

# 卷末資料

## 1. 施工管理項目参考例

### (1) 電気防食工法（流電陽極方式）

- ①直接測定による出来形管理
- ②撮影記録による出来形管理
- ③品質管理

### (2) 塗覆装

#### 1) ジョイントコート

- ①直接測定による出来形管理
- ②撮影記録による出来形管理
- ③検査による出来形管理
- ④品質管理

#### 2) 合成ゴムシート

- ①直接測定による出来形管理
- ②撮影記録による出来形管理
- ③検査による出来形管理
- ④品質管理

### (3) メタルタッチ切断

- ①直接測定による出来形管理
- ②撮影記録による出来形管理
- ③品質管理

## 2. 参考図書一覧表

## 3. 電気防食工法の設計計算例

## 1. 施工管理項目参考例

### (1) 電気防食工法（流電陽極方式）

#### ①直接測定による出来形管理

出来形管理は表 1 に示す管理項目について実施する。なお、管理図表はその都度、記録・整理し監督職員に報告する。

表 1 施工管理の管理項目

工 種	種 別	測定項目	規格値	測定基準
削孔工	ボーリング工	掘削長 掘削径	-100mm - 30mm	全箇所
土工	掘削工	幅 基準高	-150mm ±100mm	代表 1 箇所/1 施設
電気防食工	陽極設置工	深度 偏心量	±100mm ±100mm	全箇所
	照合電極設置工	深度 偏心量	±100mm ±100mm	全箇所
舗装工*	アスファルト舗装工	幅員 厚さ	- 30mm - 15mm	代表 1 箇所/1 施設
	コンクリート舗装工	幅員 厚さ	- 30mm - 10mm	代表 1 箇所/1 施設

\*対象箇所が舗装されている場合

#### ②撮影記録による出来形管理

撮影記録は、表 2 に示す写真管理基準に従い実施する。

特に、完成後に不可視となる部分については、出来形が判定できるように撮影する。

表 2 写真管理基準

分 類	工 種	撮影項目	撮影時期	撮影頻度
着手前・完成	着手前	全景又は代表部分	着手前	着手前 1 回
	完成	全景又は代表部分	完成後	施工完成後 1 回
施工状況	工事施工中	全景又は代表部分の工事進捗状況	施工中	適宜
	図面との不一致	図面と現場の不一致の写真	発生時	必要に応じて
安全管理	安全管理	保安設備の設置状況	設置後	各種類において 1 回
		安全訓練等の実施状況	実施中	実施毎に 1 回
使用材料	使用材料	形状・寸法・数量	使用前	各品目において 1 回
出来形管理	ボーリング工	掘削長・掘削幅	実施後	全数
	掘削工	幅・基準高	実施後	1 箇所/施設
	陽極設置工	陽極設置深度・位置	実施後	全数
	照合電極設置工	陽極設置深度・位置	実施後	全数
	舗装工*	幅員・厚さ	実施前	1 箇所/施設
品質管理	完成測定	完成測定状況	実施中	各測定において 1 回

\*対象箇所が舗装されている場合

### ③品質管理

品質管理は、電気防食の効果を確認するため表3の項目について実施する。

表3 品質管理

区分	管理項目	管理方法	管理内容	品質規格	測定頻度	整理方法
材料	形状寸法	陽極本体の寸法検査	承諾された形状・寸法に適合していること	製品規格値	納入前	試験成績書 又は 品質証明書
防食効果	防食効果	管対地電位	防食効果を満足すること	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全防食法の場合 防食電位<math>-850\text{mV}</math>以下</li> <li>近接陽極法の場合 改善目標電位<math>-600\text{mV}</math>以下 又は 自然電位からの電位変化量がマイナス側に<math>300\text{mV}</math>以上</li> </ul>	施工後	完工測定報告書
		陽極発生電流	設計耐用年数を満足すること	設計耐用年数 $\leq$ 陽極発生電流より算出される期待耐用年数	施工後	

## (2) 塗覆装

### 1) ジョイントコート

#### ①直接測定による出来形管理

出来形管理は原則として塗覆装補修箇所毎に行う。なお、管理図表はその都度、記録・整理し監督職員に報告する。

表4 ジョイントコート施工出来形管理

分類	工程	撮影項目	撮影時期	撮影頻度
出来形管理	下地処理	補修長さ	施工後	全数
	シーリング材セット	セット位置	施工後	全数
	鋼管表面予熱	予熱状況	施工中	全数
	熱収縮シート巻付け	巻付け状況	施工後	全数
	熱収縮シート加熱収縮	補修長さ	施工後	全数

## ②撮影記録による出来形管理

写真撮影は、表 5 に示す写真管理基準に従い実施する。

特に、完成後に不可視となる部位については、出来形が判定できるように撮影する。

表 5 写真管理基準

区分	工程	撮影箇所及び内容	撮影頻度
一般共通事項	現場概要	・ 施工個所の概況	・ 工事施工の起点、主要中間点毎及び終点
	材料、品質等	・ 施工前の使用材料の保管状況 ・ 施工前の使用材料の確認状況（形状、寸法、数量）	・ 適宜
準備工	安全管理	・ 保安設備の設置状況	・ 適宜
		・ 安全訓練の実施状況	・ 適宜
防食工法	施工状況	・ 下地処理状況 ・ 工事進捗状況	・ 施工箇所毎
		・ 図面との不一致（発生した場合）	・ 必要に応じて適宜
	出来形管理	・ 別途工法毎に記載（表 4）	

## ③検査による出来形管理

ジョイントコートの検査は表 6 に基づき表 7 の管理項目について行う。

保護シートを巻く場合は、保護シート巻付け前に実施する。

表 6 ジョイントコートの検査

項目		判定基準
外観検査	焼損	焼損があってはならない
	両端のめくれ	有害な欠陥となる大きなめくれがあってはならない
	ふくれ	ジョイントコート両端から 50mm 以内にふくれがあってはならない
	既設塗覆装との重ね長さ	片側 50mm 以上とする
	円周方向の重ね長さ	50mm 以上とする
ピンホール検査		ピンホール検知器を用いて検査を行い、火花の発生するような欠陥があってはならない この場合の検査電圧は、8～10kV とする
膜厚検査		加熱収縮後のジョイントコートの厚さは、1.5mm 以上とする

表 7 ジョイントコートの管理項目

工程	管理項目	管理方法	管理値	測定基準
下地処理	鋼面除錆度	目視 (除錆度判定写真帳との対比)	設計図書以上の除錆度	2 箇所/1 施設
シーリング材セット	セット位置	目視	管上 45° 付近	1 箇所/1 施設
鋼管表面予熱	予熱状況	表面温度計又は温度チョーク	60℃程度	1 箇所/1 施設
熱収縮シート巻付け	既設塗覆装との重ね長さ	計測	既設塗覆装との重ね長さ 50mm 以上	全箇所
熱収縮シート加熱収縮後	外観検査	目視	鋼管と密着していること	全箇所
ピンホール検査	塗覆装補修欠陥部	ピンホール検知器	欠陥なし	全箇所
膜厚検査	膜厚	膜厚計	1.5mm 以上	2 箇所/1 施設

#### ④品質管理

ジョイントコートの品質管理は表 8 の項目について実施する。

表 8 ジョイントコートの品質管理

区分	管理項目	管理方法	管理内容	品質規格	測定頻度	整理方法	
基材	形状寸法	試験成績書により確認	形状・寸法値	承諾された形状、寸法に適合していること	搬入前	試験成績書(検査証明書)を提出	
	種類	試験成績書により確認	材質	特記仕様によるか、監督職員に承諾されたプラスチック系熱収縮シートであること	搬入前		
	外観	目視	使用上の有害な欠陥の有無	シワ・傷がないこと	搬入前		
	性能	JIS K 7112 又は ASTM D 792 の試験法	密度	0.92~1.05 (kg/cm <sup>3</sup> )			搬入前
		JIS K 7113 の 2 号形試験片又は ASTM D 638 の TypeIV の試験法	引張強度	管周方向	19.6MPa 以上		搬入前
			管軸方向				
		JIS K 7215 又は ASTM D 2240 の試験法	硬さ	管周方向	45HDD 以上		搬入前
	管軸方向						
ASTM D 2732 の試験法	収縮率	管周方向	20%以上	搬入前			
		管軸方向	8%以上				
粘着剤	性能	JIS K 6268 又は ASTM D 792 の試験法	密度	1.0Mg/m <sup>3</sup> 以上		搬入前	
		JISK 2220 の試験法	ちょう度*	JIS	80 以下	搬入前	
		ASTM G 17 の試験法		ASTM	ピンホールがない		
		JIS K 2207 又は ASTM E 28 の試験法	軟化点	60℃以上		搬入前	

\*ちょう度はジョイントコートの堅さを表す物性値であり、JIS 又は ASTM のいずれかによる

## 2) 合成ゴムシート

### ①直接測定による出来形管理

出来形管理は原則として塗覆装補修箇所毎に行う。なお、管理図表はその都度、記録・整理し監督職員に報告する。

表 9 合成ゴムシート施工出来形管理

分類	工程	撮影項目	撮影時期	撮影頻度
出来形管理	下地処理	補修長さ	施工後	全数
	シールテープ装着	装置位置	施工後	全数
	ゴムシート巻付け	巻付け状況	施工後	全数
	保護テープ巻付け	巻付け状況	施工後	全数
	保護シート巻付け	巻付け状況	施工後	全数

## ②撮影記録による出来形管理

写真撮影は、表 10 に示す写真管理基準に従い実施する。

特に、完成後に不可視となる部位については、出来形が判定できるように撮影する。

表 10 写真管理基準

区分	工程	撮影箇所及び内容	撮影頻度
一般共通事項	現場概要	・ 施工個所の概況	・ 工事施工の起点、主要中間点毎及び終点
	材料、品質等	・ 施工前の使用材料の保管状況 ・ 施工前の使用材料の確認状況 (形状、寸法、数量)	・ 適宜
準備工	安全管理	・ 保安設備の設置状況	・ 適宜
		・ 安全訓練の実施状況	・ 適宜
防食工法	施工状況	・ 下地処理状況 ・ 工事進捗状況	・ 施工箇所毎
		・ 図面との不一致 (発生した場合)	・ 必要に応じて適宜
	出来形管理	・ 別途工法毎に記載 (表 9)	

## ③検査による出来形管理

合成ゴムシートの検査は表 11 に基づき表 12 の管理項目について行う。

表 11 合成ゴムシートの検査

項目		判定基準
外観検査	両端のめくれ	有害な欠陥となる大きなめくれがあつてはならない
	ふくれ	ゴムシートの両端から 50mm 以内にふくれがあつてはならない
	既設塗覆装との重ね長さ	片側 50mm 以上とする
	円周方向の重ね長さ	50mm 以上とする
ピンホール検査		ピンホール検知器を用いて検査を行い、火花の発生するような欠陥があつてはならない この場合の検査電圧は、8~10kV とする
膜厚検査		ゴムシートの膜厚は、1.5mm 以上とする

表 12 合成ゴムシートの管理項目

工程	管理項目	管理方法	管理値	測定基準
下地処理	鋼面除錆度	目視 (除錆度判定写真帳との対比)	設計図書以上の除錆度	2 箇所/1 施設
シールテープセット	セット位置	目視	管上 30° 付近	1 箇所/1 施設
ゴムシートの巻付け	既設塗覆装との重ね長さ	目視又は計測等	既設塗覆装との重ね長さ 50mm 以上	全箇所
	管周方向のゴムシートの重ね長さ	目視又は計測等	50mm 以上ラップ	全箇所
保護テープ巻付け	1/2 ラップ巻付け	1/2 ラップ	1/2 ラップ	全箇所
ピンホール検査	塗覆装補修欠陥部	ピンホール検知器	欠陥なし	全箇所
保護シート巻付け	既設塗覆装との重ね長さ	目視又は計測等	既設塗覆装との重ね長さ 50mm 以上	全箇所

#### ④品質管理

合成ゴムシートの品質管理は表 13 の項目について実施する。

表 13 合成ゴムシートの品質管理

区分	管理項目	管理方法	管理内容	品質規格	測定頻度	整理方法
加硫 ゴムシート	種類	試験成績書により 確認	材質	特記仕様によるか、監督 職員に承諾された加硫 ゴムシートであること	搬入前	試験成績書 (検査証明書) を提出
	外観	目視	使用上の有害な 欠陥の有無	シワ・傷がないこと	搬入前	
	性能	JIS K 6268 の試験法	密度	1.39Mg/m <sup>3</sup> 以下	搬入前	
		JIS K 6253 の 5. (デュロメータ硬さ試験)	硬さ	55±5HDA	搬入前	
		JIS K 6251 の試験法	引張 強度	2.0MPa 以上	搬入前	
			伸び	300%以上	搬入前	
		JIS K 6911 の 5.13 (抵抗率)	体積 抵抗率	1×10 <sup>12</sup> Ω・cm以上	搬入前	
JIS K 6258 の 5. (浸せき試験)	吸水率	0.5%以下	搬入前			
粘着層	性能	JIS K 6268 の試験法	密度	1.35±0.1Mg/m <sup>3</sup>	搬入前	
		JIS K 2207 の試験法	針入度 (20℃)	115±15	搬入前	
積層品	性能	下記注 1) 参照	ピール強度 (鋼面接着力)	14.7N/25 mm以上	搬入前	

注 1) : ピール強度 (鋼面接着力) 試験は、製品から 25mm×150mm の試験片に切断し取り出す。試験用鋼板は溶剤で洗浄する。試験片と試験用鋼板を 20℃の恒温槽に入れ、1 時間以上静置した後、試験片を試験用鋼板に手で軽く圧着し、100g/cm<sup>2</sup> の力を加え、20℃の温度に 30 分以上放置した後、引張速度 300mm/min の速さで 180 度剥離試験を行う。

### (3) メタルタッチ切断

#### ①直接測定による出来形管理

出来形管理は以降の項目について実施する。なお、管理図表はその都度、記録・整理し監督職員に報告する。

表 14 メタルタッチ切断の管理項目

工 程	管理項目	管理方法	管理値	測定基準
鉄筋位置探査	配筋状況把握 設計・完成図書と現状 比較	鉄筋探査計	計測値	全箇所
鋼管等との導通確認	メタルタッチ有無検証	電位差	計測値	1 施設一箇所
鉄筋切断	鉄筋との導通解除有無 検証	電位差	計測値	全箇所
コア抜き位置復旧	外観検査	目視	補修ムラの 無いこと	全箇所

#### ②撮影記録による出来形管理

写真撮影は、表 15 に示す写真管理基準に従い実施する。

特に、完成後に不可視となる部位については、出来形が判定できるように撮影する。

表 15 写真管理基準

分 類	工 程	撮影項目	撮影時期	撮影頻度
着手前・完成	着手前	全景又は代表部位	着手後	着手前 1 回
	完成		完成後	施工完成後 1 回
施工状況	工事施工中	全景又は代表部位の 工事進捗状況	施工中	適時
	図面との不一致	図面と現場の不一致 の写真	発生時	必要に応じて
安全管理	安全管理	保安設備の設置状況	設置後	各種類において 1 回
		安全訓練等の 実施状況	実施中	実施毎に 1 回
使用材料	使用材料	形状・寸法・数量	使用前	各品目において 1 回
出来形管理	工事施工中	コア採取状況	施工中	適時
品質管理	完成後	補修箇所	施工後	全数

#### ③品質管理

品質管理は、コンクリート圧縮強度について実施する。照査方法は JSCE-K561（原則 28 日間養生）を採用し、品質規格値は 21.0N/mm<sup>2</sup> 以上とする。



## 2. 参考図書一覧表

表 16 に参考図書一覧表を示す。

表 16 参考図書一覧表

図書名	出版年	出版元
消防用設備等の配管を土中に埋設する場合の工事施工に係る指導基準	—	東京消防庁
マクロセル腐食防食指針 (WSP045-2008)	H20. 3	日本水道鋼管協会 (WSP)
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」	H21. 3	農林水産省農村振興局整備部設計課
腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル	H21. 3	(社) 土木学会
地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-	H21. 11	(社) 地盤工学会
電食防止・電気防食ハンドブック	H23. 1	電気学会・電気防食研究委員会
一般塗装系塗膜の重防食系への塗替え塗装マニュアル	H26. 5	(社) 日本鋼構造協会
港湾鋼構造物防食・補修マニュアル	H26. 8	(財) 沿岸技術研究センター
農業水利施設の機能保全の手引き	H27. 5	食料・農業・農村政策審議会 農業農村整備部会 技術小委員会
農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」	H28. 5	農林水産省農村振興局整備部水資源課施設保全管理室
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)	H29. 4	農林水産省農村振興局整備部設計課 施工企画調整室
水道用塗覆装鋼管の電気防食指針 (WSP050-2017)	H29. 9	日本水道鋼管協会 (WSP)
大気環境における鋼構造物の防食性能回復の課題と対策	R1. 7	(社) 土木学会
鋼管路の更新診断マニュアル (更新診断から劣化調査・補修まで) (WSP081-2019)	R2. 3	日本水道鋼管協会 (WSP)

※現在の組織名で示している。

### 3. 電気防食工法の設計計算例

#### (1) 完全防食法による設計計算

##### 1) 所要防食電流 $I_0$ (A) の算出

###### 【例-1 仮通電試験実施の場合】

－試験結果－

通電電流 [ $I_1$ ] : 0.2A

自然電位 [ $V_p/s$ ] : -0.5V

通電時の管対地電位 : -2.0V

仮通電による電位変化量 [ $\Delta E_1$ ] :  $-0.5 - (-2.1) = 1.6V$

$$\begin{aligned} I_0 &= \Delta E / (\Delta E_1 / I_1) \\ &= (-0.5 - (-1.0)) / (1.6 / 0.2) \\ &= 0.0625A \end{aligned}$$

###### 【例-2 仮通電試験未実施の場合】

－配管仕様例－

プラスチック被覆

防食対象面積 :  $625m^2$

WSP050-2017 よりプラスチック被覆配管の防食電流密度は  $1 \times 10^{-4}A/m^2$

$$\begin{aligned} I_0 &= \text{防食対象面積} \times \text{防食電流密度} \\ &= 625 \times 1 \times 10^{-4} \\ &= 0.0625A \end{aligned}$$

##### 2) 陽極接地抵抗 $R_a$ ( $\Omega$ ) の算出

###### 【条件】

土壌抵抗率 [ $\rho$ ] :  $100 \Omega \cdot m$

陽極形状係数 : 0.42 (P4-19・表 4.3-3 参照)

※この後の計算が成立しなければ陽極の型式を変更する。

$$\begin{aligned} R_a &= k \times \rho \\ &= 0.42 \times 100 \\ &= 42 \Omega \end{aligned}$$

##### 3) 陽極発生電流 $I_{mg}$ (A/本) の算出

$$\begin{aligned} I_{mg} &= \Delta e / R_a \\ &= 0.5 / 42 \\ &= 0.012A \end{aligned}$$

4) 陽極 1 本当たりの必要正味質量  $W_a$  (kg) の算出

【条件】

設計耐用年数 [Y] : 40 年

$$\begin{aligned} W_a &= I_{mg} \cdot Y \cdot C \\ &= 0.012 \times 40 \times 8.0 \\ &= 3.84 \text{kg} \end{aligned}$$

使用陽極型式を表 4.3-3 より、陽極質量 (NET) が  $W_a$  より大きい陽極を選定すると III型が選定される。

この時、適用した形状係数に一致する陽極が選定できなければ 2) に戻って再計算を行う。

5) 陽極本数  $N$  (本) の算出

$$\begin{aligned} N &= I_0 / I_{mg} \\ &= 0.0625 / 0.012 \\ &= 5.3 \rightarrow 6 \text{本} \end{aligned}$$

(2) 近接陽極法による設計計算

1) 防食対象延長 L(m) の算出

【条件】

防食対象延長 [L] : 1.5m

2) 電位シフト値  $V_a$ (V) の算出

【条件】

管の自然電位 [ $V_{p/s}$ ] : -0.2V

$$\begin{aligned} V_a &= V_{p/s} - V_0 \\ &= -0.2 - (-0.6) \\ &= 0.4V \end{aligned}$$

3) 陽極接地抵抗  $R_a$ ( $\Omega$ ) の算出

【条件】

土壌抵抗率 [ $\rho$ ] : 100  $\Omega \cdot m$

陽極形状係数 : 0.38 (P4-19・表 4.3-3 参照)

$$\begin{aligned} R_a &= k \cdot \rho \\ &= 0.38 \times 100 \\ &= 38 \Omega \end{aligned}$$

4) 陽極発生電流  $I_{mg}$ (A/本) の算出

$$\begin{aligned} I_{mg} &= \Delta e / R_a \\ &= 0.9 / 38 \\ &= 0.024A \end{aligned}$$

$I_{mg}$  : 陽極 1 本当たりの発生電流(A/本)

$\Delta e$  : 管の有効電位差(V)

改善目標電位(-0.6V) -  $M_g$  陽極閉路電位(-1.5V)

5) 陽極 1 本当たりの防食効果範囲  $r$ (m) の算出

$$\begin{aligned} r &= (I_{mg} \cdot \rho) / (2\pi \cdot V_a) \\ &= (0.024 \times 100) / (2 \times 3.14 \times 0.4) \\ &= 0.95m \end{aligned}$$

6) 陽極 1 本当たりの必要正味質量  $W_a$  (kg)

【条件】

設計耐用年数 [Y] : 40 年

$$W_a = I_{mg} \cdot Y \cdot C$$

$$= 0.024 \times 40 \times 8.0$$

$$= 7.68 \text{kg}$$

使用陽極型式を表 4.3-3 より、陽極質量 (NET) が  $W_a$  より大きい陽極を選定すると IV型が選定される。

7) 陽極本数  $N$  (本) の算出

【条件】

鋼管等の外径 [D] :  $\phi 0.1652\text{m}$

$$N = [(L \cdot D \cdot \pi) / (r^2)] + 1$$

$$= [(1.5 \times 0.1652 \times 3.14) / (0.95^2)] + 1$$

$$= 1.9 \rightarrow 2 \text{個}$$

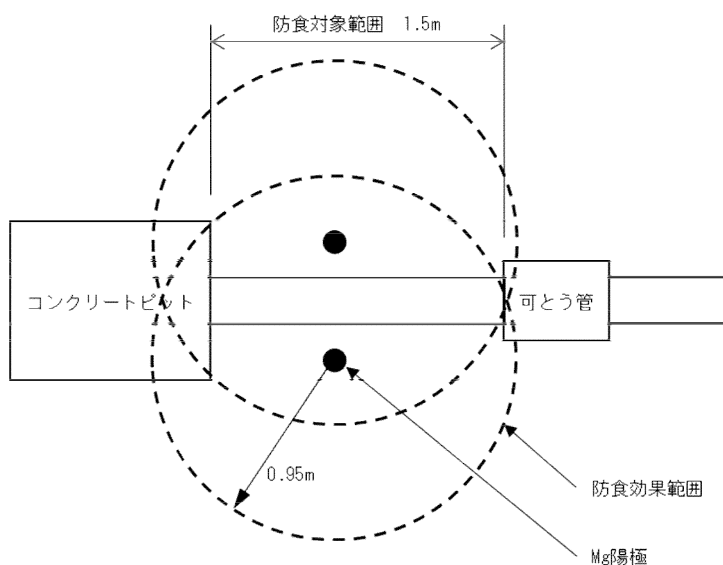


図 1 陽極配置例