

第6章 鋼板内張工法

6.1 工法概要

鋼板内張工法は、既設水路トンネル内に鋼板製の内張工を構築し、内張工と覆工との間に裏込充填材を充填する工法である。

【解説】

鋼板内張工法は、覆工の内面に、既設トンネル断面よりわずかに小さい相似形断面に分割して加工・製作した鋼板製の内張工を構築して覆工を改修する工法である。分割・搬入した鋼板は溶接により接合する。溶接接合した箇所は、仕上げ塗装を行う。鋼板と覆工の間隙は裏込充填材により充填する（図-6.1.1 参照）。

内張構造については、覆工の強度は期待せず、自立管として設計するのが一般的である。本書では、自立管設計の鋼板内張工法を対象とする。

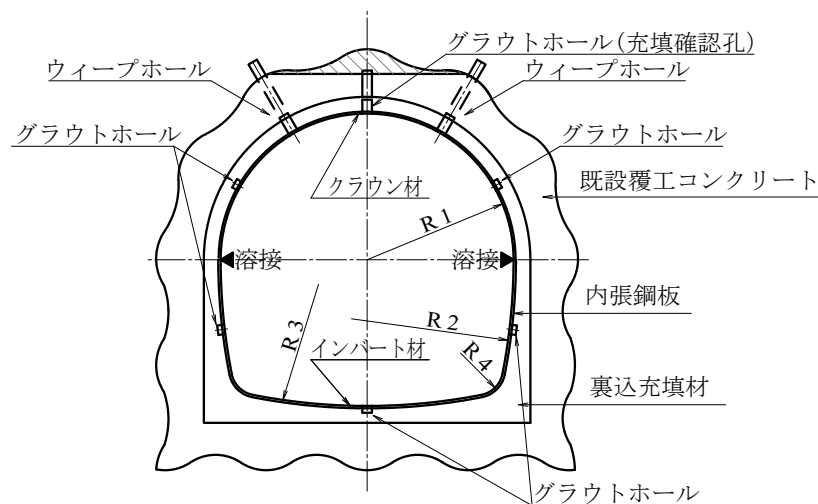


図-6.1.1 鋼板内張工法（例）

(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、覆工に手を加えると危険である場合

(2) 工法の特徴

鋼板内張工法は、既設トンネルの断面及び平面・縦断線形に対し、最も近い断面で改修でき、通水断面の減少を最小限に抑えることができる。覆工表面と鋼板との間隔は 50mm 以上とすることが多い。

地圧や地下水圧等の作用力を考慮して鋼板の厚さを決定するので、強度面での最適設計が可能である。

(3) 施工の概要

鋼板内張工法の施工は、工場においてインバート材とクラウン材に分割して加工・製作した鋼板

を、台車により既設トンネル内へ運搬・据付し、その後、溶接接合と仕上げ塗装を行う。鋼板と覆工の間隙は裏込充填材で充填する。図-6.1.2 に鋼板内張工法の施工概要を示す。

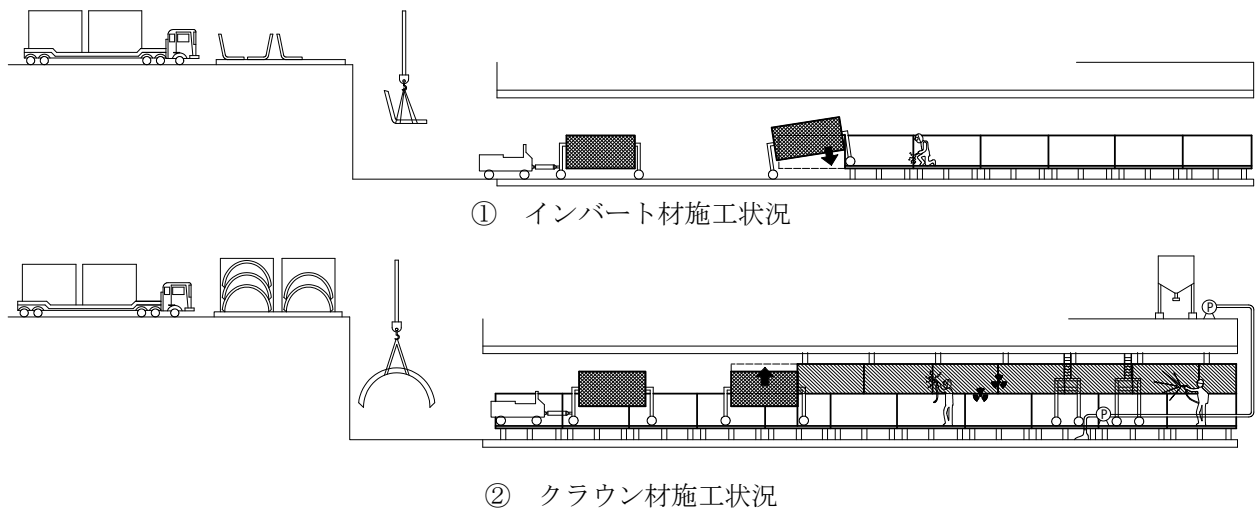


図-6.1.2 鋼板内張工法の施工概要

(4) 留意事項

- ① 覆工背面に空洞がある場合、鋼板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。
- ② 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。
- ③ 計画で見込んだ地下水位より高い地下水压が管に作用し、管が座屈した事例があるので注意する必要がある。

(5) 裏込充填材

裏込充填材は、覆工と鋼板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グラウト材等が使用される。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。

6.2 要求性能、性能照査

6.2.1 鋼板内張工法の要求性能と性能照査

鋼板内張工法の要求性能は、現場条件に応じて適切に設定する。

鋼板内張工法の性能照査は、標準的な試験によって得られる材料及び施工の性能が、定められた基準値を満足することを適切な方法によって確認し、更に、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

鋼板内張工法の性能照査は、鋼板内張工法に期待される効果の持続期間中に、鋼板内張工法を施工した水路トンネルが所要の要求性能を満足す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対して試験施工を行うことや鋼板内張工法に要求される性能を一つの試験で直接的に正しく評価することは、一般に困難である。

このため、鋼板内張工法の性能照査に当たっては、鋼板内張工法に係る材料及び施工に要求される照査項目について、その照査項目の試験値が基準値を満足することを標準的な試験等で確認することで性能照査とする。ただし、鋼板内張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て、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ておかなければならない。

(2) 照査方法と品質規格値の考え方

鋼板内張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、鋼板内張工法に適用する材料の特性及びその施工方法等を考慮して要求性能を決定し、それらを明確にしておく必要がある。

材料及び施工の照査項目の試験方法については、例えば JIS 等に規定されている試験方法を用いてその品質を確認することとし、基準値の適用に当たっては、変状や劣化要因に応じて要求される性能を考慮して設定する。鋼板内張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-6.2.1-1 に示す。なお、鋼板内張工法で使用する材料は、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：鋼板内張工法に期待される通水能力が低下せず、計画最大流量を安全に流下できる性能を有すること。水理計算により流下能力の照査を実施する。

耐荷性：鋼板内張工法（材料）が、期待される強度を有していること。裏込充填材が鋼板の基礎として安定した耐荷性能を有していること。構造計算により現場条件に応じた耐荷強度を有していることの照査を実施する。

耐久性：鋼板内張工法（材料）が、鋼材腐食に対し期待される耐久性を有していること。

表-6.2.1-1 鋼板内張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	構造機能	耐荷性 (注1)	充填材の強度 (圧縮強さ)	一軸圧縮強さ試験 (注2)	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2)	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	JIS G 3443-4 (水輸送用塗覆装鋼管-第4 部:内面エポキシ樹脂塗料 (溶液型エポキシ樹脂塗 装)) (注3)	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)
				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) 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2) 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3) 石礫等の流下による摩耗対策として、インバート部分については他の塗装・モルタルを選択する場合がある。

(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 溶接部の検査

[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）による非破壊検査により行うことを原則とする。

[判定基準]

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

② 塗装部の検査

[検査方法]

水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装の検査は、日本産業規格（JIS G 3443-4）及び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。

③ 耐荷性：充填材

内張鋼板と覆工の間隙に充填する材料については、側壁部が直線形に近い構造の特殊性から地下水圧に対する座屈を抑制するための強度を期待する必要がある。間隙を充填することにより内張鋼板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も求めるものとする。

強度以外の照査項目は、覆工と内張鋼板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。

試験方法は、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、固結後 1.0N/mm^2 以上とする。

(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。

6.2.2 鋼板内張工法の適用性

鋼板内張工法は、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選定しなければならない。

【解説】

(1) 鋼板内張工法の適用性

鋼板内張工法の適用性については、通常水理設計を行い、既製管挿入工法等では必要な通水量を確保できない場合に適用される。

また、鋼板内張工法は、あらゆる地圧に対応可能であり、高い補強効果を有する工法である。よって、資材の運搬・搬入等の施工条件を満足する場合にあって、他の工法と比較して経済性や維持管理性に加え、リスク低減効果（ライフサイクルコストの低減）が期待される場合に適用する。

(2) 裏込充填材の適用性

覆工と内張鋼板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内張鋼板に伝達し、また内張鋼板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内張鋼板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。

6.3 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

6.4 構造設計

6.4.1 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

6.4.2 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

6.4.3 鋼板内張工法の構造設計

鋼板内張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) 鋼板内張工法の骨組解析検討モデル

鋼板内張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鋼板内張工法は、鋼板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-6.4.3-1 に鋼板内張工法の骨組解析検討モデル（例）を示す。

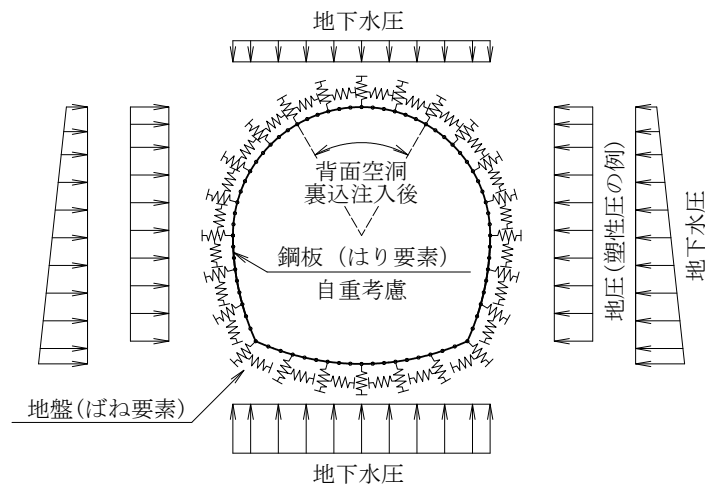


図-6.4.3-1 鋼板内張工法の骨組解析検討モデル（塑性圧の例）

① 内張鋼板の構造検討で考慮する荷重は次の通りとする。

- ・ 自重（鋼板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 に示す組合せ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。

鋼板内張工法は、ウィープホールを設置していたにもかかわらずフィルター材の目詰まりによって過剰水圧が作用し、局所的な座屈が発生した事例がある。このため、ウィープホールが目詰まり等によりその機能を十分発揮できなくなるおそれがある場合には、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もある。ただし、被圧水頭は別途考慮する。

鋼板内張工法は、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。鋼板と裏込充填材との間隙に地下水が浸透した場合、鋼板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1.5倍の安全率を考慮する。

図-6.4.3-2 に鋼板内張工法の板厚決定フローを示す。

- ④ 鋼板背面の反力係数は、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。裏込充填材のばね係数は、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 の値を参考にされたい（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。

表-6.4.3-1 エアモルタルの設計強度特性

圧縮強さ σ_{28} (N/mm ²)	変形係数 E_{50} (N/mm ²)
1.0	150
1.5	180

（参考：強化プラスチック複合管協会、提供値）

（参考：PCL 工法技術マニュアル、PCL 協会、平成 29 年 4 月、pp.資-15～18）

- ⑤ 鋼板の構造計算は、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」を引用し、SS400 と SM490 の2 ケースについて行う。なお、許容応力度は溶接効率を考慮し、引張強度の85%、安全率を2 とする。

鋼板内張工法の構造検討に使用する諸数値及び許容応力度を表-6.4.3-2 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いことを確認する。

- ⑥ 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「水路トンネル」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。

表-6.4.3-2 鋼板内張工法の構造検討に使用する諸数値

		鋼板内張工法に適用する鋼板	
		SS400	SM490
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)	—	—
② 外水圧に対する検討			
S	安全率	1.5	1.5
σ_F	材料の降伏点 (N/mm ²)	$t \leq 16 : 245$ $16 < t \leq 40 : 235$	$t \leq 16 : 325$ $16 < t \leq 40 : 315$
ν	管材のポアソン比	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
E_c	管の圧縮弾性係数 (N/mm ²)	2.0×10^5	2.0×10^5
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
ν	管材のポアソン比	0.3	0.3
S	安全率	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)	$t \leq 16 : 245$ $16 < t \leq 40 : 235$ (注1)	312 (注2)
(b) 軸方向の曲げ応力			
σ_b	許容曲げ応力度 (N/mm ²)	$t \leq 16 : 245$ $16 < t \leq 40 : 235$ (注1)	312 (注2)

(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。
 $170 \times 1.5 = 255 \text{ N/mm}^2$ 降伏点を超えるので、降伏点を許容曲げ応力度とする。

(注2) 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。
 $208 \times 1.5 = 312 \text{ N/mm}^2$ 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。

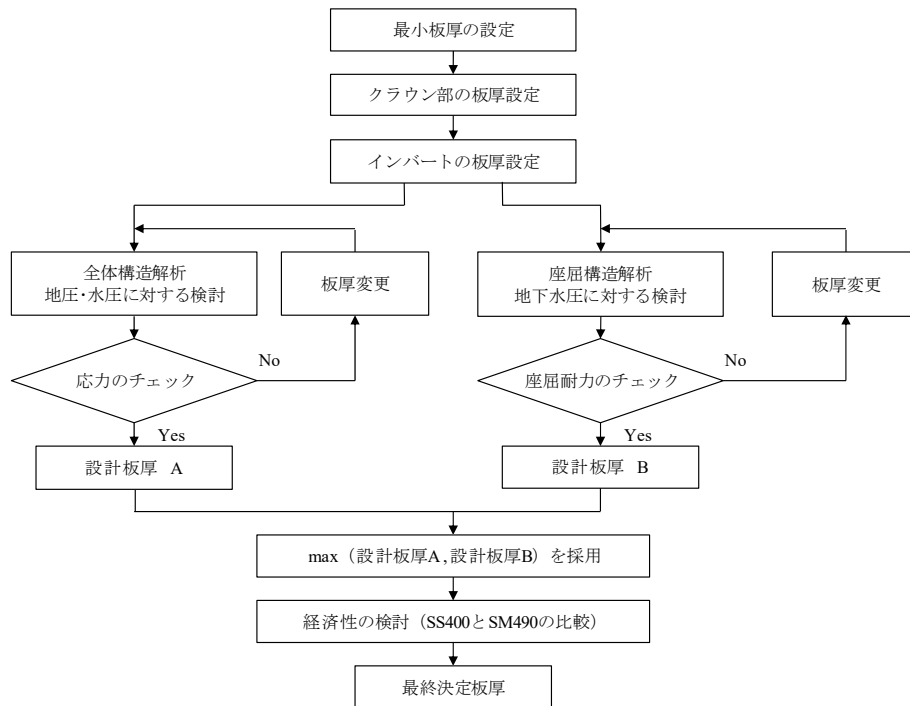


図-6.4.3-2 鋼板内張工法板厚決定フロー

(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8年10月、P.572 を改変して転載)

- ⑦ 鋼板内張工法は、裏込充填材充填時に新設管の変形防止を目的として変形防止材（パイプサポート）が設置される。施工時荷重の検討については、裏込充填時の変形防止材の安全性及び設計間隔について検討する。図-6.4.3-3 に変形防止材の設置例を示す。図-6.4.3-4 は1 段目打設時の荷重モデル図である。裏込充填1 段目の検討では浮力が生じるものとして、鉛直方向の支保工に作用する軸力と新設管の変位量及び応力度の検討を行う。また、2 段目以降は図-6.4.3-5 のように、側圧が作用するものとして、水平方向の支保工に作用する軸力と新設管の変位量及び応力度の検討を行う。

浮力防止工については、「パイプ・イン・パイプ工法設計・施工指針、日本水道鋼管協会、WSP 080-2015、P.43」の図を参照する。なお、浮上防止工は、間隔保持材と兼ねるのが一般的である。

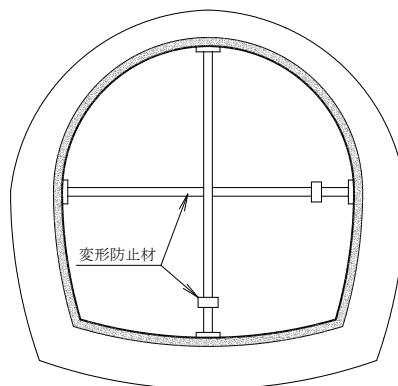


図-6.4.3-3 変形防止材取付図（例）

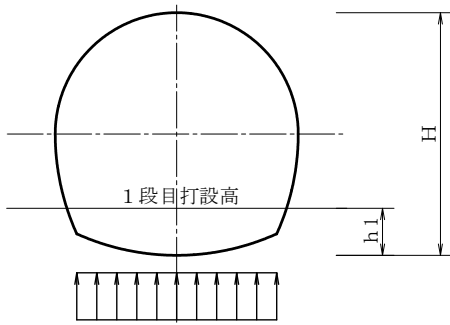


図-6.4.3-4 1 段目打設時の荷重モデル

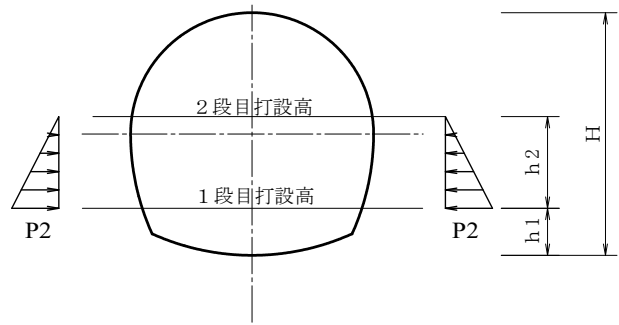


図-6.4.3-5 2 段目打設時の荷重モデル

6.4.4 水抜工

第4章 対策工法の共通事項 4.5.3 水抜工 を参照

鋼板内張工法は、ウィープホールの設置を標準とする。図-6.4.4-1 に鋼板内張工法で実績のあるウィープホールの設置要領を示す。

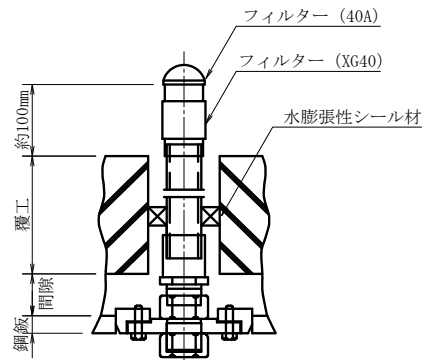


図-6.4.4-1 ウィープホール設置要領図

6.5 施工方法

6.5.1 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

6.5.2 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

6.5.3 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

6.5.4 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

6.5.5 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

6.5.6 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

6.5.7 鋼板内張工法の施工

鋼板内張工法は、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】

図-6.5.7-1 に鋼板内張工法の施工手順を示す。

(1) 準備工（測量）

実施設計段階で行われた坑内路線測量の確認と鋼板製作のための測量を行う。測量は、トンネルの高さ・布設延長・芯ズレの確認を行い、鋼板据付高さを測定する。

縦断測量の調査結果を基に、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することが望ましい。

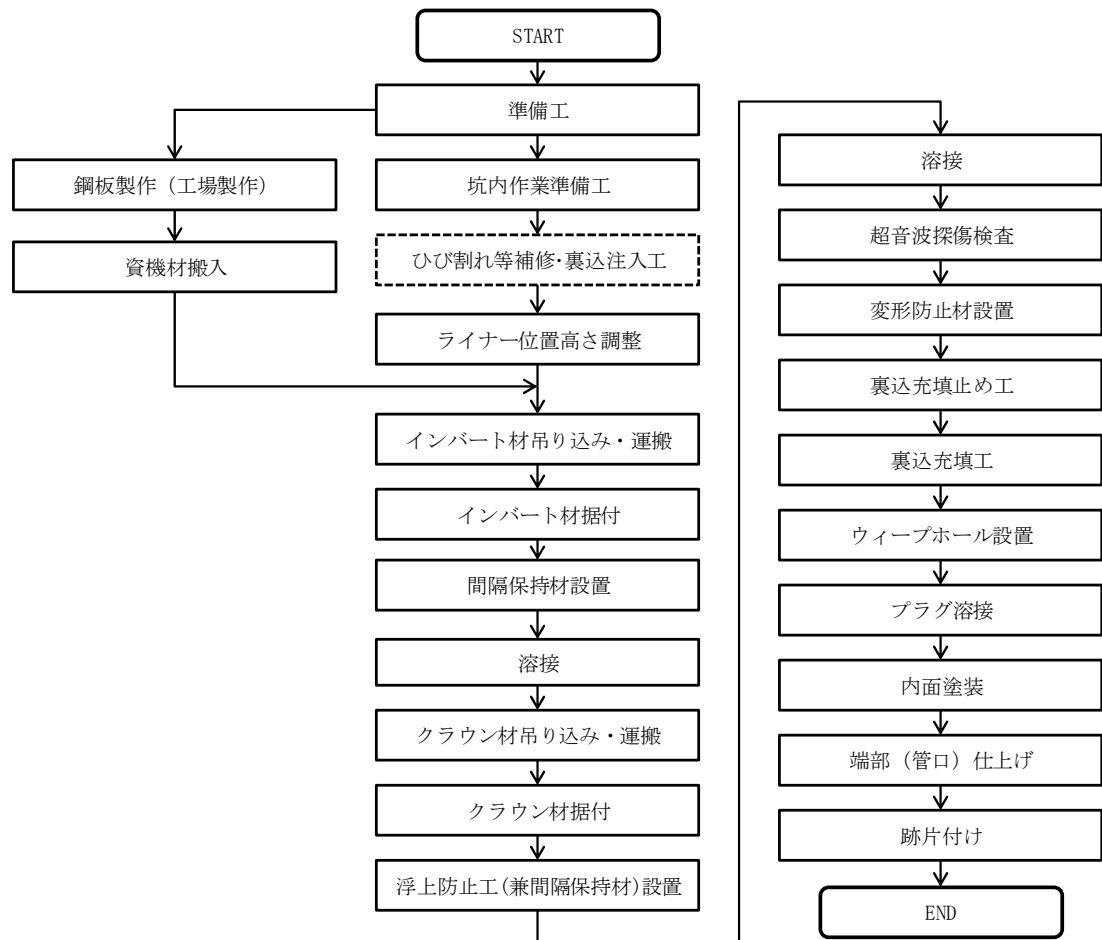
(2) 鋼板製作

工場で規定の設計形状の鋼板を成形する。

(3) 資機材搬入（写真-6.5.7-1、写真-6.5.7-2 参照）

所定の輸送ルートを決して輸送する。

鋼板の輸送はセミトレーラにより行い、現場搬入した鋼板は、クレーンにより坑口付近の資材ヤードに仮置きする。



注) 破線は必要に応じて実施する

図-6.5.7-1 鋼板内張工法の施工手順（例）



写真-6.5.7-1 インバート材搬入



写真-6.5.7-2 クラウン材搬入

(4) ライナー位置高さ調整

インバート材隙間保持ライナー設置位置のインバート高さを測量し、インバート材との隙間が所定の寸法（例えば 50mm）になるように急結モルタルで高さを調整する。

(5) インバート材吊り込み・運搬（写真-6.5.7-3、写真-6.5.7-4 参照）

クレーンにより資材ヤードから坑内に鋼板を吊り込み、仮置きする。仮置きされた鋼板上を運搬台車が通過し、運搬台車にレバーブロックで固定する。据え付け箇所へは特装運搬車（キャリア）にて運搬する。

(6) インバート材据付（写真-6.5.7-5、写真-6.5.7-6 参照）

運搬したインバート材は、レバーブロック等で鋼板を徐々に引き寄せ、据付済み鋼板の円周方向裏当金上に合わせ、棒ジャッキ、溶接ジグ等を使用して肌合わせを行い、所定の間隔（30cm ピッチに 10cm 程度）に仮付溶接を行う。

据付完了後、部材下端と覆工の間隙に部材振動防止及び間隔保持を目的とした間隔保持材（硬質ゴムライナー）を取り付ける。

(7) クラウン材吊り込み・運搬（写真-6.5.7-7、写真-6.5.7-8 参照）

クレーンにより資材ヤードから坑内に鋼板を吊り込み、仮置きする。仮置きされた鋼板を運搬台車にレバーブロックで固定する。据え付け箇所へは特装運搬車（キャリア）にて運搬する。

(8) クラウン材据付

台車上下ジャッキにより据付済みのインバート材及びクラウン材のそれぞれ軸方向・円周方向の裏当金に合わせ、棒ジャッキ、溶接ジグ等を使用して肌合わせを行い、所定の間隔（30cm ピッチに 10cm 程度）に仮付溶接を行う。

据付完了後、クラウン材と覆工の間隙に、間隔保持を目的とした浮上防止工・兼間隔保持材（硬質ゴムライナー）を取り付け、台車を後退させる。

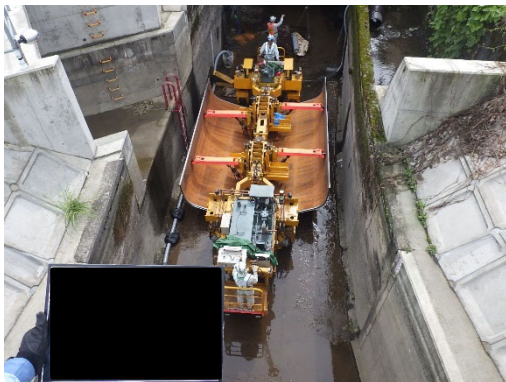


写真-6.5.7-3 インバート材専用台車取付



写真-6.5.7-4 インバート材坑内運搬



写真-6.5.7-5 インバート材据付



写真-6.5.7-6 インバート材溶接



写真-6.5.7-7 クラウン材専用台車取付



写真-6.5.7-8 クラウン材坑内運搬

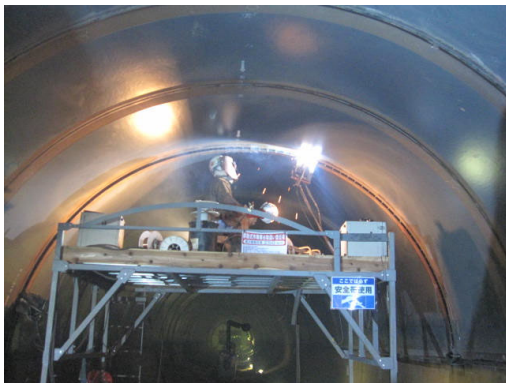


写真-6.5.7-9 クラウン材溶接



写真-6.5.7-10 施工完了

(9) 溶接

仮付・本溶接とも手溶接又は半自動溶接とする。(写真-6.5.7-6、写真-6.5.7-9 参照)

(10) 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。

(11) 変形防止材設置

裏込充填の打設に先立ち、鋼板の変形防止として図-6.4.3-3 に示す変形防止材を取り付ける。

鋼板内張工法は、既製鋼管と異なり特にインバート材の側板は直線に近い形状となるため、裏込充填圧に対して十分に耐え得る支保工を設置する必要がある。

(12) 裏込充填止め工（図-6.5.7-2）

裏込充填打設前に、鋼板端部への裏込充填止め工を施工する。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。

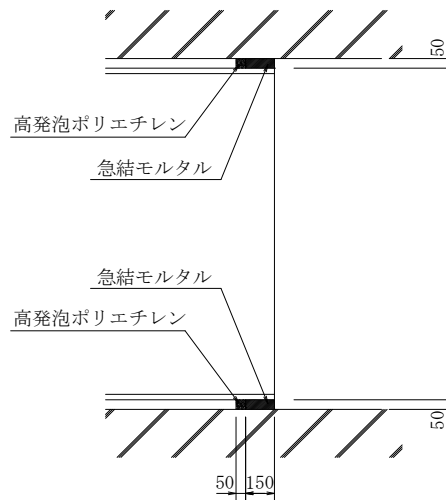


図-6.5.7-2 裏込充填止め工設置図（例）

(13) 裏込充填工

覆工と鋼板の間に裏込充填材を注入する。

- ① 坑外プラントで製造された注入材を、圧送管を通して坑内に圧送し、グラウトホールより注入する。
- ② インバート部においては、1 番奥のグラウトホールから注入を開始する。両サイドの材料の充填（上昇）具合を見ながら、順次手前のグラウトホールへ移動し注入を行う。最後のグラウトホールでは、端部閉塞工に設けた確認孔より材料の流出（リーク）が確認されたら完了とする。
- ③ クラウン部においては、1 日目に両サイドのグラウトホールより注入を開始する。材料の入り具合を確認しながら順次手前のグラウトホールへと移動し注入する。
2 日目は、天端の 1 番奥のグラウトホールから注入する。裏込充填止め工の確認孔から材料の流出（リーク）が確認されたら閉塞する。
- ④ 常時圧力を確認し隣接するグラウトホールより材料が流出（リーク）したら注入を止め、流出したグラウトホールに移動して注入を再開する。順次流出を確認しながら、各グラウトホールで注入を行い裏込充填止め工の確認孔より材料の流出（リーク）が確認されたら注入を完了する。注入中は注入ホースの先端部に取り付けた圧力計を常に監視する。

〔補足〕 鋼板内張工法は、既製鋼管とは異なりインバート材の側板が直線に近い形状となるため、

設計板厚に対する裏込充填圧の検討と裏込充填圧に耐え得る変形防止材の配置計画が重要である。変形防止材の強度及び配置間隔は、構造計算により決定する。

(14) ウィープホール設置

裏込充填材が7日強度以上発現した時点でコア抜きによりウィープホールを設置する。ウィープホールは地山まで削孔し、裏込充填材（や場合により裏込注入材）の充填状況を確認する。ウィープホールの構造、配置については、4.5.3 水抜工及び図-6.4.4-1を参考にする。

(15) プラグ溶接

裏込充填材注入工のプラグネジ込み部を溶接する。

(16) 内面塗装

鋼板の表面処理（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板内面の液状エポキシ樹脂塗料塗装方法は、「JIS G 3443-4 水輸送塗覆装鋼管 第4部：内面エポキシ樹脂塗料（溶液型エポキシ樹脂塗装）」による。

液状エポキシ樹脂塗料塗装の検査は、「JIS G 3443-4 水輸送塗覆装鋼管 第4部：内面エポキシ樹脂塗料（溶液型エポキシ樹脂塗装）」及び土木工事施工管理基準（管水路工事）による。

また、流下時の石礫等の摩耗対策としてインバート部分については他の塗装・モルタルを選択する場合もある。

〔補足〕塗装時の留意点として、主に鋼面に結露がないこと、気温5℃以上かつ湿度85%以下であること等がある。

(17) 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）

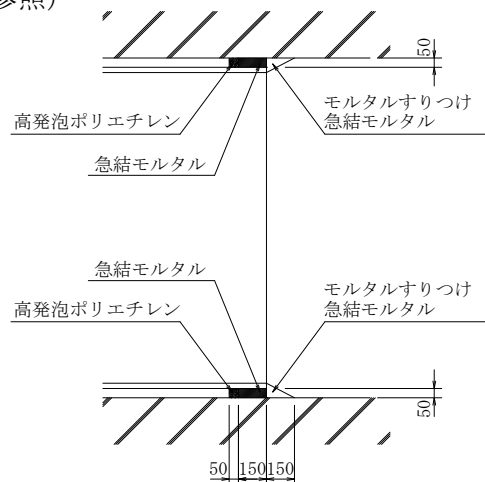


図-6.5.7-3 端部（管口）仕上げ（例）

施工完了状況を写真-6.5.7-10に示す。

6.6 施工管理と完成検査

6.6.1 施工計画

第4章 対策工法の共通事項 4.7.1 施工計画 を参照

6.6.2 施工管理

第4章 対策工法の共通事項 4.7.2 施工管理 を参照

6.6.3 鋼板内張工法の施工管理

6.6.3.1 鋼板内張工法の材料の承諾及び保管管理

鋼板内張工法に使用する資材の搬入検査は、適正な管理下で製造されたことを証明する資料に基づいて行う。資材の保管及び搬送・搬入時の環境条件は適正なものとする。また、資材の取り扱いにも十分に留意する必要がある。

【解説】

(1) 鋼板内張工法に使用する資材の製造管理と品質管理

鋼板内張工法に使用する資材は、表-6.6.3-1 に示す構成要素からなっており、受入検査項目は、それぞれ次のとおりである。

表-6.6.3-1 鋼板内張工法に使用する資材の構成要素と原材料搬入検査項目

構成要素	材 質	原材料受入検査項目
金属部材	鋼製材等 (鋼製材は製作仕様書を提出する)	製作仕様書に基づく寸法等 (入荷ロットごとの品質チェック)
裏込充填材	セメント、モルタル等	圧縮強さ、フロー値等 (原材料の入荷ロットごとの品質チェック)

(2) 鋼板内張工法に要求される保管及び搬送・搬入管理

1) 金属部材

金属部材には、長期にわたる屋外暴露等による著しい発錆がないように、適切な対策を講じなければならない。なお、取扱いは慎重に行い、大きな変形や傷を与えてはならない。

2) 裏込充填材

裏込充填材は水和性を有するため、その保管及び搬送・搬入時には、水漏れや結露がないよう十分に留意し、適切な措置をとらなければならない。

6.6.3.2 鋼板内張工法の施工時の管理

鋼板内張工法の施工管理においては、次の項目について確認を行う。

- (1) 内張鋼板設置段階の施工管理（鋼板設置工、溶接工、塗装工）
- (2) 裏込充填材物性管理 (3) 裏込充填材圧力管理
- (4) 裏込充填材充填量管理

【解説】

(1) 内張鋼板設置状態の確認

内張鋼板設置段階で基準高、内空高さ、内空幅等を測定し確認する。なお、測定項目と管理値については、監督職員の承諾を得るものとする。

内張鋼板設置段階での溶接部については、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、及び余盛高等の測定により確認する。塗装については塗膜厚等を測定し確認することと、最終工程完了後、外観検査（全面）を行い、ピンホール検査及び膜厚検査を行う必要がある。

(2) 裏込充填材物性管理

鋼板内張工法は、自立管路を構築できる工法であるので、内張鋼板と覆工との間隙に注入する裏込充填材の物性値を管理することが重要となる。標準的な裏込充填材の試験項目と試験方法及び測定回数を表-6.6.3-2に示す。工法によりゲルタイム測定が必要な場合には、その測定を行い記録する。

なお、実験等の根拠に基づき、別途裏込充填材の性能管理規格値を定めることができる。

充填材物性管理規格値（単位容積質量、フロー値、空気量）

- ①単位容積質量：材料承諾及び施工計画書での申告値 ± 100 (kg/m³)
- ②フ ロー 値：材料承諾及び施工計画書での申告値 ± 20 (mm)
- ③空 気 量：材料承諾及び施工計画書での申告値 ± 5 (%)

表-6.6.3-2 標準的な管理項目と試験方法及び測定回数（例）

試験項目	試験方法	測定回数
単位容積質量	定量容器で、試料の容積質量を測定する。	2回/日 (午前・午後)
フロー値	平滑な盤上のフローコーン（φ80mm×H80mm）に試料を水平に満たし、フローコーンを引き上げ1分後の広がり測定する。	2回/日 (午前・午後)
空気量 (参考値)	500ccのメスシリンダーに試料200ccを入れ、更に200ccの清水を加えてよく振り、上部に浮揚した気泡にアルコール100ccを滴下して消泡させ、消泡後の目盛り（B）を読む。 空気量(A) = [{試料(200cc) + 水(200cc) + アルコール(100cc) - B} ÷ 試料(200cc)] × 100	2回/日 (午前・午後)

(3) 裏込充填材圧力管理

裏込充填材の注入圧力は現場に応じて変動するため、設計値以下で管理を行う。

(4) 裏込充填材充填量管理

裏込充填止め工の確認孔から裏込充填材が流出（リーク）することにより、裏込充填材の充填完了確認を行い、裏込充填材打設量が設計量と比較して適正であることを確認する。

充填後はウィープホール（水抜工）削孔時のコアにより裏込充填材の充填状況を確認する。図-4.5.3-1 にウィープホールの標準的な位置を示す。

ウィープホールによる確認の頻度は、覆工コンクリートの 1 スパン（継目間隔）に 1 箇所を標準とする。確認位置は注入孔間の中央部を標準とする。継目位置が明らかでない場合は、12m 程度に 1 箇所を目安に充填状況確認を行う。

6.6.3.3 鋼板内張工法の出来形管理及び品質管理

出来形管理及び品質管理は、土木工事施工管理基準による。

内張鋼板と覆工の間隙に注入する充填材の出来形管理は充填量、品質管理は一軸圧縮強さ 1.0N/mm^2 以上（材齢 28 日）とする。

【解説】

出来形管理は、土木工事施工管理基準（水路トンネル工事、管水路工事）による。記載されていない項目の管理は、監督職員の承諾を得て各団体等が発行する資料に則って行う。

充填材の品質管理は、充填量（充填材の逸出）及び一軸圧縮強さ 1.0N/mm^2 以上（材齢 28 日）により行う。試験方法及び測定回数を表-6.6.3-3 に示す。なお、現地では早期に強度を確認するため、強度発現の速度を事前に確認した上で、短い材齢での一軸圧縮強さにより材齢 28 日の強さを推定してよいこととする。

表-6.6.3-3 標準的な管理値と試験方法及び測定回数（例）

試験項目	試験方法	測定回数
一軸圧縮強さ	JIS A 1216（土の一軸圧縮試験方法）による。 供試体の作製は JIS A 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）による。	1 回/日

計測等による出来形管理、工事記録写真の内容及び撮影頻度は、本書の巻末資料に示す。

6.6.4 完成検査

第 5 章 裏込注入工法 5.5.4 完成検査 を参照