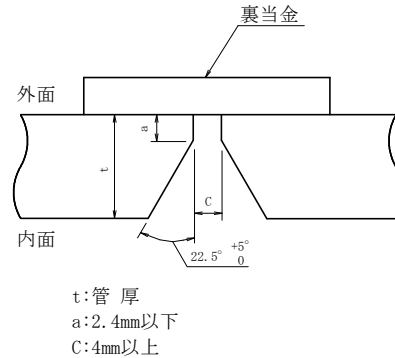


図-7.5.7-5 標準開先

9) 超音波探傷検査

溶接部の検査は、JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」による非破壊検査とする。

10) 裏込充填止め工

裏込充填打設前に、鋼板端部への裏込充填止めを施工する。裏込充填止め工の設置間隔は、裏込充填材料決定後に裏込充填時の構造計算を行い、段階打設や一括打設する場合の打設量を満足するように決定する。(鋼板内張工法：図-6.5.7-2 参照)

11) 裏込充填工

裏込充填工については、充填材の性状確認、注入圧力、注入量等について管理を行う。

注入方法の選定は、注入量や注入延長、注入プラントの設置条件を考慮して行う。図-7.5.7-6 に車上プラントによる方法を示す。

【実施内容及び留意点】

① 充填材注入施工条件

外気温等が規定の範囲内であることを確認する。

② 充填材性状の管理方法

充填材の配合比、フロー値や圧縮強さ試験値等が規定内であることを確認する。

③ 注入圧力の管理方法

注入圧力は注入ポンプの口元及び注入口に設置した圧力計を用いて随時測定し、記録する。注入ポンプを用いる場合には注入口で規定の圧力を超えないように注入圧力を管理する。

④ 注入量の管理方法

実際の注入量を計画注入量と対比し、大きな差異がないことを確認する。充填材が管口の空気抜き（確認孔）から流出（リーク）することを確認する。

⑤ 充填確認パイプの設置間隔

充填材の注入方法は、管内面にソケットとプラグから構成されている裏込充填孔(図-7.5.7-7)を設け、そこから充填を行う。充填孔の取付ピッチは、20m 程度が多いが、打設量や配管線形などから検討する必要がある。

裏込充填工では、充填中に空気溜まりが発生した場合、隅々までに充填材がまわりきらない可能性があり、弱部となるおそれがあることから、空気が確実に排除できるよう空気抜きを配置する。

充填中に挿入管が座屈しないよう適切な対応を検討する。充填方法としては、一度に全断面を充填する方法と2回に分けて下部半断面を充填した後に上部半断面を充填する方法がある。また、状況によっては3回に分けて行う場合もある。

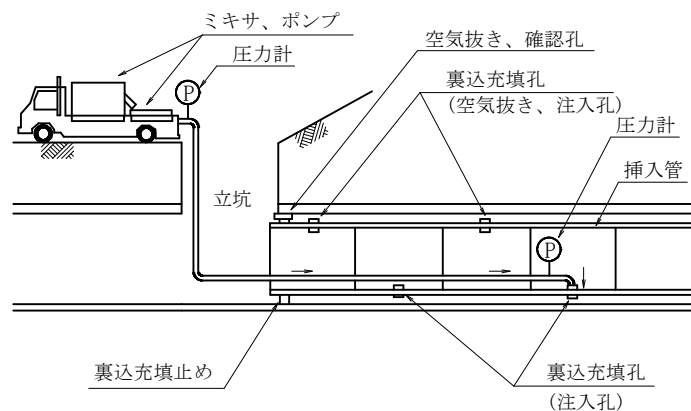


図-7.5.7-6 車上プラントによる充填施工の例

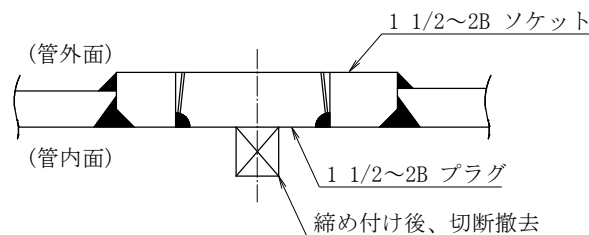


図-7.5.7-7 裏込充填孔の構造例

12) 内面塗装

鋼管の表面処理(下地処理:ブラスト処理等)、塗装作業を行い、塗装検査を行う。

現場溶接継手部における鋼管内面の溶剤形エポキシ樹脂塗装方法は、JIS G 3443-4「水輸送用塗覆鋼管—第4部:内面エポキシ樹脂塗装(溶剤形エポキシ樹脂塗装)」のC.3.2による。

溶剤形エポキシ樹脂塗装の検査は、土木工事施工管理基準(管水路工事)による。

13) 端部(管口)仕上げ

更生管端部(管口)は、ポリマーセメントモルタル等を使用して覆工の内径に合わせてテーパ一状に仕上げる。(図-6.5.7-3 参照)

(2) 円形 FRPM 管挿入工法・馬てい形 FRPM 管挿入工法の施工

FRPM 管挿入工法は、種々の管運搬工法が開発されており、その一例を図-7.5.7-8～図-7.5.7-11に示す。図-7.5.7-8 はかご型台車とバッテリー機関車で運搬する工法、図-7.5.7-9 は一般型台車とバッテリー機関車で運搬する工法、図-7.5.7-10 はキャスター付きバンドを FRPM 管に装着して人力により運搬する工法を示す。また、図-7.5.7-11 は FRPM 管内に浮力を発生させる浮体を設置し、通水しながら管を浮上させて運搬する工法である。

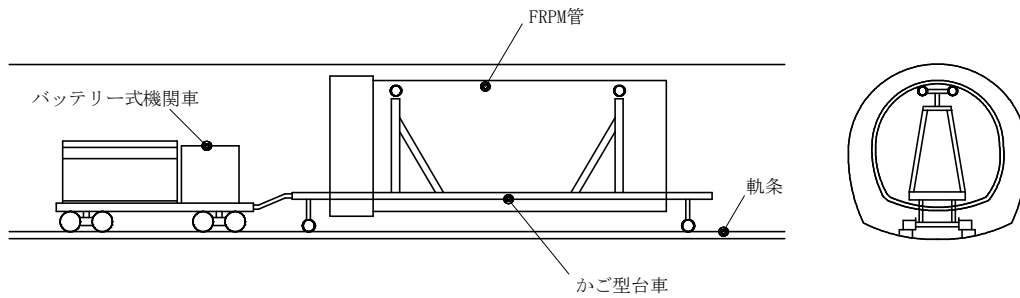


図-7.5.7-8 かご型台車とバッテリー機関車で運搬する工法

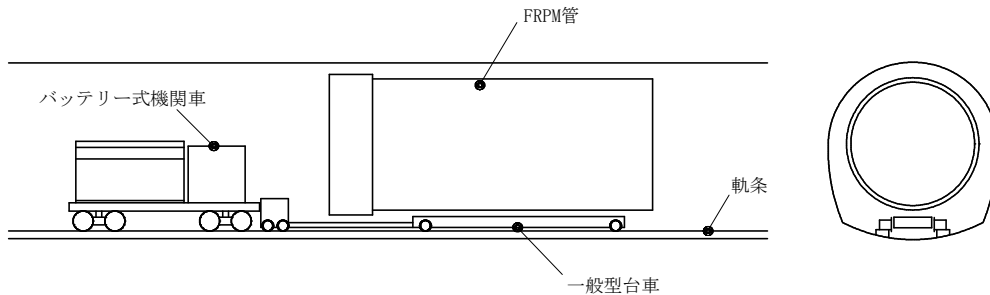


図-7.5.7-9 一般型台車とバッテリー機関車で運搬する工法

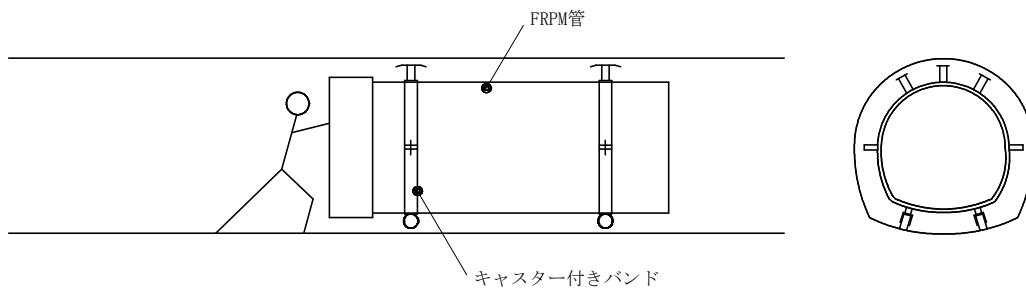


図-7.5.7-10 キャスター付きバンドを FRPM 管に装着して人力により運搬する工法

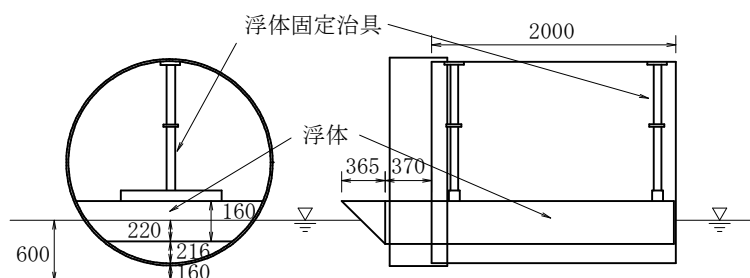
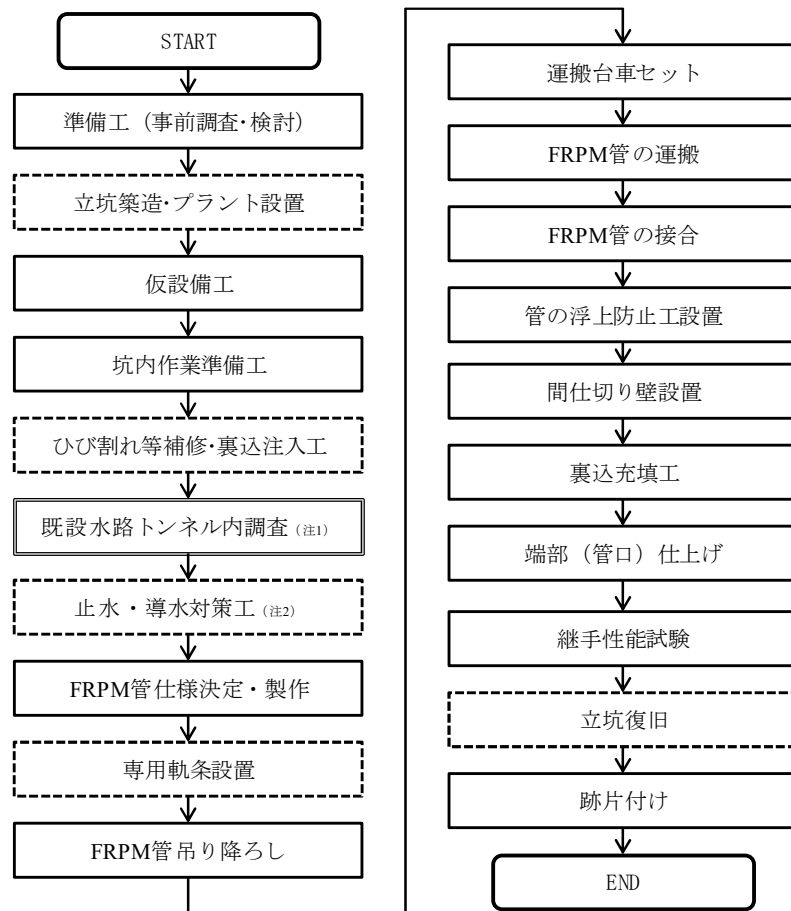


図-7.5.7-11 フローティング方式の FRPM 管挿入工法

それぞれ施工手順が異なるが、FRPM 管挿入工法の施工手順の一例を図-7.5.7-12 に示す。



注) 破線は必要に応じて実施する

(注1) 既設水路トンネル内調査は原則として実施設計段階で行う。これによらない場合は FRPM 管仕様決定前に既設水路トンネル内調査を行わなければならない。

(注2) 止水・導水対策工については、7.4.4 水抜工を参照するものとする。

図-7.5.7-12 FRPM 管挿入工法施工フロー（例）

1) 既設水路トンネル内調査

「(1) 鋼管挿入工法」に準じる。

2) FRPM 管仕様決定・製作

既設水路トンネル内調査結果に基づき、管種、管長等の仕様を決定し、管割図や製作図を作成する。製作図に基づき FRPM 管を製作し、現場へ搬入する。

3) 専用軌条設置（必要に応じ）

既設水路トンネル内に FRPM 管を挿入する台車及びバッテリー機関車には、専用軌条が必要なものと、必要ないものがある。専用軌条が必要な工法を適用する場合には、事前に専用軌条を設置する。

4) FRPM 管の吊り降ろし

管が工事現場に到着した後、管の寸法形状、材質等を製作図及び仕様書と照査するとともに、輸送中における傷の有無を確認する。

据付方向、順序、天地について確認し、クレーン等でナイロンスリングを使用して立坑内に FRPM 管を吊り降ろす。この際、管のバランスに注意し、とも綱を使用して吊り降ろす。

吊り降ろし設備は、吊り荷に対して適切な能力を持ったものを使用する。

5) 運搬台車セット

ここでは、カゴ型運搬台車とバッテリーカーを使用する場合について示す。

吊り降ろした管内にカゴ型運搬台車を乗り上げ、油圧ジャッキで担ぎ上げ、低重心バッテリーカーと連結する。写真-7.5.7-1 にカゴ型運搬台車とバッテリーカーの例を示す。

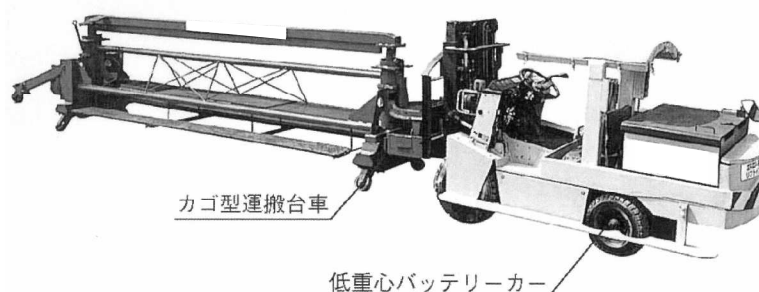


写真-7.5.7-1 カゴ型運搬台車とバッテリーカーの例

6) FRPM 管の運搬

バッテリー機関車等により、布設位置まで管を運搬する。

7) FRPM 管の接合

管の接合部には、運搬前に滑剤を塗布する。布設位置まで運搬した管は、レバーストックにて左右均等に引き込み接合する。その後、カゴ型運搬台車及びバッテリーカーで芯出しを行う。

8) FRPM 管の浮上防止工設置

裏込充填材を注入する際に、管に浮力が発生するため、事前に管の浮上対策を行う。図-7.5.7-13、写真-7.5.7-2 に浮上防止材設置例を示す。浮上防止材は、管 1 本毎に設置する。

9) 間仕切り壁設置

注入 1 スパン分の管の配管を完了した後、既設水路トンネルと FRPM 管の間にモルタルバックやレンガ等を用いて間仕切り壁を設置する。図-7.5.7-14 に間仕切り壁設置例、写真-7.5.7-3 に間仕切り壁設置状況を示す。最大注入スパンは、裏込注入プラントの容量及び注入断面 1m 当たりの注入量 (m^3/m) により定めるものとする。また、1 日当たりの配管本数 (本/日) から配管日進量 (m/日) を算定し、最大注入スパン及び配管日進量に基づいて作業工程を決定する。さらに、これらに基づき間仕切り壁の設置間隔を定めるものとする。ただし、裏込充填材の配合に応じて

打設可能延長が異なる場合は、その特性を考慮して設定しなければならない。

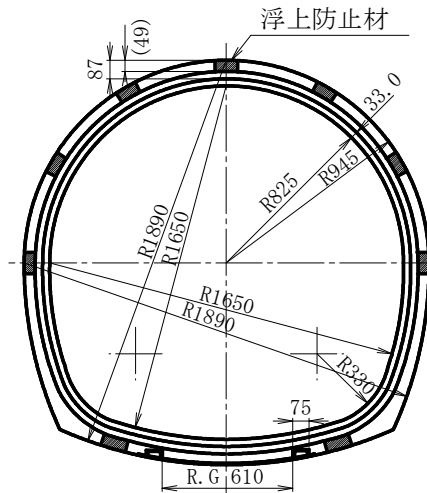


図-7.5.7-13 浮上防止材設置例

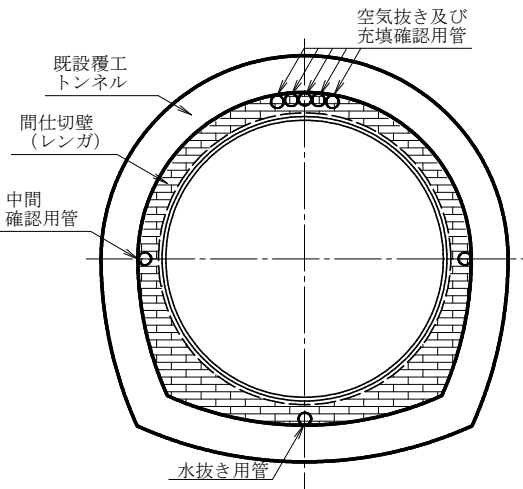


図-7.5.7-14 間仕切り壁設置例



写真-7.5.7-2 浮上防止材設置状況



写真-7.5.7-3 間仕切り壁設置状況

10) 裏込充填工

裏込充填工については、充填材の性状確認、注入圧力、注入量等について管理を行う。

充填材の注入方法については、管内面にグラウト孔を設置（開口）して注入を行う内面注入と、覆工と挿入管の間に注入用の配管（塩ビ管口径 50mm 等）を設置して充填を行う外面注入の 2 つがある。図-7.5.7-15 に裏込充填材の内面注入方法を示す。

【実施内容及び留意点】

① 充填材注入施工条件

外気温等が規定の範囲内であることを確認する。

② 充填材性状の管理方法

充填材の配合比、フロー値や圧縮強さ試験値等が規定内であることを確認する。

③ 注入圧力の管理方法

注入圧力は注入ポンプの口元及び注入口に設置した圧力計を用いて随時測定し、記録する。注入ポンプを用いる場合には注入口で規定の圧力を超えないように注入圧力を管理する。

④ 注入量の管理方法

実際の注入量を計画注入量と対比し、大きな差異がないことを確認する。充填材が管口の空気抜き（確認孔）から流出（リーク）することを確認する。

⑤ 充填確認パイプの設置間隔

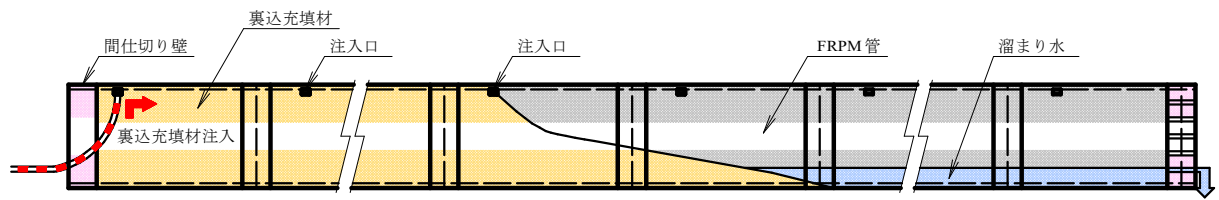
内面注入によるグラウト孔（注入および空気抜き兼用）の設置間隔は、注入1スパンにおける間仕切り壁の設置間隔を基準とし、配管方向におおむね注入区間距離が均等となるよう3か所に分割して設置するものとする。ただし、打設量や配管線形などの条件に応じて、個別に検討する必要がある。

外面注入では、端部まで充填できるよう、挿入管路の線形を考慮して注入用配管の配置・本数を検討する。

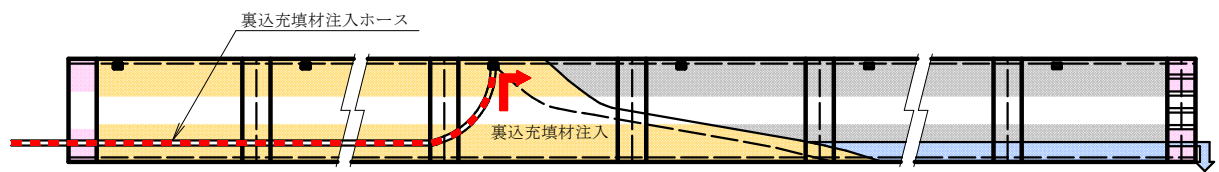
裏込充填工では、充填中に空気溜まりが発生した場合、隅々までに充填材がまわりきらない可能性があり、弱部となるおそれがあることから、空気が確実に排除できるよう空気抜きを配置する。**写真-7.5.7-4**に空気抜き管の設置状況を、**写真-7.5.7-5**に空気抜き管によるリーク確認状況を示す。

また、充填材注入時に挿入管が浮上する場合は適切な対応を検討する。

- ① 管路両端に間仕切り壁を設置し、管上部の注入口より管内両側から裏込充填材を注入する。隣接する注入口から材料リークを確認後、リークした注入口へホースを移動し引続き注入作業を行う。



- ② 一日の作業終了時、裏込充填材の打ち終わりはリーク確認直後とし、翌日は前日作業を終了した注入口より裏込充填材の注入を再開する。



- ③ 到達側間仕切り壁において裏込充填材のリークを確認した下方の孔より順に閉塞し、最上部の孔からリークした時点で充填作業が終了する。

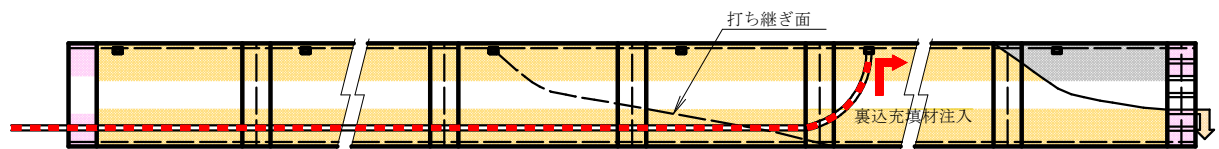


図-7.5.7-15 裏込充填材の注入方法（例）



写真-7.5.7-4 空気抜き管（管頂位置）



写真-7.5.7-5 空気抜き管によるリーク確認

11) 端部（管口）仕上げ

更生管端部（管口）は、ポリマーセメントモルタル等を使用して覆工の内径に合わせてテーパ状に仕上げる。（図-6.5.7-3 参照）

12) 継手性能試験

FRPM 管の布設に際しては、継手の隙間管理と内面テストバンドによる継手性能試験（ $\phi 900\text{mm}$ 以上）を実施し、水密性能管理を徹底する。なお、通常の水圧試験の実施が困難な場合（ $\phi 800\text{mm}$ 以下等）は、監督職員と協議するものとする。写真-7.5.7-6 に内面テストバンドによる継手性能試験状況を示す。

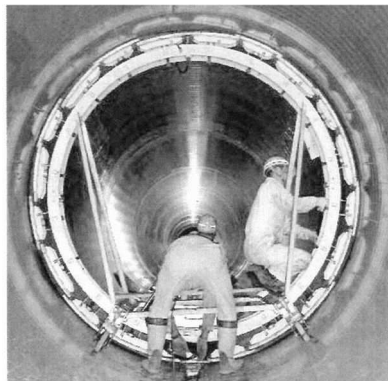


写真-7.5.7-6 内面テストバンドによる継手性能試験状況

7.6 既製管挿入工法の施工管理

7.6.1 既製管挿入工法の材料の承諾及び保管管理

既製管挿入工法に使用する管材の品質管理は、土木工事施工管理基準による。挿入管と覆工の間隙に注入する裏込充填材は、材料、配合、物性値、管理値等について監督職員の承諾を得ることとする。また、使用材料は適正に保管管理を行う。

【解説】

既製管挿入工法に使用される管材は、JIS 等の公的規格又は団体規格に準拠した工場二次製品であり、土木工事施工管理基準に適合するものとする。材料の現場搬入時には、外観及び形状寸法について監督職員の検査を受けることを原則とする。さらに、現場での保管管理は、変質又は損傷を受けないよう適切に行わなければならない。

挿入管と覆工の間隙に注入する裏込充填材は、本書に示す管理基準値を満足する材料、配合、物性管理の試験項目と管理値を示し、監督職員の承諾を得ることとする。

7.6.2 既製管挿入工法の施工時の管理

既製管挿入工法の施工管理においては、挿入管と覆工との間隙に注入する裏込充填材について、次の項目を確認するものとする。

- (1) 裏込充填材物性管理（単位容積質量、空気量、フロー値等）
- (2) 裏込充填材圧力管理（設定値以下）
- (3) 裏込充填材充填量管理

【解説】

(1) 裏込充填材物性管理

第6章 鋼板内張工法 6.6.2 鋼板内張工法の施工時の管理 (2) 裏込充填材物性管理 を参照

(2) 裏込充填材圧力管理

第6章 鋼板内張工法 6.6.2 鋼板内張工法の施工時の管理 (3) 裏込充填材圧力管理 を参照

(3) 裏込充填材充填量管理

第6章 鋼板内張工法 6.6.2 鋼板内張工法の施工時の管理 (4) 裏込充填材充填量管理 を参照

7.6.3 既製管挿入工法の出来形管理及び品質管理

第6章 鋼板内張工法 6.6.3 鋼板内張工法の出来形管理及び品質管理 を参照