

マンホールの改築及び修繕に関する設計の手引き（案）

平成 17 年 9 月

（社）日本下水道管路管理業協会

- 目 次 -

第 1 章 総論	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用範囲	2
1.3. 用語の分類と定義	2
1.3.1. 改築・修繕等の分類及び用語の定義	2
1.3.2. 標準耐用年数	3
1.4. マンホール改築・修繕の流れ	4
第 2 章 保守・点検	5
第 3 章 調査と診断	9
3.1. 調査方法	9
3.1.1. コンクリートの劣化調査	10
3.1.2. コンクリートの劣化要因調査	14
3.2. 診断	18
第 4 章 改築・修繕計画の策定	20
第 5 章 改築と修繕の設計の考え方	22
5.1. 設計条件の整理	22
5.2. 改築	23
5.2.1. 改築対象マンホールの種類と構造	23
5.2.2. 改築対象マンホールの耐震設計	24
5.3. 修繕	26
5.4. 要求性能	26
第 6 章 改築と修繕の工法と施工	30
6.1. 改築	30
6.1.1. マンホール改築工法の概要	30
6.1.2. マンホール改築工法の施工仕様	35
6.1.3. マンホール改築工法の検査基準	36
6.2. 修繕	39
6.2.1. 止水工法	40
6.2.2. 防食被覆工法	44
6.2.3. 防食被覆工法の検査基準	46
6.3. その他関連工法	48
第 7 章 今後の課題	49

参考文献	51
参考資料 1 . 関連通知	52
1.1. 下水道施設の改築について（平成 15.3.19 国都下事第 77 号）	52
1.2. 下水道施設の改築に関する運用について（平成 15.6.19 事務連絡）	59
参考資料 2 . マンホール改築工法の技術資料例	61
2.1. ICP プリース工法マンホールライニングシステム	61
2.2. MLR 工法	65
2.3. ジックボード工法（シートライニング工法）	69
2.4. LLC100 工法	73
参考資料 3 . 円形マンホール構造計算例	77

修繕・改築委員会 マンホール分科会

(順不同・敬称略)

(平成17年 月 日現在)

分科会長	MLR協会 事務局長	三浦 修司
委員長	FRP内面補修工法協会 事務局長	河津 貢
委員長代行	オールライナー協会 事務局長	中根 憲二
委員	ICPブリース協会 業務部長	大塚 孝
	コンクリート防食協会 技術委員	鈴木 俊明
	日本スナップロック協会 常務理事	戸祭 司
幹事	MLR協会 事務局東京支部員	浦沢 明
	エスジーシー下水道センター株式会社	日沼 史人
	日本ジッコウ株式会社 取締役技術研究所長	三品 文雄
	日本ジッコウ株式会社 営業企画部長	佐伯 憲三
事務局	(社)日本下水道管路管理業協会 事務局長	石田 康太郎
	(社)日本下水道管路管理業協会 技術主査	米川 尚男
	株式会社日水コン 東京下水道事業部技術第3部担当部長	志水 達也
	株式会社日水コン 東京下水道事業部技術第3部設計第2課長	千葉 智晴
	株式会社日水コン 東京下水道事業部技術第3部設計第1課主任	山本 整

第 1 章 総論

1.1. 目的

本手引き（案）は、下水道マンホールの効率的な管理を行うため、マンホールの状況を的確に把握し、その状況に応じた改築・修繕等の方法を選定するための手順や目安を明らかにすることを目的とする。

【解説】

マンホールは、管きよの起点、方向・勾配・管径等の変化する箇所、段差の生ずる箇所、管きよの会合する箇所及び維持管理の上で必要な箇所に設けられる。

管きよ直線部のマンホールの最大設置間隔は、管きよの径により異なるが、管径 600mm 以下の場合で 75m、1650mm 以上の大口径でも 200m とされている¹⁾。マンホールが平均 100m 間隔で設置されているとすると、現在、管きよ延長が平成 15 年度末で 37 万 km であることから、全国で 370 万箇所あることになる。耐用年数を 50 年とすると、年間 7 万箇所、100 年としても年間約 4 万箇所の改築修繕が必要となってくる。

マンホールは、管きよ、雨水吐き室、吐き口、ます、取付け管等を含む管路施設全体を維持管理し、点検、診断調査、修繕や改築を行う上で基本となる施設である。そのため、人の出入りが出来ない小型マンホールを除き、マンホールは、常に人の出入りを行えるようにしておくことが大切で、特に昇降に対する安全性を確保しておかなければならない。

これに対し、マンホールから発生する環境へのリスクとしては、マンホールの破損に起因する道路陥没、人身事故、交通障害、下水道の使用中止、下水の流出による地下水や土壌の汚染。有毒ガスの発生に起因する悪臭物質の発散、硫化水素等の有害ガスの噴出と、市民生活の場と最も近いところに存在する下水道施設として、安全と安心が最も優先されるべき施設である。

マンホールを含む下水道施設は、適正な維持管理を行うことにより耐用年数を出来るだけ長く維持する必要があるが、近年、硫化水素ガスの発生に起因する硫酸による下水道コンクリート構造物の劣化・腐食がクローズアップされている。マンホールも、他の土木施設と同様に中性化、アルカリ骨材反応等によりコンクリート構造物が劣化する可能性があるが、特に下水道構造物に特有な生物化学侵食に位置づけられる硫酸による腐食（以下、コンクリート腐食と言う）が最も対象範囲が広く、劣化速度も大きいため、早急で適切な対応が求められている。

コンクリート腐食問題は、問題を顕在化させずに先送りになると、時間が経過すれば、不可逆的に進行し、ライフサイクルコストの増大、さらに道路陥没事故などの思いもよらない重大な事故につながるものであり、コンクリート腐食機構やコンクリート腐食が発生しやすい施設を十分理解したうえで、設計・建設時点から将来の維持管理を含めた総合的な対策を検討する必要がある。

本手引き（案）は、これまであまり議論や検討がされてこなかったマンホールの改築・修繕について、その重要性の認識とともに具体的な改築・修繕方法のあり方と方法をまとめたものである。

1.2. 適用範囲

本手引き(案)は、標準化され既製コンクリートブロックで構築された以下のマンホールに適用する。

- (1) 標準マンホール(1号~4号)
- (2) 組立マンホール(組立0号~組立4号)
- (3) 下水道用レジンコンクリート製マンホール(円形0号~円形3号)

【解説】

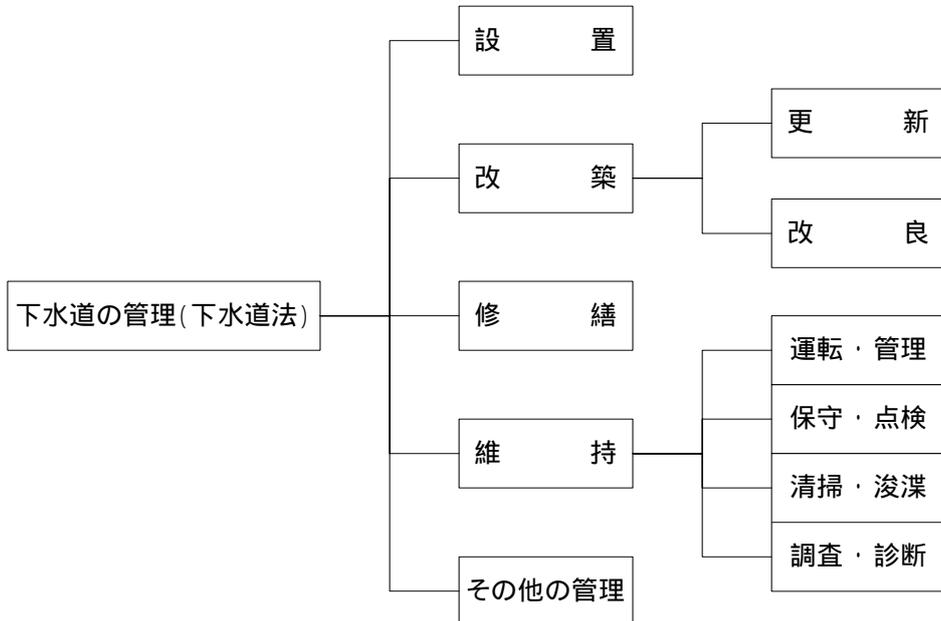
マンホールには、標準マンホール、組立マンホール、特殊マンホール、下水道用レジンコンクリート製マンホール、小型マンホールがある。

このうち、特殊マンホールについては、大規模で側壁や構造が複雑なものが多く、構造計算、解析や検討も個別に行なわれている場合が多い。特殊マンホールについては、他文献²⁾等に基づいて改築・修繕及び防食を行うことができると考えられるため、本手引き(案)では参考扱いとする。また、人孔蓋については、適用範囲外とする。

1.3. 用語の分類と定義

1.3.1. 改築・修繕等の分類及び用語の定義

本手引き(案)における改築・修繕等の分類は、下水道法による維持管理の定義に基づき、以下の通りとする。



【解説】

本手引き(案)で使用する用語は、「**下水管きょ改築等の工法選定手引き**」(平成14年5月、(社)日本下水道協会)で分類されている用語に準じることとし、用語の定義は以下の通りとする。

特に「改築」は、「更新」と「改良」を言い、修繕や設置及び維持と区分する。標準耐用年数のいずれかに達した対象施設の全部または一部(修繕に該当しない範囲)の再建設あるいは取替えて、計画水量の増加に起因しないものを「改築」と定義する

「改築」	: 排水区域の拡張等に起因しない「対象施設」の全部または一部(修繕に該当するものを除く)の再建設あるいは取替えを行うこと。改築には「更新」と「改良」がある。
「修繕」	: 「対象施設」の一部の取替え等を行うこと。
「更新」	: 改築のうち、「標準耐用年数」に達した「対象施設」の再建設あるいは取替えを行うこと。
「改良」	: 改築のうち、「標準耐用年数」に達していない「対象施設」の再建設あるいは取替えを行うこと。
「設置」	: 施設の新設及び排水区域の拡張等に起因する施設の増設。
「維持」	: 施設を運転管理するために必要な行為。
「その他の管理」	: 公権力の行使に関係のある事務。
「対象施設」	: 一体として取り替える場合、他の施設や設備に影響を及ぼさない一個または一連の設備の集合で、小分類以上の単位を言う。

1.3.2. 標準耐用年数

標準耐用年数とは、対象施設が通常的环境中適切に維持がなされた場合の標準的な耐用年数のことを言う。また、標準耐用年数に達していない施設または設備の使用が不可能かまたは不適切となり、対象施設の全部又は一部を再建設あるいは取り替えるまでに要した期間を耐用年数と言う。

【解説】

標準耐用年数には、以下の3種類の耐用年数がある³⁾。

物理的耐用年数

地域特性または使用条件により、逐次その機能が減少し、通常の維持・修繕を行っても使用に耐えきれない状態になるまでの期間。「地域特性」とは、寒冷地、臨海地等の自然環境、特殊な排水(染色排水、皮革排水、温泉排水等)の流入等を言い、「使用条件」とは当初に予測した以上の負荷による使用、例えば当初の予測を超える水質の汚水による負荷や道路の交通荷重等の増大を言う。

経済的耐用年数

維持・修繕費が増大したため、再建設や取り替えをした方が経済的である状態になるまでの期間。

機能的耐用年数

維持の省略化、合理化等のために旧施設を高機能の施設に取り替える必要が生じるまでの期間。

なお、「平成15年6月19日付け国都下事第77号国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業課長通知：下水道施設の改築について」によると、マンホールの標準的な耐用年数は、以下のよう
に定められている。

- ・ マンホール本体(コンクリート製) : 50年
- ・ マンホール本体(硬質塩化ビニル製) : 50年
- ・ マンホール本体(レジンコンクリート製) : 50年
- ・ 鉄蓋(車道部) : 15年
- ・ 鉄蓋(その他) : 30年

- ・ 内部防食：10年

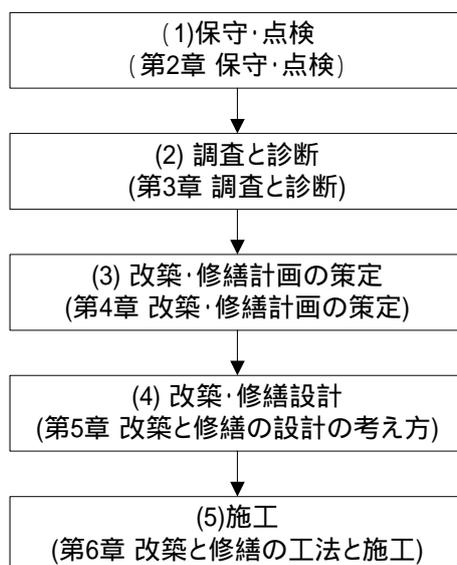
また、「補助金等に係わる予算の執行の適正化に関する法律施行令」（昭和30年政令第255号）**第14条**の規定に基づく処分制限期間として、マンホールの処分制限期間は以下の通りとなっている。

- ・ 躯体：20年
- ・ 蓋（鋳鉄）：車道部7年、その他15年

これら通知の詳細については、「参考資料1．関連通知」を参照のこと。

1.4. マンホール改築・修繕の流れ

マンホールの改築・修繕の流れは、以下の通りである。



【解説】

マンホールの改築・修繕に当たっては、通常の巡視点検やマンホール内点検等の日常点検及び外部からの通報等により施設の異状や不具合が発見され、その後に、劣化状況に応じた適切な対応が必要となる。

この対応の流れとしては、保守・点検結果に基づいて、さらに目視調査では把握できない項目に対して目的に応じた調査と診断を行い、管きょ施設も含めた改築・修繕計画を策定した上でマンホールの改築・修繕に関する設計検討及び施工が行われていくという順序である。

本手引き（案）は、この一連の流れに順じて記述している。

第 2 章 保守・点検

マンホールの維持管理業務の中で、保守・点検業務は、施設の保全の観点から極めて重要な業務である。マンホールの保守・点検業務は定期的に行われる必要があるが、通常は管路施設全体の巡視・点検業務と同時に行われることが多い。

点検には定期点検と臨時点検があるが、一般的には定期点検が通常の業務となる。点検により記録した記録表及びチェックシートには、清掃・浚渫の必要性、調査・診断の必要性の所見をコメントすることとする。

【解説】

マンホール施設の異常や不具合は、多くの場合、巡視点検やマンホール内点検といった日常点検や外部からの通報により確認され、その対応は緊急処置及び以後に行われる本格的な調査の実施で改築・修繕等の診断・検討がなされる。その後、管路も含め改築や修繕の設計検討がなされ、計画的な予防保全が行われると施設の安全と安心が確保されていくことになる。

つまり、点検業務は施設の管理・保全と修繕・改築業務の間にあり、改築・修繕の必要性を判断する重要な業務である。これまで、点検結果が十分生かされず、改築・修繕や清掃・浚渫の業務に移行せず、管理が十分と言えない状況にあった。

マンホールは、管路施設の維持管理を行う上で必要な施設であり、維持管理業務が安全かつ容易に行えるよう、足掛金物など補助設備の異状は特に早期に発見する必要がある。マンホールは通常、地下に埋設され、かつ道路上であることが多いため、点検すら容易ではない場合もあるが、これを怠り対応が遅れると施設の寿命を不必要に縮めるだけでなく、事故の未然防止も不可能となる。したがって、日常の点検業務は施設の維持管理上、最も重要な業務である。

マンホールの点検業務は、通常管路施設全体の巡視点検業務と同時に行われることが多い。点検には定期点検と臨時点検があるが、一般的には定期点検が通常の業務となる。

下水道管路網は面的に広い範囲に渡っており、これらの巡視、点検を効率的に行うには、計画的に行うことが大切である。

地上から行うマンホールの巡視点検は、通例 3 年に 1 回程度で十分とされている。しかし、30 年以上経過したマンホールについては、管きょ同様 1 年に 1 回程度の点検が望ましい。また問題のある箇所（例えば、施設の重要度、供用年数、圧送管の吐出先、伏越し部の前後、ビルピット出口等）は、1 年に数回の点検をする必要がある。またマンホール内に入って点検する場合は、インバート部まで降下し、上下流側の管きょ内も確認するとよい。この点検は 5 年に 1 回程度がよいとされている。

点検項目は、「**下水道維持管理指針前編**（2003 年版）」日本下水道協会 pp.197-202 を参考に、「**下水道施設維持管理マニュアル前編**（1997 年版）」日本下水道管路維持管理業協会 pp.312-330 に記されている「マンホール・管きょ目視点検記録表、p.314」により行うこととする（表 2.1 参照）。また、その中のマンホール腐食度については、「**下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル**」（日本下水道事業団発行、平成 14 年 12 月、pp.47-52）を参考に作成した表 2.2 により、表 2.3 の点検チェックシートに記録しておくことが、後に行われる修繕・改築の調査、設計及び工事を行う上でも大切である。

本手引き（案）では、維持管理から改築・修繕に至る過程で、マンホールの保守・点検業務の義務化を促す方向とした。

表 2.1 「マンホール・管きょ」目視点検記録表⁴⁾

				コードNo.			
点検日	年 月 日 天候:			記録者			
処理区分	図面名称			図面頁	区画メッシュ		
管路区分	幹線・枝線	管番号			人孔番号		
道路種別	国道・県道・市道・私道・管用・借用		占有位置	車道・歩道・他()			
舗装	(種別)AS・CO・未舗装		(路面)凹凸・破損	(枠周辺)破損			
すりつけ	+・- cm	蓋種別	・ ・ ・ニッホ・ナガシマ・ヒデ・2例・コン ・歩 ・その他				
ふた(蓋)状況	破損・がたつき・錆		枠状況	がたつき・すき間・ずれ・浮き・破損			
鎖	無・切・錆細		丁番	無・B無・他	枠下状況	仕上・破損	
調整コン	(高さ) cm		(状況) 仕上・破損・ずれ				
足掛	無・不足・他()			人孔種別			区間距離 m
斜壁	ずれ・破損・浸入水			[概況図]			
直壁	ずれ・破損・浸入水・仕上						
下部壁	破損・浸入水						
インポート	破損・浸入水・構造						
水深	cm [時間]						
マンホール腐食度	別紙チェックシートに記入・コメント						
会合番号	下流	1	2	3	4	5	6
位置							
管種							
管径(mm)							
土被り(m)							
管口							
管内							
流下状況	良・否	良・否	良・否	良・否	良・否	良・否	良・否
堆積	%	%	%	%	%	%	%
副管種別	-	無・内/外	無・内/外	無・内/外	無・内/外	無・内/外	無・内/外
副管口							
副管内							
備考							
下流マンホールNo.							

表 2.2 マンホール腐食度に対する各種点検と留意事項⁵⁾

点検分類	点検記録項目	点検時期 / 頻度	備考
巡視点検	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート躯体の表面状況 硫黄の析出・付着、コンクリート腐食生成物の付着等による変色、ざらつきの有無、表面 pH など ・コンクリート防食被覆層の状況 硫黄の析出・付着、硫酸による変色、浮き、膨れ、剥離の有無 など ・開口部蓋周辺の状況 硫黄の析出・付着、コンクリート腐食生成物の付着の有無、表面 pH など 	<p>【点検時期】 管路の巡視点検などの時に目視、指触等の簡易点検。</p> <p>【頻度】 3年に1回程度。ただし、問題箇所は年に数回程度⁶⁾</p>	<p>コンクリート腐食のほか、予兆の有無の確認</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート腐食環境 硫化水素臭等の臭気の有無 マンホール内気相部躯体表面の湿乾状況 		
マンホール内点検	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート躯体の表面状況 硫黄の析出・付着、コンクリート腐食生成物の付着等による変色、ざらつきの有無、付着物表面及び付着物除去後のコンクリート躯体表面 pH など ・コンクリート防食被覆層の状況 硫黄の析出・付着の有無、付着物除去後の硫酸による変色、浮き、膨れ、剥離の有無、付着物表面及び付着物除去後の表面 pH など 	<p>【点検時期】 管路清掃時等に同時に行うと効率的。</p> <p>【頻度】 5年に1回程度ただし、問題箇所は3年に1回程度⁶⁾</p>	<p>コンクリート腐食のほか、予兆の有無の確認</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート腐食環境 水温 気相部温度 硫化水素ガス濃度の簡易測定（スポット） 硫化水素ガス濃度の連続測定（通日） 		

表 2.3 マンホール腐食度点検記録チェックシート

記入項目		チェック	記入欄
担当者	維持管理者		
	点検実施者		
	記録者		
構造物諸元等	施設名		
	施設の規模・能力等		
	構造物の状態		・新設施設 ・補修施設
	当初供用開始年月日		平成 年 月 日
	補修後供用開始年月日		平成 年 月 日
点検の種類			・巡視点検 ・マンホール内点検
点検年月日			平成 年 月 日
コンクリートの諸元	設計基準強度		・21N/mm ² ・24N/mm ² ・不明
	混和使用の有無と種類		・有() ・無 ・不明
	設計被り厚		mm ・不明
防食被覆層諸元	設計腐食環境条件		・種 ・種 ・種 ・該当なし
	防食被覆層の種類		・塗布型ライニング 種 ・シートライニング
	防食被覆層の材料または工法名		
コンクリート腐食環境	水温		
	気相部温度		
	硫化水素ガス濃度		検知管(ppm) 連続測定(測定結果を添付)
初期状況(初期点検時)	初期欠陥の有無		・有 ・無
	初期欠陥の内容		
	初期欠陥の対策		
コンクリート表面状況	硫黄の析出・付着		・有 ・無
	変色・ざらつき		・有() ・無
	表面pH		pH = :pH>7(異常無し)・7 pH 5(要調査)・pH<5(至急調査)
	表面pH測定箇所		・躯体(上部・中部・下部) ・ステップ(上部・中部・下部) ・インパート ・管口(上部・水際) ・その他()
防食被覆層の状況	硫黄の析出・付着		・有 ・無
	変色・ざらつき		・有() ・無
	浮き・はがれ・はく離		・有() ・無
	表面pH		pH =
点検時のコメント			
添付書類			施工記録

点検時のコメント内容及びコメントの例

周辺住民からの苦情・要望内容(人孔蓋のがたつき、臭気(硫化水素)等)

人孔内部が酸素欠乏状態にある。(酸素濃度: %)

安全基準(10ppm)を超えた硫化水素ガスが発生している。(硫化水素ガス:最大 ppm)

内部に堆積物が多く、この腐敗に伴う爆発限界濃度内(5.3~14.0%)のメタンガスが発生している。(メタンガス濃度: %)

ステップが欠落しており、入孔不可能。

マンホール表面の異状について(表面防食塗装がはがれている、鉄筋が露出している、など)

新たに大規模なマンション、新規道路、工場等が建設されている。(周辺環境の変化)

~ に示したような前回点検時との相違点について。

今後の詳細調査・診断及び補修対応の必要性について。

第 3 章 調査と診断

3.1. 調査方法

保守・点検記録に基づいて、マンホールの改築・修繕の設計に必要な詳細調査を実施し、劣化の程度及び原因等を把握する。詳細調査には、以下の方法があるが、確立された技術ではないため、劣化状況を考慮した上で目的に応じた調査を実施する必要がある。

(1) コンクリートの劣化調査

- 1) テストハンマーによるコンクリート圧縮強度推定試験
- 2) コアサンプリングによるコンクリートの圧縮強度試験（現場打ちマンホールに限る）
- 3) コンクリート表面の pH 測定
- 4) 自然電位法及び分極電位法による鉄筋腐食探査
- 5) 中性化試験（フェノールフタレインによる中性化深さ試験）
- 6) 硫黄侵入深さ試験（硫酸イオン指示薬を用いた硫黄侵入深さ試験）
- 7) EPMA（電子線マイクロアナライザー）による組成分析

など

(2) コンクリートの劣化要因調査

- 1) マンホール内環境状況調査（水質分析、硫化水素ガス濃度の連続測定等）
- 2) 配合推定試験

など

【解説】

マンホール内の状況は、管きょ施設と異なり、点検時にマンホール蓋を開閉することで比較的容易に目視することができる。しかしながら、マンホールの改築・修繕の設計を実施するためには、マンホールの残存耐荷力、中性化深さ、コンクリート腐食環境（マンホール内での硫化水素ガス発生状況）など、目視調査では把握できない項目について詳細調査を実施し、劣化の程度及び原因等を把握することが重要である。詳細調査は、下水道管路管理総合技士やコンクリート診断士等の専門の調査技術と診断能力を有する技術者が行うことが望ましい。

ここで、マンホール（コンクリート構造物）が劣化する原因には以下のケースが多いと考えられ、劣化状況を考慮した上で目的に応じた詳細調査を実施する必要がある。特に、下水道管路施設に特有な化学的侵食に位置づけられる硫化水素の発生に起因する硫酸によるコンクリート構造物の劣化（コンクリート腐食）については、他文献^{7)、8)}等に下水道管路施設内で一般に腐食しやすい箇所が記述されているので、これを参照のこと。

- 集中荷重（活荷重）によるコンクリートのひび割れ
 - 経年変化による構造物の劣化（コンクリートの中性化）
 - 硫化水素の発生に起因する硫酸によるコンクリート構造物の劣化（コンクリート腐食）
- など

以下、各々の詳細方法について記述する。

3.1.1. コンクリートの劣化調査

(1) テストハンマーによるコンクリート圧縮強度推定試験

テストハンマー（シュミットハンマー）を用いたコンクリートの圧縮強度推定の目的は、反発度測定の簡易さを利用し、多数の実構造物を調査して、特に品質に問題があるコンクリート構造物を発見することにある。テストハンマーによる反発度の測定は、**土木学会基準「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法（JSCE-G 504-1999）」**⁹⁾に定められた方法で行なう。

テストハンマーによるコンクリートの圧縮強度推定に関しては、以下の 6 つのポイントに留意する必要がある¹⁰⁾。

- ポイント 1：点検された測定装置を用いる。
- ポイント 2：乾燥した状態で測定する。
- ポイント 3：測定は垂直にゆっくりと（反発度の測定）
- ポイント 4：材齢 28 日から 91 日の間に測定
- ポイント 5：強度推定の方法
- ポイント 6：推定結果の評価方法

現実として、これらの 6 つのポイントに従って圧縮強度推定調査を実施しても、推定値と実際のコンクリート強度が大きく異なる場合がある。また、状況に応じた補正方法が存在するが、必ずしもコンクリート強度推定の精度が向上するとは言えないようである。さらに、下水道管路内の環境を考慮すると、ポイント 2 の状態で試験を実施することが困難となる可能性が高い。

よって、テストハンマーによるコンクリート強度の推定値は、あくまで参考値として取り扱い、正確なコンクリートの圧縮強度を知るためには、コアを採取して圧縮強度試験を実施すること、配合推定試験を実施することなども検討する必要がある。

(2) コアサンプリングによるコンクリートの圧縮強度試験

劣化したマンホール躯体の正確なコンクリート強度を知るためには、マンホールより供試体（コア）をサンプリングして圧縮強度試験を行う必要がある。コアサンプリング及び圧縮強度試験を行う場合は、**JIS A 5201「コンクリートからのコア及びはりの切取り方法並びに強度試験方法」**に準ずる。また、コアは、**JIS A 1110「粗骨材の比重及び吸水率試験方法」**に準じて寸法、高さ及び幅、重量等を測定する。

コアサンプリングに当たっては、事前に電磁波レーダ法、電磁誘導法等による鉄筋探査機を用いた鉄筋位置の調査が必要である。鉄筋探査機は、鉄筋位置のほか同時に鉄筋被りも計測できる。

ここで、組立マンホールの場合、一般に壁厚が小さくコアの採取が困難と考えられるため、コアサンプリングは現場打ちマンホールに限定されると想定される。

(3) コンクリート表面の pH 測定

コンクリートの劣化が化学的侵食に位置づけられる硫酸による腐食の場合には、コンクリート表面の pH を pH 試験紙または pH メーター等で測定する。コンクリート表面の pH を測定することで、比較的容易にマンホール内での硫酸生成の有無を確認することができる。マンホール内で硫酸が生成されている場合、pH は 1～2 の強酸を示す。

(4) 自然電位法及び分極抵抗法による鉄筋腐食探査

コンクリート中の鉄筋の腐食状況を非破壊で調査する方法として、自然電位法と分極抵抗法がある¹¹⁾。本調査により、鉄筋腐食の有無とコンクリートのひび割れ及び損傷・腐食状態の関連性を確認する。

自然電位法は、鉄筋が腐食することによって変化する鉄筋表面の電位から、鋼材腐食を診断しようとする電気化学的方法である。

分極電位法は、コンクリート表面に当てた外部電極から内部鉄筋に微弱な電流または電位差を負荷したときに生じる電位変化量または電流変化量から、腐食速度（腐食電流密度）と反比例の関係にある分極抵抗を求め、内部鉄筋の腐食速度を推定しようとする電気化学的方法である。

両方法ともに、構造物が供用を開始してから内部鉄筋が腐食し、腐食によりかぶりコンクリートにひび割れが発生するまでのコンクリート構造物が腐食劣化する初期の段階での診断に有効である。組立マンホールの場合、一般に鉄筋被りが小さいため、コンクリート腐食環境下にあると鉄筋が腐食する可能性が考えられる。

(5) 中性化試験

鉄筋コンクリート構造物の耐久性を判断する指標の1つに、「中性化深さ」がある。

健全なコンクリート中の細孔溶液の pH は一般に 12~13 とされており、塩分などを多量に含まない場合には、コンクリート中の鉄筋などの鋼材表面に不動態皮膜が生じ、鉄筋は腐食しないと考えてよい。一方、コンクリートはセメントの水和の結果生成される水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) が、大気中の二酸化炭素 (CO_2) と結合し、炭酸カルシウム (CaCO_3) を生成して中性化、コンクリートの pH が低下する。

中性化はほとんどの既存構造物に生じているが、中性化が鉄筋近傍に達すると、鉄筋が腐食しやすい状態となる。鉄筋の腐食が進むと、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こす。さらに、そこから水や空気が侵入すると鉄筋の腐食を促進させることになり、構造物の耐久性が著しく損なわれて所定の機能を果たせなくなる。

中性化試験は、JIS A 1152「**コンクリートの中性化深さの測定方法**」に準じて実施する。一般には、フェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧する方法が用いられている。赤紫色を呈する部分 (pH10 程度以上のアルカリ性) を未中性化部、着色しない部分を中性化部と判断する方法で、簡便な測定操作で定量的な情報が容易に得られることから多用されている。中性化試験結果を写真 1 に示す。

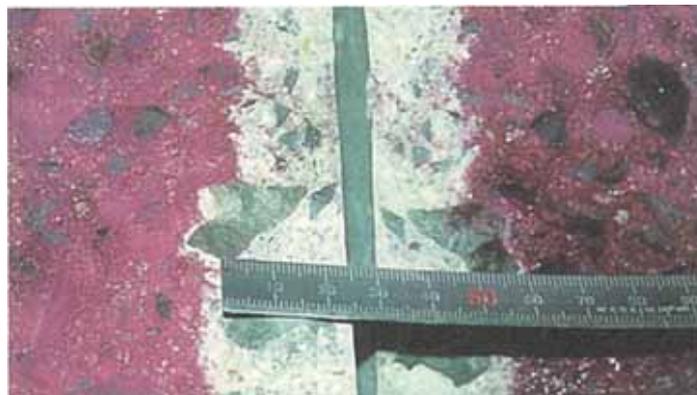


写真 1 中性化試験結果（フェノールフタレイン溶液による呈色状況）¹¹⁾

コンクリートの中性化深さの測定には、大きく「はつり法」、「コア法」、「ドリル法」がある。これらの方法については、現場状況、劣化状況等を考慮した上で選定する必要がある。

「はつり法」は、中性化深さの測定のみを現場で行う場合に用いられることが多く、同時に鉄筋の腐食状態を確認できる。「コア法」は、圧縮強度試験等の他の試験と併せて実施する場合に用いられることが多い。圧縮強度試験と併用する場合は、原則として JIS A 5201「**コンクリートからのコア及びはりの切取り方法並びに強度試験方法**」に準じてコアサンプリングを行う。「ドリル法」は、コア法やはつり法が小規模ではあるが破壊的試験であるのに対し、非破壊試験として位置づけられる。ドリル法は、(社)日本非破壊検査協会 NDIS 3419「**ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法**」に基づいて実施する。

ここで、下水道環境下でのコンクリートの中性化は、上述したような炭酸化によるものだけでなく、硫化水素の発生に起因する硫酸化やカルシウムそのものの溶出現象などにも起因する。このような劣化に対する判定にはフェノールフタレイン法は不向きであり、定量的な評価はできない。

(6) 硫黄侵入深さ試験

構造物の劣化が、下水道施設に特有な化学的侵食に位置づけられる「硫酸による腐食」の場合、最も簡易に酸性劣化の状況を測定する方法は、前述したフェノールフタレイン溶液を用いた中性化試験である。これにより、酸（硫酸）により腐食を受けている深さを知ることができる。

フェノールフタレイン法による中性化領域は、pH8 以下（フェノールフタレイン法の呈色域は pH8 ~ 10 以上で赤紫色に呈色）と判断される。コンクリート腐食断面では、中性化領域より深い部分に硫酸イオンが侵入していると考えられ、その程度はコンクリートの状態やコンクリート腐食環境により異なる。この硫酸イオン侵入領域を判定する手法として、フェノールフタレインより高い pH 領域（pH11~13）で呈色する指示薬（ニトロアゾ化合物 0.1~0.5%エタノール溶液）の利用や硫酸イオンに対する呈色指示薬（過マンガン酸カリウムと 0.2mol/L 塩化バリウムの 1:3 混合液）が開発されている²⁾。硫黄侵入深さ試験結果を写真 2 に示す。



写真 2 硫黄侵入深さ試験結果（ニトロアゾ化合物による呈色状況）⁸⁾

(7) EPMA（電子線マイクロアナライザー）分析

EPMA は、Electron Probe Micro Analyzer の略で、波長分散型 X 線分光器を搭載した分析装置のことを言う。加速された電子線を試料に照射すると、元素の種類と量に応じて波長、強度の異なった

X線がはじき出されることを利用する。分析方法は、JIS A 5201「**コンクリートからのコア及びはりの切取り方法並びに強度試験方法**」に準じて採取したコンクリートコアを切断研磨し、カーボン蒸着を施して分析装置に入れ、電子線照射によって生じる元素に特有なX線を計数し、深さ方向に重量濃度分布を測定する。

コンクリート表面で硫黄酸化細菌が硫酸を生成し、この硫酸がコンクリートへ侵入してエトリンガイドと呼ばれる腐食生成物を生じる。この段階では際立った劣化は観察されないが、さらにコンクリートに硫酸が侵入すると、エトリンガイドから二水石膏が生成される。二水石膏は非常に脆い物質でコンクリート強度は著しく低下する。エトリンガイドの生成は直接的なコンクリート強度の低下にはならないが、長期的には膨張破壊を起こす要因となる。EPMA分析は、エトリンガイド生成時の硫黄侵入深さを測定するものである。EPMA分析を行うことにより、硫黄侵入深さから劣化速度を推定できるほか、カルシウム濃度によりコンクリートの健全度を評価することができる。EPMAによる組成分析結果を写真3に示す。

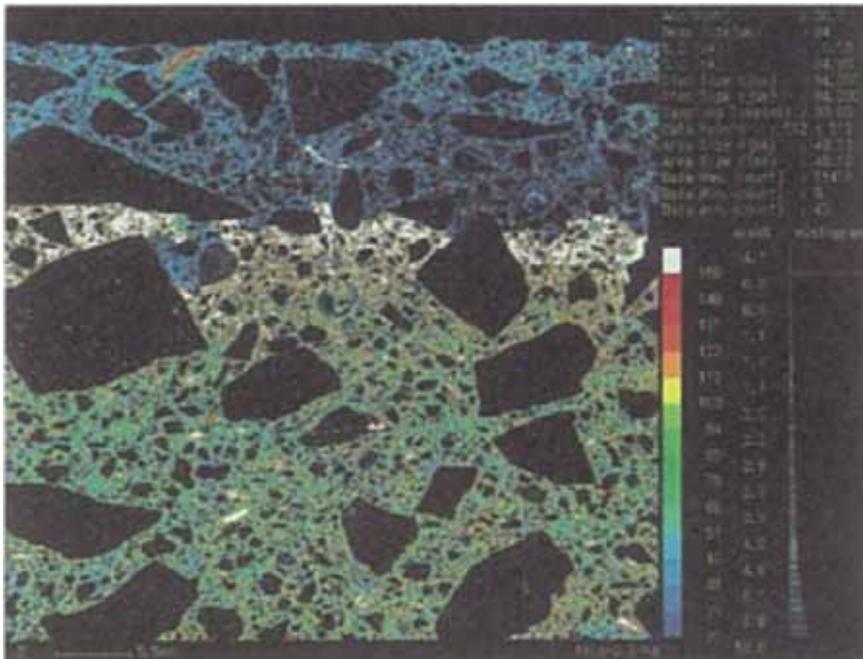


写真3 EPMAによる組成分析結果（硫黄分布状況）¹¹⁾

コンクリートコアを分析資料とする精密分析には、EPMA分析のほか、走査顕微鏡（SEM）撮影、示差熱重量分析、粉末X線分析等があるが、いずれも装置が高価であること、分析に時間を要すること、測定結果の判断に高度な専門知識を要することなどから、分析の採用に当たっては注意が必要である。

ここで、コンクリート表面からの腐食深さの定義には、以下のような提案⁸⁾がなされているが、調査方法に当たっては、現場状況、劣化状況及び経済性等を考慮した上で最適な手法を選択する必要がある。

フェノールフタレイン法により変色しない範囲（pH8以下の中性化範囲）（図3.1参照）

硫酸イオン発色指示薬による硫黄侵入範囲

EPMAを用いた深さ方向の硫黄とカルシウム等の成分濃度分布の測定による中性化範囲と硫黄侵入範囲

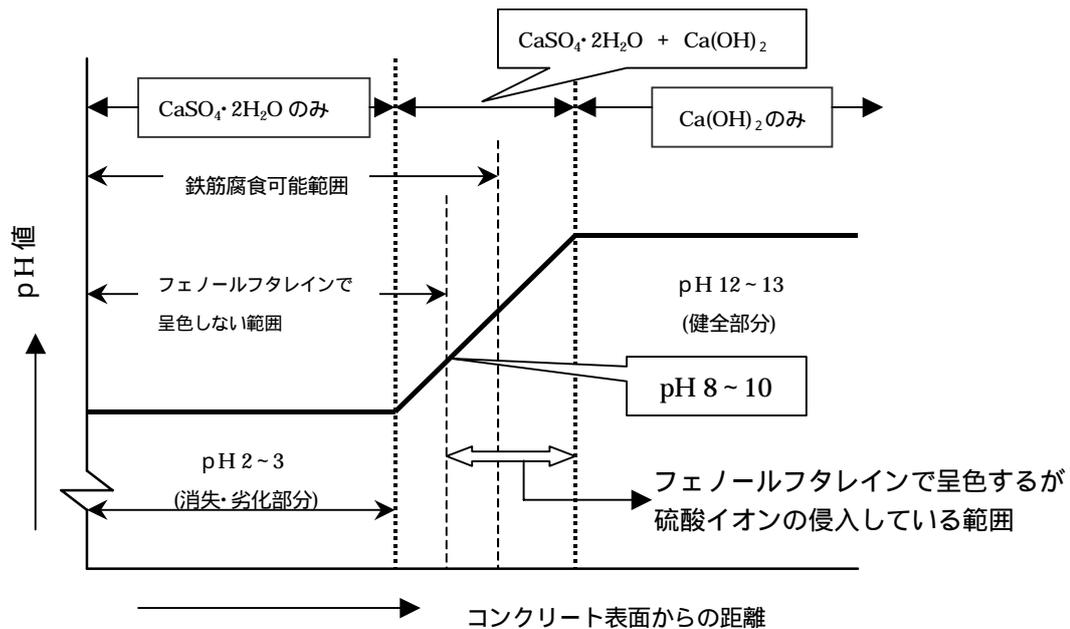


図 3.1 硫酸イオンによるコンクリート腐食の概念図⁸⁾

3.1.2. コンクリートの劣化要因調査

(1) マンホール内環境状況調査

圧送管や伏越し管のように、気相部がなく下水の滞留時間が長期化するような施設では、下水が嫌気化しやすく、硫酸塩還元細菌の働きにより溶存硫化物が生成され、施設下流の段差、落差のあるマンホールなどで流れの乱れにより溶存硫化物が液相から気相へと放散して硫酸によるコンクリート腐食に至ることが知られている。下水道管路施設において、コンクリート腐食が発生しやすい箇所を分類したものを表 3.1 に示す。コンクリート腐食は、問題を顕在化させずに先送りにすると、時間の経過とともに不可逆的に進行するため、適切な対応が求められる。

表 3.1 硫酸によるコンクリート腐食が発生しやすい箇所⁷⁾

腐食箇所分類	腐食が発生しやすい箇所	複合条件
(1) 一般的な腐食箇所	1) 圧送管吐出し先管路施設（マンホールポンプを含む） 2) ビルピット排水が排出される箇所の上下流部 3) 溶存硫化物を含む特殊排水が排出される箇所の上下流部 4) 伏越し下流部	・ 段差、落差 ・ 水質 ・ 水量 ・ 季節変動 など
(2) 特殊な腐食箇所	1) 供用開始初期の小流量時及び不等沈下等が原因で最小流速を確保できない箇所の上下流部 2) 硫酸塩を多量に含む特殊排水が排出される箇所の上下流部 3) 管内貯留部 4) 伏越し上流部 5) 汚泥が堆積しやすい箇所の下流部 6) 海沿い部で海水を含む地下水の浸入がある箇所の下流部	・ 段差、落差 ・ 水質 ・ 水量 ・ 季節変動 など

一般的な腐食箇所：管路施設内で下水が嫌気化することによりコンクリート腐食が発生しやすい箇所や溶存硫化物を含む特殊排水が排出されることによりコンクリート腐食が発生しやすい箇所。

特殊な腐食箇所：一般的な腐食箇所以外にコンクリート腐食が発生する可能性のある箇所

マンホールの劣化要因には、硫酸によるコンクリート腐食事例が多く、腐食要因を十分に把握することが重要である。そのためには、以下のようなマンホール内環境状況を調査する必要があり、この調査結果に基づいて、腐食環境条件を検討する必要がある。

腐食環境条件を表 3.2に示す。

表 3.2 腐食環境条件⁷⁾

分類	腐食環境条件	摘要
種	硫化水素の発生要因近傍で、硫化水素ガスの滞留が多く、腐食が厳しい環境。(維持管理上、発生源対策を必要とする。)	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Aランクに達する腐食環境を想定。
種	硫化水素の発生要因に近傍し、硫化水素ガスの滞留があり、腐食速度が緩やかな環境。(発生源対策を必要とする場合と必要としない場合がある。)	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Bランクに達する腐食環境を想定。
種	硫化水素の発生要因に近傍しているが、硫化水素ガスの滞留は少なく、腐食速度が小さい環境。	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Cランクに達する腐食環境を想定。

1) 下水中の水質分析

水温

硫化物生成に関与する微生物の活性に影響する。また、硫化水素の溶解度にも影響がある。コンクリート腐食は、年平均気温が高い地域で進行が早く、また、冬季よりも夏季の方が進行が早い。

pH

水中の pH が低い場合は硫化水素が放散しやすい状態になり、逆に pH が 12 以上では溶存硫化物の状態で安定する。硫化物の形態は、水溶液中では、以下の式に示すような可逆的反応で硫化水素分子と平衡になっており、図 3.2に示すように、pH7 付近では約 50%が気相中に放散されやすい分子態で存在している。

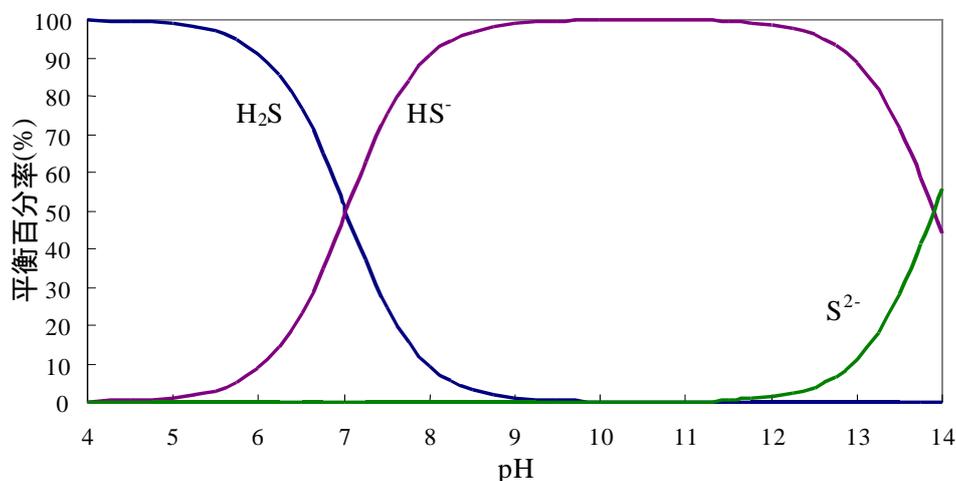
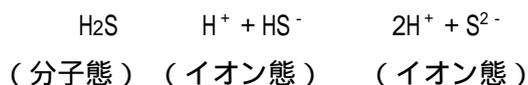


図 3.2 pH による硫化水素の平衡⁷⁾

D0 (溶存酸素濃度)

水中に溶解している酸素のこと。Dissolved Oxygen の略。同じ水温、気圧における水中に溶解得る酸素量は一定であり、このときの一定量を溶存酸素飽和濃度 (mg/L) という。管路施設において、嫌気性従属栄養細菌である硫酸塩還元細菌により硫酸イオンの還元が生じる場合の限界の D0 濃度は 0.1~1.0mg/L 程度であり、D0 濃度が 1.0mg/L 以上あると、後述する ORP (酸化還元電位) が高くなり、硫酸塩還元細菌による硫酸イオンの還元は起こらなくなる。

ORP (酸化還元電位)

好気、嫌気状態の指標で、正 (+) のときは好氣的、負 (-) のときは嫌氣的と言える。嫌気的狀態では硫酸塩還元細菌により硫化物が生成される。一般的には -50 ~ -300mV が硫化物生成の好条件とされている。

全硫化物濃度

溶存硫化物に浮遊物質 (SS) 由来の硫化物を加えたもの。下水中の硫化物は、図 3.3 に示すように、硫化鉄等の金属塩、イオン態、硫化水素分子態の形態で存在している。金属塩の硫化物は、水に不溶性で懸濁物 (黒濁) 又は堆積物として存在しており、生物学的にも化学的にも比較的安定でコンクリート腐食にはほとんど関与しない。また、イオン態の硫化物は水溶性で大気中に放散されないため、これもコンクリート腐食には関与しない。一方、硫化水素分子は、基本的にはガス態であるため、流れの乱れが生じる箇所では容易に気相部へと放散される。

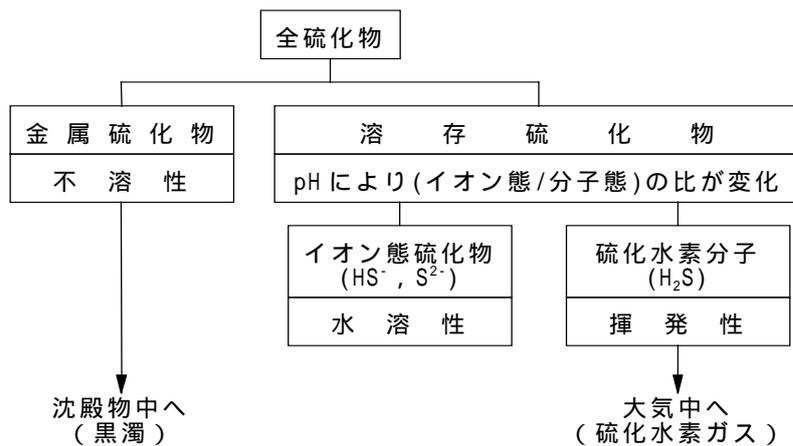


図 3.3 下水中の硫化物の形態⁷⁾

溶存硫化物濃度

嫌気性条件下において、硫酸塩還元細菌が硫酸イオン (SO_4^{2-}) を還元して生成される物質で、液相部に溶解している硫化物のこと。溶存硫化物は、イオン態硫化物 (HS^- 、 S^{2-}) 及び硫化水素の分子態 (H_2S) の形態で存在しており、pH によりイオン態 / 分子態の比が変化する (図 3.2 参照)。溶存硫化物は、流れの乱れにより、容易に硫化水素ガスとして液相から気相へと放散する。

2) 硫化水素ガス濃度の連続測定

硫化水素ガスの発生が懸念されるマンホールにおいて、気相部の気温及び硫化水素ガス濃度の連続モニタリングが可能な拡散式硫化水素測定器（図 3.4参照）を用いて、連続測定を行う。連続測定は、季節毎に約 1～2 週間程度実施することが望ましい。



測定範囲：0～50，100，500，1000ppm

指示精度：分解能 1 ppm、精度 ± 5ppm

使用環境 温度：- 10 ～ 40

相対湿度：30%～95%

外形寸法：直径 78mm × 高さ 207mm

重量：675 g

<特徴>

乾電池内臓で 60 日間前後の連続測定が可能

吸引ポンプ、通気配管の必要がない

ロギングデータをパソコンに読み込み可能

図 3.4 拡散式硫化水素測定器（GHS - 7AT）の概要

(2) 配合推定試験

配合推定試験は、硬化コンクリートの水セメント比や単位セメント量などを推測し、コンクリートの材料構成がどのようなものか、配合どおりのものであるか否かを把握するとともに、コンクリートの品質及び劣化の要因を推定するために実施する。配合推定試験は、（社）セメント協会が定めた「**硬化コンクリートの配合推定のための化学分析方法**」に準拠する。配合推定試験用のコアは、JISA 5201「**コンクリートからのコア及びはりの切取り方法並びに強度試験方法**」に準じる。ただし、粗骨材最大寸法に配慮したコアサイズとする必要があるほか、試料採取位置に注意が必要である。

ここで、配合推定試験を実施するケースは、組立マンホールのような工場製品ではなく、標準マンホールや特殊マンホール等の現場打ちマンホールに限定されると想定される。

3.2. 診断

保守・点検結果及び詳細調査結果に基づいて、劣化状況及び劣化要因、今後の劣化の進行性等を検討し、施設の改築・修繕の必要性を判断する必要がある。

【解説】

保守・点検結果及び詳細調査結果から得られるデータを基に、マンホールの種類、供用年数等の施設諸元を整理した上で、劣化状況及び劣化要因について検討し、施設の改築・修繕の必要性を判断する必要がある。また、劣化状況によっては、コンクリート腐食のように今後も劣化が進行する可能性に対しても検討する必要がある。さらに、現場打ちマンホールでは、劣化状況と布設条件から得られる外力算定結果に基づいて、必要に応じて耐震性能も含めた現時点での構造体の耐荷力を算定する場合も考えられる。耐荷力の算定に当たっては、「**コンクリート標準示方書[構造性能照査編]**（2002年）」土木学会、「**道路橋示方書下部構造編**（平成14年3月）」日本道路協会、「**トンネル標準示方書[開削工法編]**（平成8年）」土木学会等に準拠する。

これらの検討結果に基づいて、ライフサイクルコストも考慮した上で施設の改築・修繕対応方針を検討する。マンホールの対応方針検討フロー（案）を図3.5に示す。

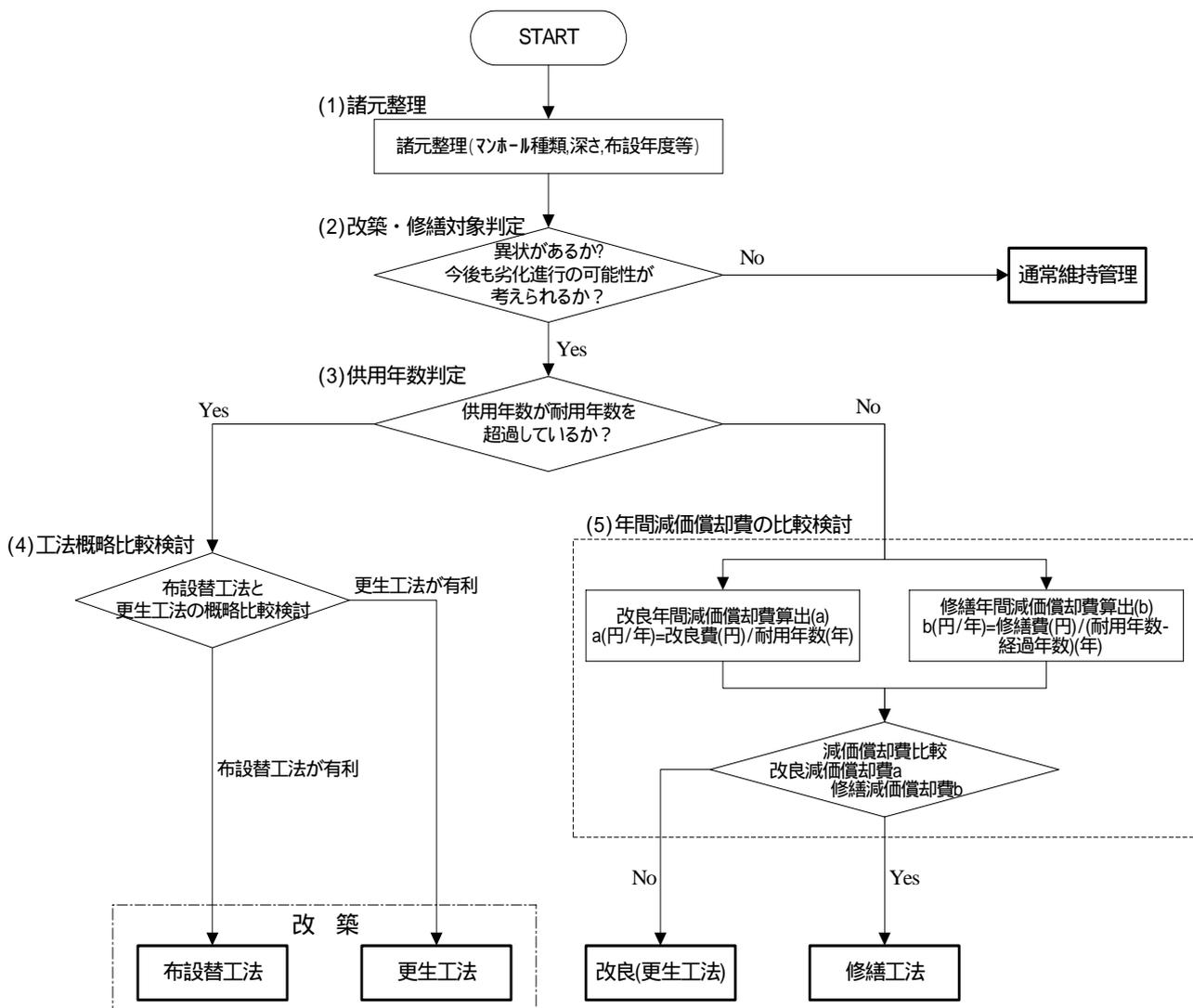


図 3.5 マンホールの改築・修繕対応方針検討フロー（案）

(1) 諸元整理

マンホールの改築・修繕対応方針を検討するに当たり、マンホールの施設諸元及び維持管理情報等を整理する必要がある。整理すべき諸元は以下の通りであり、これらの諸元は、下水道台帳システムに管路施設の諸元、維持管理情報等を付加したシステム（下水道台帳管理システム）としてデータベース化しておくことで整理が容易である。施設整備等のハード面での対応と、IT 技術の導入による高度情報化、すなわちソフト面での対応が一体化することにより、計画的かつ効率的な維持管理等、リスク管理及び危機管理の強化を図ることができる。

マンホールの種類

布設深度

布設年度及び供用年数

設計活荷重

過去の維持管理情報（保守・点検結果及び詳細調査結果）

事故発生の有無

など

(2) 改築・修繕対象判定

整理した施設諸元及び維持管理情報に基づいて、マンホールの劣化状況及び劣化要因を検討する。さらに、コンクリート腐食のように、今後も劣化が進行する可能性に対しても検討を行う。これらの検討結果から、施設の改築・修繕の必要性を判定する。この判定基準については、明確に確立された基準が存在しないが、概ね以下に示す対応の方向が一般的である¹²⁾。

A ランク：速やかに措置することが必要

B ランク：簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる

C ランク：簡易な対応により必要な措置を5年以上まで延長できる

また、特殊マンホールについては、劣化状況と布設条件から得られる外力算定結果に基づいて、必要に応じ耐震性能も含めた現時点での構造体の耐荷力を算定する場合も考えられる。

(3) 供用年数判定

改築・修繕の対象となったマンホールの供用年数が、施設の耐用年数¹³⁾を超過しているかどうか判定する。耐用年数を超過している場合は改築対象となり、超過していない場合は改良または修繕対象となる。

(4) 工法概略比較検討

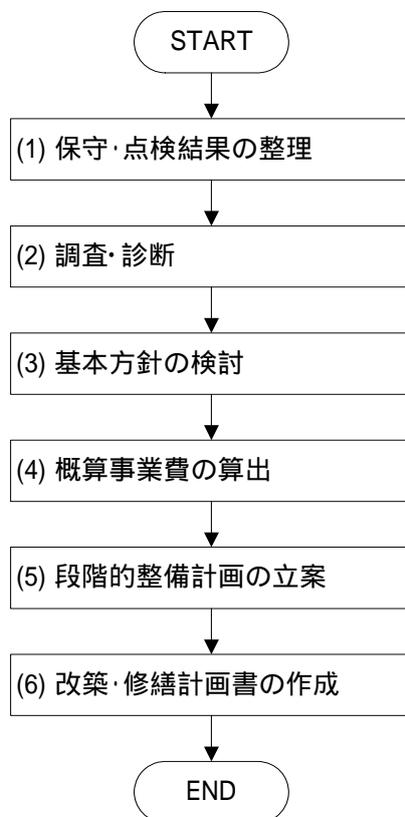
改築対象と判定された施設に対し、施工可能な工法について、経済性、施工性等概略比較検討を行う。施工可能な工法には布設替工法と更生工法があり、比較検討の上対応方針を決定する。

(5) 年間減価償却費（ライフサイクルコスト）の比較検討

改良または修繕対象と判定された施設に対して年間減価償却費（ライフサイクルコスト）を算出し、比較検討の上対応方針を決定する。

第 4 章 改築・修繕計画の策定

マンホールの改築・修繕計画の策定手順（案）を以下に示す。



【解説】

(1) 保守・点検結果の整理

保守・点検データを整理するとともに、この結果から、さらに詳細な調査が必要と考えられる箇所を整理する。

(2) 調査・診断

保守・点検整理結果から、さらに調査が必要と考えられた箇所に対して詳細調査を実施する。この調査結果に基づいて、改築が必要な箇所、改良または修繕が必要な箇所を診断するとともに、保守・点検データ及び既に対応が完了している箇所等も含めて必要な維持管理情報を平面的に整理する。

なお、保守・点検結果及び調査・診断結果の整理については、「3.2.診断」で述べた下水道台帳管理システムを有効活用できると、より一層効率的である。これは、管きょ施設も同様である

(3) 基本方針の検討

調査・診断結果の整理図を基に、マンホール改築・修繕に当たっての基本方針を検討する。なお、古くより下水道事業を実施している自治体では、合流式下水道を採用している場合が多く、合流式は標準耐用年数を超過している施設が多いと思われる。この場合、合流式下水道改善事業、雨水対策事業等との調整が必要となる可能性が考えられる。

基本方針検討に当たっての留意点は以下の通りである。

- ・計画対象区域及び目標年度
- ・施設の重要度
- ・対応の緊急性（優先順位）
- ・耐震化
- ・他事業（合流式下水道改善事業、雨水対策事業等）との調整など

(4) 概算事業費

必要となるマンホールの改築・修繕の事業量を整理し、概算事業費を算出する。概算事業費は、国庫補助対象と単独対象の施設別に分類して計上することが望ましい。また、概算事業費算出に当たっては、施工可能な工法を想定した上で、各対応方針別の概算施工単価を見積り等により入手する必要がある。

(5) 段階的整備計画の立案

計画対象区域内の事業量に基づいて、関連する他事業との調整を図りながら、幹線などの重要な施設等の優先順位付けを行い、目標年度を定めた上で効率的な段階的整備計画を立案する。段階的整備計画の立案に当たっては、自治体の下水道財政計画との整合を図る必要があるほか、事業の平準化を図る必要がある。さらに、事業効果についても考慮が必要である。

(6) 改築・修繕計画書の作成

以上までの検討内容を、改築・修繕計画書としてとりまとめる。なお、マンホールの改築・修繕計画の策定に当たっては、基本的に管きょとマンホールを区分せずに考えることが望ましい。

第 5 章 改築と修繕の設計の考え方

5.1. 設計条件の整理

調査結果及び改築・修繕計画に基づいて、マンホールの改築・修繕に必要な設計条件を整理する。整理すべき設計条件は、以下が考えられる。

- (1) 布設年度及び供用年数
 - (2) マンホールの種類
 - (3) 布設深度
 - (4) はつり深さ
 - (5) 構造計算の有無
 - (6) 耐震計算の有無
 - (7) 周辺環境及び道路交通量
 - (8) 設計荷重
- など

【解説】

(1) 布設年度及び供用年数

布設年度及び供用年数については、マンホールの改築・修繕設計を行う上での判断材料として使用する。

(2) マンホールの種類、(3) 布設深度

対象となるマンホールの種類，布設深度については、マンホールの改築・修繕設計において必要不可欠となることから、対象マンホールの設計図および竣工図資料等を収集する。ただし、各資料が収集不可能な場合については、現地調査においてマンホールの形状等を調査し、構造を想定する。

(4) はつり深さ

マンホール内のコンクリート構造部分が、中性化および劣化状況等において構造的に期待できない、かつ、今後進行する恐れがある場合については、その部分をはつり出す必要がある。その際には調査、診断結果を踏まえて、はつり深さを算出する。

(5) 構造計算の有無、(6) 耐震計算の有無

マンホールの構造計算及び耐震計算については、必要に応じて計算を行うこととなり、各種計算の説明については、次項に記載する。ただし、改築・修繕を目的とした各種計算手法やはつり深さを考慮した場合等については、明確な基準がないこと、対象マンホールの状況によって異なること等から、本章における記載内容は一般論に留める。

(7) 周辺環境及び道路交通量

改築・修繕工事を実施するに当たって、周辺環境及び道路交通量を把握する必要がある。交通障害が懸念される場合には、布設替工事が困難となる場合が考えられる。

(8) 設計荷重

マンホールの構造計算及び耐震計算を行うための設計荷重については、以下の通りである。

- a . 固定荷重
- b . 載荷荷重
- c . 側圧（土圧、地下水圧）
- d . 内水圧
- e . 地震荷重
- f . 浮力
- g . 施工時荷重

これらの設計荷重については、マンホールの構造形式や布設状況、周辺環境等により適宜選択する必要がある。

5.2.改築

5.2.1.改築対象マンホールの種類と構造

一般的なマンホールは、以下の様な種類に大別される。

- (1) 標準マンホール
- (2) 組立マンホール
- (3) 下水道用レジンコンクリート製マンホール

これらのマンホール構造については、既設および新設に関係なく、必要に応じて構造計算を行い、検証する。

【解説】

(1) 標準マンホール

標準マンホールについては、マンホール深5.0m以浅でマンホール径 900mm程度の形状であれば、一般的に構造計算等を行っていない。それ以上の規模となるマンホールであれば、必要に応じて構造計算を行う。ただし、標準図を参照できる場合は、この限りではない。

構造計算が必要な箇所は頂版，側壁，底版部分であり、各箇所の計算手法としては、条件に応じて、以下の例が考えられる。

- 1)頂版、底版部の計算 : 周辺単純支持のスラブによる照査，四辺固定スラブによる照査
- 2)側壁の計算 : 周辺の土水圧による軸力のみでの照査、周辺に偏圧を与えた照査

参考として、円形マンホールについての構造計算例を「参考資料3 . 円形マンホール構造計算例」に示しているのを参照のこと。なお、標準マンホールの構造計算については明確な基準がないことから、以下の文献を参照するとよい。

コンクリート標準示方書[構造性能照査編]2002年制定版（平成14年3月）土木学会
構造力学公式集（平成11年11月）土木学会
道路橋示方書・同解説（平成14年3月）（社）日本道路協会
道路土工 カルバート工指針（平成11年3月）（社）日本道路協会
共同溝設計指針（昭和61年3月）（社）日本道路協会
土木構造物設計ガイドライン（平成11年11月）（社）全日本建設技術協会

鉄筋コンクリート構造計算用資料集（2002年1月）（社）日本建築学会

特殊人孔構造計算の手引き（平成16年6月）東京都下水道サービス株式会社

これらは、参照文献の一部であり、マンホールの形状に応じた計算を行う必要がある。また、文献を利用する際は、最新版であることを確認する。

(2) 組立マンホール

組立マンホールについては、各マンホールを製作している工業会ごとに全ての形状及び深さに対応した構造計算を行っており、構造計算の必要な組立マンホールについては、各組立マンホール工業会に確認する。

(3) 下水道用レジンコンクリート製マンホール

下水道用レジンコンクリート製マンホールについては、マンホールを製作している日本レジン製品協会で各形状及び深さに応じ、その都度構造計算に対応することとなっている。よって構造計算の必要なマンホールについては、製品協会に確認する。

5.2.2. 改築対象マンホールの耐震設計

マンホールの耐震設計については、既設および新設に関係なく、対象となる管路施設が「重要な幹線等」であるか「その他の管路」かに区分し、対応する。

(1) 「重要な幹線等」は、レベル1地震動とレベル2地震動の2つの地震動を対象に設計を行う。

(2) 「その他の管路」は、一般的に耐震設計を行わない。

【解説】

「下水道施設の耐震対策指針と解説（1997年版）」（社）日本下水道協会に準じ、下水道施設を対象とした耐震設計を行う必要がある。

(1) 重要な幹線等

下水道施設のうち下水を収集、輸送する上で根幹的施設である「重要な幹線等」は、レベル2地震動に対して流下機能を確保できるよう耐震対策を施す必要がある。

なお、重要な幹線等のマンホール本体における部材断面及び強度に対する検討は、流下機能確保の観点からレベル1地震動とレベル2地震動の2つの地震動を対象に行う。レベル1地震動については、許容応力度法あるいは使用限界状態設計法等によって設計を行い、レベル2地震動では、終局限界状態設計法によって照査を行う。

(2) その他の管路

「その他の管路」は、重要幹線等と比較して一般的に復旧が容易であること、また、既設管路自体が膨大な布設延長を有していることから、それら全てに対して高い耐震性を確保することは、現実的ではない。従って、「その他の管路」の区分に当てはまるマンホールについては、一般的に耐震設計を行っていない。ただし、状況に応じては、レベル1地震動を対象とした耐震計算を行う。

マンホールの耐震計算については、「下水道施設耐震計算例 - 管路施設編 - 後編（2001年版）」
 (社)日本下水道協会を参照する。

参考として、計算例内のマンホール耐震計算フローを図 5.1に示す

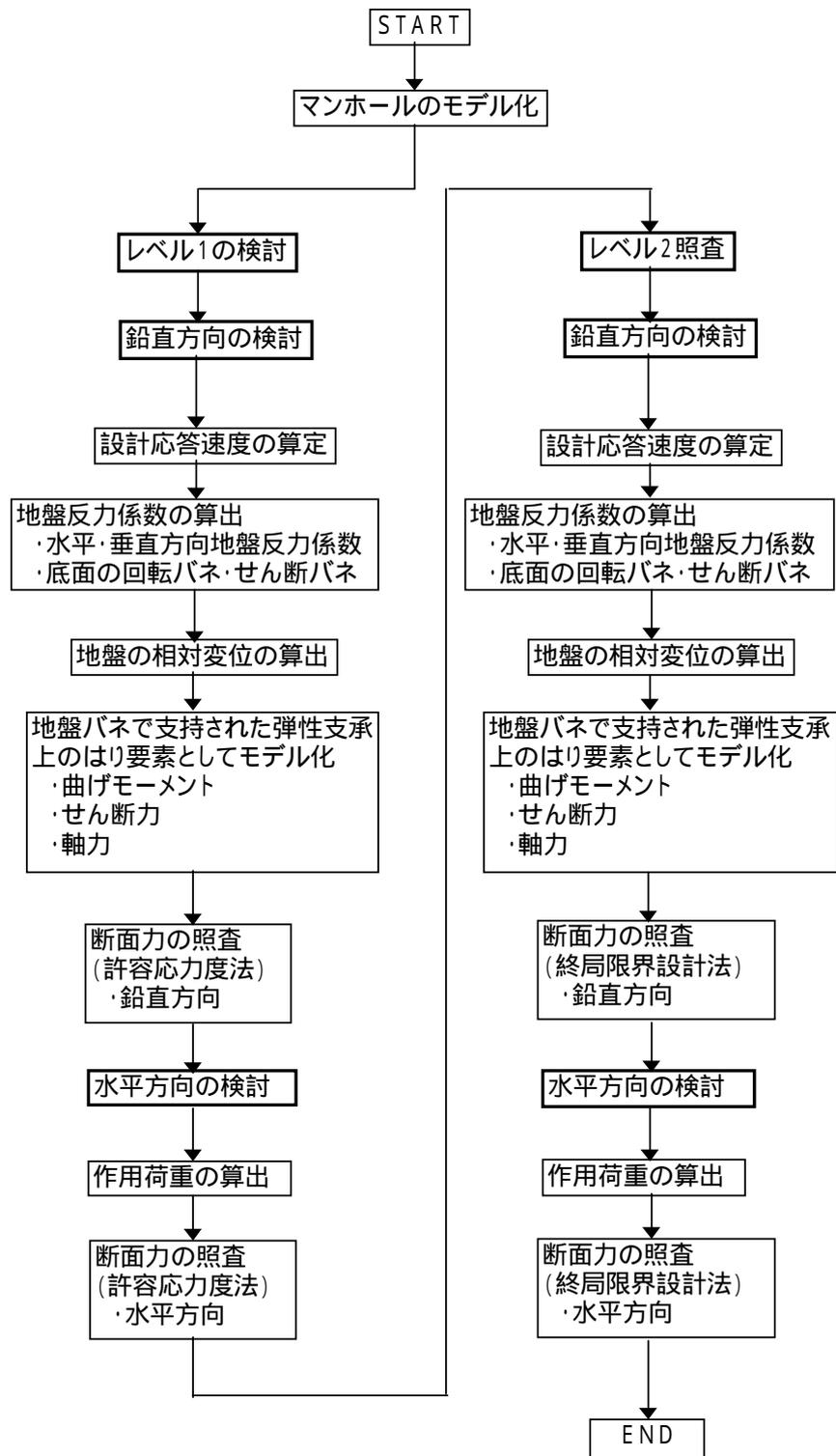


図 5.1 現場打ちマンホール（円形）の場合の耐震計算フロー¹⁴⁾

5.3. 修繕

修繕対象マンホールについては、修繕の定義から構造的な検証は行わない。

【解説】

修繕の定義は、「対象施設」の一部の取替え等を行うこととなっている（「1.3.1.改築・修繕等の分類及び用語の定義」参照）。

これにより、マンホールの一部を取替え等に対応させることは、構造上の問題がないことが前提であるため、修繕対象マンホールについては、構造の検証を行わない。

5.4. 要求性能

マンホールの改築・修繕設計を行うに当たり、採用する工法に対し必要に応じて要求性能を確認する。確認すべき要求性能には、以下が挙げられる。

- (1) 耐荷能力
 - (2) 耐薬品性
 - (3) 耐硫酸性
 - (4) 水密性
- など

【解説】

要求性能については、対象となる既設マンホールの劣化状況に応じて決定し、改築・修繕工法を選定するための条件とする。

各要求性能項目の詳細な内容については、以下の文献を参照する。

- ・「**管更生の手引き（案）**（平成13年6月）」（社）日本下水道協会
- ・「**下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）**（1985）」（社）日本下水道協会
- ・「**下水道用強化プラスチック複合管（JSWAS K-2）**（2000）」（社）日本下水道協会
- ・「**下水道管路施設腐食対策の手引き（案）**（平成14年5月）」（社）日本下水道協会
- ・「**下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル**」（平成14年12月）日本下水道事業団

以下、マンホールの改築・修繕設計を行うに当たって、確認すべき要求性能について記述する。

(1) 耐荷能力

マンホールの改築・修繕設計に当たっては、必要に応じて、作用する外力（土圧、活荷重等）の外力に対し安全性及び機能を十分に保持できることを構造計算により確認しておく必要がある。また、施設の老朽化やコンクリート腐食によりコンクリート構造物の劣化が極めて著しく、鉄筋が露出しているような状況においては、劣化部の必要はつり量、鉄筋の処理、補強筋あるいは補充筋の必要性及び断面修復材等の要求性能についても考慮が必要である。さらに、耐震性能を要求されるマンホールでは、「**下水道施設の耐震対策指針と解説**（1997年版）」（社）日本下水道協会に準じた検討が必要である。

(2) 耐薬品性

「**管更生の手引き（案）**（平成 13 年 6 月）」（社）日本下水道協会によると、更生材料の耐薬品性について、「**下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）**（1985）」（社）日本下水道協会及び「**下水道用強化プラスチック複合管（JSWAS K-2）**（2000）」（社）日本下水道協会に準じた試験により確認することとされている。マンホールの改築・修繕設計においても、必要に応じて、これらの試験によりその材料が耐薬品性を有していることを確認する。

(3) 耐硫酸性

マンホールの改築・修繕設計においては、「**下水道管路施設腐食対策の手引き（案）**（平成 14 年 5 月）」（社）日本下水道協会及び「**下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル**（平成 14 年 12 月）」日本下水道事業団に記されている基準、方針等を基に、要求される耐硫酸性に適合できる工法を選定する必要がある。

ここで、圧送管路吐出し先管路施設やビルピット排水が排出される箇所の上流部などは、一般的にコンクリート腐食が発生しやすい箇所と言われており、問題を顕在化させずに先送りにすると、時間の経過とともに不可逆的に進行する可能性がある。このような箇所では、詳細調査に基づいて、コンクリート腐食要因（腐食環境条件）を十分に検討した上で、必要な耐硫酸性を十分に把握しておくことが重要である。

(4) 水密性

マンホール内に地下水の浸入がある場合、マンホール周辺土砂の流入に伴う道路陥没の恐れがあるほか、処理場での処理費増大に繋がる可能性がある。よって、劣化状況を十分に把握した上で、適切な工法を選定する必要がある。

マンホールの改築・修繕工法で用いられる材料の水密性については、外水圧を「**下水道用強化プラスチック複合管（JSWAS K-2）**（2000）」（社）日本下水道協会の試験水圧に準じて 0.1MPa とすることを原則とし、この外水圧に対して漏水がないことを確認する。

以下、参考として、鉄筋処理（前処理）、補強筋及び補充筋及び断面修復材に関する仕様及び要求性能について記述する。

【参考】鉄筋処理（前処理）、補強筋及び補充筋及び断面修復材に関する仕様及び要求性能例

1) 鉄筋処理（前処理）の仕様例

腐食鉄筋の処理目的は、以下の三つに分類できる。

機能の完全回復：健全部材と同等以上の機能レベルまで回復させる。

機能の限定回復：実用上に支障のない機能レベルに回復させる。

耐久性能の回復：現状以上の腐食の進行を抑制し、現状機能を維持する。

鉄筋の処理は、原則として腐食ランクに対応して処理目的を定め、期待される効果が得られる処理仕様を選定する必要がある。鉄筋の処理目的と適応する仕様の一例を表 5.1 に示す。

表 5.1 鉄筋の処理目的と仕様の一例（参考）

処理目的	ランク分類基準	仕様	
		工法	工法内容
耐久性回復	A：部分的な錆の発生	アルカリ含浸	アルカリ溶液（リチウムシリケート、亜硝酸リチウム等）の塗布含浸によりアルカリ性を付与し腐食の進行を抑制する。
	B：大部分に赤錆を含む錆発生 C：Bに加え5%以下の断面欠損	防錆剤塗布	鉄筋をはつり出し、ケレンにより錆を除去後、防錆剤を塗布し、補修用モルタル等ではつり部を充填する。
構造耐力回復	D：錆の膨張によるコンクリートの破壊・鉄筋の露出・断面欠損が5%以上		
	E：範囲が部材の広範囲に及ぶか、断面欠損が20%以上	補強筋（添え筋）設置	鉄筋をはつり出し、腐食部をケレン後、腐食部に補強筋を設置して既存鉄筋健全部と接着剤で接着し、部材剛性・耐力を回復する。はつり部は補修用モルタルを充填する。
		補充筋（交換筋）設置	既存鉄筋をハツリ出して、補充筋に交換し、部材耐力を回復する。はつり部は、補修用モルタル・グラウト等を充填する。

2) 補強筋及び補充筋の要求性能指標例

施設の老朽化やコンクリート腐食等により、劣化が著しい部位に用いる補強筋及び補充筋の要求性能指標の一例を表 5.2に示す。

表 5.2 補強筋及び補充筋の要求性能指標の一例（参考）

要求性能項目	要 求 性 能
耐 食 性	所定のかぶり厚が取れない場合、耐食性を確保できること。
取り扱い性	改築工の場合、材料搬入の作業条件が限定されることから、軽量であることなど取り扱い性が容易なこと。
加 工 性	改築工事の場合、作業条件が限られていることから、切断等加工性が良いこと。
強 度 特 性	欠損断面と同等の引張強度と剛性。

3) 断面修復材の要求性能指標例

断面修復材の要求性能指標の一例を表 5.3に示す。

表 5.3 断面修復材の要求性能指標の一例（参考）¹⁵⁾

要求性能項目	性 能 指 標	備 考
圧縮強度	材齢 3 日 : 25N / mm ² 以上 材齢 28 日 : 45N / mm ² 以上	JIS R 5201
曲げ強度	材齢 3 日 : 3.0N / mm ² 以上 材齢 28 日 : 7.0N / mm ² 以上	JIS R 5201
密度特性 (浸透抵抗性)	材齢 28 日 : 硫酸浸透深さ 3.0mm 以下	5%硫酸 30 日浸漬後のフェノール フタレイン非呈色深さ 供試体 : 7.5 × 15cm
無収縮性 (耐ひび割れ性)	材齢 28 日 : 補修用モルタル長さ変化率 - 0.1% 以上	JIS A 1129 測長は保存期間 4 週までとする
一体性 (付着力)	コンクリート下地 材齢 28 日 : 1.5N / mm ² 以上	建研式引張試験
耐硫酸性 (質量変化)	質量変化率 : 補修用モルタル : ± 10% 以内 補修用グラウト : ± 15% 以内	5%硫酸 30 日浸漬後 供試体 : 7.5 × 15cm

第 6 章 改築と修繕の工法と施工

6.1.改築

マンホール内面の改築の施工は、公道上となることが多いため、施工環境条件、腐食環境条件等を十分検討した上で適切な改築工法を選定する必要がある。

【解説】

マンホール施設の調査結果から、劣化が進行し改築が必要と診断された場合は、施工環境条件（通水状態、道路規制条件、周辺環境条件）、腐食環境条件等を十分検討した上で、諸条件に最も適した改築工法を選定する必要がある。

6.1.1.マンホール改築工法の概要

マンホール改築工法は、工場製作の成型品をコンクリート躯体に固着させてコンクリートを被覆する工法である。

マンホール改築工法は、以下の 3 種類に大別される。

既設マンホールの形状に合わせて加工したライナー材に、耐食性樹脂を含浸させ、マンホール内に挿入して膨張させて貼り付ける反転工法

工場で作成した耐食性樹脂を板状にしたものを貼り付けグラウト材を注入する成型板貼付け工法

マンホール内にセラミックタイルを貼り付けるタイル貼付け工法

【解説】

(1) マンホール改築工法の種別

マンホール改築工法は、大きく反転工法、成型板貼付け工法、タイル貼付け工法の 3 種類に分類される。これらの概要を表 6.1 に示す。

表 6.1 マンホール改築工法の概要

工 法 名	防食被覆材料	固着方法	接合部処理材料
反転工法	不飽和ポリエステル樹脂	圧着方式（空気圧）	
成型板貼付け工法	ビニルエステル樹脂 FRP 成型板	樹脂接着	シリコン・エポキシ樹脂パテ
		無収縮グラウト材による接着	成型目地材（ビニルエステル樹脂 FRP）・ビニルエステル樹脂
タイル貼付け工法	セラミック（磁器）タイル	モルタルによる接着	パテ状光硬化樹脂又はエポキシ樹脂

1) 反転工法

反転工法は、既設のマンホールの形状に合わせて加工したライナー材に不飽和ポリエステル樹脂を含浸させ、マンホール内部に挿入させ、空気圧により膨らませた後、温水シャワーを使用して硬化させる。硬化後、インバート部の切断や足掛金具の取付け等を行い、継目のない完全一体化が可能な改築工法である。

反転工法の施工断面図を図 6.1に示す。

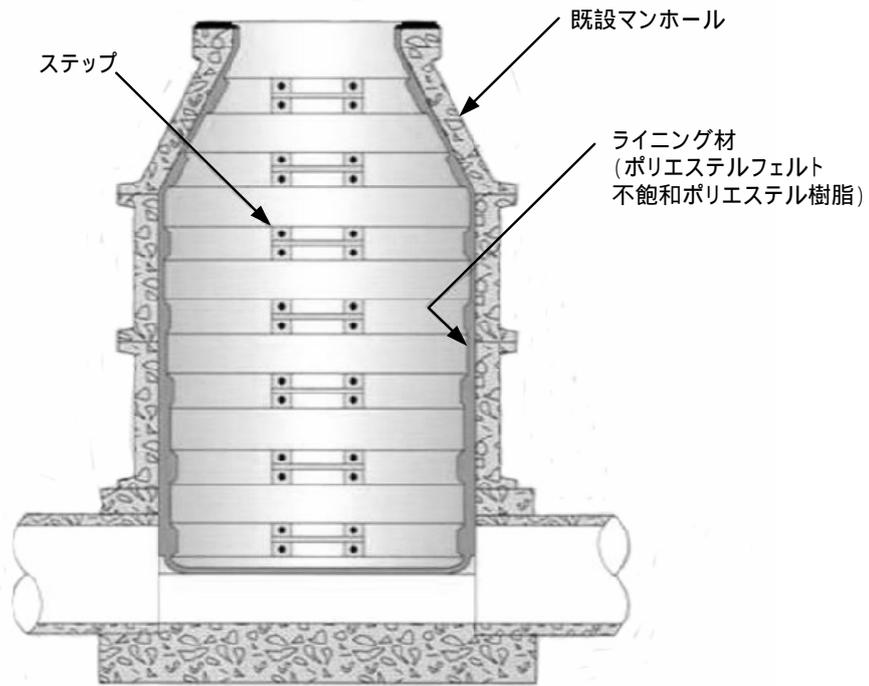


図 6.1 反転工法の施工断面図

2) 成型板貼付け工法

成型板貼付け工法は、工場製作された成型板を現場に搬入してコンクリート表面に取付け、コンクリートと成型板との隙間にグラウト材を注入して一体化を図る工法である。

成型板には、ビニルエステル樹脂 FRP 板で、グラウト材には樹脂系と無機質系とがある。また、既設のマンホールの形状に合わせて自在に加工でき、円形や矩形構造物にも適用が可能である。

成型板貼付け工法の施工断面図を図 6.2及び図 6.3に示す。

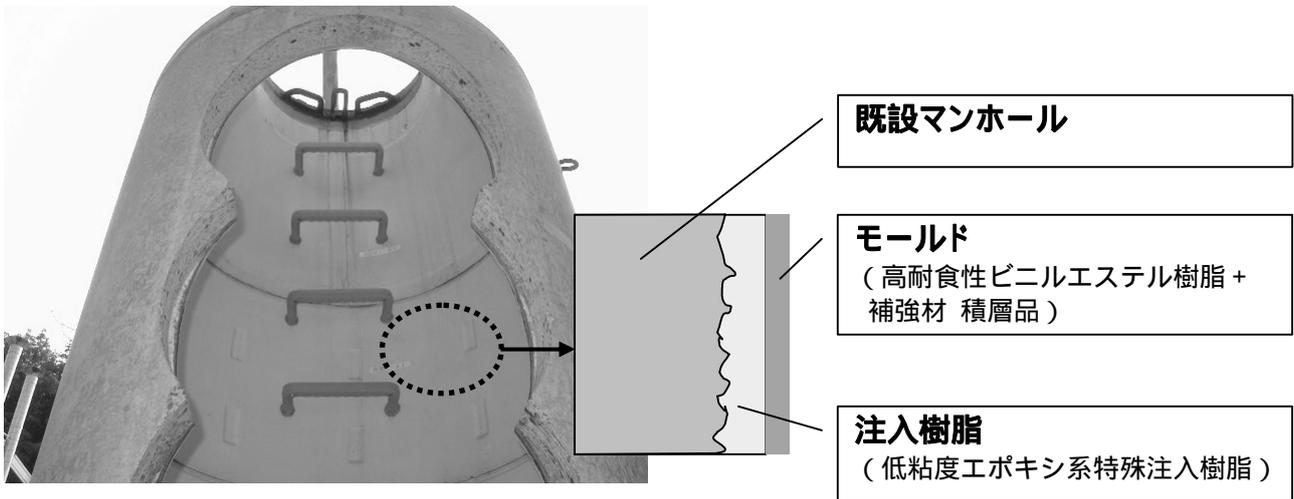


図 6.2 成型板貼付け工法（ビニルエステル樹脂 FRP 板貼付け(A)工法）の施工断面図

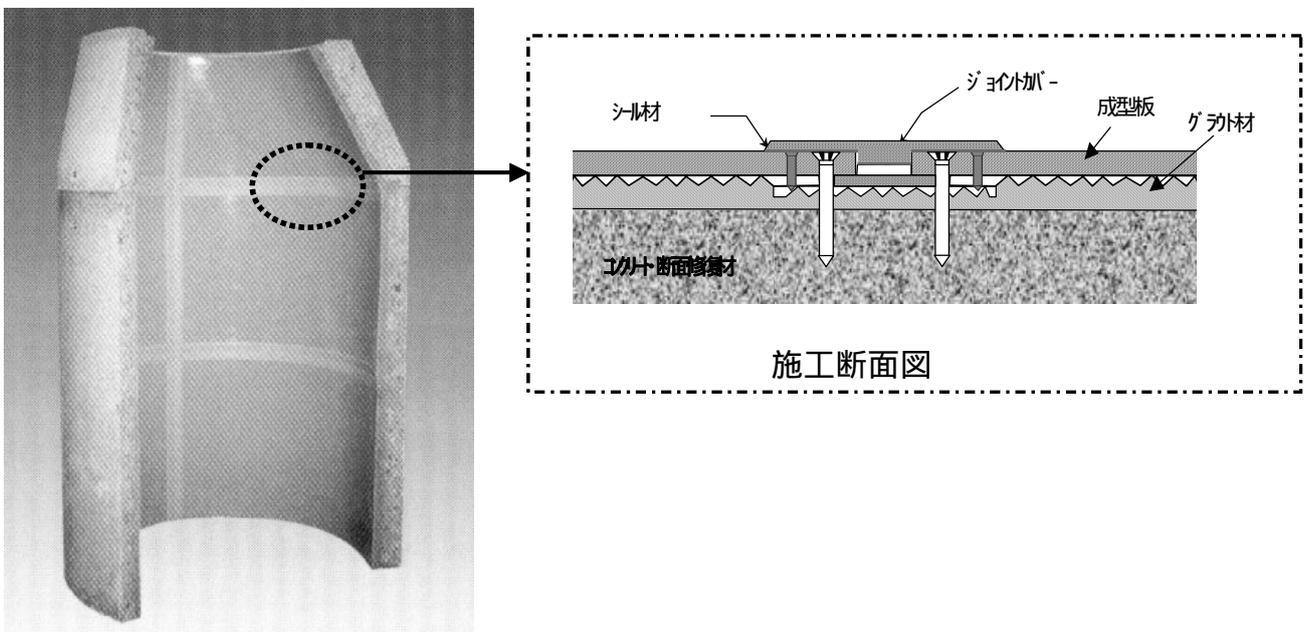


図 6.3 成型板貼付け工法（ビニルエステル樹脂 FRP 板貼付け(B)工法）の施工断面図

3) タイル貼付け工法

タイル貼付け工法は、汚泥焼却灰と粘土を 1,000 ~ 1,200 の高温焼結させたセラミックタイルを耐硫酸型断面修復材で貼付け、目地処理及び仕上げとして光硬化型樹脂やエポキシ樹脂を塗布する工法である。

既設のマンホールの形状に合わせて自在に施工ができ、円形や矩形構造物にも適用が可能である。タイル貼付け工法の施工断面図を図 6.4 に示す。

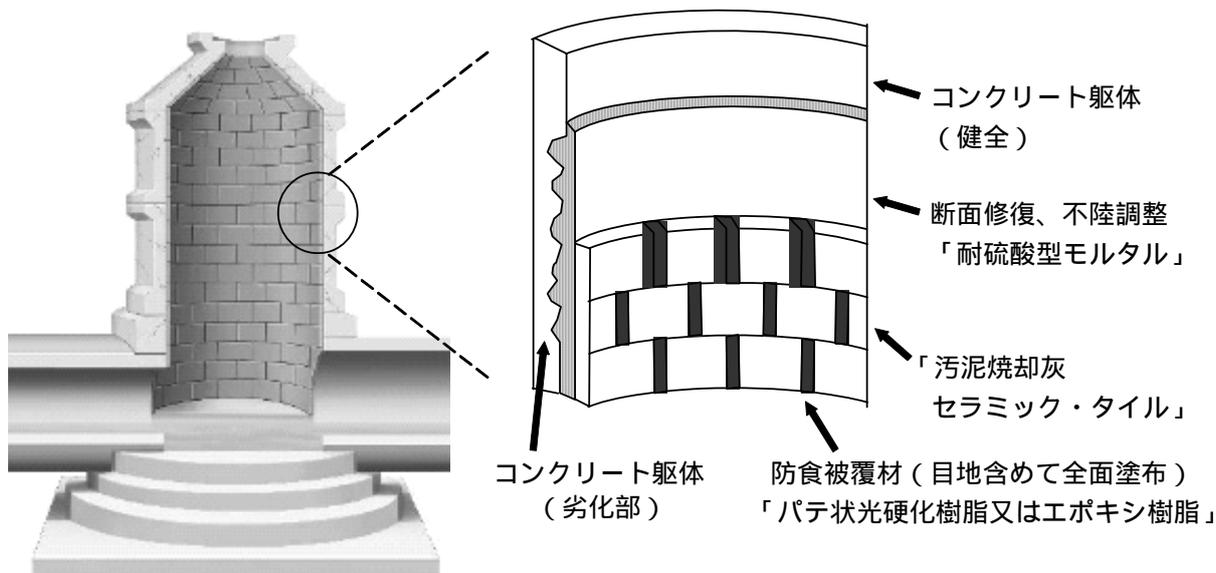


図 6.4 タイル貼付け工法の施工断面図

(2) 被覆材料の特性

1) 不飽和ポリエステル樹脂

不飽和ポリエステル樹脂は、不飽和脂肪酸（オルソフタル酸、イソフタル酸、無水マレイン酸等）と2価アルコール（エチレングリコール、ビスフェノール等）との不飽和ポリエステルの主鎖中の2重結合にスチレンをビニル共重合して架橋させた樹脂である。本手引き（案）の不飽和ポリエステル樹脂は、耐食性ライニング材として用いられるビスフェノール系で、以下の特性を有する。

- ポリエステル中のエステル基濃度が最も小さく耐薬品性に優れる。
- 耐アルカリ性は現在の不飽和ポリエステル樹脂中最も優れている。

2) ビニルエステル樹脂

ビニルエステル樹脂は、エポキシ樹脂をアクリル変性してできた樹脂で、ビスフェノール系、ノボラック系、臭素化ビスフェノール系の3種類がある。本手引き（案）のビニルエステル樹脂は、耐食性ライニング材として用いられるビスフェノール系で、以下の特性を有する。

- 耐酸性、耐アルカリ性に優れる。
- 伸び率は不飽和ポリエステル樹脂より大きい。

3) セラミックタイル

セラミックタイルは、下水処理過程で発生する汚泥焼却灰と粘土の混合物を 1,000 ~ 1,200 でタ

イル状に焼結したもので、以下の特性を有する。

- 耐酸性、耐アルカリ性に優れる。

(3) 改築工法使用材料の性能確認

1) 成型品の性能

マンホール改築の目的は、主に以下が考えられる。

集中荷重（活荷重）によるコンクリートのひび割れ防止

経年変化による構造物の劣化防止（コンクリートの中酸化）

硫化水素の発生に起因する硫酸によるコンクリート構造物の劣化防止（コンクリート腐食）

マンホールの改築工法においては、調査結果に基づいて、改築の目的に適合する適切な工法が選定されていることを以下に示す基準・指針類で確認し、施工計画書を作成する必要がある。

、 の場合

- ・「下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）（1985）」（社）日本下水道協会
- ・「下水道用強化プラスチック複合管（JSWAS K-2）（2000）」（社）日本下水道協会

の場合

- ・「下水道管路施設腐食対策の手引き（案）」（平成 14 年 5 月）（社）日本下水道協会 第 4 章 管路施設の腐食対策
- ・「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル」（平成 14 年 12 月）日本下水道事業団 第 5 章 第 1 節 シートライニング工法の品質規格

2) 補強筋・補充筋の要求性能の確認

マンホールの改築では、施工条件や施工環境に多くの制約条件を受けるほか、腐食環境条件により改築後も劣化が進行する可能性が考えられる。よって、主として施工性及び耐久性を重視した工法が選定されていることを確認し、施工計画書を作成する。

3) 断面修復材の性能

マンホールに施す断面修復材に要求される性能は、躯体コンクリートと一体化が得られ、耐久性を有することである。

これらの性能を満たすには、コンクリートと良好な接着性を有すること、高強度・高密度で収縮性・浸透性が小さいこと、水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）の生成量が少なく耐硫酸性を有する断面修復材を適用する必要がある。よって、施工計画書を作成する前に、その要求性能が満たされているかを確認する。

6.1.2. マンホール改築工法の施工仕様

改築工事の実施に当たり、調査・診断結果に基づいて適切な設計が行なわれていることを確認した上で、施工計画書にその仕様を定める。

【解説】

改築工法の標準的な施工仕様を以下に示す。

(1) 劣化部除去工

劣化部除去工では、調査・診断結果に基づいて、健全なコンクリート面が得られる深さまで劣化部除去工が設定されているかを確認する。

劣化部の除去方法は、超高压水処理（処理水圧：150N/mm²以上）が標準仕様²⁾とされているが、劣化部除去深さと整合性が取れているかを確認する。ただし、1号マンホールや狭い施工環境の場合には、躯体コンクリートに大きな衝撃を与えない方法で除去しても良い。

(2) 鉄筋処理工（前処理）

鉄筋処理工は、調査・診断結果に基づいて適切な処理工が含まれているかを確認し、鉄筋の機能維持、または回復の処置が可能なことを施工計画書に明示するものとする。

ただし、施工仕様の選定にあたっては、施設の維持管理特性と経済性、改修工における対外部材又は部位の施工条件なども合わせて施工計画書にて検討し、現実的な処理目的の設定と施工仕様の選定に留意する。

(3) 断面修復工

断面修復工は、劣化コンクリートを完全に除去した後、元断面に修復し、既存コンクリートと一体化させて、鉄筋の保護機能及び構造耐力の回復を図ることを目的とする。

断面修復厚さは、調査・診断結果に基づいて、適切な設計が行なわれていることを確認した上で、施工計画書にその仕様を定める。

(4) 改築工法の標準的な施工仕様

マンホール工法の標準的な施工仕様を表 6.2に示す。

表 6.2 マンホール改築工法の施工仕様

反転工法	成型板貼付け工法		タイル貼付け工法
不飽和ポリエステル樹脂	ビニルエステル樹脂 FRP 成型板 (A)	ビニルエステル樹脂 FRP 成型板 (B)	セラミックタイル
準備工	準備工	準備工	準備工
劣化部除去工	劣化部除去工	劣化部除去工	劣化部除去工
前処理・断面修復	前処理・断面修復	前処理・断面修復	前処理・断面修復
ライニング材セット	ライニング材セット	目地材設置	タイル貼付
インライナー反転挿入	接合部処理	ライニング材設置	防食被覆材塗布
温水シャワー硬化・養生	樹脂注入材注入	目地部シール	インバート部処理
インバート切断	後処理工	グラウト材注入	ステップ処理
ステップ設置		目地材・端部処理	斜壁接合部処理
仕上げ		ステップ設置	

6.1.3. マンホール改築工法の検査基準

マンホール改築工法の施工に際しては、所期の施工品質が得られていることを確認するため、以下の工程毎に検査を行う必要がある。

- (1) 劣化部除去工（はつり工）後の下地検査
- (2) 鉄筋処理工後の検査
- (3) 断面修復工後の検査
- (4) 改築工の検査

【解説】

マンホール改築工法の施工に際しては、所定の施工品質が得られているか、工程毎に検査を行うことが望ましい。以下、工程毎の検査項目とその検査基準について記述する。

(1) 劣化部除去工（はつり工）後の下地検査

1) 検査実施時期

下地検査は、劣化部除去工の完了後から鉄筋処理工の間の適宜な時期を選んで実施する。

2) 検査方法

下地検査は、コンクリート表面の外観目視検査により健全度の確認を行なう。下地検査の検査項

目とその検査基準の一例を表 6.3に示す。

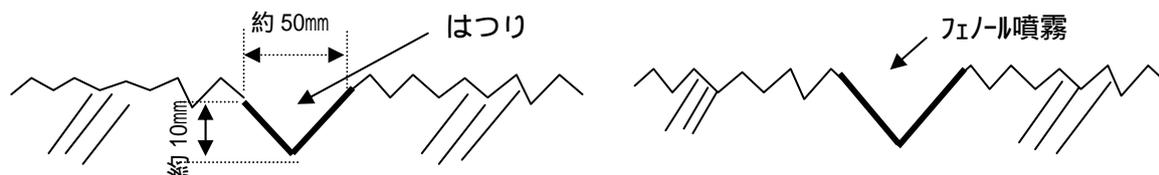
表 6.3 下地検査基準の一例²⁾

検査項目	検査内容・基準	検査結果の処置
外観目視	劣化部：Fe 層が残存しないこと。 損傷：浮き・割れが認められないこと。 欠陥：ひびわれ・漏水その他補修工に支障を及ぼす欠陥がないこと。	が有る場合は手直し。 が有る場合は欠陥部処理。
フェノールフタレイン法	赤色に呈色すること。	が赤色に呈色しない場合は手直し。

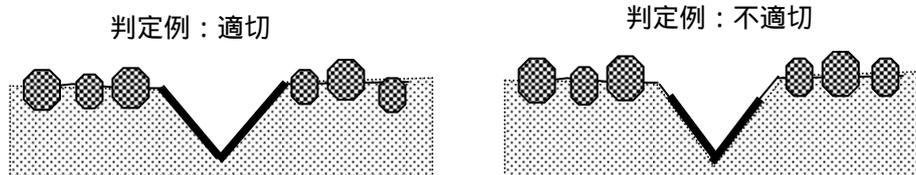
注) フェノールフタレイン法による試験は、以下の方法により行うものとする。

試験時期：劣化部除去工終了後、躯体表面に水分がなく(コンクリート表面が白くなった状態)乾燥した状態が確認される時点。

試験方法¹³⁾：コンクリートを約 10mm 程度の深さまではつり、粉塵除去後のはつり面にフェノールフタレイン溶液を噴霧する。検査方法の概念図を以下に示す。



判定：適否判定は、コンクリートのモルタル分が赤色呈色すること。概念図を下図に示す。



(2) 鉄筋処理工後の検査

1) 検査実施時期

鉄筋処理工後の検査は、鉄筋処理工の完了後から断面修復工の間の適宜な時期を選んで実施する。

2) 検査方法

鉄筋処理工後の検査は、鉄筋処理が適正に行われ所期の品質が得られていることを確認するために、外観目視検査により行なう。

鉄筋処理工の検査項目とその検査基準の一例を表 6.4に示す。

表 6.4 鉄筋処理工の検査基準の一例²⁾

検査項目	検査指標
さびの除去程度	浮き錆、赤錆がないこと
防錆剤の塗布状態	塗り残し、塗りむらがないこと

(3) 断面修復工後の検査

1) 検査実施時期

断面修復工後の検査は、断面修復工の完了後から被覆工の間の適宜な時期を選んで実施する。

2) 断面修復工後の検査の方法

断面修復工後の検査は、断面修復工が適正に行われ所期の品質が得られていることを確認するため、外観目視、触診、施工厚さ検査により確認を行なう。

断面修復工の検査項目とその検査基準の一例を表 6.5に示す。

表 6.5 外観及び施工厚さの検査項目及び検査基準の一例²⁾

検査項目	検査内容・指標	検査結果の処置
外観目視	平坦さ：補修モルタルの仕上り面が改築工の施工に支障なく平坦に仕上げられていること。鏝むら・突起がないこと。 密実さ：表面に巣穴、ふくれなどが見られず、緻密に仕上がっていること。 浮き：外観上認められないこと（打検併用）。 ひび割れ：外観上認められないこと。	～ がある場合は手直し
触診	脆弱層：表面にドライアウト、結露水などの影響による脆弱層、エフロレッセンスの析出がないこと。 硬化不良：部分的な未硬化部分がなく均質に仕上がっていること。	がある場合は手直し
施工厚さ	検査頻度：1回/1箇所 1回の試験個数=3 基準値：平均値が設計厚さ以上であること。 試験方法：ノギス等で測定する。	平均値が設計厚さに満たない場合、塗り増し

施工厚さは、断面修復工に先立ち、木片・発泡スチロールなどを躯体表面に取り付け、モルタルが硬化した後にこれを除去し、ノギス等で施工厚さを測定する。

(4) 改築工（被覆工）の検査

改築工の検査は、所期の品質が得られていることを確認するため、外観目視、触診、施工厚さ検査により確認を行なう。

改築工の検査項目とその検査基準の一例を表 6.6に示す。

表 6.6 改築工の検査項目及び検査基準の一例²⁾

検査項目	判定指標	検査方法
被覆表面の状態	コンクリート躯体の構造に影響を及ぼす凸凹がないこと	目視
被覆接合部（目地部）の状態	劣化環境からの遮断（防食）性能を損なう欠陥がないこと	目視
グラウト材の充填状態	被覆背面にグラウト材が空隙なく充填されていること	テストハンマー

6.2.修繕

マンホールの修繕工法は、大きく以下の2種類に大別される。

- (1) 止水工法
- (2) 防食工法

【解説】

マンホールの修繕は、マンホール躯体部分の破損・クラックや目地部からの浸入水を防止するための止水工法、コンクリート腐食を防止するための防食工法の2つに大別される。

マンホールの修繕を実施する場合は、目的に応じた適切な修繕工法を選定する必要がある。

マンホールの異状状況別対応方法整理表(案)を表6.7に示す。

表 6.7 マンホールの異状状況別対応方法整理表(案)

異状状況	支障	対応方法
浸入水	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤の陥没の恐れ ・処理費の増加 	止水工
クラック	<ul style="list-style-type: none"> ・マンホール躯体強度の低下 ・浸入水の恐れ 	注人工 コーキング工
腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・マンホール躯体強度の低下 ・コンクリート腐食 	防食工
洗掘、インバート、壁体部、雨水の副管なし、勾配の大きいところ	<ul style="list-style-type: none"> ・インバート、壁体部の摩耗損傷 	洗掘防止板の使用、セラミックライニング材コテ塗り 10mm程度
鉄筋の錆	<ul style="list-style-type: none"> ・躯体強度の低下 	防錆材処理、樹脂モルタルにて修理
足掛金物の腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理に支障 	交換(防錆金具の取付)
支障構造物がある時太い内副管、上流管がインバートより上にある時	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理に支障 	補修
マンホール内の高い位置に取付管	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理に支障 ・インバート上に汚物堆積 	補修
インバートが切れていない時	<ul style="list-style-type: none"> ・インバートに汚物堆積 ・流下に支障 	補修

6.2.1. 止水工法

マンホール内のコンクリート躯体部分の破損及びクラックや管口、目地部分からの浸入水が見られる場合には、止水工法による修繕を行う。

修繕に分類されるマンホールの止水工法には、以下の3種類がある。

- (1) 注入工法（Y字管注入工法）
- (2) コーキング工法（Vカット工法）
- (3) リング工法

【解説】

マンホール内でクラックや目地部から浸入水が確認された場合、この浸入水とともにマンホール外からの土砂が流入し、これに伴って地盤の空洞化から道路陥没を引き起こす可能性があるため、適切に止水を行う必要がある。

マンホールの止水工法には、大きく注入工法（Y字管注入工法）、コーキング工法（Vカット工法）、リング工法がある。

(1) 注入工法（Y字管注入工法）

1) 工法概要

注入工法は、マンホール内への地下水の浸入箇所は漏水箇所、あるいはこれらの原因によりマンホール背面にそって生じた水みちや周辺地盤のゆるみ、さらに空洞部分を閉塞することにより水密性を図り止水することを目的に行う工法である。

注入工法は、短時間に凝固する性質を持つ薬液を、不良箇所（クラック、目地部等）に注入して、形成された水みちや空洞部の充填閉塞、また周辺地盤を改良することにより水密性を向上することを目的としている。凝固する前は流動性がよく、細かいクラックや複雑な構造でも充填効率に優れている。ただし、注入工法で使用される注入材は、発現強度が相対的に低く、また長期の耐久性がないため、施工後の効果確認を定期的に継続してモニタリングする必要がある。

2) 注入材料

注入材料は種々のものがあるが、大別すると「無機系」と「有機系」に分類できる。注入材料のゲルタイム（注入を開始した薬液が凝結を開始するまでの時間）は、配合時の水温や外気温度、また地下水に希釈されることにより左右されて変化するため、注入材料は、施工目的、施工箇所の状況、期待する効果等を考慮した上で選定する必要がある¹⁶⁾。

無機系注入材

無機系注入材は懸濁型ともいい、主剤にセメントを用いた注入材で、硬化剤を加えることにより凝固時間を短縮する。懸濁型注入材は、液状のときはセメント粒子が混入しているため、普通ポルとランドセメントでは細砂層への浸透は期待できないが、最近では浸透性を高めるため微粒子状の特殊セメントが使用されている。注入材が凝結した固結体の強さは強固であるが、有機系注入材に比べて弾力性は期待できない。

有機系注入材

有機系注入材は溶液型ともいい、地下水と反応して凝固する「ウレタン系」注入材と、「ポリエチレングリコール系」、「メチロールプロペン系」に分けられる。ウレタン系は水溶性と疎水性があり、どちらも主剤である有機ポリマーの種類により、凝固体（ゲル化体）の性状は異なり、一

一般的にはホモゲル単体の一軸圧縮強度は小さいが、浸透性、弾力性に優れ、止水性が良いとされている。

3) 施工方法¹⁶⁾

Y字管注入工法は、マンホールに発生した浸入水箇所に、取り付けられたY字型の注入管から、主剤と硬化剤の2液を同時に注入することにより止水する工法である。

修繕対象箇所の汚れを高圧洗浄・ワイヤブラシなどで清掃する。

ピックハンマー、はつりノミ等により、管口部及びクラック部はVカット及びUカットを、マンホール目地部はVカットを行う(図 6.5参照)。

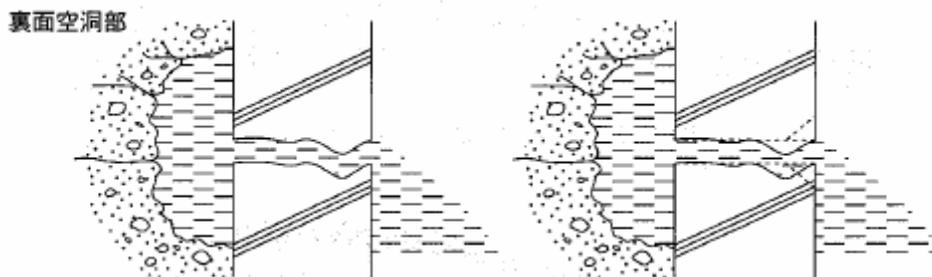


図 6.5 修繕箇所はつり状況

カット部にハンマードリル等を使用して注入用パイプを埋込む孔を穿ける。浸入水の量、裏面の空洞量等の状況により注入用パイプのピッチや本数を決める。

注入用パイプを補修材で取り付けて周辺をコーキングする(図 6.6参照)。

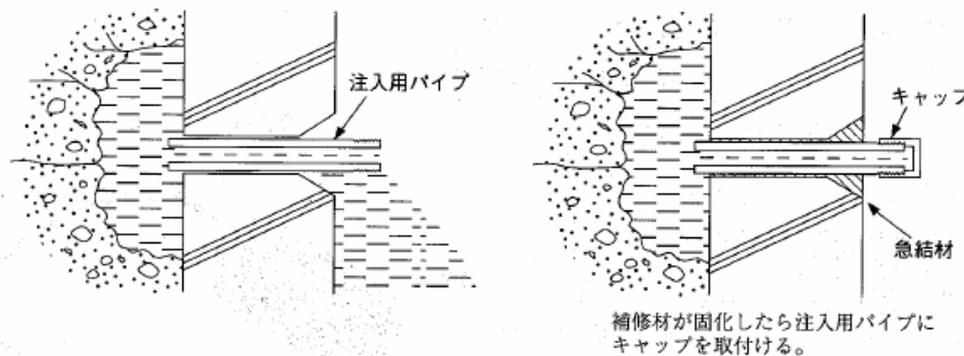


図 6.6 注入用パイプ取付け状況

注入パイプにY字管を取付け、それぞれに主剤と硬化剤の注入ホースを取付け、地上の注入装置より注入材を送液する(図 6.7参照)。

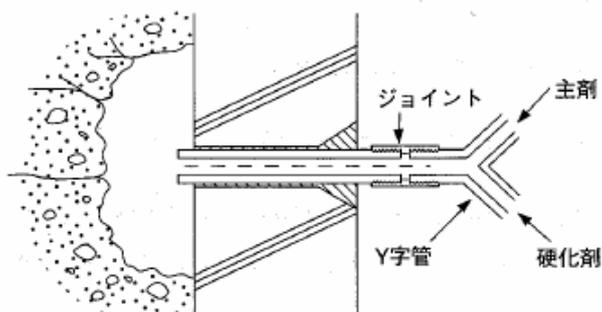


図 6.7 注入材送液状況

注入状況により、順次他の注入パイプから注入を行い、修繕対象領域外周部全域に行き渡るよう充填する（図 6.8参照）。

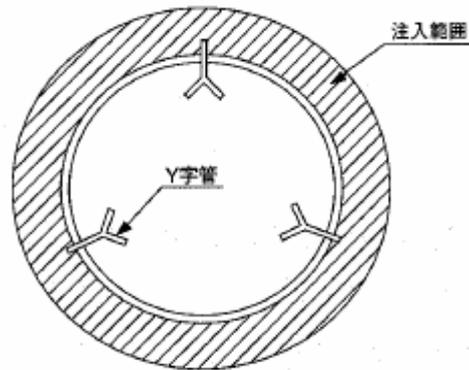


図 6.8 注入範囲

注入終了後、注入材の硬化を待って、注入パイプを取除く。

注入パイプの撤去孔は修繕材を詰め、コーキングした部分を含む修繕箇所表面を仕上げ材で仕上げる。

(2) コーキング工法（Vカット工法）

1) 工法概要

Vカット工法は、マンホールのクラック等の補修箇所に対し、ピックハンマー、ノミ等により躯体の一部をV字状にはつり、その箇所に急結性止水材を充填して補修する工法である（図 6.9参照）。

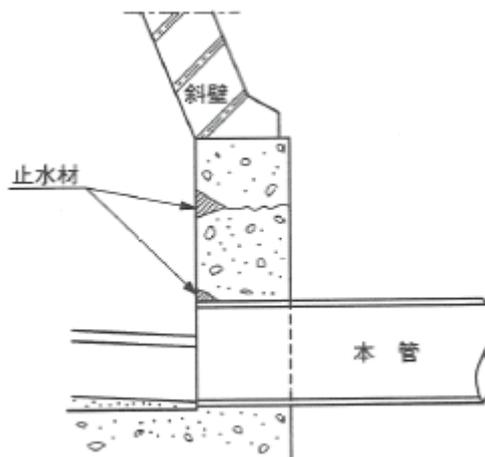


図 6.9 Vカット工法概要図¹⁷⁾

2) 使用材料

本工法で用いられる材料には、Vカット部へ充填する急結性止水材と、補修箇所の表面仕上げ材がある。止水材には、「無機系」と「有機系」があり、最適なものを選定する必要がある。

3) 施工方法

修繕対象箇所をワイヤーブラシ等で清掃する。

ピックハンマー、はつりノミ等により、管口部及びクラック部はVカットを、マンホール目

地部は 1/2V カットを行う。

V カット部分に、急結性止水材を詰める。

修繕箇所表面を仕上げ材等で仕上げる。

(3) リング工法

1) 工法概要

リング工法は、浸入水が見られる目地部の不良箇所に工場で製造された止水用ゴムパッキンを、耐食性のステンレススリーブで内側から拡張圧着することにより、マンホール内への浸入水や土砂の流入を防止する工法である。マンホール内径 900mm～1800mm で適用できる。なお、近年、止水目的だけでなく、追従性の高い構造により地震時にマンホール継手部に発生する水平方向の抜け出し及び屈曲に対する耐震性能を有したリング工法も開発されている。

2) 使用材料

リング工法では、円筒形に加工されたステンレススリーブ（SUS316）と、その外周部に取り付けたゴムスリーブ（SBR ゴム）を使用する。

3) 施工方法

修繕箇所の現状確認を行い、ブラシ等で表面の付着物及び突起物等を事前に処理する。

スリーブ設置作業の正確性を保持するために、3分割されている仮設台（スリーブの仮組作業用）を水平に固定する。

仮設台上にゴムスリーブとステンレススリーブ（3分割）を順次組込み、ジャッキによる拡張と固定金具の挿入を行い、その時点でジャッキ圧力の確認を行ってスリーブを固定する。

仮設台の撤去と工具類を回収して完了する。

6.2.2.防食被覆工法

マンホール内がコンクリート腐食している場合には、防食被覆工法による修繕を行う。
修繕に分類されるマンホールの防食被覆工法には、以下の種類がある。

- (1) 塗布型ライニング工法
- (2) シートライニング工法
- (3) その他

【解説】

マンホール内がコンクリート腐食している場合は、腐食環境条件によって今後もさらにコンクリート構造物が劣化する可能性があるため、適切に防食を行う必要がある。

マンホールの防食工法には、大きく塗布型ライニング工法とシートライニング工法がある。これらの施工管理については、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル（平成14年12月）」日本下水道事業団の「第6章 コンクリート防食被覆工法の施工管理」を参照の上、適切に行う必要がある。両工法ともに、防食被覆層の耐用年数として10年間を確保できる性能を有する必要がある²⁾。

(1) 塗布型ライニング工法

1) 塗布方法

塗布型ライニング工法には、以下の塗布方法がある。

ローラー工法

樹脂を主体にし、ローラーで施工面を塗布する。

左官コテ工法

樹脂及びセラミックライニング材を、左官コテを用いて施工面を塗布する。

吹付け工法

樹脂をスプレー機により施工面を塗布する。

積層工法（プライ工法）

ガラスクロス、ガラスマットに樹脂を含浸した材料を貼る、重ね貼ることから積層工法と呼ぶ。

2) 新規施設に対して塗布する場合の作業工程

前処理

防食施工面にあるパイプ、金属類に対する防止処理を行う。

下地処理

防食施工面に見られるレインタス、ジャンカ接着性の悪い汚れ油等を取り除き処理する。

素地調整

防食施工において、表面が平滑で接着性の確保するために、素地調整材で塗布して仕上げる。

防食工

防食材の品質規格に基づき施工する。マンホール内は地中で狭いうえ、湿潤度が高く結露を生み易い環境のため、接着力を高めるため乾燥状態を保った方が良い。

養生工

防食塗布面に結露が当たらないよう、硬化が確認されるまで養生を行う。

3) 既存施設に対して塗布する場合の作業工程

水替え、洗浄

はつり工

劣化チェックでフェノールフタレイン液反応による、はつり厚を決定し、劣化部をはつり除去する。はつり機は道路上で行われるため、通行人や住民に迷惑しないよう、また養生をしっかりと行うことから現場にあわせ、はつり工法を選択する必要がある。

断面修復工

モルタル類で断面修復を施工するには、品質規格に適合した材料を使用し、一般的にはポリマーセメントモルタル、耐酸モルタルが使用され、腐食で失われた厚さまで断面を修復する

防食工

工法によって多くの防食材料があるため、品質規格に適合した上で専門技術者が施工管理を行う必要がある。防食工では、湿気や結露により接着力が落ちないようにする必要があるほか、ピンホールがある場合には、この処理に充分注意した施工管理を管理を行う必要がある。

養生工

防食材が硬化するまで、充分結露等を注意して硬化まで養生を行う。

4) 施工上の留意点

マンホール内は湿気と結露が多く、材料の選択を行う必要がある。

防食施工時には、送風機等でコンクリート表面を乾燥させておく。

道路上での作業のため、はつり作業には注意する。

施工は、知識と経験を有する専門技術者の管理下で行う必要がある。

マンホール内にポンプが据えられている場合、マンホール内での水深変動により油脂類がコンクリート面に付着しやすく、ライニング材の接着性を確保するために、これを除去する必要がある。

(2) シートライニング工法

1) ライニング方法

主に工場で製造された成形板(シート材)を使用する工法であり、以下のライニング方法がある。

型枠工法

型枠に、裏面に突起を有するシートを貼付け、コンクリートを打設し、硬化後型枠を撤去する工法。

埋設型枠工法

成形板を施工部位にコンクリート型枠として用い、そのままコンクリートに固着させる工法。

後貼り工法

既設コンクリートに樹脂や粘着テープ等を用いてシートを取付け、間隙にグラウトを注入して一体化させる工法。

2) 作業工程

型枠へのシート貼り付け(埋設型枠の場合不要)

シートの接合(後貼り工法の場合は継目処理)

コンクリート打設またはグラウト材打設

型枠工法の場合は型枠取り外し
防食被覆層の継目処理
防食被覆層の養生

3) 施工上の留意点

型枠工法

型枠工法に用いるシートは工場製作品であり、シート全体の膜厚不足、ピンホール等がないか、施工時のシートの継ぎ目処理、役物部のシート加工及び継ぎ目処理等の確実な施工に留意する必要がある。

埋設型枠工法

埋設型枠工法は、工法により材料重量が異なる。成形版の継ぎ目処理、役物部の加工の確実な施工に留意が必要なほか、型枠組立て時の施工精度や型枠内部への打設コンクリートの打音等による充填状況、接着状態の確認が必要である。

後貼り工法

後貼り工法に用いるシートは工場製作品であり、シート全体の膜厚不足、ピンホール等がないか、施工時のシートの継ぎ目処理、役物部のシート加工及び継ぎ目処理等の確実な施工に留意する必要がある。また、後貼り方式であることから、躯体コンクリート表面処理については、塗布型ライニング工法に準拠して行う。

(3) その他

このほか、修繕に分類されるマンホールの防食被覆工法として、耐硫酸性モルタル単体による左官工法が挙げられる。しかしながら、耐硫酸性モルタルは、現実として断面修復材として使用されている例が多く、被覆材料と併せた構造体として防食性能を要求されることが多い。よって、採用に当たっては、施工条件、腐食環境条件等を十分に検討することが必要である。

6.2.3.防食被覆工法の検査基準

マンホールの防食被覆工法の施工に際しては、所期の施工品質が得られていることを確認するため、以下の工程毎に検査を行う必要がある。

- (1) 新規施設に防食被覆する場合
 - 1) 欠陥部処理、前処理及び下地処理完了後の検査
 - 2) 防食被覆工完了後の現場検査
- (2) 既存施設に防食被覆する場合
 - 1) はつり工完了後の検査
 - 2) 断面修復工完了後の検査
 - 3) 防食被覆工完了後の現場検査

【解説】

マンホールの防食被覆工法を実施する場合は、塗布型ライニング工法、シートライニング工法ともに、工程毎に検査を行うことが望ましい。以下、工程毎の検査項目とその検査基準について記述する。

(1) 新規施設に防食被覆する場合

1) 欠陥部処理、前処理及び下地処理完了後の検査

欠陥部処理、前処理及び下地処理完了後の検査は、これらの処理が適正に行われ所期の品質が得られていることを確認するために行なう。

欠陥部処理、前処理及び下地処理完了後の検査項目とその検査基準の一例を表 6.8に示す。

表 6.8 欠陥部処理、前処理及び下地処理完了後の検査項目とその検査基準の一例²⁾

検査項目		検査基準	検査方法
欠陥部	浸入水	外部からの浸入水がないこと。	目視
	接合部のずれ	接合部にずれがないこと。	目視
前処理	ステップ廻り	施工図の方法等により適切に処置されていること	施工図を参照して目視
	蓋受枠廻り		
下地処理	接合部の仕上がり	段差や凹凸がなく緻密で平滑に仕上がっていること	目視
	コンクリート表面	細骨材表面が露出した堅牢なコンクリート表面が得られていること	指触・目視
	付着物	コンクリート表面に、油脂類やゴミ、ほこり等が付着していないこと	注1)の方法と目視

注1) コンクリート表面に油脂類が付着している可能性がある場合は、その表面に水を散布すると分かりやすい。付着物がある場合は、水が吸収されず水玉状にはじくことが多い。

2) 防食被覆工完了後の現場検査

防食被覆工完了後の検査は、これらの処理が適正に行われ所期の品質が得られていることを確認するために行う。

防食被覆工完了後の検査項目とその検査基準の一例を表 6.9に示す。

表 6.9 防食被覆工完了後の検査項目とその検査基準の一例²⁾

検査項目	検査基準	検査の方法
1. 外観	表面に防食性能を損なう欠陥や塗りむら・ピンホールがなく、平滑に仕上がっていること。	目視
	樹脂の硬化不良がないこと。	指触・打音
2. 接着強さ	平均値が 1.5Mpa 以上。	接着強さ試験
3. 施工厚さ	平均値が規格値以上であること ^{注2)} 。	注3)の方法

注2) 測定の結果、平均値が規格値以上で、最低値が規格値の3分の2以下があってはならない。

注3) 接着試験に用いる鋼製ジグに付着した塗膜片の4辺を、ルーペゲージやノギス等を使用して測定する。

(2) 既存施設に防食被覆する場合

1) はつり工完了後の検査

はつり工完了後の検査は、「6.1.3.マンホール改築工法の検査基準」の「(1)劣化部除去工(はつり工)後の下地検査」に準拠して行う。

2) 断面修復工完了後の検査

断面修復工完了後の検査は、「6.1.3.マンホール改築工法の検査基準」の「(3)断面修復工後の検査」に準拠して行う。

3) 防食被覆工完了後の現場検査

防食被覆工完了後の現場検査は、塗布型ライニング工法の場合には表 6.9に準拠して行う。また、シートライニング工法の場合には、「6.1.3.マンホール改築工法の検査基準」の「(4)改築工(被覆工)の検査」に準拠して行う。

6.3.その他関連工法

(1) 既設マンホールの継手部耐震化工法

既設マンホールの継手部耐震化工法は、止水工法であるリング工法と同様に、円筒形に加工されたステンレス製スリーブと、その外周部に取り付けたゴムスリーブを使用する。

地震時に発生するマンホールの継ぎ手部の抜け出しや曲げに対する追従性を高めるため、止水構造部に中空部を設けた特殊断面のゴムスリーブと3分割ステンレス製スリーブ・固定金具方式を採用している。水密性だけでなく、レベル2地震動に耐える耐震構造を有した工法である。マンホール内径900mm~1800mmで適用できる。施工方法等については、「6.2.1(3)リング工法」を参照のこと。

(2) マンホール上部補修工法

近年、道路交通量や車両重量の増加に伴う道路やマンホール蓋への負担が大きく、また、マンホール周辺工事に伴う地域住民への騒音・振動・交通渋滞等の問題が発生している。このような中、施工時間を短縮でき、かつ騒音・振動の少ないマンホール鉄蓋の取替え工法(マンホール上部補修工法)が開発され、多数の施工実績を有している。マンホール上部補修工法には、大きく機械切断方式と機械せん断方式がある。

第 7 章 今後の課題

(1) 保守・点検

本手引き（案）では、ライフサイクルコストの観点から、清掃等の通常の維持管理から今後の改築・修繕に至る過程で保守・点検業務の義務化を促すことを提示している。今後は、保守・点検業務を実施する協会員が、コンクリート腐食等のマンホールが劣化する要因を十分に理解した上で、点検記録表及びチェックシートに基づいて保守・点検を実施していくことが望まれる。

(2) 調査と診断

マンホールの改築・修繕の設計に当たっては、保守・点検記録に基づいて目視調査では把握できない項目について調査・診断を実施していくことになるが、この調査方法は、確立された技術ではない。よって、目的に応じた適切な調査を実施する必要があるほか、下水道管路管理総合技士、コンクリート診断士等の専門の調査技術と診断能力を有する技術者が行うことを制度化していくことが望まれる。

(3) 改築・修繕計画の策定

近年、下水道事業を取り巻く環境は大きく変化しており、一般会計の歳出削減、国の財政難を背景とした補助金の打ち切り（下水道事業費の縮減）、少子・高齢化社会を背景とした福祉事業の増大等に伴う事業優先度の低下等、極めて厳しい状況にある。さらには、情報公開の推進等による経営内容の透明性の向上（アカウントビリティの向上）等、自治体の下水道運営に対する住民の関心も年々高まってきており、益々今後増大する下水道施設ストックの効率的かつ計画的な維持管理が求められている。

平成 15 年 3 月に、国土交通省より平成 15 年度から 5 ヶ年で平成 14 年度と比較して 15%の総合コストの縮減率を達成することを目的とする「**国土交通省公共事業コスト構造改革プログラム**」が発表された。今後は、依然として厳しい財政事情の下、コスト縮減やアセットマネジメント手法などライフサイクルコストを考慮した計画的な維持管理を積極的に導入していくことが望まれる。

(4) 改築・修繕の設計について

本手引き（案）は、下水道のマンホールを効率的に維持管理していくため、マンホールの状況を的確に把握し、その状況に応じた改築・修繕等の方法を選定するための手順や目安を明らかにすることを目的に策定している。従来まで、マンホールの改築・修繕に関する設計の実務的な図書類はなかったため、非常に役立つものと考えられる。しかしながら、以下に示すようなマンホールの改築・修繕の設計についての課題もあるため、今後の検討及びモニタリングを実施し、本図書の見直しを行っていく必要がある。

1) 設計荷重の考え方

「**管更生の手引き（案）**」（社）日本下水道協会では、管更生に関する設計荷重として、管周辺の地盤が乱されない場合はヤンセン公式、管周辺の地盤が乱される場合は垂直公式、シールド工法等で布設された既設管はテルツァギー公式を基本とすることとしている。今後は、マンホールの改築・

修繕の設計に当たっても、管更生と同様に、現場状況に応じた適切な設計土圧公式を採用するなどの手法について検討が必要と考えられる。

2) 既設マンホールの残存耐荷力の評価方法

既設マンホールに関する残存耐荷力の評価方法が体系化されていない。現在、ヒューム管においては、「コンクリートの弾性理論」を用いてひび割れ抵抗曲げモーメント M_r の低下を算出することにより、既設管きよの残存耐荷力を新管のヒューム管のひび割れ抵抗曲げモーメントに対する割合 (%) として評価することが提案されている¹⁸⁾。

3) 工法選定

工法選定に当たっては、現状で「水替え」、「経済性」が最も重要なパラメータになっている。これ以外にも既設マンホールの残存耐荷力、施工日数、施工ヤード等があり、統一した考えで工法検討がなされておらず、非常に地域特性が大きいのが現状である。

4) 管きよ改築・修繕工法との設計の考え方の統一

現状で、マンホールの改築・修繕について、設計手法が明確に記されていない。今後は、マンホールの改築・修繕工法についても、管きよ改築・修繕工法と同様の考え方で評価する必要がある。

5) 耐震化

マンホールの改築・修繕を実施することにより、老朽化対策あるいは腐食対策のみならず、耐震対策も図れるという根拠（実験データ、計算手法等）があれば、マンホールの改築・更新が耐震対策としても検討される。既存下水道管路の耐震対策として、マンホールの改築・修繕工法に対する期待は大きい。

(5) 改築と修繕の施工について

マンホールの改築・修繕工法は、比較的歴史が新しい。今後は、以下に示す事項について、検討及びモニタリングを実施し、施工精度の向上等を図っていく必要がある。

1) 材料

マンホールの改築・修繕工法に使用されている製品材料は、現場にて硬化後に製品となる半製品が多い。これについて、シワの発生や材料の収縮といった問題が指摘されている。今後は美観のみならず、強度上の問題を解決する必要がある。

2) 施工技術

各種工法あるいは施工業者により、施工のバラツキが非常に大きいのが現状である。近年、国土交通省からも、改築・修繕工法に対する理解に乏しい調査・設計・施工業者による不良工事の増加が指摘されており、今後は、技術的課題を整理した上で、関係者に指導・教育していく必要がある。また、施工後の品質確認方法（更生厚、硬化状況、充填状況等）及び竣功検査方法等のさらなる確立が必要である。

3) モニタリング及び情報公開

マンホール改築・修繕後の材料、品質について、保守・点検及び追跡調査（モニタリング）を行い、状況を把握して情報公開する必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説前編(2001年版)pp.238～239
- 2) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル(平成14年12月)
- 3) (社)日本下水道協会：下水管きょ改築等の工法選定手引き(案)(平成14年5月)p.5
- 4) (社)日本下水道管路管理業協会：下水道施設維持管理マニュアル前編(1997年版)pp.312～330
- 5) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル(平成14年12月)pp.47～52
- 6) (社)日本下水道協会：下水道維持管理指針前編(2003年版)pp.104～122
- 7) (社)日本下水道協会：下水道管路施設腐食対策の手引き(案)(平成14年5月)
- 8) 日本下水道事業団：下水道構造物に対するコンクリート腐食抑制技術及び防食技術の評価に関する報告書 - 硫酸によるコンクリート腐食の機構と総合的対策の方針 - (平成13年3月)
- 9) 土木学会：2005年制定コンクリート標準示方書[基準編]土木学会規準及び関連規準 pp.243～246
- 10) 国土交通省土木研究所：テストハンマーによる強度推定調査の6つのポイント(平成13年3月29日)
- 11) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術 04[基礎編]pp.145～167
- 12) (社)日本下水道協会：下水道維持管理指針前編(2003年版)pp.122～125
- 13) 平成15年6月19日付け国都下事第77号国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業課長通知：下水道施設の改築について
- 14) (社)日本下水道協会：下水道施設耐震計算例 - 管路施設編 - 後編(2001年版)p.13-4
- 15) 東京都下水道局：コンクリート改修技術マニュアル
- 16) (社)日本下水道管路管理業協会：下水道施設維持管理マニュアル後編(1997年版)pp.22～35
- 17) (社)日本下水道協会：下水道施設維持管理積算要領 - 管路施設編 - (1999年版)
- 18) 三品文雄編著：さらに詳しい下水道腐食対策講座(環境新聞社)第1章[7]下水道コンクリート管の歴史と寿命と経済性

参考資料 1 . 関連通知

1.1. 下水道施設の改築について（平成 15.3.19 国都下事第 77 号）

標記について、下記のとおり取り扱うこととしたので通知する。

なお、貴管内の市町村（政令指定都市を除く。）に対しても、周知徹底方願います。

記

- 1 改築に際しての国庫補助の対象となる施設は、適正な維持管理が行われてきたことを前提として、別表に定める「小分類」施設以上の規模に係る改築であり、かつ、当該施設が同表に定める年数を経過していることとする。
- 2 ただし、「補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律施行令」（昭和 30 年政令第 255 号）第 14 条の規定に基づき国土交通大臣が定める処分制限期間を経過した施設については、特殊な環境条件により機能維持が困難となった場合等に限り国庫補助の対象とする。
- 3 上記 2 に該当する改築を行おうとする場合、当該物件について改築の必要性を整理するとともに、「下水道維持管理指針」等に基づき適正な維持管理が行われた状況を明らかにする資料を整理し、国土交通大臣（一括配分事業については地方整備局長、北海道開発局長又は沖縄総合事務局長（以下、「地方整備局長等」という。））と協議を行うものとする。
なお、国土交通大臣が行う協議は、都道府県で取りまとめのうえ、地方整備局長等を経由して行うこととする。ただし、当該協議を指定都市が行う場合にあつては、地方整備局長等を経由して行えば足りるものとする。
また、地方整備局長等が行う協議は、都道府県で取りまとめのうえ、これを行うこととする。

附則 平成 3 年 4 月 23 日付け建設省都市局下水道部公共下水道課建設専門官、流域下水道課建設専門官事務連絡「下水道施設の改築について」は廃止する。

【別表】（平成3年4月23日事務連絡別表、平成15年6月19日改正）

1.土木建築・付帯設備

大分類	中分類	小分類	年数 (注)			
管理棟 (処理場内の建物及び場外のポンプ場等は、すべて管理棟に準ずる。)	躯体	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50			
		金属造	35(25)			
	仕上	内装	床	15(10)		
			天井			
		外装(壁)	屋根仕上げ			
			塗装			
	防水	屋根防水	10			
		水槽防水				
	建具	サッシ ドア シャッター オーバースライダ パーテーション		18		
			金属物		笠木	18
					手摺	
					EXP、金物	
	梯子					
	タラップ					
	ルーフトレン					
共通施設	付帯設備	内部防食	10			
		手摺				
		グレーチング 簡易覆蓋				
除砂施設	躯体	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50			
		金属造	35(25)			
揚水施設	躯体	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50			
		金属造	35(25)			
雨水調整池・滞水池	躯体	鉄筋コンクリート	50			
		鉄筋コンクリート	50			
水処理施設	沈殿施設	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50			
		金属造	35(25)			
	反応タンク	躯体	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50		
			金属造	35(25)		
	消毒施設	躯体	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50		
			金属造	35(25)		
	場内管きよ備	躯体	仕様 鉄筋コンクリートまたは鉄筋鉄骨コンクリート造	50		
			金属造	35(25)		
	共通施設	付帯設備	内部防食	10		
			手摺 グレーチング 簡易覆蓋			
汚泥濃縮タンク	躯体	内部防食	45			
		手摺				
		グレーチング				
		簡易覆蓋				
汚泥消化タンク	躯体	内部防食	45			
		手摺				
		グレーチング				
		簡易覆蓋				
汚泥貯留タンク	躯体	内部防食	45			
		手摺				
		グレーチング				
		簡易覆蓋				
汚泥洗浄タンク	躯体	内部防食	45			
		手摺				
		グレーチング				
		簡易覆蓋				
場内整備	場内道路	舗装 アスファルト	10			
		鉄筋コンクリート	15			
		コンクリート製品	15			
		路盤	15			
	場内施設	門・囲障	鉄筋コンクリート	30		
			石	35		
		倉庫・材料置場	鉄筋コンクリート	50		
			金属	35		

大分類	中分類	小分類	年数 (注)	
場内整備	場内施設	擁壁、堤防	50	
		排水施設	50	
		外灯	25	
樋門施設	躯体	鉄筋コンクリート	50	
		鉄筋コンクリート		
		遠心力鉄筋コンクリート		
		陶		
		硬質塩化ビニル		
		FRPM		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
管路施設	管きよ(マンホール間)	FRPM	50	
		鋼		
		鋼		
		鋼		
		鋼		
	構	硬質塩化ビニル	50	
		硬質塩化ビニル		
		陶		
		陶		
		陶		
	取付管	遠心力鉄筋コンクリート	50	
		本体(コンクリート製)		
		本体(硬質塩化ビニル製)		
		本体(レジンコンクリート製)		
		鉄蓋(車道部)		
マンホール	鉄蓋(その他)	50		
	鉄蓋(その他)			
管理棟 (処理場内の建物及び場外のポンプ場等は、すべて管理棟に準ずる。)	共通	内部防食	10	
		揚水ポンプ		
		電気温水器		
		給湯ボイラ		
		衛生器具		
		ガス設備		
		ガス給湯器		
		床排水ポンプ		
		給水管・水栓・排水管・ガス管		
		受水槽・高架水槽		
		温水ボイラ		40[15]
		温風暖房器		
		ダクト		
		チラーユニット		
		冷凍機		
ファンコイル				
熱交換器				
オイルポンプ				
燃料タンク				
膨張タンク				
エアコン(含パッケージエアコン)				
冷却・循環ポンプ				
クーリングタワー				
ファン				
エアカーテン				
電気設備	電気設備	電灯分電盤	15	
		照明器具		
		アンブ		
		スピーカ		
		交換機		
		電話器類		
		避雷針		
		接地端子類		
		動力制御盤		
		配線・配管類・配管器具		
		受信機		15(10)
		感知器		
		スプリンクラ		
		防犯受信機		
		進入検知機		
特殊消火装置				
防火扉				
配線・配管類・配管器具				
昇降機	8			
エレベータ				
アコーデオンカーテン				
可動仕切り	可動仕切り	エレベータ	17	
		アコーデオンカーテン		
昇降機	昇降機	エレベータ	17	
		アコーデオンカーテン		
可動仕切り	可動仕切り	エレベータ	15	
		アコーデオンカーテン		

注) []内は金属製及び合成樹脂製
注) ()の数値は、処理施設上屋の場合

2.機械設備(1)

大分類	中分類	小分類	年数 (注)	
沈砂池設備	スクリーン かす設備	スクリーン	15	
		自動除塵機		
		破砕機		
		ベルトコンベヤ		
		フライトコンベヤ		
		スクルーコンベヤ		
		スキップホイス		
		貯留装置		
		スクリーンかす洗浄機		
		スクリーンかす脱水機		
		沈砂かき揚げ機		15
		沈砂洗浄機		
	スクルーコンベヤ			
	流水トラフ			
	トラフコンベヤ			
	フライトコンベヤ			
	ベルトコンベヤ			
	スキップホイス			
	揚砂ポンプ			
	噴射式揚砂機			
	沈砂分離機			
	貯留装置			
	雨 沈砂設備	沈砂かき揚げ機	20	
		沈砂洗浄機		
スクルーコンベヤ				
流水トラフ				
トラフコンベヤ				
フライトコンベヤ				
ベルトコンベヤ				
スキップホイス				
揚砂ポンプ				
噴射式揚砂機				
沈砂分離機				
貯留装置				
ポンプ設備	汚 ポンプ設備	ポンプ本体 (グライNDERポンプを含む)	15	
		電動機		
		減速機		
		抵抗器・制御器		
		吐出弁		
		逆止弁		
	雨 ポンプ設備	真空ポンプ	10	
		貯留タンク		
		真空弁		
		水中攪拌機		
		ポンプ本体		
		電動機		
	雨 ポンプ設備	減速機	20	
		抵抗器・制御器		
		吐出弁		
		逆止弁		
		ディーゼル機関		
		ガスタービン		
雨水滞水池 調整池	雨 水調整池 設備	空気圧縮機	15	
		燃料ポンプ		
		燃料タンク		
		真空ポンプ		
		消音器		
	雨 水調整池 設備	冷却器	7	
		排水ポンプ車(車両本体)		
		排水ポンプ車(車載設備)		
		ポンプ本体		10
		電動機		
吐出弁				
逆止弁				
汚水調整池	汚 水調整池 設備	電動機	20	
		吐出弁		
		逆止弁		
		汚泥かき寄せ機		
水処理設備	最 初沈殿池 設備	ポンプ本体	15	
		電動機		
		吐出弁		
	反 応タンク 設備	逆止弁	15	
		汚泥かき寄せ機		
		スクラム除去装置		
水処理設備	最 初沈殿池 設備	スクラム分離機	15	
		スクラム移送ポンプ		
		汚泥ポンプ		
	反 応タンク 設備	送風機本体	20	
		電動機		
		抵抗器・制御器等		

大分類	中分類	小分類	年数 (注)
水処理設備	反 応タンク 設備	吐出弁	15
		逆止弁	
		潤滑油装置	
		冷却水ポンプ	
		冷却塔	
		乾式フィルタ	
		湿式フィルタ	
		機械式エアレーション装置	
		水中攪拌機	
		膜ユニット	
		回転円板	
		散水機	
	汚泥ポンプ	10	
	上潜水排出装置		
	酸素発生装置		
	散気装置		
	膜カートリッジ		
	汚泥かき寄せ機		15
	スクラム除去装置		
	スクラム分離機		
	スクラム移送ポンプ		
	返送汚泥ポンプ		
	余剰汚泥ポンプ		
	消 毒設備		テレスコープ弁
薬品貯留タンク			
薬品注入機			
塩素ガス中和装置			
紫外線滅菌装置			
オゾン発生装置			
用 水設備	排オゾン処理装置	20	
	反応タンク(鋼板製)		
	マイクロストレナー		
	自動洗浄ストレナー		
	ろ過機		
	自動給水装置		
放 流ポンプ 設備	ポンプ	15	
	ポンプ本体		
	電動機		
	減速機		
	抵抗器・制御器		
	吐出弁		
高 度処理設備 (水処理設備に準じる)	逆止弁	15	
	反応タンク 設備		
	薬品ポンプ		
	薬品タンク		
	攪拌装置		
	薬品ポンプ		
急 速ろ過 設備	薬品タンク	15	
	ろ過機		
	ポンプ		
	流入スクリーン		
	活性炭吸着塔		
	ポンプ		
汚 泥輸送・ 処理設備	再生炉	15	
	汚泥ポンプ		
	自動除塵機		
	破砕機		
	スクルーコンベヤ		
	貯留装置		
汚 泥処理設備	汚 泥輸送・ 処理設備	スクリーンかす洗浄機	15
		スクリーンかす脱水機	
		汚泥攪拌機	
		洗淨水ポンプ	
		洗淨水タンク(鉄筋コンクリート 又は鉄骨鉄筋コンクリート造)	
		洗淨水タンク(鋼板製)	
	汚 泥濃縮 設備	計測ビット(鋼板製)	35
		汚泥等受入タンク(鉄筋コンクリート 又は鉄骨鉄筋コンクリート造)	
		汚泥等受入タンク(鋼板製)	
		汚泥計量分配槽(鋼板製)	
		汚泥かき寄せ機	
		汚泥ポンプ	
汚 泥濃縮 設備	浮上濃縮タンク(鋼板製)	15	
	汚泥かきとり機		
	加圧タンク		
	空気圧縮機		
	加圧ポンプ		
	遠心濃縮機		

2.機械設備(2)

大分類	中分類	小分類	年数 (注)
汚泥処理設備	汚泥消化タンク設備	センタードーム	10
		ガス攪拌装置	
		機械攪拌機	
		汚泥ポンプ	15
	汚泥消化タンク設備	脱硫装置	10
		余剰ガス燃焼装置	15
		燃料タンク	
		燃料ポンプ	15
		ガスホルダ	8
	蒸気ボイラ		
	温水ボイラ		
	汚泥洗浄タンク設備	熱交換器	15
		汚泥がき寄せ機	
	汚泥貯留設備	洗浄ポンプ	10
		汚泥ポンプ	
		水中攪拌機	
	調質設備	機械式攪拌機	15
		空気攪拌装置	
		汚泥ポンプ	
		消石灰注入装置	
	熱処理設備	無機凝集剤注入装置	8
		有機凝集剤注入装置	
		凝集混和タンク	
		造粒調質装置	
		蒸気ボイラ	
	汚泥脱水設備	熱交換機	15
		反応器	
		汚泥ポンプ	
		破碎機	
		熱濃がき寄せ機	
		加圧タンク	
	汚泥乾燥設備	汚泥脱水機	15
汚泥供給ポンプ			
真空ポンプ			
空気圧縮機			
フライトコンベヤ			
ベルトコンベヤ			
脱水汚泥移送ポンプ			
貯留装置			
移動脱水車(脱水乾燥車を含む:車両本体)		7	
移動脱水車(脱水乾燥車を含む:車載機器)		10	
汚泥乾燥設備	汚泥乾燥機	8	
	蒸気ボイラ		
	温水ボイラ		
	熱風発生炉		
	スクラバ		
汚泥焼却・溶融設備	熱交換器	10	
	サイクロン		
	バグフィルタ		
	排煙処理塔		
	脱水汚泥貯留装置		
	脱水汚泥移送ポンプ		
	焼却炉		
	溶融炉		
	送風機		
	燃料供給装置		
	補助燃焼装置		
	熱交換器		
	廃熱ボイラー		
	脱硝装置		
	排煙処理塔		
	乾式電気集塵機		
	湿式電気集塵機		
	バグフィルタ		
	サイクロン		
	灰搬出機		
バケットコンベヤ			
フライトコンベヤ			
スクリーコンベヤ			
灰ホッパ			
スラグ生成装置			
煙道			
空気圧縮機			

大分類	中分類	小分類	年数 (注)
汚泥処理設備	建設資材利用設備	貯留装置	10
		プレス機	
		焼成機	
		梱包装置	
	コンポスト設備	切板機	10
		送風機	
		乾燥機	
		発酵槽(鋼板製)	
		振動機	
		袋詰機	
		定量供給機	
		コンベヤ	
		貯留装置	

次表は全ての中分類に該当する設備、機器(装置)を示す。

大分類	中分類	小分類	年数 (注)
付	ゲート設備	流入ゲート	15[25]
		流出ゲート	
		バイパスゲート	
		連絡ゲート	
		可動堰	
	クレーン類物あげ設備	クレーン類物あげ装置	20
	配管類	送気	15[30]
		給水	
		送泥	
		排水	
		仕切弁	
		電動弁	
		空気作動弁	
	脱臭設備	薬液酸化装置	10
オゾン酸化装置			
活性炭吸着装置			
直接燃焼装置			
酸又はアルカリ洗浄装置			
生物脱臭装置			
土壌脱臭装置			
ファン			
ポンプ類	床排水ポンプ	10	
	ダクト	35<15>	
煙突	焼却・溶融炉用		
	ボイラ用		
重量計	焼成用	10	
	エンジン用		
		トラックスケール	

注)[]内は鋳鉄製 内は金属製

3.電気設備耐用年数

大分類	中分類	小分類	年数 (注)
電気計装設備	特高受変電設備	断路器	20
		遮断器	
		変流器	
		避雷器	
		変圧器	
		接地開閉器	
		計器用変圧器	
		保護継電器盤	
		断路器盤	
		遮断器盤	
		コンデンサ盤	
	受変電設備	断路器盤	20
		遮断器盤	
		変圧器盤	
		コンデンサ盤	
		変流器盤	
		計器用変圧器盤	
		低圧主幹盤	
		柱上開閉器	
	自家発電設備	高調波抑制装置	10
		発電機	15
		原動機	
		発電機盤	
		同期盤	
		自動始動盤	
		補機盤	
		タミ-切換盤	
冷却水ポンプ			
冷却塔			
給気ファン			
排気ファン			
タミ-ロード	15		
消音器			
空気圧縮機			
燃料ポンプ			
制御電源及び計装用電源設備	燃料タンク	10	
	蓄電池盤		
	充電器盤		
	インバータ盤		
	鉛蓄電池(長寿命型)		
負荷設備	鉛蓄電池	7	
	汎用ミニUPS	15	
	高圧コンベクションスタータ		
コントロールセンタ			
		動力制御盤	10
		回転数制御装置	

大分類	中分類	小分類	年数 (注)
電気計装設備	計測設備 (運転制御に必要な機器)	流量計	10
		レベル計	
		質量計	
		温度計	
		pH計	
		ORP計	
		DO計	
		濁度計	
		濃度計	
		MLSS計	
		SV計	
		界面計	
		水分計	
		塩素濃度計	
		COD水質分析機器	
		全窒素水質分析機器	
	全りん水質分析機器		
	排ガス分析計		
	雨量計	10	
	雨量レーダー		
	監視制御設備	プロセスコントローラ	15
		シーケンスコントローラ	
		現場盤	
		補助リレー盤	
		計装計器盤	
		監視盤	
		操作盤	
CRT操作卓			
監視コントローラ			
データロギングコントローラ			
テレメータ・テレコントロール装置			
ITV装置	10		
通信装置			
パソコン応用装置	7		
ケーブル配管類	動力線	15	
	制御線		
	計装線		
	ラック		
	ダクト		
	電線管		
		通信線(光ケーブル)	

「補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律施行令」第14条の規定に基づく処分制限期間

補助金等名	処分を制限する財産の名称等			処分制限期間(年)
	施設設備等の分類	財産名	構造規格等	
下水道事業 費補助	建物	管理棟(通常的环境)	鉄骨鉄筋コンクリート	50
			金属造	20
	建物付属設備	電気設備(照明設備を含む)		10
			給排水又は衛生設備及びガス設備	15
			冷房、暖房、通風又はボイラー設備	15
			昇降機設備	
			エレベーター	17
			エスカレーター	15
			消火、排煙又は災害報知設備及び 格納式避難設備	8
			前掲以外	15
			主として金属製のもの	15
			その他のもの	10
	揚水施設	揚水施設		20
	除砂施設	除砂施設		20
	沈澱施設	沈澱施設		20
	水処理施設	水処理施設		20
	汚泥処理施設	汚泥処理施設		20
	管路施設	管渠 枘 取り付け管		20
				15
				20
			マンホール	
			駆体	20
			蓋	7
鑄鉄(車道部)			15	
調整池・滞水池 機械及び装置	沈砂池設備 スクリーンかす設備 沈砂設備 ゲート設備 ポンプ設備 汚水ポンプ設備 雨水ポンプ設備	鉄筋コンクリート	20	
			7	
			7	
			7	
			7	
			7	
			7	

補助金等名	処分を制限する財産の名称等			処分制限 期間(年)
	施設設備等の分類	財産名	構造規格等	
下水道事業 費補助	調整池・滞水池 機械及び装置	調整池・滞水池設備		7
		水処理設備		
		最初沈澱池設備		7
		反応タンク設備		7
		最終沈澱池設備		7
		消毒設備		7
		用水設備		7
		高度処理設備		7
		汚泥処理設備		
		汚泥輸送・前処理設備		7
		汚泥濃縮設備		7
		汚泥消火タンク設備		7
		汚泥洗浄タンク設備		7
		汚泥貯留設備		7
		調質設備		7
		熱処理設備		7
		汚泥脱水設備		7
		汚泥乾燥設備		7
		汚泥焼却・溶融設備		7
		建設資材利用設備		7
		コンポスト設備		7
		付帯設備		
		煙突		15
	ゲート・クレーン設備		7	
	配管類		7	
	脱臭設備		7	
	電気計装設備	特高受変電設備		7
受変電設備			7	
自家発電設備			7	
制御電源及び計装電源設備			7	
負荷設備			7	
計装設備			7	
監視制御設備			7	
ケーブル配管類			7	
車両及び運搬	汚泥脱水車、ポンプ車		5	

1.2. 下水道施設の改築に関する運用について（平成 15.6.19 事務連絡）

下水道施設の改築については、「下水道施設の改築について」（平成 15 年 6 月 19 日付け国都下事第 77 号国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業課長通知（以下、「課長通知」という。））により通知したところであるが、その運用について下記のとおり定めたので適切な事業執行方願います。

なお、貴管内の市町村（政令指定都市を除く。）に対しても、周知徹底方願います。

記

- 1 課長通知記 2 の「特殊な環境条件により機能維持が困難となった場合等」とは、以下の場合とする。

塩害など避けられない自然条件あるいは著しい腐食の発生など計画段階では想定し得ない特殊な環境条件により機能維持が困難となった場合

施設の運転に必要なハード、ソフト機器の製造が中止されるなど、施設維持に支障をきたす場合

維持管理費の大幅な軽減が見込まれるなど、ライフサイクルコストの観点から改築することが経済的である場合

- 2 課長通知記 3 に規定する協議は、改築を行おうとする施設ごとに行うことを原則とするが、改築計画が策定された場合は、改築計画の協議をもって、当該計画に位置付けられた施設それぞれの協議に代えるものとする。

- 3 設置後の経過年数が「補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律施行令」（昭和 30 年政令第 255 号）第 14 条の規定に基づく処分制限期間を経過している下水道施設を改築する場合、かつ、当該施設が改築時において国庫補助対象施設である場合は、改築に伴う既施設の撤去・処分費用も含めて国庫補助対象とすることができる。この場合、残存価額の設置時補助率相当額^{（注）}を国庫に返還することは要しないが、撤去・処分にあたり発生物件が生じた場合は当該物件の売却価額の改築時補助率相当額を国庫に返還するものとする。

- 4 上記 3 における国庫への返還は、当該改築事業における国庫補助金額から当該返還額を控除する方法によることができる。

- 5 国庫補助により設置されたが、改築時においては国庫補助対象とならない下水道施設を処分・撤去する場合の残存価額の補助率相当額については、上記 3 に示す処分制限期間を経過している場合、国庫補助金の返還を要しない。

- 6 民間等が設置した下水道施設（処理場、管渠等）で、地方公共団体が下水道法に基づく適切な施設であることを確認及び位置づけを行い、適切な維持管理を行ってきたものについて改築を行う場合は、改築時に国庫補助対象施設であれば国庫補助とすることができる。

7 その他

1) 改築事業の実施に伴い、既存施設の存する土地の用途廃止を伴う場合においては、経過年数の如何に関わらず「補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律」(昭和30年8月27日法律第179号)第22条の承認を受けるものとする。

返還金額は、購入時の金額と現在の評価額を比較して高い方の設置時補助率相当額^(注)とする。

2) 平成7年9月13日付建設省都市局下水道部公共下水道課課長補佐事務連絡「下水道施設の改築について」は廃止する。

(注) 設置時補助率相当額：施設の設置時と改築時における補助率が異なる場合の、設置時における補助率のこと。

参考資料 2 . マンホール改築工法の技術資料例

2.1. ICP プリース工法マンホールライニングシステム

(1) 概要

本技術は管路の更生と同時に、しかも管路更生と共通したライニング材および施工機器を使用し、マンホールも更生することを目的にした非開削マンホール更生技術である。

老朽化した既設マンホールの形状に合わせて加工したライナー材に不飽和ポリエステル樹脂を含ませる。これをライニング材と呼び、それを既設マンホール内に挿入し、空気圧により膨らませた後、温水シャワーリングにより硬化させる。硬化後、管口及びインパート部の切断、ステップの取付けを行って完成する。既設マンホールの中に新たに誕生する更生マンホールと、同様に ICP プリース工法で形成した本管、取付管、枳を組み合わせれば、継ぎ目のない完全一体化が実現する。

(2) 特徴

1号マンホール（深さ5m）の施工が、標準タイプで1日（8時間）以内、補強タイプで2日（8時間/日×2日=16時間）以内で完了する。

0～5号マンホールに対して施工が可能である。

インパートの肩までの下水が流れていても、施工が可能である。

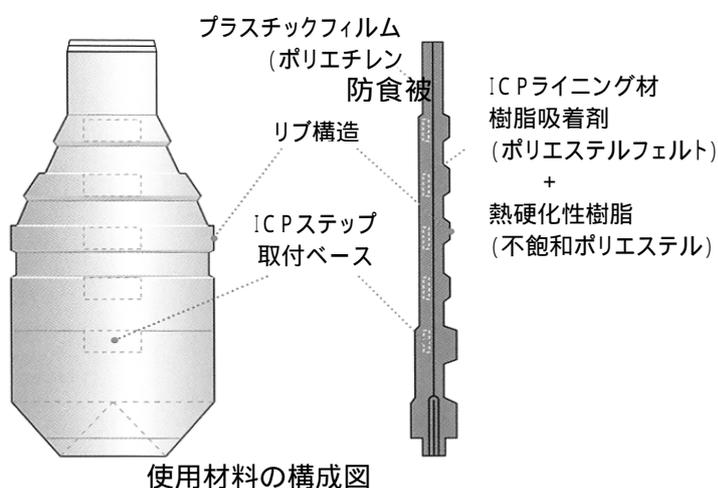
マンホール用更生材の耐薬品は、JSWAS K-16「下水道内挿用強化プラスチック複合管」の規格に適合している。

マンホール更生品に取り付けられた足掛け金物は、引抜き強度4,900N/箇所、載荷重2,450N/箇所に耐えられる。

補強タイプで裏込め材として使用する注入樹脂は、JIS A5317（下水道用マンホール側塊）の規格に定める圧縮強度に比べ約3倍（75MPa）の強度を有している。

補強タイプ施工品の軸方向耐圧強さは、JSWAS K-10（下水道用レジンコンクリート製マンホール）の規格に適合する。

(3) 使用材料の物性



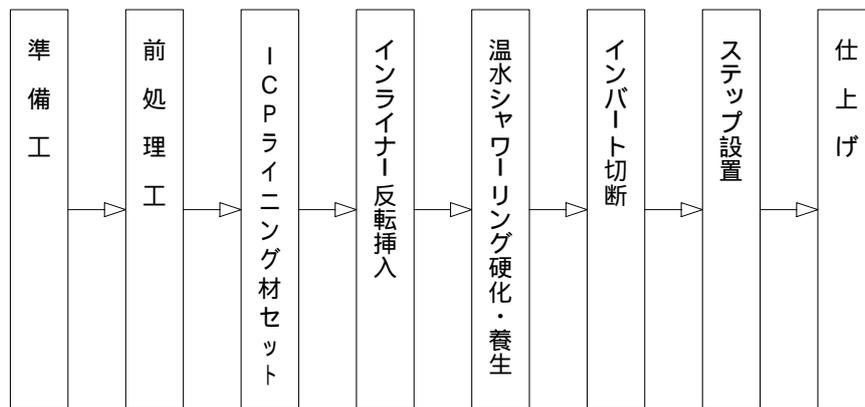
物 性 値 (N/mm²)

項 目	物 性 値
短期曲げ強度	40
短期曲げ弾性率	2450
長期曲げ弾性率	1250

(4) 適用範囲

管 径：マンホール内径 600mm～ 2100mm
管 種：0号～5号マンホール、特殊マンホール、楕
管形状：円形、矩形、小判形

(5) 施工工程（フロー図）



施工工程

準備工

- a) 施工現場に安全柵等を設置し、作業スペースを確保する。
- b) 施工車両・機材を搬入・配置する。
- c) マンホール内の酸素濃度及び硫化水素等の有害ガス濃度、可燃性ガス濃度を測定し、必要に応じて換気設備を設置する。

前処理工

- a) 高圧洗浄により、マンホール壁面の汚れを落とす。
- b) 壁面が腐食している場合、高圧洗浄とケレンにより腐食したコンクリートを除去する。この際、除去したコンクリートが本管内に流出しないように流れ止めを設置する。
- c) 足掛け金物を、サンダー等でマンホール壁面に沿って切断する。
補強タイプを施工する場合で浸入水がある場合は、Vカット等して仮止水をしておく。

ICP ライニング材セット

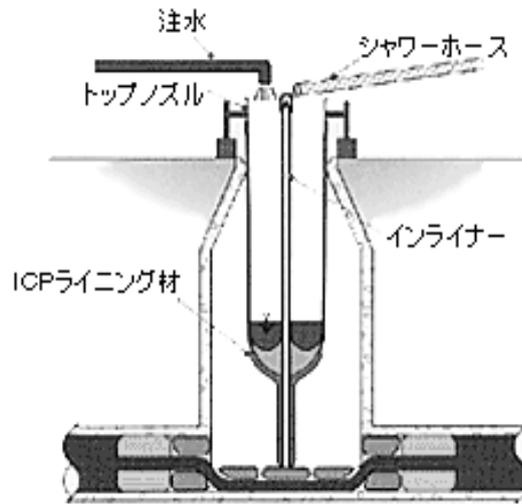
- a) 前記トップノズルに取付けられたインライナー上面にライニング材をバンドで固定する。
- b) インライナー、ライニング材、管口補強材がセットされたトップノズルをつり上げライニング材をマンホール内へ挿入し、トップノズルをステージにセット。

インライナー反転挿入

- a) トップノズルの内側に注水し、インライナーを ICP ライニング材内に反転挿入。
- b) インライナーエンド部にシャワーホースを取付け、端部をトップノズルの蓋に接続し、続け

てインライナーを反転挿入する。

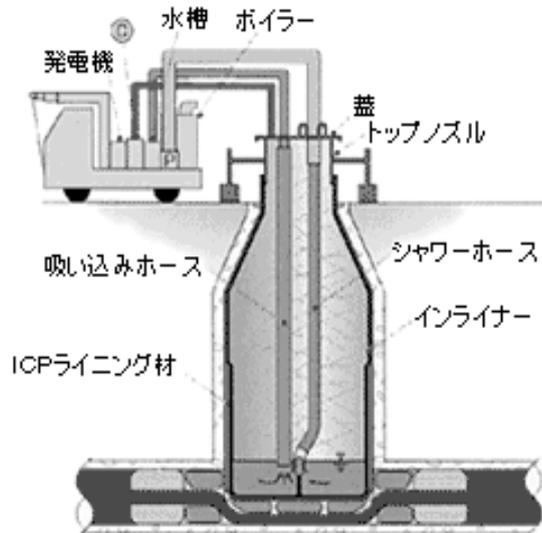
- c) トップノズルに蓋を固定した後、所定の圧力までエア加压する。
- d) 昇圧後、直ちに圧力を開放し蓋をはずしてインライナーの反転状況を目視で確認。



反転状況

温水シャワーリング 硬化・養生

- a) 温水シャワーリングを行い、ICP ライニング材を硬化。硬化終了後、冷却水をシャワーリングし、ICP ライニング材を冷却。



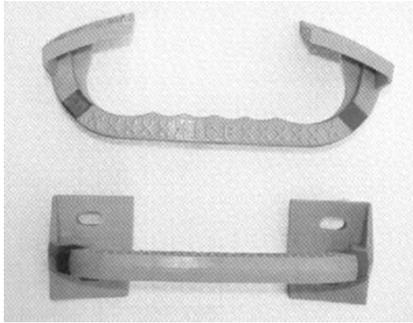
硬化状況

インバート切断

- a) トップノズルを取り外し、インライナーのエンド部にクレーンのフックを取り付け、クレーンを巻き上げながらインライナーを引き剥がす。
- b) 管口及びインバート部のライニング材を切断する。

ステップ設置

- a) ライニング材に取り付けてあるボルトをはずし、ICP ステップを各々の位置にボルトで固定する。



ICP ステップ



設置状況

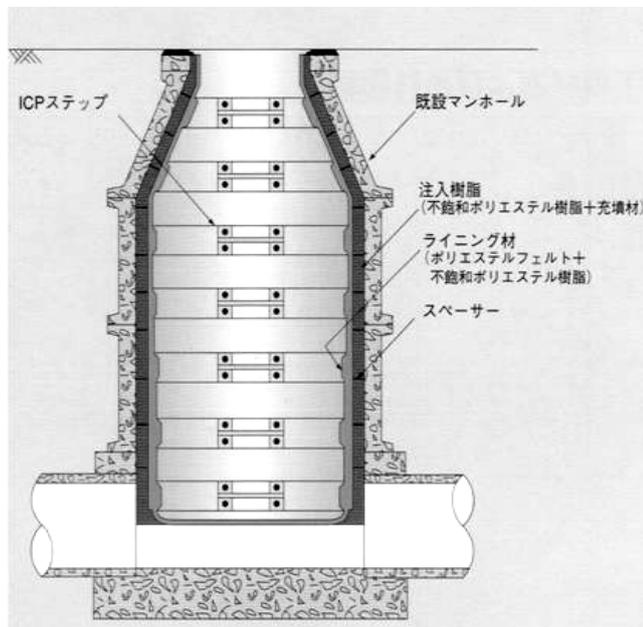
仕上げ

- a) ICP ライニング材の切断部を樹脂パテなどで仕上げ、完了となる。

(6) その他

補強タイプについて

補強タイプとは、腐食や損傷の著しいマンホールにひとまわり小さなライニングを施し、マンホールとライニング材の隙間に樹脂を裏込注入し、JSWAS K-10（下水道用レジンコンクリート製マンホール）と同等の強度を有するマンホールを形成するものである。



補強タイプ

2.2.MLR 工法

(1) 概要

MLR 工法は、マンホールの更生技術として開発された工法である。

本技術は、まずマンホールの内壁の強度を失ったコンクリート部分を、高圧洗浄とケレンにより除去する。工場生産された MLR モールド(ガラス繊維強化ビニルエステル樹脂)を組み立て設置する。MLR モールドとコンクリート壁面との隙間に、MLR 注入樹脂(エポキシ系樹脂)を、専用注入機を用いて注入する。MLR 注入樹脂が固化することにより MLR モールドと既設コンクリートが接着一体化される。

本技術は、MLR モールドを縮径してマンホール内に挿入することができるので、全く路面の開削を必要としない非開削更生技術である。湿潤面でもコンクリートとの接着力が得られるため、マンホール壁面の水滴を拭き取るだけで乾燥させる必要はない。

(2) 特徴

耐薬品性に優れた MLR モールドと特殊注入樹脂による 2 層構造により、防食性・強度において耐久性があり、長期にわたり補修の必要がなく維持管理費が節減できる。また、施工に大掛かりな設備を必要とせず、交通規制・騒音問題等の影響が少ない。

(3) 使用材料および物性値

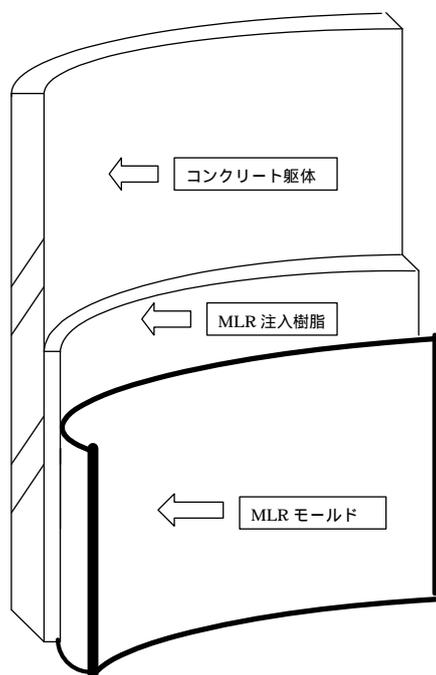


図1 使用材料の形成模式図

表1 物性値 (N/mm²)

項目	物性値
曲げ強さ (モールド)	206
曲げ弾性率 (モールド)	8,430
引張強さ (モールド)	109
曲げ強さ (注入樹脂)	88.3
引張強さ (注入樹脂)	49.9
圧縮強さ (注入樹脂)	91.1

上記数値は実測値であり、規格値ではありません。

(4) 適用範囲

管 径 : マンホール内径 600mm ~ 3000mm

管 種 : 0号~5号マンホール、特殊マンホール、450mm角枳~ピット・槽
楕円形やレンガ積人孔においても、施工が可能である。

(5) 施 工

準備工

- a) 施工現場に機材を搬入し、工事の準備をする。
- b) 人孔内の作業安全対策を実施する（ガス検査及び換気）。

前処理工

- a) マンホール内の汚泥等の汚れを高圧洗浄及びケレン作業で除去する。
- b) 必要に応じステップを除去し、漏水処理などの前処理を行う。
- c) 流量が多い場合、水替え工事を行う。
- d) マンホール壁面のコンクリート劣化状況を調べ、状況により素地調整を行う。
（腐食が直径で 3cm 以上進行している場合）

MLR モールド設置工

- a) 直壁部に直壁モールドを設置する。
- b) 斜壁部に斜壁モールドを設置する。
- c) インバート部・スラブ面・縦壁部に平板モールドを設置する。
- d) モールドの継ぎ目をシリコン・エポキシパテで目地処理する。

MLR 注入材注入工

- a) MLR 注入樹脂を、専用注入機により MLR モールドとマンホール壁面間に注入する。

後処理工

- a) 必要に応じ新ステップの取付けを行う。
- b) モールド上端部の被覆，施工壁面の洗浄を行う。

後片付け・清掃

- a) 資機材の後片付けを行い，現場周辺の清掃を行う。

施工工程（フロー図）

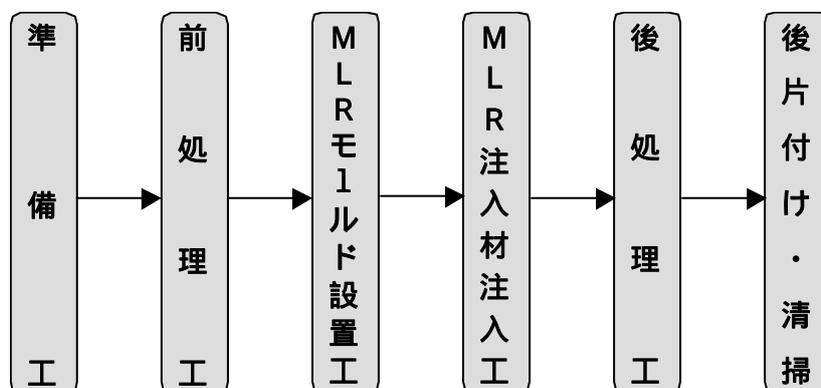


図 2 施工工程

(6) 施工後の性能

a) 曲げ強度

1~2号人孔の厚さに相当するコンクリートと、その厚さを60%にしたコンクリートを更生したMLR施工品との曲げ強度を比較した。強度試験はJIS A 1106(コンクリート曲げ強度試験法)に準じ実測した。測定結果を表2に示す。

表2 測定結果

人孔種類	コンクリート単体		MLR 施工品		
	厚さ (mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	厚さ (mm)	施工厚 (mm)	曲げ強度 (N/mm ²)
1号	60	3.5	36	8.5	23.8
2号	70	4.1	42	8.5	21.4
3号	80	4.3	48	8.5	19.4
組立1号	75	4.2	45	8.5	20.4
組立2号	100	4.2	60	8.5	16.4
組立3号	125	3.9	75	8.5	13.7

厚さを60%にしたコンクリートを更生したときの曲げ強度が、元の厚さのコンクリートと同等以上の強度を有した。

b) 止水性

止水性に関しては、外水圧の水密試験により評価した。コンクリートと更生材料との界面に外水圧が作用するようにMLR施工品(100×100×400)を図3に示すように加工し、外水圧を作用させMLR施工品端部からの漏水の有無を確認。

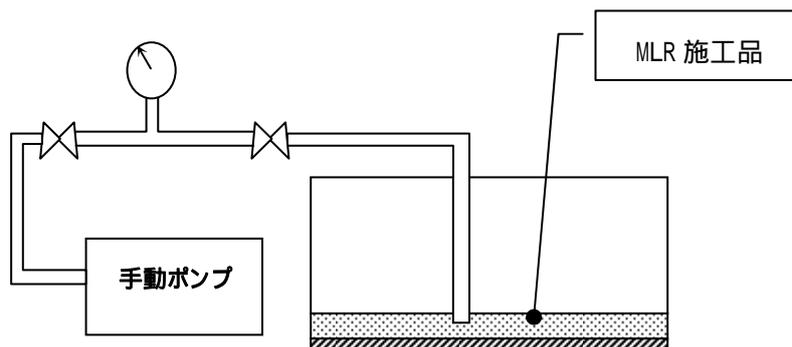


図3 MLR 施工後の水密試験方法

MLR 施工品は、外水圧 0.1MPa に対して止水性を有した。

c) 耐食性

表面層を構成する MLR モールドの耐食性を JSWAS K-2 (下水道用強化プラスチック複合管) に準じて評価した。

MLR モールド試験片: 50 mm × 50 mm を、表 3 に示す 5 種類の浸漬液に質量をあらかじめ測定し、60 ± 2 の温度で 5 時間浸漬したあと、取り出して流水で 5 秒間洗浄。乾いた布で表面の水分を拭き取り質量を測定した。

下式により質量変化率を算出し、2 個の試験片の平均値を試験結果として表 4 に示す。

$$\text{質量変化率(\%)} \quad d = (mb - ma) / ma \times 100$$

ma: 試験片の浸漬前の質量 (mg)

mb: 試験片の浸漬後の質量 (mg)

表 3 浸漬液の種類

試験液	試験液内容	濃度 (%)
水	蒸留水又はイオン交換水	-
食塩水	JIS K 8510 水溶液	10
硫酸	JIS K 8951 水溶液	30
硝酸	JIS K 8541 水溶液	40
水酸化ナトリウム	JIS K 8576 水溶液	40

表 4 耐薬品性試験結果

試験液	質量変化率	規格値
蒸留水	0.19	0.3%
塩化ナトリウム水溶液 (10w/w%)	0.12	
硫酸 (30w/w%)	0.13	
硝酸 (40w/w%)	0.29	
水酸化ナトリウム水溶液 (40w/w%)	-0.14	

MLR モールドは、各試験液に対して耐薬品性を有することを確認。

MLR モールドの耐食性は、JSWAS K-2 (下水道用強化プラスチック複合管) の規格に準拠すると確認。

2.3. ジックボード工法（シートライニング工法）

(1) 概要

成型品被覆工法「ジックボード工法」は、マンホール内面及び関連施設部位の防食対策として、苛酷な腐食環境でメンテナンスフリーが要求される施設を対象とする工法である。

また、耐食性補強筋等と組み合わせることにより、改築工法としても施工が可能である

ジックボード工法は、平成 15 年度に建設技術審査証明（下水道技術 第 0313 号）を取得した、優れた耐環境性、環境遮断性、接着安定性を有するとともに、施工時期と対象構造物の自由性を確保出来るコンクリートと一体化を図る成型品被覆工法である。施工方法として、後貼り工法又は型枠工法があり、矩形構造や円形構造への施工が可能である。

以下、マンホールを対象とする後貼り工法・矩形及び円形構造用のジックボード工法を紹介する。

(2) ジックボード工法の特徴

ジックボード工法の主な工法特性を以下に記す。

防食被覆材が施設形状に合わせてプレハブ化されているため、施工性に優れ短期間施工が可能。

ジックボードは、マンホールの形状に合わせてあらかじめプレハブ化しているため、現地での切断や加工が極めて少なく作業効率が向上する。

ジックボードは軽量であり、狭いマンホール内での設置を容易に行うことが出来る。

継目には、特殊成形した硬質塩化ビニル製のジョイント材を用いて、十分な防食対策を施している。

高湿潤環境下でも施工可能。

成型品による均質・高密度・高耐久性の防食被覆層が形成される。

成型品被覆と耐硫酸性グラウト材による二重保護機能をもつ。

完工直後から供用可能で養生が不要。

ジックボード裏面の立体クロスとグラウト材によって全面に固着し、コンクリートとの一体化が図れる。

ジックボード工法の工法断面を図 1 に、また、ジックボード裏面の立体クロスとグラウト材によってコンクリートと一体化している状態を写真 1 に示す。

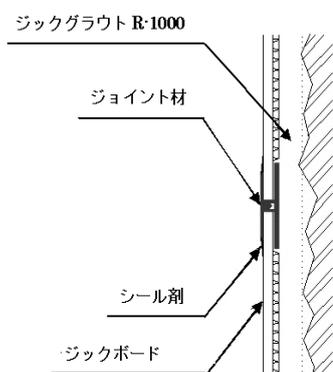


図 1 ジックボード工法の断面図

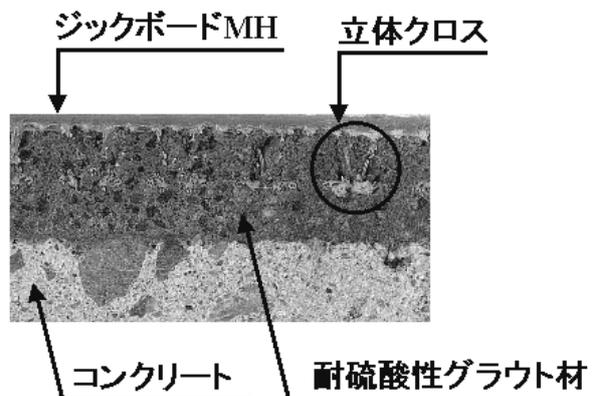


写真 1 ジックボード工法の断面写真

(3) 使用材料および品質性能

使用するジックボードの形状を図2及び図3に、品質性能を表1に示す。また、ジックグラウトの物性試験結果を表2に示す。

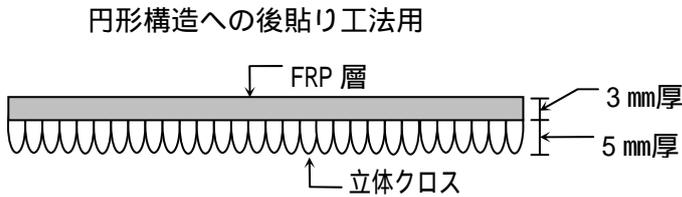


図2 円形構造適用ジックボードの形状

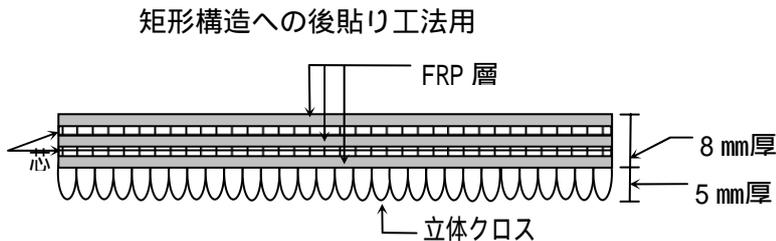


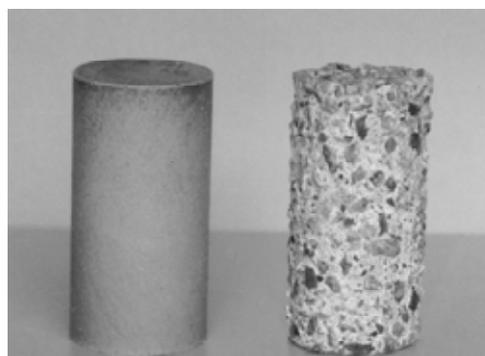
図3 矩形構造適用ジックボードの形状

表1 ジックボードの品質性能

項目		試験結果
固着性	標準状態	2.95 N/mm ²
	吸水状態	2.97 N/mm ²
透水性	シート部	0.00 g
	目地部	0.00 g
硫酸浸透深さ	シート部	設計厚比: 0.01%以下 浸入深さ: 1μm以下
	目地部	硫酸の侵入なし

表2 ジックグラウト R-1000 の物性試験結果

項目	試験結果	規格値	試験方法
容器の中での状態	異常なし	かき混ぜた時塊が無く 一樣なこと	JIS A5400
無収縮性	+0.1%	材齢7日で収縮を示さないこと	JIS A6202
圧縮強度 (N/mm ²)	3日	31.2	JIS R5201 材齢3日で25以上
	28日	54.6	建研式接着力試験機 材齢28日で45以上
付着強度 (N/mm ²)	2.1	材齢28日で 1.5以上	5%硫酸水溶液30日間浸漬後のフェノールフタレイン溶液非呈色深さを測定
硫酸浸透深さ (mm)	2.8	30日浸漬後 3以内	5%硫酸水溶液30日間浸漬後の重量変化を測定



ジックグラウト R-1000 コンクリート

写真2 5%硫酸へ30日間浸漬後の外観

(4) 適用範囲

管 径 : 1号(900 mm), 2号(1200 mm), 3号(1500 mm), 4号(1800 mm), 5号(2100 mm)

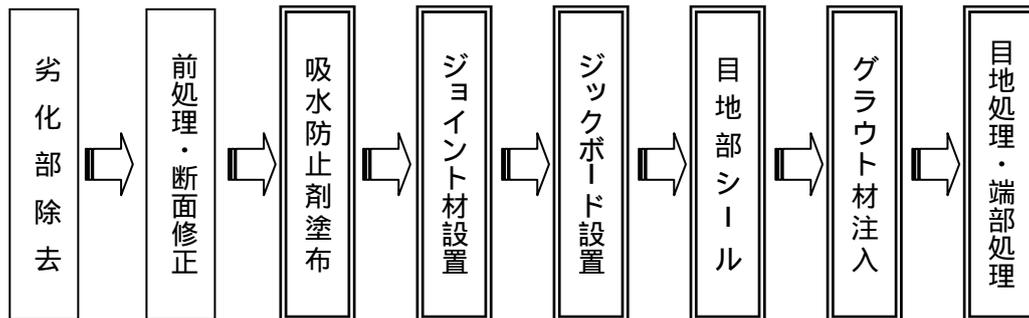
管 形 状 : 円形、矩形、小判形

呼び厚さ : 3mm (円形・小判形用)、5mm・8mm (矩形用)

(5) ジックボード工法の施工

ジックボード工法の施工工程を以下に記す。

1) 施工工程 (フロー図)



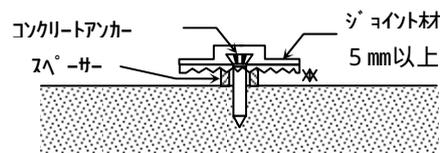
2) 施工概要

吸水防止剤塗布

注入する無機質系グラウトの混練水が、乾燥したコンクリートに吸水されることを防止するため塗布する。

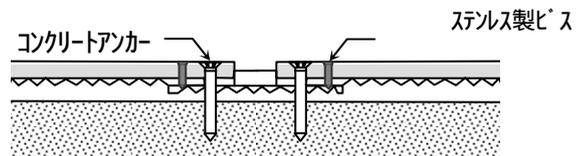
ジョイント材設置

コンクリート躯体にジョイント材をステンレス製アンカーで固定する。



ジックボード設置

ジックボードをコンクリート躯体に固定したジョイント材にステンレス製ビス及びコンクリートアンカーで固定する。



目地部シール

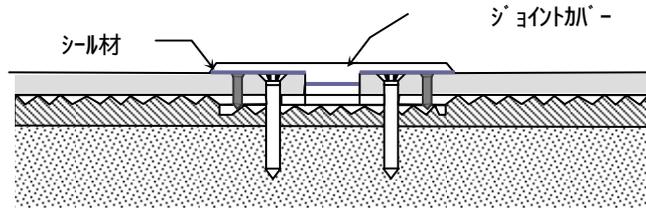
ジックボードとジョイント材の接合部にグラウトが漏出しないようシール処理を行う。

グラウト注入

ジックボード上端部又は目地ジョイント部に設けた注入孔から、無機質系グラウト材を注入ポンプを用いて注入する。

目地処理

注入したグラウト材が硬化したこと確認した後、目地ジョイント部分にシール材を充填し、ジョイントカバーを取り付ける。



端部処理

ジックボードの上端部や取り付け金具廻りは、ビニルエステル樹脂シール材で処置し完了。

マンホールの施工例



写真3 施工前



写真4 施工後

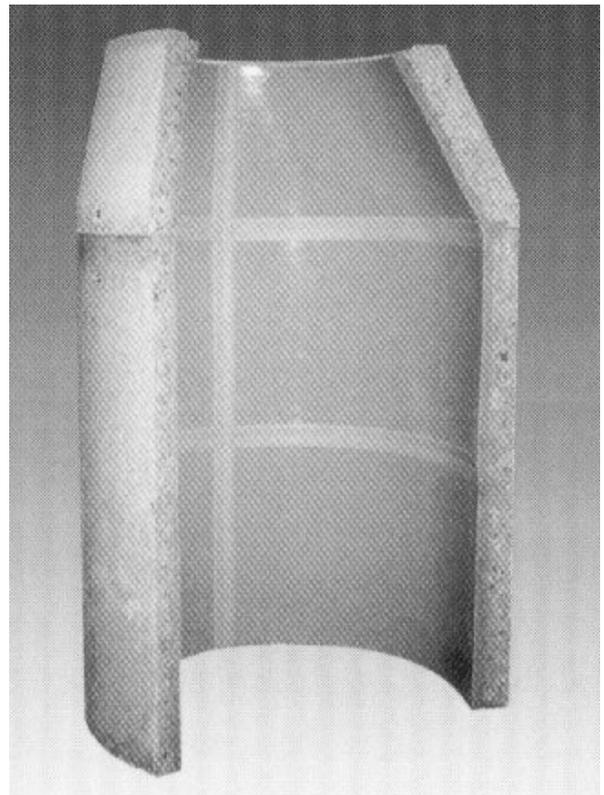


写真5 ジックボード貼付状況

2.4.LLC100 工法

(1) 概要

LLC100 工法(Long Life Ceramic 100 method)は、汚泥焼却灰の有効活用のため、粘土と混合により高温 1,000~1,200 で焼いたセラミック・タイル(無機物、磁器)を使用する。

マンホール内側の硫化水素等で劣化している部分を「ハンデーはつり機」で効率的に除去し、断面修復材「耐硫酸型モルタル」で不陸調整後、防食被覆材「汚泥焼却灰セラミック・タイル」を貼り付け、目地部分も含めて全面を防食被覆材「パテ状光硬化性樹脂」で塗布することにより、簡単な機材、少人数(2~3人)で、現場占有帯を最小限にて、マンホールを非開削により内側より防食と補強を兼ねた改良を行なう技術である。

(2) 特徴

更生後は新しいマンホールと同等以上の耐久性がある。

- ・軸方向耐圧強さ 150kN 以上
- ・側方向 強さ 新しいマンホールと同等以上

更生後の防食性は、(財)下水道事業団「コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針、同マニュアル」D₂種をクリアしている。

更生材の耐薬品性は、JSWAS K-1 と同等以上ある。

更生材の耐摩耗性は、コンクリートと同等以上ある。

下水汚泥焼却灰のリサイクル率 50%台を達成し、削減化に貢献している。

現場占有帯が最小限で少人数(2~3人)施工可能。

臭気無しの施工が可能。

(3) 使用材料および物性値

断面修復材「耐硫酸型モルタル」

「東京都下水道局施設管理部 コンクリート改修技術マニュアル 断面修復材の要求性能指標 補修用モルタル」

防食(補強)被覆材「汚泥焼却灰セラミックタイル」

- ・配合比率 下水汚泥焼却灰 25%、シャモット 25%、粘土 50%
- ・曲げ強さ (JIS R 5201) 15.0N/mm²、付着強度 3.8N/mm²

防食被覆材「パテ状光硬化樹脂」「光硬化材料」「エポキシ樹脂」

- ・「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針、同マニュアル」D₂種

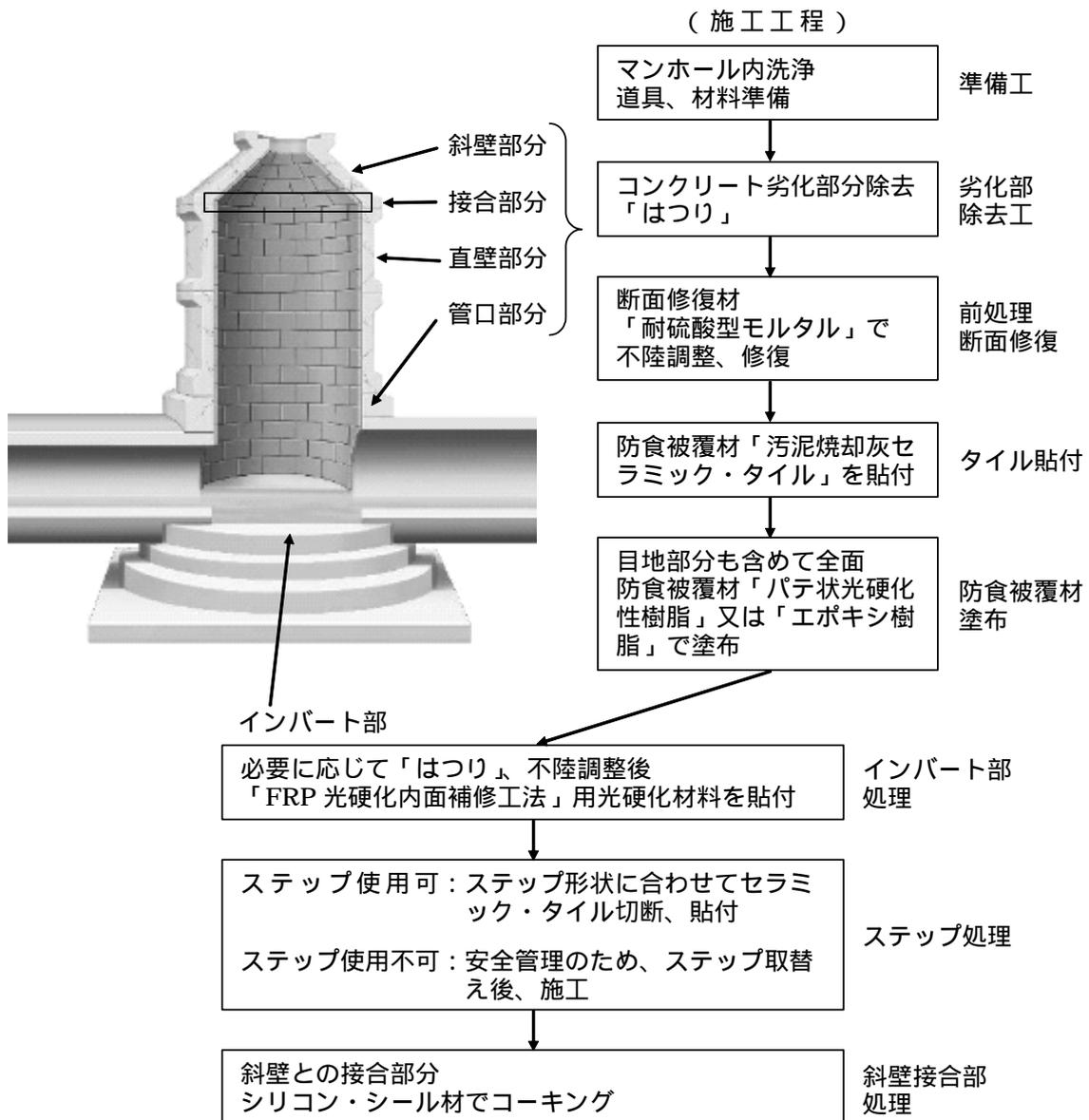
(4) 適用範囲

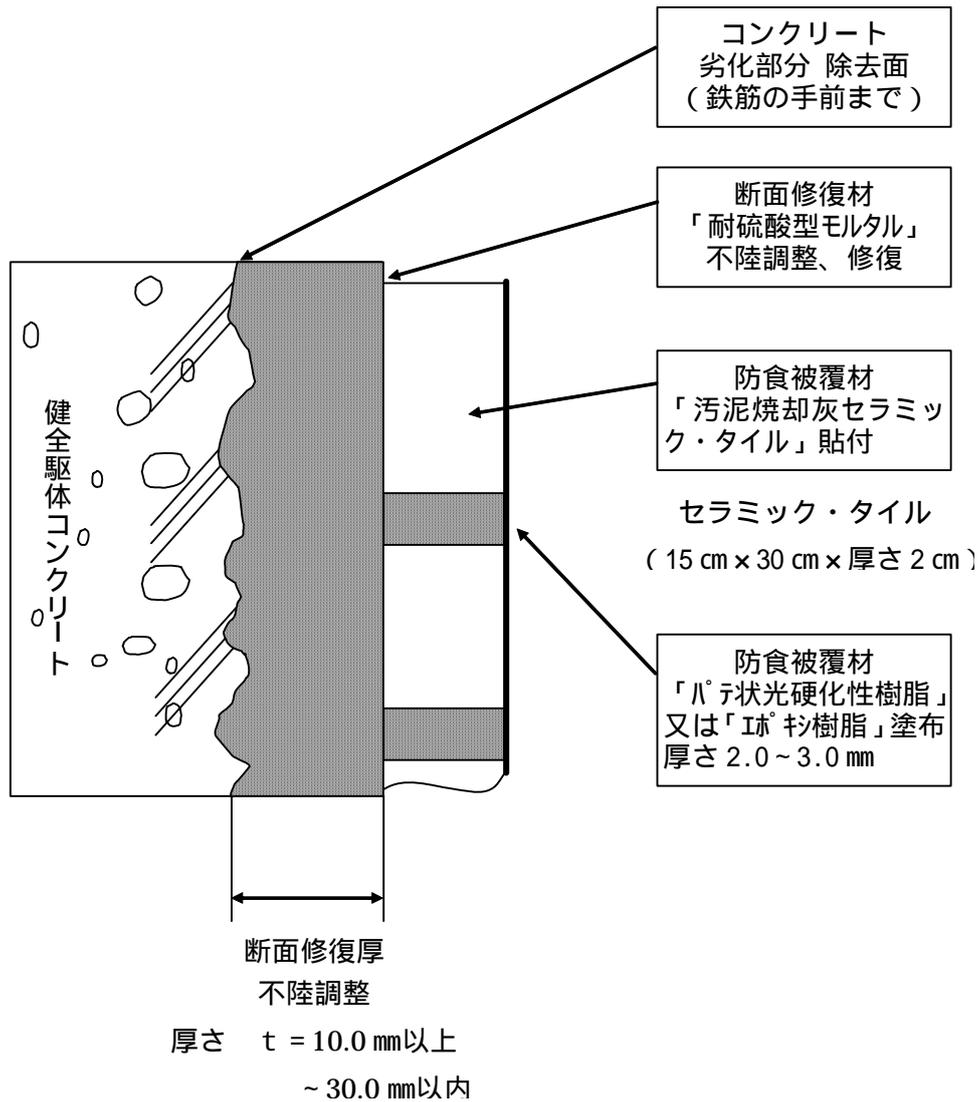
管 径：マンホール1~4号、マンホール深さ 10.0m以内

管 形 状：円形、矩形、上部円形下部矩形

作業員が施工可能範囲内

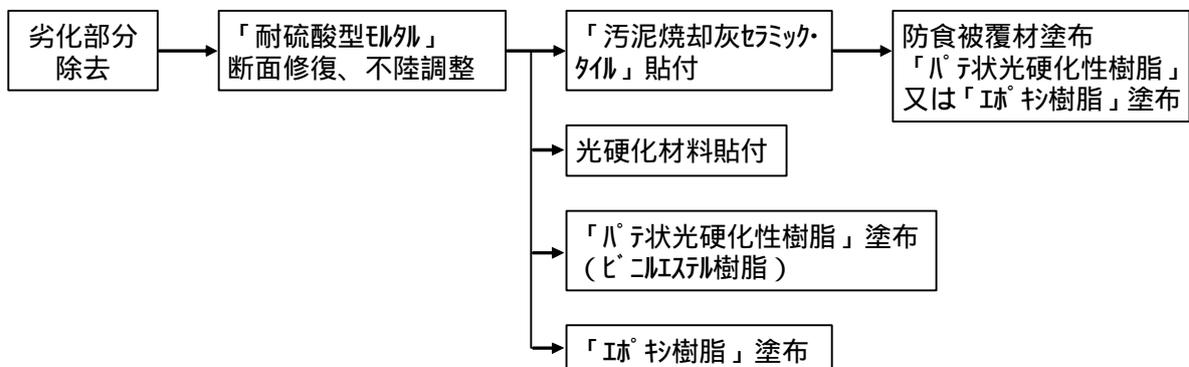
(5) 施工





(施工の多様性)

現場状況、劣化状況、経済的状況に応じて4種類の施工方法または組合せが可能である。





ハンデーはつり機
集じん装置



耐硫酸モルタル配合道具
他にコテ等の道具使用

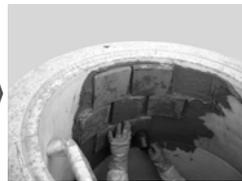


リサイクル率50%を確保

灰 シャモット 粘土



(はつり)



〔下地の上にセラミック・タイルを貼っている状況〕



(斜壁・壁面完了状況)



(施工後)

(6) 施工後の性能

JSWAS A-11	更生後 内 径	JSWAS A-11 規格	更生後	JSWAS A-11 規格		更 生 後	
				ひび割れ	破 壊	ひび割れ	破 壊
軸方向耐圧強さ	850	150kN	320kN	—	—	—	—
側方曲げ強さ 規 格	900	—	—	KN/m 6.9	KN/m 10.4	—	—
減 肉 20 mm 940	860	—	—	—	—	KN/m 60.3	KN/m 138.0
減 肉 30 mm 960	860	—	—	—	—	KN/m 46.3	KN/m 127.0

参考資料 3 . 円形マンホール構造計算例

MLR 工法協会による円形マンホールの構造計算例を以下に示す。
計算条件は以下の通りである。

【計算条件】

人孔サイズ : 円形 2 号マンホール
マンホール深 : H=2.95m
躯体腐食厚 : t=30mm
中間床版 : 有り

MLR工法円形人孔構造計算書

MLR協会

円形

1 設計条件

1-1 設計荷重

1-1-1 土質条件

土圧強度を一定とする深さ 50.000 (m)

土層 番号	深さ z (m)	厚さ h (m)	単位重量 (大気中) γ (kN/m ³)	単位重量 (水中) γ' (kN/m ³)	静止土圧 係数 k_0	鉛直土圧 係数 α
1	10.000	10.000	18.00	9.00	0.500	1.000

1-1-2 活荷重

T-25 軸重 100.0 (kN)
地表面載荷荷重 P_{s1} 10.00 (kN/m²)

衝撃係数 i

土かぶり (h)	衝撃係数
$h < 4m$	0.5
$4m \leq h$	0

低減係数 β

土かぶり h ≤ 1m かつ 内空径 B ≥ 4m の場合	左記以外の場合
β 1.0	0.9

1-2 コンクリート材料

	材料番号1	材料番号2	単位
材料強度	f'_{cs} 24.0	24.0	N/mm ²
ヤング係数	E_c 25000.0	25000.0	N/mm ²
許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca} 5.40	5.40	N/mm ²
許容曲げ引張応力度	σ'_{cs} 0.29	0.29	N/mm ²
許容せん断応力度(平均)	τ_{s1} 0.390	0.390	N/mm ²
許容せん断応力度(最大)	τ_{s2} 0.450	0.450	N/mm ²
許容せん断応力度(平均)	τ_{s3} 1.700	1.700	N/mm ²
許容せん断応力度(最大)	τ_{s4} 2.000	2.000	N/mm ²
許容付着応力度	τ_{sa} 1.60	1.60	N/mm ²
単位重量(大気中)	γ_c 24.50	24.50	kN/m ³

1-3 鉄筋材料

	材料番号1	材料番号2	単位
ヤング係数	E_s 200000.0	200000.0	N/mm ²
許容引張応力度(大気中)	σ_{sa} 160.0	160.0	N/mm ²
許容引張応力度(水中)	σ_{sb} 160.0	160.0	N/mm ²

1-4 斜引張鉄筋材料

	材料番号1	単位
許容引張応力度	σ_{sa} 160.0	N/mm ²

1-5 部材

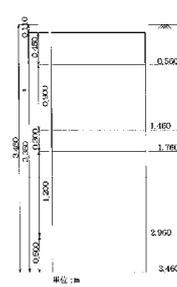
地表面から部材上端までの距離 0.110 (m)

部材 番号	深さ (m)	部材高 (m)	部位	部材名称	断面 照査 有無	使用 材料 番号
1	0.550	0.450	側壁		×	1
2	1.460	0.900	側壁		○	1
3	1.760	0.300	中床版		○	1
4	2.960	1.200	側壁		○	1
5	3.460	0.500	底板		○	1

1-6 形状

部材 番号	平面 形状	正面寸法				側面寸法					
		外形上縁 (m)	内形上縁 (m)	外形下縁 (m)	内形下縁 (m)	ハンチ (m)	外形上縁 (m)	内形上縁 (m)	外形下縁 (m)	内形下縁 (m)	ハンチ (m)
1	円形	1.300	0.900	1.300	0.900						
2	円形	1.300	0.900	1.300	0.900						
3	円形	1.300		1.300							
4	円形	1.300	0.900	1.300	0.900						
5	円形	1.300		1.300							

側面形状



1-7 部材の解析モデル

部材 番号	平面 形状	部位	解析条件	備考
2	円形	側壁	リング構造解析	
3	円形	中床版	周辺固定支持板	
4	円形	側壁	リング構造解析	
5	円形	底板	周辺固定支持板	

1-8 更生工法

構造タイプ 板合構造
引張応力を負担する材料 樹脂+モールド
コンクリートの残存強度 100.0 (%)

1-3-1 更生材料

	樹脂	モールド	単位
材料密度	47.0	109.0	N/mm ³
伸び(ひずみ)	2.0	3.0	%
ヤング係数	2350.0	3633.3	N/mm ²
許容引張応力度	23.00	54.00	N/mm ²

1-3-2 施工厚

部材番号	部位	初期盛厚 (mm)	養生厚さ (mm)	現状盛厚 (mm)	下地処理材 (mm)	樹脂 (mm)	モールド (mm)	更生後盛厚 (mm)	養生有無
1	側壁	300.0	0.0	200.0	0.0	6.0	2.5	208.5	○
2	側壁	200.0	0.0	200.0	0.0	6.0	2.5	208.5	○
3	中床版(上)	300.0	0.0	300.0	—	—	—	—	×
3	中床版(下)	300.0	0.0	300.0	0.0	6.0	2.5	308.5	○
4	側壁	200.0	0.0	200.0	0.0	6.0	2.5	208.5	○
5	底版	500.0	0.0	500.0	0.0	6.0	2.5	508.5	○

2 荷重計算

2-1 鉛直荷重

2-1-1 躯体自重

部材番号	部位	名称	算出式	重量 (kN)	
1	側壁		$\pi/12 \times 0.450 \times (1.300^2 + 1.300 \times 1.300 + 1.300^2) \times 24.50$	14.63	
1	側壁		$-\pi/12 \times 0.450 \times (0.900^2 + 0.900 \times 0.900 + 0.900^2) \times 24.50$	-7.01	
2	側壁		$\pi/4 \times (1.300^2 - 0.900^2) \times 0.900 \times 24.50$	15.24	
3	中床版	鉄束埋置	$\pi/4 \times 0.900^2 \times 5.00$	3.18	
3	中床版		$\pi/4 \times 1.300^2 \times 0.300 \times 24.50$	5.76	
4	側壁		$\pi/4 \times (1.300^2 - 0.900^2) \times 1.200 \times 24.50$	20.37	
				累計 $W_1 =$	66.12
5	底版		$\pi/4 \times 1.300^2 \times 0.300 \times 24.50$	18.28	
				累計 $W_2 =$	72.38

2-2-2 活荷重

土かぶりがない以上の活荷重による鉛直荷重 P_0 は 0.00 kN/m² とする。

2-1-3 頂版、底版部材に作用する鉛直荷重

頂版部材に作用する鉛直荷重、底版部材に作用する地盤反力は以下により算出する。

$$W = \frac{W_1 + W_2}{A} + P_0$$

ここに、

W : 頂版部材に作用する荷重 (kN/m²)

W_1 : 躯体自重 (kN)

W_2 : 土砂重量 (kN)

P_0 : 活荷重による鉛直荷重 (kN/m²)

A : 載荷面積 (m²)

(1) 底版 部材番号-5

$$W = \frac{26.12 + 0.00}{\pi/4 \times 1.300^2} + 0.00 = 42.28 + 0.00 = 42.28 \text{ kN/m}^2$$

2-1-4 中床版部材に作用する鉛直荷重

中床版部材に作用する鉛直荷重は以下により算出する。

$$W = \gamma_c \cdot l + W_3$$

ここに、

W : 版部材に作用する荷重 (kN/m²)

γ_c : コンクリートの単位重量 (kN/m³)

l : 部材厚 (m)

W_3 : 鉄束重量 = 5.00 (kN/m²)

(1) 中床版 部材番号-3

$$W = 24.50 \times 0.300 + 5.00 = 12.35 \text{ kN/m}^2$$

2-2 水平荷重

2-2-1 土圧

側壁に作用する水平土圧は以下により算出する。

$$P_u = k_s \cdot \gamma \cdot h$$

ここに、

P_u : 土圧による水平荷重 (kN/m²)

k_s : 静止土圧係数

γ : 土の単位重量(大気中) (kN/m³)

h : 版厚 (m)

2-2-2 活荷重による水平土圧

側壁に作用する活荷重による水平土圧は、深さに関係なく以下により算出する。

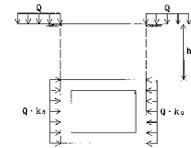
$$P_u = Q \cdot k_s$$

ここに、

P_u : 活荷重による水平土圧 (kN/m²)

Q : 地表面載荷荷重 = 10.00 (kN/m²)

k_s : 静止土圧係数



2-2-3 水平荷重集計

部材番号	長さ (m)	平面形状	部位	位置	P_u (kN/m ²)	P_{u1} (kN/m ²)	合計 (kN/m ²)
1	0.110	円形	側壁	上端	0.99	5.00	5.99
1	0.560	円形	側壁	下端	5.04	5.00	10.04
2	0.560	円形	側壁	上端	5.04	5.00	10.04
2	1.460	円形	側壁	下端	13.14	5.00	18.14
3	1.610	円形	中床版	中心	14.49	5.00	19.49
4	1.760	円形	側壁	上端	15.84	5.00	20.84
4	2.980	円形	側壁	下端	26.64	5.00	31.64
5	3.210	円形	底版	中心	28.89	5.00	33.89

3 断面力計算

3-1 側壁の断面力計算

3-1-1 等圧による断面力の計算

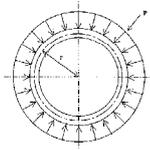
等圧による断面力の計算は、4方向より水圧を受ける条件により行う。
軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$N = P \cdot r \\ = 18.14 \times 0.550 \\ = 9.98 \text{ kN}$$

ここに、

N : 軸力 (kN)
P : 等圧荷重 = 18.14 (kN/m)
r : 側壁中心半径 = 0.550 (m)

この場合、曲げモーメントとせん断力は生じない。



3-1-2 偏圧による断面力の計算

断面力は、土圧の20%を1方向より偏荷重として受ける場合を考える。
図のA~C各点のモーメントは次式に地盤反力の絶対値を与え、単位長さを乗じて求める。
図のA~C各点の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$M_A = 0.163q \cdot r^2 = 0.163 \times 3.63 \times 0.550^2 = 0.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_B = -0.125q \cdot r^2 = -0.125 \times 3.63 \times 0.550^2 = -0.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_C = 0.087q \cdot r^2 = 0.087 \times 3.63 \times 0.550^2 = 0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

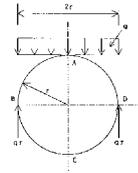
$$N_A = 0.212q \cdot r = 0.212 \times 3.63 \times 0.550 = 0.42 \text{ kN}$$

$$N_B = q \cdot r = 3.63 \times 0.550 = 2.00 \text{ kN}$$

$$N_C = -0.212q \cdot r = -0.212 \times 3.63 \times 0.550 = -0.42 \text{ kN}$$

ここに、

M : 曲げモーメント (kN·m)
N : 軸力 (kN)
q : 偏荷重 = 土圧×20(%) = 3.63 (kN/m)
r : 側壁中心半径 = 0.550 (m)



3-1-3 断面力の集計

設計断面力は、等圧と偏圧による断面力を重ね合わせた数値を考える。

$$M_A = 0.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_B = -0.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_C = 0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_A = 9.98 + 0.42 = 10.40 \text{ kN}$$

$$N_B = 9.98 + 2.00 = 11.98 \text{ kN}$$

$$N_C = 9.98 - 0.42 = 9.56 \text{ kN}$$

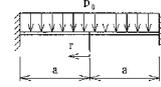
3-2 中床版の断面力計算

中床版は等分布荷重を受ける周辺固定支持板として算出する。

$$M_a = \frac{D_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1+\nu) - (3+\nu) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2]$$

$$M_b = \frac{D_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1+\nu) - (1+3 \cdot \nu) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2]$$

$$S_a = -\frac{D_0 \cdot r}{2}$$



ここに、

M_a : 半径方向曲げモーメント (kN·m)
M_b : 周辺方向曲げモーメント (kN·m)
S_a : せん断力 (kN)
D₀ : 上面に作用する等分布荷重 = 12.35 (kN/m)
a : 側壁中心半径 = 0.550 (m)
ν : ポアソン比 = 0.20
r : 照査位置 (m)

(1) 曲げモーメント

端部 r = a

$$M_a = \frac{12.35 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (3+0.20) \times \left(\frac{0.550}{0.550}\right)^2] = -0.47 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_b = \frac{12.35 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (1+3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.550}{0.550}\right)^2] = -0.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

中央部 r = 0

$$M_a = \frac{12.35 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (3+0.20) \times \left(\frac{0.000}{0.550}\right)^2] = 0.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_b = \frac{12.35 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (1+3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.000}{0.550}\right)^2] = 0.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(2) せん断力

端部 r = a

$$S_a = -\frac{12.35 \times 0.550}{2} = -3.40 \text{ kN}$$

照査位置 r = 0.300 m

$$S_a = -\frac{12.35 \times 0.300}{2} = -1.85 \text{ kN}$$

3-3 側壁の断面力計算

3-3-1 等圧による断面力の計算

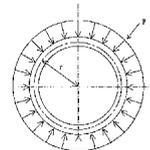
等圧による断面力の計算は、4方向より水圧を受ける条件により行う。
軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$N = P \cdot r \\ = 31.64 \times 0.550 \\ = 17.40 \text{ kN}$$

ここに、

N : 軸力 (kN)
P : 等圧荷重 = 31.64 (kN/m)
r : 側壁中心半径 = 0.550 (m)

この場合、曲げモーメントとせん断力は生じない。



3-3-2 偏圧による断面力の計算

断面力は、土圧の20%を1方向より偏荷重として受ける場合を考える。
図のA~C各点のモーメントは次式に地盤反力の絶対値を与え、単位長さを乗じて求める。
図のA~C各点の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$M_A = 0.163q \cdot r^2 = 0.163 \times 6.33 \times 0.550^2 = 0.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_B = -0.125q \cdot r^2 = -0.125 \times 6.33 \times 0.550^2 = -0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_C = 0.087q \cdot r^2 = 0.087 \times 6.33 \times 0.550^2 = 0.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

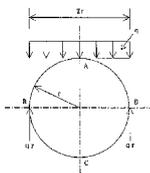
$$N_A = 0.212q \cdot r = 0.212 \times 6.33 \times 0.550 = 0.74 \text{ kN}$$

$$N_B = q \cdot r = 6.33 \times 0.550 = 3.48 \text{ kN}$$

$$N_C = -0.212q \cdot r = -0.212 \times 6.33 \times 0.550 = -0.74 \text{ kN}$$

ここに、

M : 曲げモーメント (kN·m)
N : 軸力 (kN)
q : 偏荷重 = 土圧×20(%) = 6.33 (kN/m)
r : 側壁中心半径 = 0.550 (m)



3-3-3 断面力の集計

設計断面力は、等圧と偏圧による断面力を重ね合わせた数値を考える。

$$M_A = 0.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_B = -0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_C = 0.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_A = 17.40 + 0.74 = 18.14 \text{ kN}$$

$$N_B = 17.40 + 3.48 = 20.88 \text{ kN}$$

$$N_C = 17.40 - 0.74 = 16.66 \text{ kN}$$

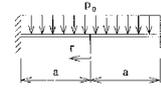
3-4 底版の断面力計算

底版は等分布荷重を受ける周辺固定支持板として算出する。

$$M_a = \frac{D_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1+\nu) - (3+\nu) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2]$$

$$M_b = \frac{D_0 \cdot a^2}{16} \cdot [(1+\nu) - (1+3 \cdot \nu) \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2]$$

$$S_a = -\frac{D_0 \cdot r}{2}$$



ここに、

M_a : 半径方向曲げモーメント (kN·m)
M_b : 周辺方向曲げモーメント (kN·m)
S_a : せん断力 (kN)
D₀ : 上面に作用する等分布荷重 = 42.28 (kN/m)
a : 側壁中心半径 = 0.550 (m)
ν : ポアソン比 = 0.20
r : 照査位置 (m)

(1) 曲げモーメント

端部 r = a

$$M_a = \frac{42.28 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (3+0.20) \times \left(\frac{0.550}{0.550}\right)^2] = -1.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_b = \frac{42.28 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (1+3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.550}{0.550}\right)^2] = -0.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

中央部 r = 0

$$M_a = \frac{42.28 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (3+0.20) \times \left(\frac{0.000}{0.550}\right)^2] = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_b = \frac{42.28 \times 0.550^2}{16} \times [(1+0.20) - (1+3 \times 0.20) \times \left(\frac{0.000}{0.550}\right)^2] = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(2) せん断力

端部 r = a

$$S_a = -\frac{42.28 \times 0.550}{2} = -11.63 \text{ kN}$$

照査位置 r = 0.200 m

$$S_a = -\frac{42.28 \times 0.200}{2} = -4.23 \text{ kN}$$

4 応力度調査

4-1 側壁の応力度調査

4-1-1 水平方向の応力度調査

部材番号 ?

地表面からの深さ 0.560 ~ 1.460 m

平面形状 円形

(1) 入力配筋データ (更生前)



※無筋コンクリート

(2) 更生材の鉄筋換算

更生材の断面積を鉄筋面積に換算し、鉄筋コンクリートとして断面照査する。
更生材(樹脂とモールド)面積のヤング係数換算

$$A_s = A_{res} \times E_{res} / E_s$$

ここに、

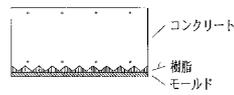
- A_s : 鉄筋に換算した面積(鉄筋量) (mm²)
- A_{res} : 更生材の断面積 (mm²)
- E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)
- E_{res} : 更生材のヤング係数 (N/mm²)

$$E_s = 200000.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

	A_{res} (mm ²)	E_{res} (N/mm ²)	A_s (mm ²)
樹脂	6000	2350.0	70.50
モールド	2500	3623.3	45.42

断面高さは現状厚とし、鉄筋量 A_s をかぶり0で配置した鉄筋コンクリート断面として許容応力度法による照査を行う。
ただし、モーメントの方向により更生箇所が圧縮側となる場合は、無筋コンクリート断面として照査を行う。

断面模式図



(3) 入力配筋データ (更生後)



水平方向鉄筋(外側)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
—	—	—	—	—

水平方向鉄筋(内側)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
—	—	樹脂	—	70.50
—	—	モールド	—	45.42

(4) 応力度照査一覧表

項目	記号	単位	A点		B点		C点	
			現状	更生後	現状	更生後	現状	更生後
断面力	M	kN-m	0.18		-0.14		0.10	
	N	kN	10.40		11.98		9.58	
中立軸	X	mm	—		—		—	
	σ_c	N/mm ²	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06
コンクリート(圧縮)	σ_{cs}	N/mm ²	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
	判定		○	○	○	○	○	○
コンクリート(引張)	σ'_c	N/mm ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	σ'_{cs}	N/mm ²	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
判定		○	○	○	○	○	○	
樹脂	σ_r	N/mm ²	—	0.00	—	—	—	0.00
	σ_{rs}	N/mm ²	—	23.00	—	—	—	23.00
判定		—	○	—	—	—	○	
モールド	σ_m	N/mm ²	—	0.00	—	—	—	0.00
	σ_{ms}	N/mm ²	—	54.00	—	—	—	54.00
判定		—	○	—	—	—	○	

4-2 中床版の応力度照査

4-2-1 前後方向の応力度照査

部材番号 3

地表面からの深さ 1.460 ~ 1.780 m

平面形状 円形

(1) 入力配筋データ (更生前)



※無筋コンクリート

(2) 更生材の鉄筋換算

更生材の断面積を鉄筋面積に換算し、鉄筋コンクリートとして断面照査する。

更生材(樹脂とモールド)面積のヤング係数換算

$$A_s = A_{res} \times E_{res} / E_s$$

ここに、

- A_s : 鉄筋に換算した面積(鉄筋量) (mm²)
- A_{res} : 更生材の断面積 (mm²)
- E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)
- E_{res} : 更生材のヤング係数 (N/mm²)

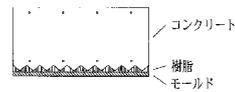
・下敷 $E_s = 200000.00(N/mm^2)$

	A_{res} (mm ²)	E_{res} (N/mm ²)	A_s (mm ²)
樹脂	6000	2350.0	70.50
モールド	2000	3633.3	45.42

断面高さは現状既設とし、鉄筋量 A_s をかぶり0で配置した鉄筋コンクリート断面として許容応力度法による照査を行う。

ただし、モーメントの方向により更生側が圧縮側となる場合は、無筋コンクリート断面として照査を行う。

断面模式図



(3) 入力配筋データ (更生後)



前後方向鉄筋(上面)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
—	—	—	—	—

前後方向鉄筋(下面)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
—	—	樹脂	—	70.50
—	—	モールド	—	45.42

(4) 応力度照査一覧表

項目	記号	単位	端部		中央部		h/2点	
			M	S	M	S	M	S
断面力	M	kN・m	-0.47		0.28		—	
	N	kN	—		—		—	
	S	kN	—		—		1.85	
中立軸	X	mm	150.0005	150.0005	149.9995	30.6070	—	
	σ_c	N/mm ²	0.03	0.03	0.02	0.05	—	
	σ_{res}	N/mm ²	5.40	5.40	5.40	5.40	—	
	(圧縮)	判定	○	○	○	○	—	
	σ_c'	N/mm ²	0.03	0.03	0.02	—	—	
	σ_{res}'	N/mm ²	0.29	0.29	0.29	—	—	
(引張)	判定	—	○	○	○	—		
	σ_p	N/mm ²	—	—	—	0.10	—	
	σ_{res}	N/mm ²	—	—	—	23.00	—	
樹脂	判定	—	—	—	○	—		
	σ_p	N/mm ²	—	—	—	0.15	—	
	σ_{res}	N/mm ²	—	—	—	54.00	—	
モールド	判定	—	—	—	○	—		
	σ_c	N/mm ²	—	—	—	0.006	0.006	
	$\alpha \cdot \tau_{cs}$	N/mm ²	—	—	—	0.350	0.390	
せん断	A_{res}	mm ²	—	—	—	—	—	
	A_s	mm ²	—	—	—	0.90	0.90	
	τ_{cs}	N/mm ²	—	—	—	—	—	
	判定	—	—	—	—	○	○	

4-1 側壁の応力度調査

4-1-1 水平方向の応力度調査

部材番号 4

地表面からの深さ 1.760 ~ 2.960 m

平面形状 円形

(1) 入力配筋データ (更生前)



※無筋コンクリート

(2) 更生材の鉄筋換算

更生材の断面積を鉄筋置積に換算し、鉄筋コンクリートとして断面調査する。

更生材(樹脂とモールド)面積のヤング係数換算

$$A_s = A_{res} \times E_{res} / E_s$$

ここに、

A_s : 鉄筋に換算した面積(鉄筋量) (mm²)

A_{res} : 更生材の断面積 (mm²)

E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)

E_{res} : 更生材のヤング係数 (N/mm²)

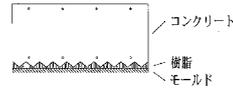
$$E_s = 200000.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

	A_{res} (mm ²)	E_{res} (N/mm ²)	A_s (mm ²)
樹脂	6000	2350.0	70.50
モールド	2500	3633.3	45.42

断面高さは現状壁厚とし、鉄筋量 A_s をかぶり d で配置した鉄筋コンクリート断面として許容応力度法による照査を行う。

ただし、モーメントの方向により更生面側が圧縮側となる場合は、無筋コンクリート断面として照査を行う。

断面模式図



(3) 入力配筋データ (更生後)



水平方向鉄筋(外部)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
---	---	---	---	---

水平方向鉄筋(内部)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
---	---	樹脂	---	70.50
---	---	モールド	---	45.42

(4) 応力度調査一覧表

項目	記号	単位	A点		B点		C点	
			現状	更生後	現状	更生後	現状	更生後
断面力	M	kN・m	0.31		-0.24		0.17	
	N	kN	18.14		20.88		16.66	
中立軸	X	mm	---	---	---	---	---	
コンクリート	σ_c	N/mm ²	0.14	0.14	0.14	0.14	0.11	0.11
リート	σ_{rs}	N/mm ²	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
(圧縮)	判定		○	○	○	○	○	○
コンクリート	σ'_c	N/mm ²	0.00	---	0.00	0.00	0.00	---
リート	σ'_{rs}	N/mm ²	0.29	---	0.29	0.29	0.29	---
(引張)	判定		○	---	○	○	○	---
樹脂	σ_p	N/mm ²	---	0.00	---	---	---	0.00
	σ_{ms}	N/mm ²	---	23.00	---	---	---	23.00
	判定		---	○	---	---	---	○
モールド	σ_s	N/mm ²	---	0.00	---	---	---	0.00
	σ_{ms}	N/mm ²	---	54.00	---	---	---	54.00
	判定		---	○	---	---	---	○

4-4 底版の応力度調査

4-4-1 前後方向の応力度調査

部材番号 5

地表面からの深さ 2.950 ~ 3.460 m

平面形状 円形

(1) 入力配筋データ (更生前)

形状図の単位:mm



※無筋コンクリート

(2) 更生材の鉄筋換算

更生材の断面積を鉄筋面積に換算し、鉄筋コンクリートとして断面照査する。

更生材(鋼筋とモールド)面積のヤング係数換算

$$A_s = A_{sk} \times E_{sk} / E_s$$

ここに、

A_s : 鉄筋に換算した面積(鉄筋量) (mm²)

A_{sk} : 更生材の断面積 (mm²)

E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)

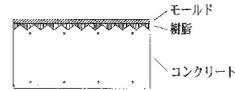
E_{sk} : 更生材のヤング係数 (N/mm²)

$$E_s = 200000.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

	A_{sk} (mm ²)	E_{sk} (N/mm ²)	A_s (mm ²)
密着	6000	2350.0	70.50
モールド	2500	3633.3	45.42

断面高さは現状盛戻とし、鉄筋量 A_s をかぶり d で配置した鉄筋コンクリート断面として許容応力度法による照査を行う。
ただし、モーメントの方向により更生面割れが圧縮側となる場合は、無筋コンクリート断面として照査を行う。

断面模式図



(3) 入力配筋データ (更生後)

形状図の単位:mm



前後方向鉄筋(上面)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
—	—	—	—	70.50
—	—	モールド	—	45.42

前後方向鉄筋(下面)

かぶり (mm)	ピッチ (mm)	材料 (鉄筋径)	本数	鉄筋量 (mm ²)
—	—	—	—	—

(4) 応力度照査一覧表

項目	記号	単位	端部		中央部		h/2点	
			-1.50	0.95				
断面	M	kN・m						
面力	N	kN						
	S	kN						4.23
			現状	更生後	現状	更生後	現状	更生後
中立軸	λ	mm	250.0005	250.0005	249.9985	39.9960		
コンクリート	σ_c	N/mm ²	0.04	0.04	0.02	0.10		
	σ_{sk}	N/mm ²	5.40	5.40	5.40	5.40		
(圧縮)	判定		○	○	○	○		
コンクリート	σ'_c	N/mm ²	0.04	0.04	0.02			
	σ'_{sk}	N/mm ²	0.29	0.29	0.29			
(引張)	判定		○	○	○			
密着	σ_p	N/mm ²				0.20		
	σ_{sk}	N/mm ²				23.00		
	判定					○		
	σ_s	N/mm ²				0.31		
モールド	σ_{sk}	N/mm ²				54.00		
	判定					○		
せん断	τ_v	N/mm ²				0.008	0.008	
	$\alpha \cdot \tau_{v1}$	N/mm ²				0.350	0.350	
	A_{trd}	mm ²						
	A_s	mm ²				0.00	0.00	
	τ_{vt}	N/mm ²						
	判定					○	○	

4-5 記号

- M : 部材断面に作用する曲げモーメント (kN・m)
- N : 部材断面に作用する軸力 (kN)
- S : 部材断面に作用するせん断力 (kN)
- X : 圧縮縁から中立軸までの距離 (mm)
- σ_c : 圧縮縁のコンクリートに発生する応力度 (N/mm²)
※引張応力の場合はゼロ表示。
- σ_{ca} : コンクリートの許容圧縮応力度 (N/mm²)
- σ'_c : 引張縁のコンクリートに発生する応力度 (N/mm²)
※圧縮応力の場合はゼロ表示、引張応力を更生材で負担する場合は「—」表示。
- σ'_{ca} : コンクリートの許容引張応力度 (N/mm²)
- σ_s : 引張側の更生用樹脂に発生する応力度 (N/mm²)
※圧縮応力の場合はゼロ表示、引張側に更生材が存在しない場合は「—」表示。
- σ_{sa} : 樹脂の許容引張応力度 (N/mm²)
- σ'_s : 引張側の更生用モールドに発生する引張応力度 (N/mm²)
※圧縮応力の場合はゼロ表示、引張側に更生材が存在しない場合は「—」表示。
- σ_{sa} : モールドの許容引張応力度 (N/mm²)
- $\bar{\tau}_s$: 平均せん断応力度 (N/mm²)
- τ_{ca} : コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm²)
- α : 引張し係数 (端部: $\alpha=2.0$, 2点: $\alpha=1.0$)
- A_{sreq} : 斜引張鉄筋の必要鉄筋量 (mm²)
- A_s : 斜引張鉄筋の実配筋量 (mm²)
- τ_{st} : 斜引張鉄筋と共同してせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

5 安定計算

5-1 支持力の安定

支持力について以下により検討を行う。

・ 躯体体積分の固有地盤重量

部材 番号	形状	算出式 躯体体積×単位重量(kg/m ³)	重量 (kg)
1	新壁	$\pi/12 \times 0.450 \times (1.500^3 - 1.200^3) \times 1.300 \times 1.300 \times 18.00$	10.75
2	側壁	$\pi/4 \times 1.300^2 \times 0.900 \times 18.00$	21.50
3	中床版	$\pi/4 \times 1.300^2 \times 0.300 \times 18.00$	7.17
4	側壁	$\pi/4 \times 1.300^2 \times 1.300 \times 18.00$	28.67
5	底板	$\pi/4 \times 1.300^2 \times 0.630 \times 18.00$	11.93
累計 $W_s =$			80.04

ここに、

W_s : 躯体体積分の固有地盤重量 (kN)

W : 躯体自重 = 72.38 (kN)

$$\frac{W_s}{W} = \frac{80.04}{72.38} = 1.11 \geq 1.0 \text{ より、}$$

支持力の安定に対して安全である。