

## 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隙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。

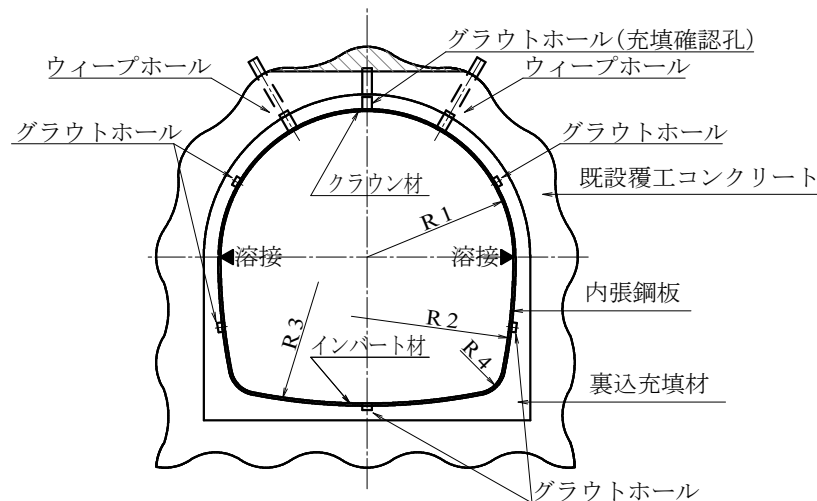


図-6.1.1 鋼板内張工法（例）

#### (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。

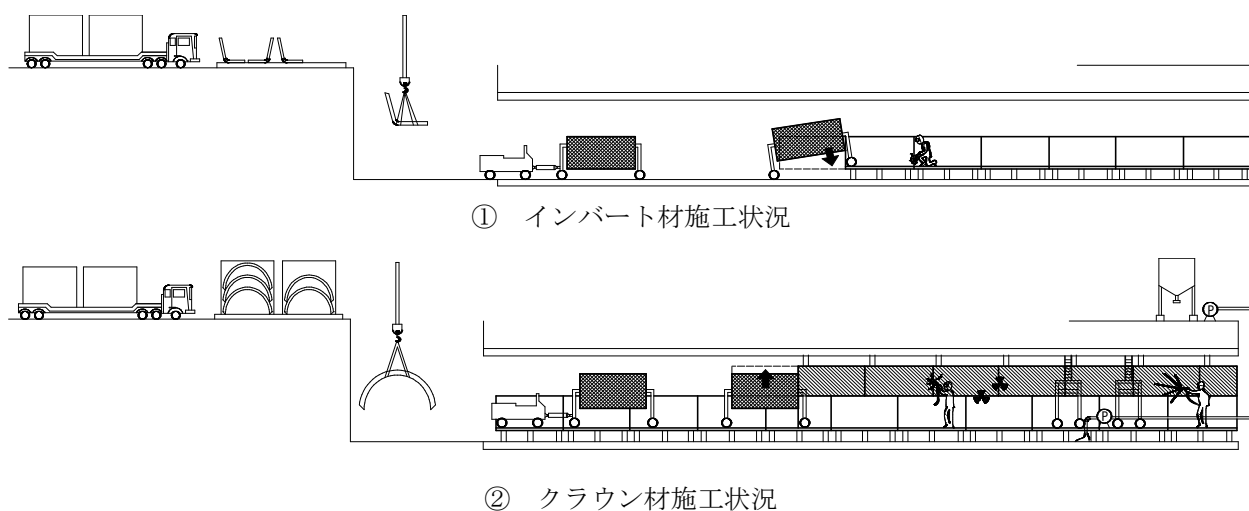


図-6.1.2 鋼板内張工法の施工概要

#### (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、セメントベントナイトモルタル、セメントベントナイトミルク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。

## 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を基本とする。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<br>(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<br>(注1) | 充填材の強度<br>(圧縮強さ)   | 一軸圧縮強さ試験<br>(注2)               | JIS A 1216<br>「土の一軸圧縮試験方法」                     | 材齢 28 日の圧縮強さ<br>設計圧縮強さ以上<br>下限値 1.0N/mm <sup>2</sup> (注5) |
|       |      |             | 充填材の単位<br>容積質量     | NEXCO 試験方法                     | 試験法 313<br>「エアモルタル及びエアミ<br>ルクの試験方法」            | 申告値 ±100 (kg/m <sup>3</sup> )                             |
|       |      |             | 充填材の空気<br>量        | NEXCO 試験方法<br>空気量の測定方法         | 試験法 313<br>「エアモルタル及びエアミ<br>ルクの試験方法」            | 申告値 ±5 (%)                                                |
|       |      |             | 充填材の水中<br>不分離性     | 水中作製供試体の<br>圧縮強さ試験 (注2)        | 本書に示す試験                                        | 材齢 28 日の圧縮強さ<br>設計圧縮強さ以上<br>下限値 1.0N/mm <sup>2</sup> (注5) |
|       |      | 耐久性         | 耐久性を有す<br>る        | 溶接部の検査                         | JIS Z 3060<br>「鋼溶接部の超音波探傷試<br>験方法」             | WSP008「水道用鋼管現場<br>溶接継手部の非破壊検査<br>基準」による                   |
|       |      |             |                    | 塗装部の検査                         | 土木工事施工管理基準 (管<br>水路工事)                         | 外観、塗膜の厚さ<br>(0.5mm 以上)、ピンホー<br>ル、付着性を確認する                 |
|       |      | 充填性<br>流動性  | 充填材の流動<br>性 (フロー値) | NEXCO 試験方法<br>コンシステンシー<br>試験方法 | 試験法 313<br>「エアモルタル及びエアミ<br>ルクの試験方法のシリンダ<br>ー法」 | 申告値 ±20 (mm)                                              |
|       |      |             | 長距離圧送性             | 模擬配管による充<br>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湧水の痕跡がある又は湧水量が滲み出しや滴水程度である場合には、「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。

(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。

(注5) 地下水圧に対する鋼板の座屈を抑制するために必要な裏込充填材の設計圧縮強さが 1.0N/mm<sup>2</sup> を超える場合は、その値を要求値とする。

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。

[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。

② 塗装部の検査

[検査方法]

塗装部の検査は、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。

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有する必要がある。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 JISA 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、地下水圧に対する鋼板の座屈を抑制するための設計圧縮強さ以上とする。ただし、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  $1.0\text{N/mm}^2$ （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。

### 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

鋼板内張工法は断面縮小率が小さいため、断面縮小率が大きい他工法（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。

##### (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。

## 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。

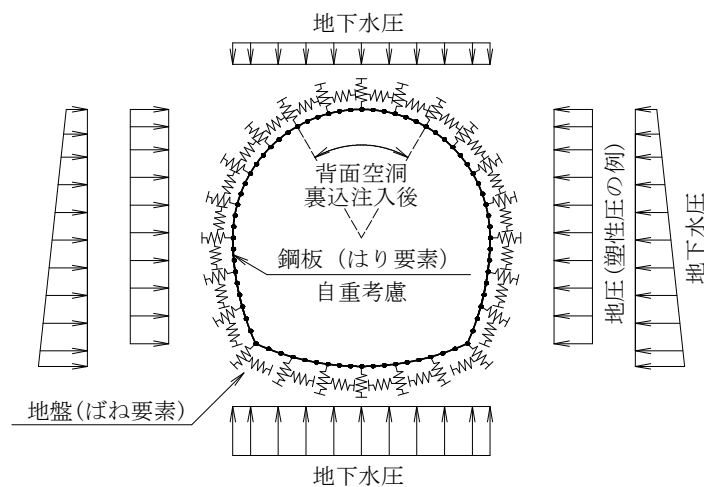


図-6.4.3-1 鋼板内張工法の骨組解析検討モデル（塑性圧の例）

① 内張鋼板の構造検討において考慮する荷重は、次のとおりとする。

- ・ 自重（鋼板及び覆工コンクリートの自重）
- ・ 地圧
- ・ 地下水圧
- ・ 内水圧
- ・ 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いずれか大きい方を採用する。また、圧ぎが発生している場合には、その地圧強度を考慮し、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。

鋼管や鋼板内張工法では、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： $K_\theta$ ）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 の値を参考にされたい（地盤反力係数を算出する補正係数 $\alpha$ 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 $\sigma_{28}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 変形係数 $E_{50}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| 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    |                               |                                                  |                                             |
| $\sigma_a$     | 許容引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )  | 170                                              | 208                                         |
| $H_c$          | 管の試験内圧力 (N/mm <sup>2</sup> )  | —                                                | —                                           |
| ② 外水圧に対する検討    |                               |                                                  |                                             |
| $S$            | 安全率                           | 1.5                                              | 1.5                                         |
| $\sigma_F$     | 材料の降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )   | $t \leq 16$ : 245<br>$16 < t \leq 40$ : 235      | $t \leq 16$ : 325<br>$16 < t \leq 40$ : 315 |
| $\nu$          | 管材のポアソン比                      | 0.3                                              | 0.3                                         |
| $E_b$          | 管の曲げ弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) | $2.0 \times 10^5$                                | $2.0 \times 10^5$                           |
| $E_c$          | 管の圧縮弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) | $2.0 \times 10^5$                                | $2.0 \times 10^5$                           |
| ③ 充填圧に対する検討    |                               |                                                  |                                             |
| $E_b$          | 管の曲げ弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) | $2.0 \times 10^5$                                | $2.0 \times 10^5$                           |
| $\nu$          | 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  |                               |                                                  |                                             |
| $\sigma_b$     | 許容曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )  | $t \leq 16$ : 245<br>$16 < t \leq 40$ : 235 (注1) | 312 (注2)                                    |
| (b) 軸方向の曲げ応力   |                               |                                                  |                                             |
| $\sigma_b$     | 許容曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )  | $t \leq 16$ : 245<br>$16 < t \leq 40$ : 235 (注1) | 312 (注2)                                    |

(注1) 許容曲げ応力度は許容引張応力度  $\sigma_a$  を使い、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  $\sigma_a$  を使い、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。

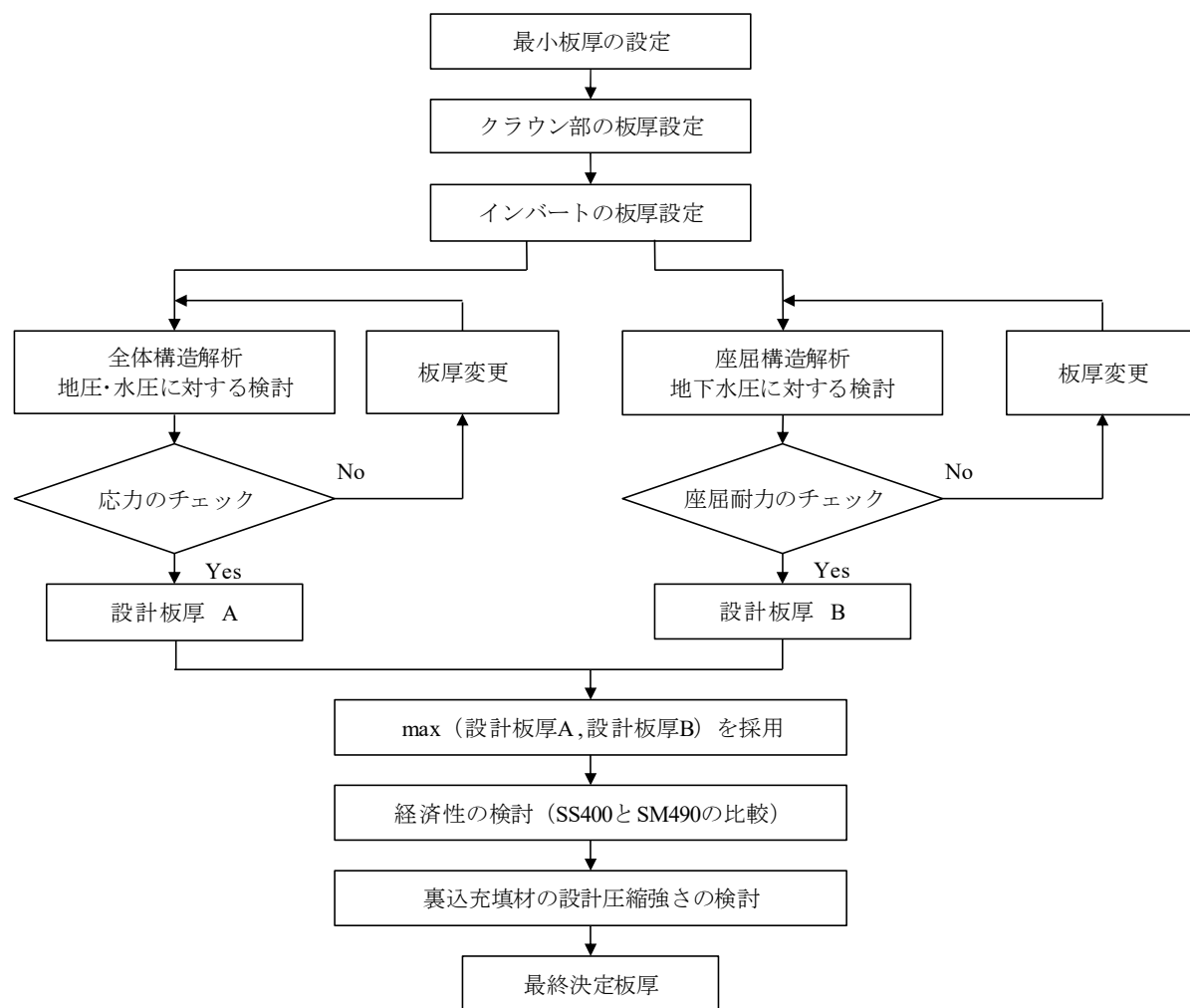


図-6.4.3-2 鋼板内張工法板厚決定フロー

(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」技術書、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。なお、施工時荷重で板厚が決定されないことがないよう、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。

浮力防止工・兼間隔保持材については、WSP A-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.30 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。

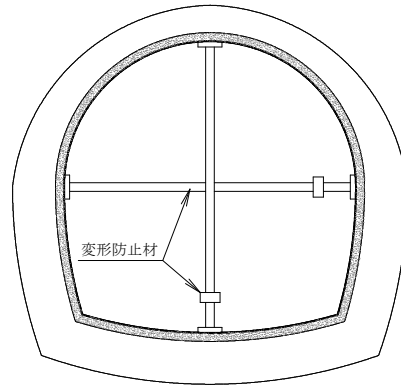


図-6.4.3-3 変形防止材取付図（例）

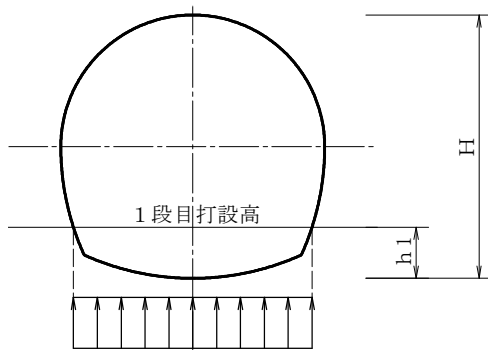


図-6.4.3-4 1 段目打設時の荷重モデル

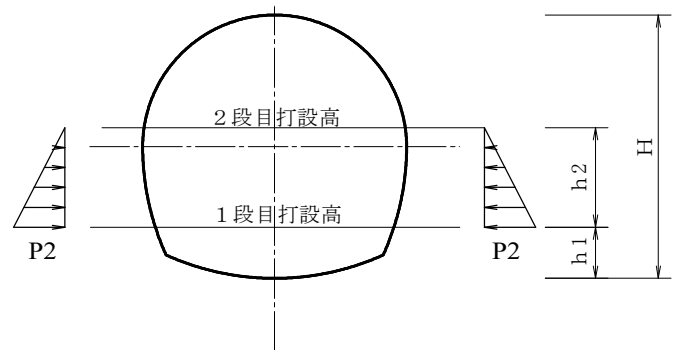


図-6.4.3-5 2 段目打設時の荷重モデル

#### 6.4.4 水抜き工

##### 第4章 対策工法の共通事項 4.5.3 水抜き工 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。

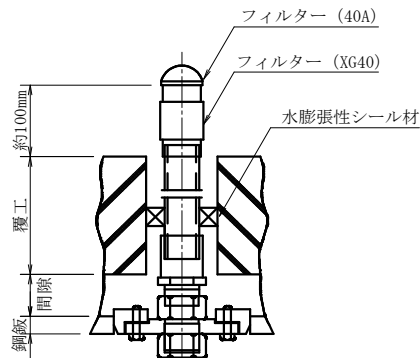


図-6.4.4-1 ウィープホール設置要領図

## 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。

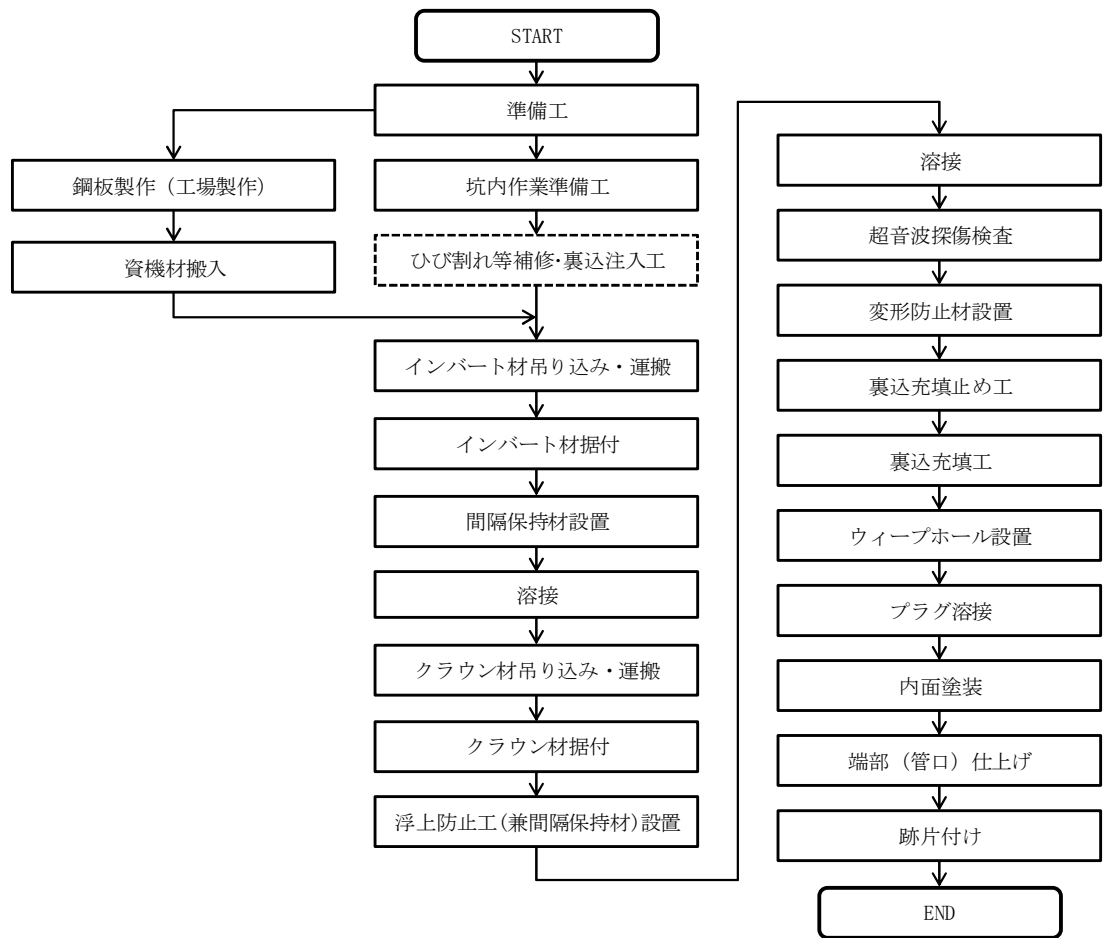
#### (2) 鋼板製作

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。

鋼板の輸送はトラック、セミトレーラ等により行い、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) 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。

(5) 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（300mm ピッチに 100mm 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。

(6) 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。

(7) 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（300mm ピッチに 100mm 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。

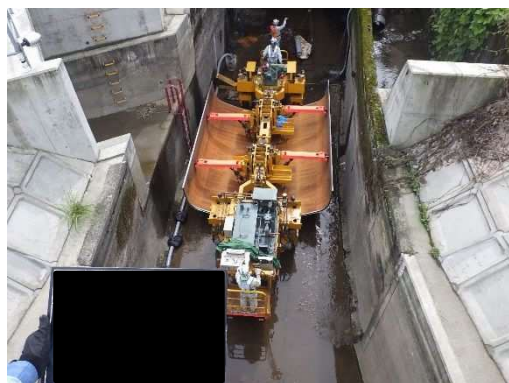


写真-6.5.7-3 インバート材専用台車取付



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

#### (8) 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)

#### (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) 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。

#### (11) 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。

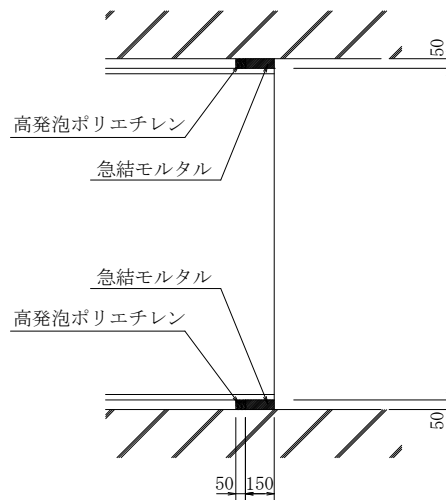


図-6.5.7-2 裏込充填止め工設置図（例）

#### (12) 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。

#### (13) 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。

#### (14) 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。

#### (15) 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。

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

塗装部の検査は、土木工事施工管理基準（管水路工事）による。

なお、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。

#### (16) 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）

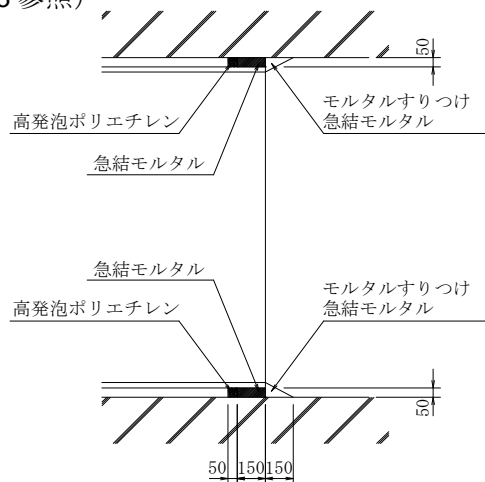


図-6.5.7-3 端部（管口）仕上げ（例）

施工完了状況を写真-6.5.7-10に示す。

## 6.6 鋼板内張工法の施工管理

### 6.6.1 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-6.6-1 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-6.6-1 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<br>(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<br>(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<br>(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。

### 6.6.2 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確認 | (2) 溶接環境管理    | (3) 溶接状態の確認    |
| (4) 塗装環境管理      | (5) 塗装状態の確認   |                |
| (6) 裏込充填材物性管理   | (7) 裏込充填材圧力管理 | (8) 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。

##### (2) 溶接環境管理

溶接は、温度、水分等に影響される作業であるから、実施に当たっては常に天候、気温、湿度、風速に注意を払い、悪条件の場合は適当な処置をとらなければならない。気温が低い場合は、硬化割れが生じやすいため、母材の材質、板厚等に応じて、予熱、後熱その他適当な処置をとらなければならない。また、感電事故防止の観点から、作業場所の排水は十分に行わなければならない。

##### (3) 溶接状態の確認

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」に基づく非破壊検査を実施するとともに、余盛高等の測定により適否を確認する。

##### (4) 塗装環境管理

現場塗装に当たっては、鋼面が結露していないこと、気温が 5℃以上かつ湿度 85%以下であること、並びに粉塵が発生していないことを確認する。結露の有無については、気温、鋼面温度、及び湿度を計測し、「露点管理表（結露判定用記録表）」で事前にチェックするものとする。

結露、気温、湿度の条件を満たさない場合には、強制排気又は使用環境に適する塗料乾燥機器、余熱機器等を用い、それにあった塗装要領を選定して行う。また、塗装工程の短縮等のため強制乾燥を行う場合、加熱温度は塗料製造者の指定する温度とし、局部加熱などのないよう注意しなければならない。

塗装面にほこりや泥が付着している時は、布でふき取る。水分が付着している時は乾いた布でふき取った後、乾燥させる。油分が付着している時は、溶剤を含ませた布で除去する。

塗膜は、指触乾燥までの間に、ほこりや水分が付着しないように養生する。

##### (5) 塗装状態の確認

塗装については、塗膜厚等を測定して確認するとともに、最終工程完了後には外観検査（全面）を行い、ピンホール検査及び膜厚検査を実施する必要がある。

## (6) 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-6.6-2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  $\pm 100$  (kg/m<sup>3</sup>)
- ②フ ロ ー 値：材料承諾及び施工計画書での申告値  $\pm 20$  (mm)
- ③空 気 量：材料承諾及び施工計画書での申告値  $\pm 5$  (%)

表-6.6-2 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<br>(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<br>(午前・午後) |
| 空気量<br>(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。<br>空気量(A) = [{試料(200cc) + 水(200cc) + アルコール(100cc) - B} / 試料(200cc)] × 100 | 2回/日<br>(午前・午後) |

## (7) 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。

## (8) 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 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及びコア抜きにより行う。

品質管理は、一軸圧縮強さ（材齢 28 日に圧縮強さが設計圧縮強さ以上、下限値  $1.0\text{N/mm}^2$ ）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）」によるものとする。ただし、当該基準に記載されていない項目については、巻末資料「施工管理項目等参考例」や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）及び一軸圧縮強さにより行う。試験方法及び測定回数を表-6.6-3 に示す。なお、現地では早期に強度を確認する必要があるため、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 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。<br>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。

## 6.7 鋼板内張工法の補修

鋼板内張工法は、劣化部の補修により施設の長寿命化を図ることができる。

### 【解説】

鋼板内張工法を構成する内張鋼板の劣化は主として腐食によるものであるため、腐食の特性や現象を踏まえて説明するとともに、耐久性回復を目的とした補修方法を提示する。

### 6.7.1 鋼板内張工法の劣化

鋼板内張工法を構成する内張鋼板の劣化は、内面塗装の劣化が主たる要因で発生する鋼面腐食である。

### 【解説】

内張鋼板の劣化は、摩耗や当て傷、塗装の経年劣化に伴う腐食（錆）が主である。一般に塗装鋼材の劣化は、高湿潤環境では塗膜を透過した水や酸素が接着界面に浸入し、接着強度の低下、ブリストア（膨れ）の発生、鋼面の腐食という劣化現象を生じて進行する。図-6.7.1-1 にその進行過程を模式的に示す。また、写真-6.7.1-1～6.7.1-4 に鋼板製内張工の腐食状況を示す。なお、写真-6.7.1-4 は土砂礫を含む水流摩耗で塗装が削れ鋼材が腐食（発錆）したものであり、他の写真とは劣化のメカニズムが異なる。

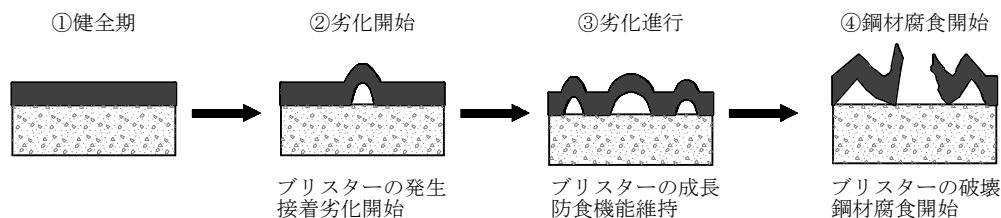


図-6.7.1-1 内面塗装鋼材の劣化過程概念図

(JWWA K 157:2013「水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法」、  
日本水道協会、p.44 を改変して転載)



写真-6.7.1-1 点的なブリストア（膨れ）



写真-6.7.1-2 面的なブリストア（膨れ）



写真-6.7.1-3 面的な塗膜浮き・剥離



写真-6.7.1-4 インバート材の摩耗腐食

### 6.7.2 鋼板内張工法に対する補修の概要

鋼板内張工法は、腐食等の劣化部を補修すれば比較的容易に機能回復が可能である。塗装補修と当て板補修は、内張鋼板の機能維持に有効な手法である。

#### 【解説】

鋼板内張工法は、平成元年頃から水路トンネルの改修工事に適用されており、供用期間の長い施設においては塗装の劣化や鋼面の腐食劣化が進行している場合がある。このような場合には、内張工の劣化状況を計測器等を用いて調査し、傷みが進んでいる箇所を対象に補修を行い、施設の長寿命化を図ることが機能維持の有効な手法である。本項では、鋼板内張工法の補修技術である塗装補修と当て板補修について記載する。

なお、現在供用中の鋼板内張工法において、当て板補修の適用実績は未だないが、長寿命化対策の展開を見据え、選択肢の一つとして当て板補修についても記載した。



写真-6.7.2-1 水路トンネルにおける塗装補修の事例



写真-6.7.2-2 当て板補修の事例(鋼管外面)

## 6.7.3 鋼板内張工法の補修対策の要求性能、性能照査

鋼板内張工法の補修対策の要求性能は、現場条件に応じて適切に設定する。

## 【解説】

## (1) 性能照査の基本的な考え方

補修対策の性能照査に当たっては、補修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。

補修対策が所要の性能を有することを確認するためには、これに加えて、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

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。補修対策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-6.7.3 に示す。

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。

表-6.7.3 鋼板内張工法の補修対策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<br>(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 | 耐久性 | 耐久性を有する | すみ肉溶接部の検査 | 土木工事施工管理基準<br>(管水路工事) | 溶接完了後に外観検査を行う           |
|       |      |     |         | 塗装部の検査    | 土木工事施工管理基準<br>(管水路工事) | 外観、塗膜の厚さ、ピンホール、付着性を確認する |

## 6.7.4 鋼板内張工法の補修対策の適用性

鋼板内張工法の補修対策は、鋼板の劣化形態や劣化の程度に応じて適切に選定する。

## 【解説】

鋼板内張工法の補修対策は、鋼板の劣化形態によって異なるので、図-6.7.4-1 に示すフローに従い補修方法を選定する。

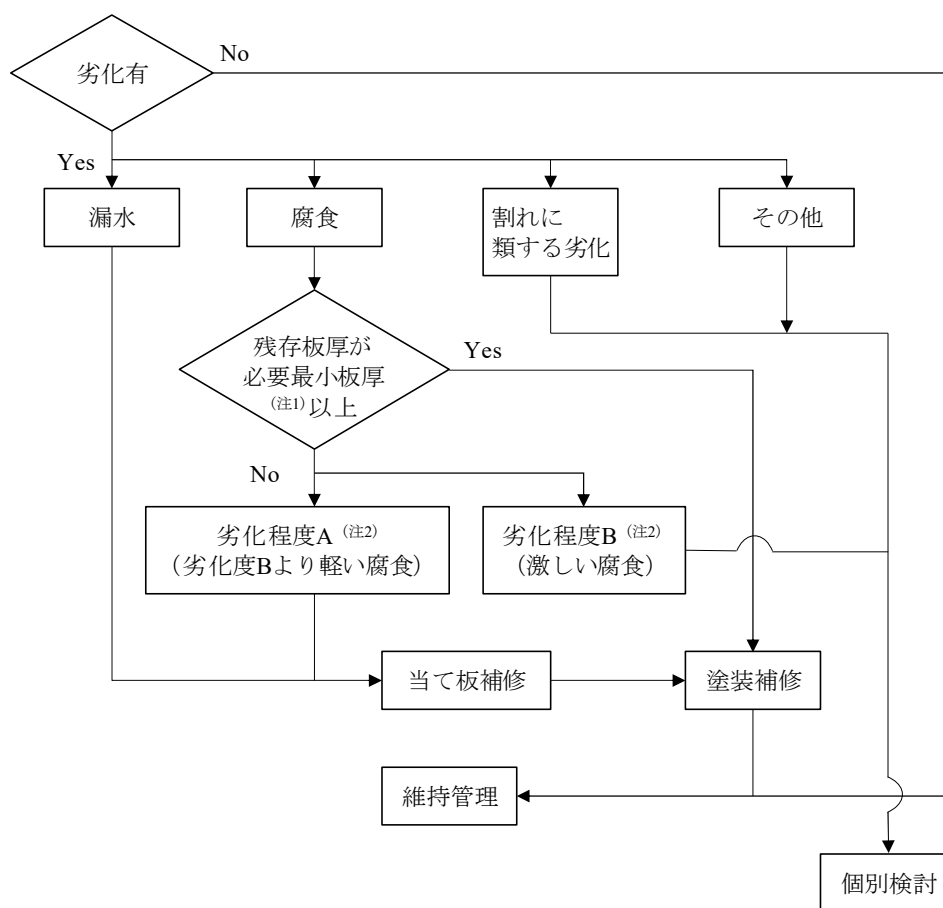


図-6.7.4-1 劣化対策選定フロー \*

(注1) 必要最小板厚は、「許容応力度を降伏強度で除した値」を基本とする。実運用上は公称板厚の70%を必要最小板厚としてよい。

(注2) 表-6.7.4-1 参照

図-6.7.4-1 のフローに従い補修するときは、劣化の程度（面積や深さ等）によって補修方法を選定する。劣化の範囲は、数  $\text{cm}^2$  の小さな面積から数  $\text{m}^2$  の比較的大きな面積まで想定される。劣化の深さも様々であり、劣化形態を定型化（劣化度と腐食面積大中小等で区分）することは困難と考え、表-6.7.4-1 のように劣化程度を分類した。なお、予算や工程上の制約などで対策範囲の制限がある場合は、リスクの大きな変状から順に対策箇所を設定する必要がある。

表-6.7.4-1 劣化程度別の補修方法選定の目安 \*

| 劣化度 | 鋼板の状態                                     | 通常の劣化    | 周方向劣化など特殊形態 |
|-----|-------------------------------------------|----------|-------------|
| A   | 必要最小板厚未満で、かつ劣化度 B よりも程度が軽く、表面清掃が可能な腐食がある。 | 当て板      | 個別検討        |
| B   | 表面清掃を行うと貫通し、開口するほど著しい腐食が進行している状態。         | 更新又は個別検討 | 個別検討        |

多くの場合、当て板で補修できると考えられるが、まれなケースもあるため表-6.7.4-1 のとおり区分した。個別検討となる場合は、補修の経験や溶接の知見が豊富な施工会社に検討を依頼することが望ましい。

#### 6.7.4.1 塗装補修の適用性

内張鋼板の内面塗装が劣化した部分や、劣化部の調査や当て板補修により鋼面が露出した部分は、既設同等以上の防食性能を有する塗装方法で補修しなければならない。塗装の補修材料は、既設塗装の種類や補修深さに応じて選定する。

##### 【解説】

防食性能の確保には、劣化した塗装の確実な除去と共に、補修の施工環境の確保と各工程管理が非常に重要である。

本来、塗装の補修には、既設の鋼板内張工法で使用している材料と同じものを使用することが望ましいが、施工年数が古い施設では現在あまり使用されていない材料を採用しているものもあるため、「既設同等以上の防食性能を有する」ものとした。

鋼板内張工法で従来使用されていた塗装材料に対する標準的な補修材料を表-6.7.4.1-1 に示す。また、表-6.7.4.1-2 に鋼板内張工法の内面補修で実績のある補修材料の特徴を示す。なお、鋼板内張工法の補修材料の選択については、経済的な JIS G 3443-4 の溶剤形エポキシ樹脂塗装を基本とする。

表-6.7.4.1-1 既設内面塗装と補修材料の関係

| 既設内面塗装                      | 内面塗装の補修材料                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| タールエポキシ樹脂塗装                 | 溶剤形エポキシ樹脂塗装 0.5mm 以上<br>又は（プライマー＋無溶剤形エポキシ樹脂塗装 0.5mm 以上）（注1） |
| 溶剤形エポキシ樹脂塗装<br>（液状エポキシ樹脂塗装） |                                                             |

（注1）工期を短くしたい場合や補修面積が小さい箇所においては、（ ）で示した無溶剤形エポキシ樹脂塗料を使用してもよい。

表-6.7.4.1-2 内面塗装の補修材料の特徴

| 内面塗装の補修材料    | 長 所                                                | 短 所                                                                        |
|--------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 溶剤形エポキシ樹脂塗装  | 経済性に優れる。<br>鋼面の下地処理は汎用工具でも可能（ISO 8501-1 の St3 以上）。 | 有機溶剤に対する換気が必要。<br>塗装回数が多い。                                                 |
| 無溶剤形エポキシ樹脂塗装 | 厚塗りが容易であり、塗装回数が少ない。<br>有機溶剤対策が不要。                  | 溶剤形に比べて、塗料単価・施工単価ともに高価。<br>鋼面の下地処理に専用工具が必要。<br>塗装機を用いる場合、機材寸法の関係で断面に制限がある。 |

#### 6.7.4.2 当て板補修の適用性

当て板補修は、腐食箇所の状況や現場の施工条件などを考慮し、適切な方法で実施する。

##### 【解説】

当て板補修は、簡便に構造鋼板の機能を回復し、健全性を確保できることから、広く適用されている補修工法である。

##### (1) 当て板による補修例

水路内面からの当て板補修においては、劣化箇所の状況（腐食形態、発生位置等）に応じて、当て板形状を決定する。水路内面から施工する当て板補修の例を図-6.7.4.2-1に示す。

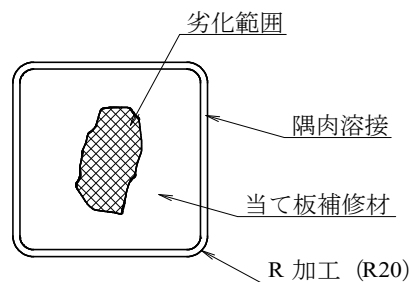


図-6.7.4.2-1 当て板による補修例 \*

##### (2) 当て板の使用材料及び形状

当て板の材料は、既設鋼板と同じ鋼材又は同等品を用いる。当て板に使用する材料は、JIS G3101に規定する一般構造用圧延鋼材（SS400）又はJIS G3106に規定する溶接構造用圧延鋼材（SM490）の鋼板を用いる。

当て板の形状は、必要に応じて曲げロール加工やプレス加工等を行い、既設鋼板の曲率に合う形状にする。

##### (3) 当て板の厚さ

当て板の厚さは、既設鋼板の公称板厚に応じた必要厚さとする。当て板の厚さ一覧表を表-6.7.4.2-1に示す。

当て板の厚さは、既設鋼板の板厚と同等以上であることが望ましいが、板厚が厚い場合の施工性を考慮して、少なくとも必要最小板厚（既設鋼板の公称板厚の70%）以上の厚さを確保する。当て板と既設鋼板の厚さの関係を図-6.7.4.2-2に示す。

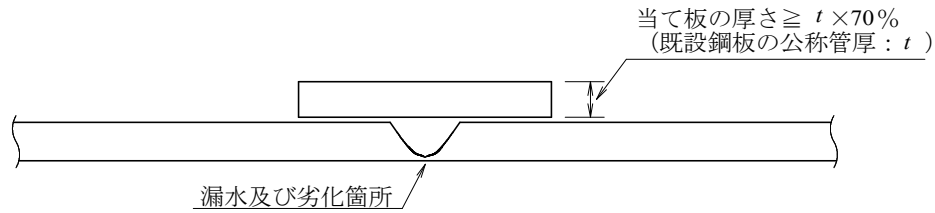


図-6.7.4.2-2 当て板と既設鋼板の厚さの関係 \*

表-6.7.4.2-1 当て板の厚さ一覧表

| 既設鋼板厚<br>(mm) | 当て板の厚さ<br>(mm) (注1) | SS400 鋼板の<br>適用例<br>(mm) (注2) | 既設鋼板厚<br>(mm) | 当て板の厚さ<br>(mm) (注1) | SS400 鋼板の<br>適用例<br>(mm) (注2) |
|---------------|---------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|
| 6             | 4.2 以上              | 6.0 (5.50)                    | 17            | 11.9 以上             | 16.0 (15.35)                  |
| 7             | 4.9 以上              | 6.0 (5.50)                    | 18            | 12.6 以上             | 16.0 (15.35)                  |
| 8             | 5.6 以上              | 9.0 (8.45)                    | 19            | 13.3 以上             | 16.0 (15.35)                  |
| 9             | 6.3 以上              | 9.0 (8.45)                    | 20            | 14.0 以上             | 16.0 (15.35)                  |
| 10            | 7.0 以上              | 9.0 (8.45)                    | 21            | 14.7 以上             | 16.0 (15.35)                  |
| 11            | 7.7 以上              | 9.0 (8.45)                    | 22            | 15.4 以上             | 19.0 (18.35)                  |
| 12            | 8.4 以上              | 9.0 (8.45)                    | 23            | 16.1 以上             | 19.0 (18.35)                  |
| 13            | 9.1 以上              | 12.0 (11.45)                  | 24            | 16.8 以上             | 19.0 (18.35)                  |
| 14            | 9.8 以上              | 12.0 (11.45)                  | 25            | 17.5 以上             | 19.0 (18.35)                  |
| 15            | 10.5 以上             | 12.0 (11.45)                  | 26            | 18.2 以上             | 19.0 (18.35)                  |
| 16            | 11.2 以上             | 12.0 (11.45)                  | 27            | 18.9 以上             | 22.0 (21.35)                  |

(注1) : 既設鋼板の必要最小板厚 (公称板厚×70%) 以上

(注2) : 鋼板の規格で板幅 1600mm 未満の鋼板を用いた場合の適用例。( ) 内は鋼板のマイナス許容差から算出した最小厚さを示している。許容差については JIS G 3193「熱間圧延鋼板及び鋼帯の形状、寸法、質量及びその許容差」に準拠している。適用する当て板の厚さは、鋼板のマイナス許容差も踏まえ、必要最小板厚を確保する鋼板を選択する。

## 6.7.5 鋼板内張工法の補修対策の施工方法

## 6.7.5.1 塗装補修の施工

塗装補修は、現場条件を十分踏まえた計画の下で施工を行うことが求められる。

## 【解説】

内張鋼板の劣化部に塗装を施す場合は、劣化部の凹みや当て板の凸部に応じて整形を行うなど、補修対策特有の処置が必要となる。これらの工程を織り込んだ塗装補修の標準作業フローを図-6.7.5.1-1示す。

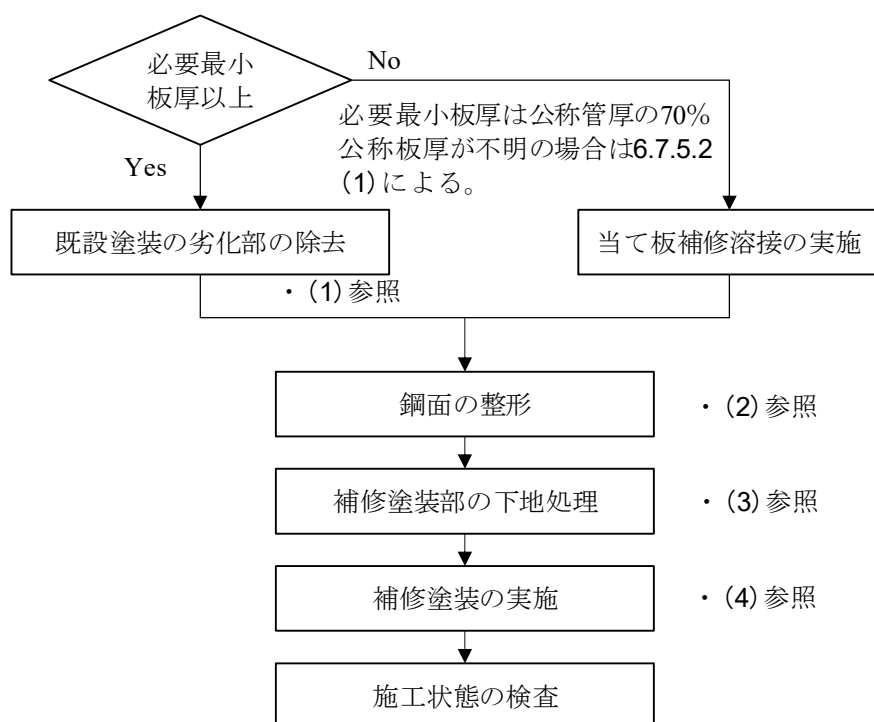


図-6.7.5.1-1 塗装補修の標準作業フロー \*

## (1) 既設塗装の劣化部の除去

既設塗装の劣化部は、適切に除去しなければならない。劣化した既設塗装の表面にそのまま補修塗装を施すと、ピンホールや外観上の欠陥の原因となるので、劣化部とその周辺を含めて鋼面まで完全に既設塗装を除去する必要がある。

## (2) 鋼面劣化部の整形方法

鋼面の劣化部は、適切な方法で整形しなければならない。塗装の補修に先立ち、補修塗装の膜厚が確保できる鋼面形状にするために劣化部を整形する。

当て板溶接を行わない場合は、補修鋼面全体が確実に下地処理できるように、劣化部の凹凸をディスクサンダー等で研削し、劣化部をなだらかにする（図-6.7.5.1-2 参照）。狭小な孔食であっても

下地処理が可能となるよう、ピットの形状をなだらかに整形する（図-6.7.5.1-3 参照）。

当て板補修溶接を行う場合は、当て板補修溶接の隅肉溶接の形状が均一な塗膜厚確保に支障を来すか確認し、必要な箇所は滑らかに整形する（図-6.7.5.1-4 参照）。

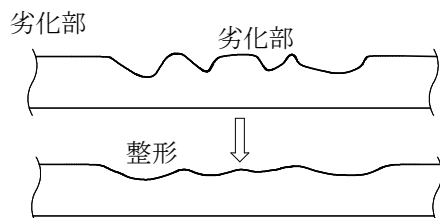


図-6.7.5.1-2 面的な劣化部の整形方法

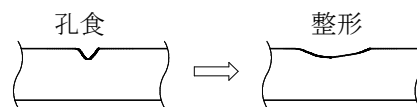


図-6.7.5.1-3 狭小な孔食部の整形方法

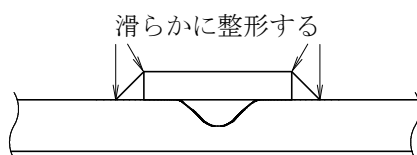


図-6.7.5.1-4 当て板補修溶接部の整形方法

### (3) 下地処理

鋼面劣化部の補修塗装を行う前に、下地処理を行う。図-6.7.5.1-5 に当て板をしない場合とする場合に分けて、下地処理の概念図を示す。

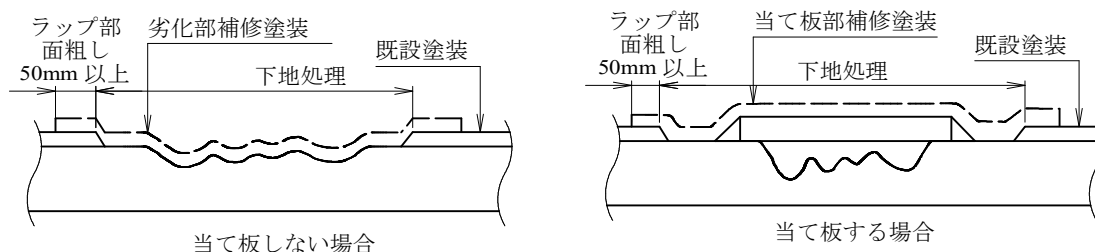
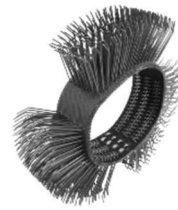


図-6.7.5.1-5 下地処理の概念図 \*

- 1) 補修塗装する前に既設鋼板塗装ラップ部の水垢や塵埃等の異物を除去する。
- 2) 鋼面は、ブラスト処理によって JIS Z 0313 の Sa2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 以上の等級に仕上げるか、又はロータリー式下地処理によって SSPC-SP11（ISO 8501-1 の Sa2 相当）の等級に仕上げる。
- 3) 塗装の劣化部は、既設塗装と補修塗装のラップ部の長さが 50mm 以上となるように劣化部周辺をマスキングテープで囲い、ディスクサンダー、サンドペーパー等で表層だけ面粗しを実施する。また、健全な塗膜の端部になだらかなテーパを付ける。
- 4) 溶剤を含んだウエスで油分と面粗しカスを除去する。



工具体



ブラスターブラシ

図-6.7.5.1-6 ロータリー式下地処理工具（例）

#### (4) 塗装補修の方法

塗装は、現地での下地処理完了後、速やかに行うこと。塗装補修に使用する塗料は表-6.7.4.1-1に示す塗料とする。塗装補修は、塗膜に異物の混入、ピンホール、塗りむら、塗り漏れなどがないようにして、エアレス塗装機又はこれと同等以上の性能をもつ塗装機を用いて塗装する。手塗りする場合は、はけ、へら又はローラを用いて塗装する。

補修塗装の膜厚は、既設塗装の仕様に合わせることとし、補修塗装は既設塗装に 50mm 以上ラップさせる（図-6.7.5.1-7 の※1）。

当て板ありの場合の補修方法を図-6.7.5.1-8 に示す。

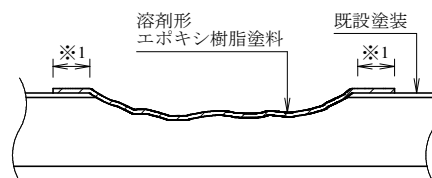


図-6.7.5.1-7 塗装の補修方法

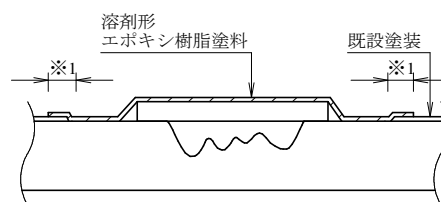


図-6.7.5.1-8 当て板補修部の補修方法

## 6.7.5.2 当て板補修の施工

当て板補修は、現場条件を十分踏まえた計画の下で施工を行うことが求められる。

## 【解説】

当て板補修は腐食箇所の状況や現場の施工条件等を考慮して適切な方法で実施する。当て板補修のフローを図-6.7.5.2-1に示す。

- 1) 腐食形態は様々であるので、当て板の形状は腐食箇所の状況に応じて対処する。補修が広範囲となる場合は、現場での施工性を考慮して、当て板を分割しても良い。
- 2) 腐食箇所からの漏水や湧水の浸入がある場合は、止水を行ったうえで当て板補修を実施する。止水方法等、経験やノウハウが必要な場合は、経験が豊富な施工会社に検討を依頼することが望ましい。

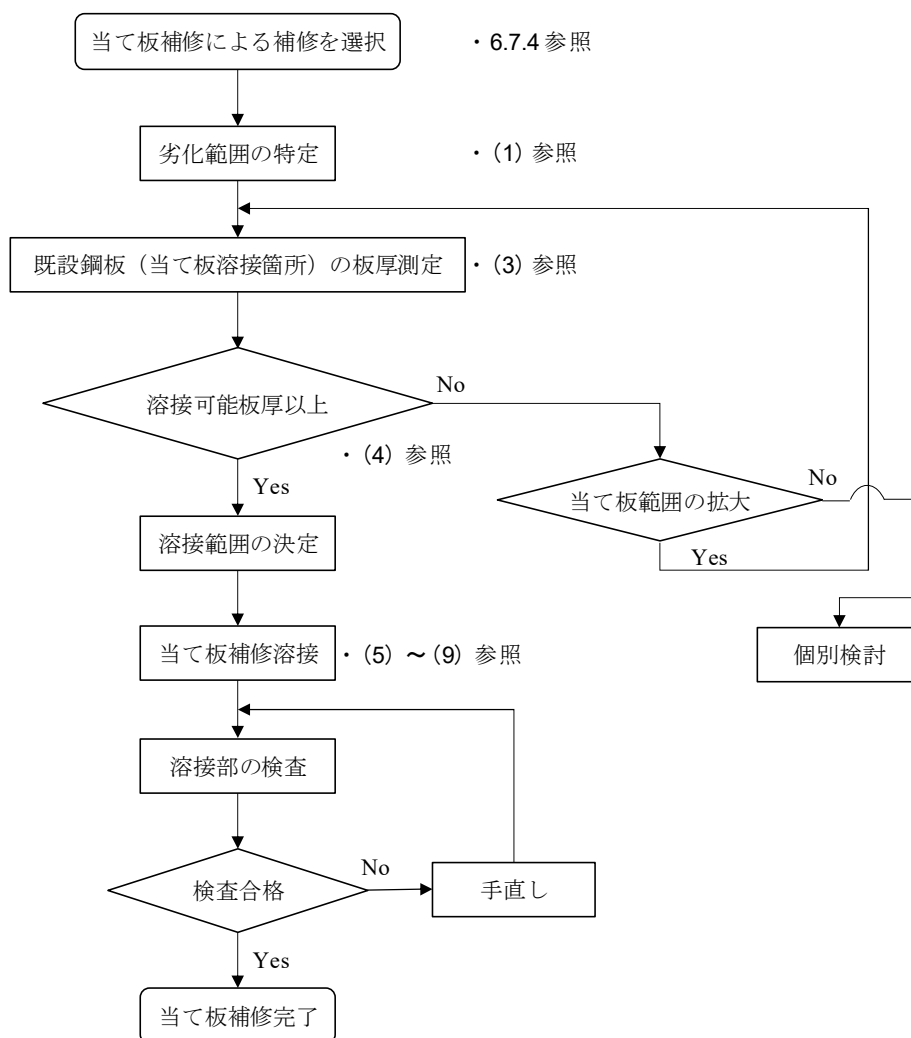


図-6.7.5.2-1 当て板補修のフロー

### (1) 劣化範囲の特定

超音波厚さ計及びデプスゲージを用いて内張鋼板の健全箇所及び劣化箇所の板厚を測定し、残存板厚が必要最小板厚（既設公称板厚の70%）以下の箇所を劣化範囲として特定する。劣化範囲の測定手順を以下に、板厚確認例を図-6.7.5.2-2に示す。

- 1) 鋼板表面が健全な箇所で板厚測定を行い、既設鋼板の公称板厚を確認する。測定は、劣化箇所から数十 cm 程度離れた位置で、ばらつきを考慮して数点～十点程度実施する。（測定 A）
- 2) 劣化箇所の凹み深さをデプスゲージで測定する。（測定 B）  
測定 A の板厚からデプスゲージの測定値を引くことで、残存板厚が求まる。
- 3) 前項で確認した凹みの周囲の板厚を超音波厚さ計で測定し、周囲の板厚の状況を確認する。（測定 C）
- 4) 残存板厚（測定 A－測定 B）及び測定 C の測定結果において、必要最小板厚以下の箇所を劣化範囲とする。

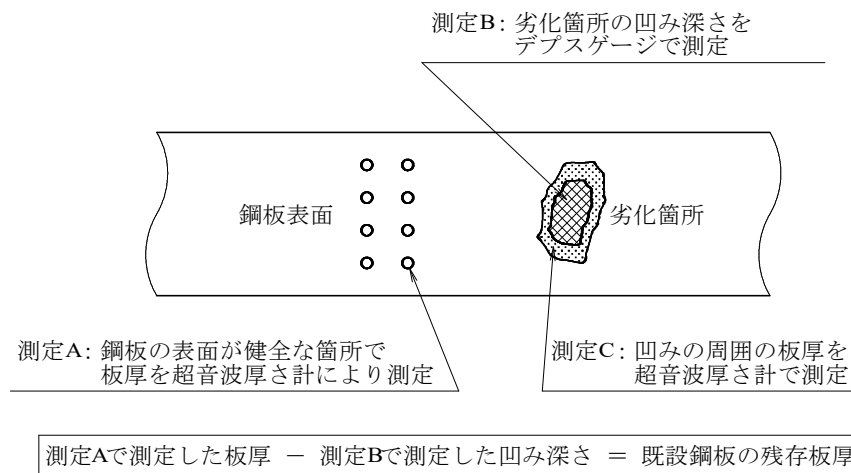


図-6.7.5.2-2 劣化箇所周囲の板厚確認例 \*

### (2) 当て板補修の範囲

- 1) 当て板の大きさは、特定した劣化範囲を 25mm 以上覆う大きさとする。当て板補修の範囲例を図-6.7.5.2-3に示す。
- 2) 溶接する箇所に腐食などの凹凸があると、溶接時にアーク長が不安定となり、溶接欠陥の原因となる。このため、平坦な箇所で溶接が行えるように範囲を設定する。設定できない場合は、当て板の大きさを調整するなどして対処する。
- 3) 当て板の補修における溶接箇所の近傍に既設鋼板の溶接線がある場合は、溶接線から 50mm 以上の離隔を設ける。

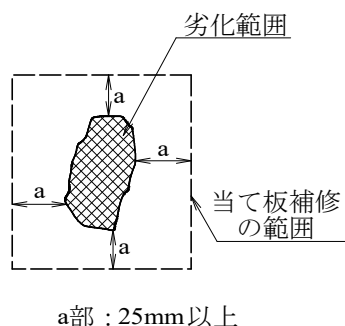


図-6.7.5.2-3 当て板補修の範囲例 \*

### (3) 当て板補修における溶接箇所の既設板厚測定

- 1) 溶接の実施可否を判断するため、当て板補修における溶接箇所の板厚測定を実施する。
- 2) 溶接を行う前に、超音波厚さ計で溶接箇所の周囲の板厚を測定する。測定間隔は、30mm を超えない範囲とする。溶接箇所の既設板厚測定例を図-6.7.5.2-4 に示す。

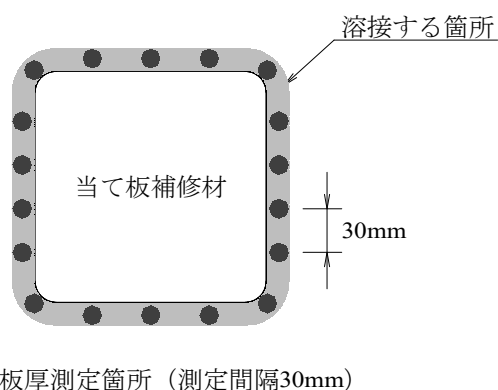


図-6.7.5.2-4 当て板補修における溶接箇所の既設板厚測定例 \*

- 3) 測定した板厚が、表-6.7.5.2-1 に示す溶接可能板厚以上であれば溶接可能と判断する。溶接可能板厚未満である場合は、溶接可能板厚以上の板厚となる箇所まで、当て板補修の範囲を広げる。

### (4) 当て板補修における溶接箇所の溶接可能板厚

当て板を溶接する場合、品質（溶け込み深さ）や適切な能率、必要最小板厚の確保と溶接時の溶け落ち防止を考慮して溶接可能板厚を設定する必要がある。これらの要因を踏まえた公称板厚別の溶接可能板厚を表-6.7.5.2-1 に示す。

表-6.7.5.2-1 鋼板板厚別の溶接可能板厚

| 鋼板板厚<br>(mm) | 溶接可能<br>板厚<br>(mm)  | 鋼板板厚<br>(mm) | 溶接可能<br>板厚<br>(mm) | 鋼板板厚<br>(mm) | 溶接可能<br>板厚<br>(mm) |
|--------------|---------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| 6            | 4.5                 | 14           | 9.8                | 21           | 14.7               |
| 7            | 4.5                 | 15           | 10.5               | 22           | 15.4               |
| 8            | 6.0 <sup>(注1)</sup> | 16           | 11.2               | 23           | 16.1               |
| 9            | 6.0 <sup>(注1)</sup> | 17           | 11.9               | 24           | 16.8               |
| 10           | 6.0 <sup>(注1)</sup> | 18           | 12.6               | 25           | 17.5               |
| 11           | 6.6 <sup>(注1)</sup> | 19           | 13.3               | 26           | 18.2               |
| 12           | 8.4                 | 20           | 14.0               | 27           | 18.9               |
| 13           | 9.1                 |              |                    |              |                    |

(注1)：板厚測定で確認した既設鋼板（当て板補修における溶接箇所）の板厚が、公称板厚のマイナス側許容差内である場合は、必要最小板厚以上とする。

#### (5) 内面塗装の除去範囲

溶接箇所に近接する内面塗装は、溶接時の溶接熱の影響を受けて劣化することが考えられるため、影響範囲の内面塗装を除去する。内面塗装の除去範囲例を図-6.7.5.2-5に示す。

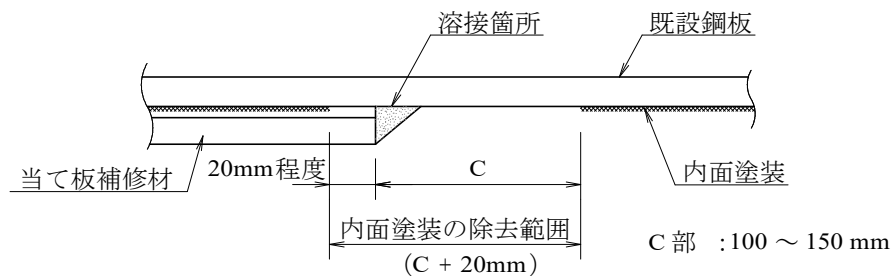


図-6.7.5.2-5 内面塗装の除去範囲例 \*

## (6) 溶接方法

溶接方法は、現場での施工性、溶接に要する時間及び適用実績等を考慮し、被覆アーク溶接で実施することを原則とする。

## (7) 溶接士

補修溶接を行う溶接士は、JIS Z 3801「手溶接技術検定における試験方法及び判定基準」に規定された試験合格者、又はこれと同等以上の技量を有する者とする。

## (8) 溶接機器及び材料

溶接機器及び溶接材料は、JIS（日本産業規格）適合品を使用することを基本とする。表-6.7.5.2-2に標準的な溶接機器及び溶接材料の規格を示す。

表-6.7.5.2-2 溶接機器及び材料の規格

| 項 目    | JIS 規格<br>番号 | 表 題                    |
|--------|--------------|------------------------|
| 溶接機    | C 9300-1     | アーク溶接装置－第1部：アーク溶接電源    |
| トーチ    | C 9300-7     | アーク溶接装置－第7部：トーチ        |
| 溶接ホルダ  | C 9300-11    | アーク溶接装置－第11部：溶接棒ホルダ    |
| 溶接ケーブル | C 3404       | 溶接用ケーブル                |
| 溶接棒    | Z 3211       | 軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用被覆アーク溶接棒 |

## (9) 補修溶接（すみ肉溶接）の条件

すみ肉溶接は、溶け落ちを考慮して、既設鋼板の公称板厚によって溶接条件を設定する。また、すみ肉溶接の外観形状は、図-6.7.5.2-6に示すのど厚及び脚長を確保する。

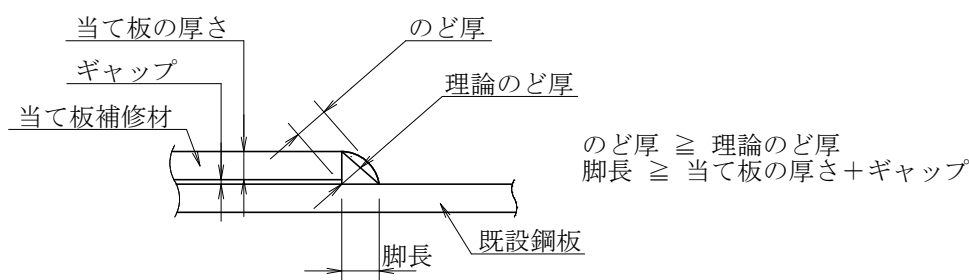


図-6.7.5.2-6 すみ肉溶接ののど厚及び脚長 \*

### 6.7.6 鋼板内張工法の補修対策の施工管理

#### 6.7.6.1 塗装補修・当て板補修の材料の承諾及び保管管理

塗装補修に使用する材料については、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。また、使用材料は適正に保管管理を行う。当て板補修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。資材の保管及び運搬・搬入時の環境条件は適正なものとする。

##### 【解説】

塗装補修に使用する材料については、品質規格を満足する材料、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。当て板補修に用いる金属部材については、入荷ロットごとの品質チェックを行う。また、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。

#### 6.7.6.2 塗装補修・当て板補修の施工時の管理

塗装補修及び当て板補修の施工管理においては、次の項目について確認を行う。

- (1) 施工環境管理（塗装工、当て板溶接）
- (2) 施工管理（塗装工、当て板溶接）

##### 【解説】

##### (1) 塗装環境管理

現場塗装に当たっては、鋼面が結露していないこと、気温が5℃以上、かつ、湿度85%以下であることを確認する。結露の有無については、気温、鋼面温度及び湿度を計測し、「露点管理表（結露判定用記録表）」で事前にチェックするものとする。

結露、気温、湿度の条件を満たさない場合には、強制排気又は使用環境に適する塗料乾燥機器、余熱機器等を用い、それにあった塗装要領を選定して行う。また、塗装工程の短縮等のため強制乾燥を行う場合、加熱温度は塗料製造者の指定する温度とし、局部加熱などのないよう注意しなければならない。

##### (2) 塗装状態の確認

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。

##### (3) 溶接環境管理

溶接は温度や水分等の影響を受けやすい作業であるため、実施に当たっては常に天候、気温、湿度及び風速に注意を払い、悪条件の場合は適切な処置を講じなければならない。気温が低い場合は、硬化割れが生じやすいため、母材の材質、板厚等に応じて、予熱、後熱その他適当な処置をとらなければならない。また、感電事故防止の観点から、作業場所の排水は十分に行わなければならない。

(4) 溶接状態の確認

溶接部については、外観検査によりのだ厚や脚長を測定し確認するものとする。

6.7.6.3 塗装補修・当て板補修の出来形管理及び品質管理

塗装工及び溶接工の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。

【解説】

出来形管理は「土木工事施工管理基準（管水路工事）」によるものとする。ただし、当該基準に記載されていない項目については、巻末資料「施工管理項目等参考例」や各団体等が発行する資料に則って行う。

---

本章の図表の末尾に＊が付いたものは、WSP081-2020「鋼管路の更新診断マニュアル（診断から劣化調査・補修まで）」、日本水道鋼管協会を参考に作成した。