

シートライニング工法で施工した施設の 経年劣化検証

JERコンクリート補改修協会

はじめに

下水道終末処理場などのコンクリート構造物には、下水から発生する硫化水素に起因する硫酸腐食対策として、コンクリート防食被覆工法が用いられている。

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マニュアル』（以下、JS防食マニュアル）では、使用材料、施工方法などの違いにより工法が分類されている。

シートライニング工法は、腐食環境が厳しく点検・修繕・改築が困難な施設に用いられている工法である。本稿では、当協会の保有するシートライニング工法「ジックボード工法」の経年劣化検証結果を紹介する。

また、JS防食マニュアルは2017年に第3次改訂がなされた。この改定まではコンクリート防食被覆工法の耐用年数は10年とされていたが、この改定で、実績が確認された場合の設計耐用年数の延長が示された。この改定を受け、当協会では、防食施工後10年以上経過している施設

を選定し、経年劣化検証を行った。

物件概要

物 件：某施設

所 在 地：兵庫県

調査項目：日本ジッコウ(株)

調査部位A：ポンプ井気相部（写真1）

施工面積：約300㎡

調査部位B：特殊マンホール壁部・天井部
（写真2）

施工面積：約150㎡

調査部位C：汚泥濃縮槽脱離液ピット壁部
（写真3）

施工面積：約50㎡

調査詳細

経年劣化検証の調査項目は、対象施設の外観目視調査のほかに、JS防食マニュアルで示されている防食被覆の耐久性に関する要求性能「耐硫酸性」「接着安定性」「遮断性」について調査を行った。各調査方法を次に示す。

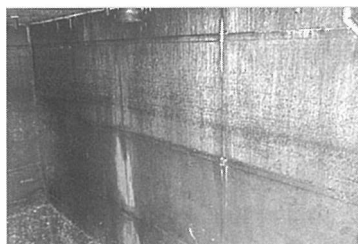


写真1 ポンプ井調査時状況



写真2 特殊マンホール調査時状況



写真3 脱離液ピット調査時状況

表1 曲げ試験結果

サンプル種別	曲げ強さ (N/mm ²)	備考
現場採取	238.6	n=4
促進試験データ	105.3	予測式より算出

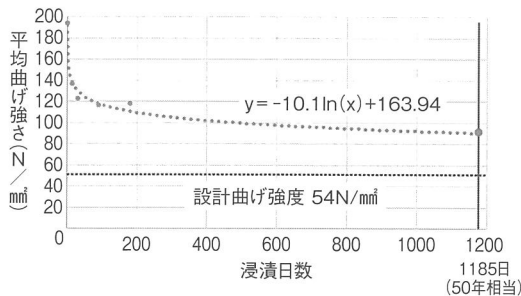


図1 曲げ強さ予測グラフ

①耐硫酸性

現地で採取したサンプルから試験片を採取し曲げ強さ試験を行った。試験方法は、「JIS K7171 プラスチックー曲げ特性の求め方」に準じた。採取サンプルでの試験と、実験室での硫酸水溶液による促進浸漬試験結果と比較することで耐硫酸性の確認を行った。

②接着安定性

接着安定性は、現地でJS防食マニュアルの付属資料9 9.2「接着地強さ試験」に準じて試験を行った。

③遮断性

現地で採取したサンプルから試験片を採取し、EDS分析を行い、表面からの硫黄の侵入深さを測定した。なおEDS分析は、ボード部と部材接合部で硫黄の侵入箇所となりやすいジョイント部でも実施した。

調査結果

①耐硫酸性

サンプルの試験結果と曲げ強度予測式より算出した結果を表1に、実験室での硫酸浸漬促進試験より得られた曲げ強度予測曲線を図1に示す。

現地より採取したサンプルの試験結果が予測

表2 接着試験結果

物件	接着強さ (N/mm ²)			
	①	②	③	平均
物件B	2.93	2.04	2.05	2.34
物件C	1.54	1.85	—	1.70

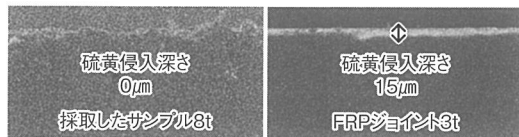


図2 施工後14年経過後の分析結果

曲線からの曲げ強さを上回り、現時点でも品質を確保していることが確認された。初期強度との比較と、予測曲線における現時点の強度との比較でも問題がないことが確認された。

②接着安定性

現地での接着試験結果を表2に示す。接着試験は調査部位B・Cで実施した。防食被覆施工後、20年以上経過しても現行のJS防食マニュアルのシートライニング工法全面接着型の品質規格1.5N/mm²を満足していることが確認された。

③遮断性

現場で採取したボード部分および目地部分のサンプルでの分析の結果、いずれの試験片でも硫黄の侵入深さは、設計厚さを大きく下回る結果となり、20年以上経過しても遮断性を確保していることが確認できた。施工後14年経過後の分析結果を図2に示す。

まとめ・今後の展望

今回の経年劣化検証結果から、防食性能の耐用年数を20年以上に設定することが可能になった。当協会の保有している工法と対象施設の特性や各工法耐用年数を考慮し、ライフサイクルコストでの最適な工法提案を通じて下水道施設の維持管理に貢献できればと考えている。

(理事 井上 敬介)

コンクリート防食工事積算資料の概要

(一社)日本コンクリート防食協会

1 はじめに

下水道は，汚水処理による生活環境の改善，雨水排除による浸水の防止，汚濁負荷削減による公共用水域の水質保全など，住民の快適で安全・安心な生活や環境を守る重要なライフラインとしての役割を担っている。一方で，40年以上前に建造された下水道関連のコンクリート構造物は，経年劣化が進んでいる現実があり，その保全活動は喫緊の課題となっている。

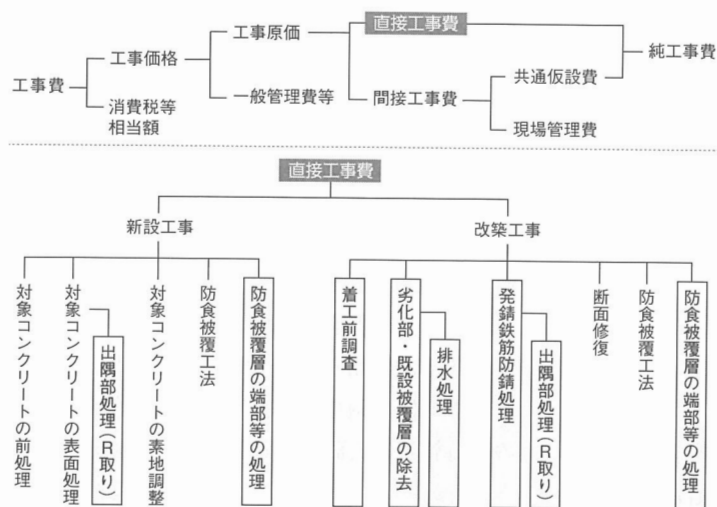
将来における下水道施設の維持管理・更新費(推計値)は，国土交通省のまとめによると2018年度は約8000億円であったが，10年後の2028年度

には約1兆2000億～1兆3000億円に膨れ上がると予測されている。

維持管理・更新が下水道関連のコンクリート構造物のキーワードとなっている中，腐食を抑制する防食技術が注目されている。防食被覆工法は多様化しているが，施工・品質管理方法が異なることによる現場の混乱を避けるため，発注者・受注者・施工者・専門技術者が，施工・品質管理に対して共通認識を持つことが重要となっている。また，稼働施設における修繕・改築工事では，施工環境条件などが厳しいため，きめ細やかな現場対応と施工・品質管理が欠かせない。

防食工事においては，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マニュアル』(以下，JS防食マニュアル)で要求事項が定められ，適切な処理が求められている。しかし，これまでは対象工事の設計時に的確な積算が実施されていないことが多かった。

当協会は昨年11月，既設被覆層と併せたコンクリート劣化部の除去，改築修繕工事における着工前調査，防食端部などの処理項目などについて，独自の積算資料である『コンクリート防食工事積算資料』を策定し，公表した。



凡例：上図の [] 囲いの工種が本積算資料の対象

注) 防食被覆工法および梁下部の増塗り・増貼り・増吹きについては，使用材料の材質・積層方法などが異なるため，見積徴収を原則とする

図1 工事費の構成

本積算資料は、JS防食マニュアルで定められている処理項目に適合する、適切な設計積算が行われるよう周知することを目的としている。

当協会では、適切な設計積算がなされることにより、受注者や専門工事事業社の未積算による費用負担を軽減することで、品質が確保されたコンクリート防食工事の提供を可能とし、JS防食マニュアルの主たる目的である

「下水道のコンクリート構造物の耐用年数を可能な限り長く保持する」を確保することができるものと考えている。

この積算資料では、コンクリート防食工事に関する工事費のうち、直接工事費の標準的な基準を示している(図1)。なお、本積算資料は、下水道施設のみならず、下水道類似施設や水道施設にも適用できる。

2 積算資料の概要

積算資料の対象項目は、次のとおり。

(1) 着工前調査

コンクリート防食の改築・修繕工事に適用し、設計図書と現場における現状との差異の有無を確認することを目的に行う調査。足場仮設後、工事着手前に行う。

差異が確認された場合は、発注者監督員と協議の上、設計変更などの措置につながる重要な調査となる。

(2) 劣化部・既設被覆層の除去工

近年、既設被覆層の設計耐用年数の超過に伴う改築・修繕工事が増加している。従来、被覆層のないコンクリートの劣化部を超高圧水処理により除去する手法での積算が主流であったが、既設被覆層と併せてコンクリートの劣化部

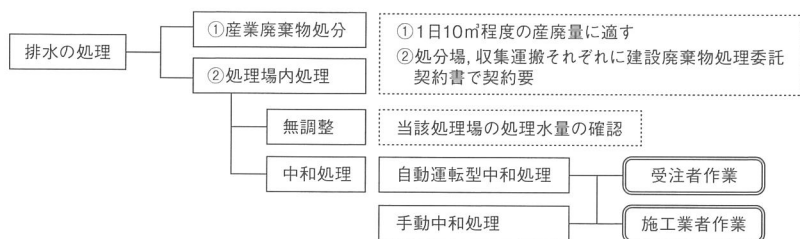


図2 排水処理の概念フロー

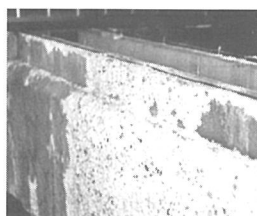


写真1 劣化部除去前



写真2 超高圧水処理作業

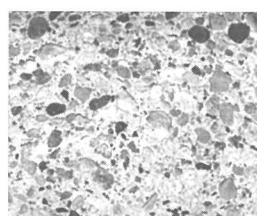


写真3 劣化部除去後

を除去する場合、防食被覆層の樹脂の種類や施工厚さなどにより超高圧水処理の施工日進量が異なるため、樹脂の種類・施工厚さ・施工数量・施工部位の補正による積算とした。

適用する作業は、劣化したコンクリートまたは既設被覆層の超高圧水(吐出圧150MPa~200MPa程度)による除去。劣化部の除去深さは最大40mmまでとする。また、従来積算対象となっていなかった、超高圧水処理に伴い発生する排水の処理費用が計上されている(図2)。参考として写真1~3を挙げる。

なお、コンクリートが中性化しているが強度を有している場合には、超高圧水処理作業では所定の深さまで除去することが困難であり、はつり作業との併用を必要とする場合があるため、設計に先立つ現地調査において確認することが重要となる。

使用機械の機種・規格は表1のとおり。諸雑費については、超高圧水処理作業を行うために、ハンドガン、水タンク、耐圧ホースなどの消耗品と使用機械のメンテナンスに係わる費用が必要となる。そのため、労務費、運転経費の合計額に、9%を乗じた金額を上限として計上する。

排水処理工では、排水処理作業を行うために、pH測定器、キャブタイヤ、水中モーターポ

表1 使用機械等の機種・規格

機種	規格	摘要
超高压水発生装置 ^{注1)}	吐出圧150~200MPa程度, 吐出量>28L/min	
空気圧縮機 ^{注2)}	排出ガス対策型・可搬式・吐出量3.7m ³ /min・0.7MPa	
高压洗浄機 ^{注2)}	吐出圧10MPa, 吐出水量>28L/min	劣化部除去後の洗浄
発動発電機(電力支給無の場合に計上) ^{注2)注4)}	ディーゼルエンジン駆動(超低騒音型・大容量タンク型)・排出ガス対策型(第3次基準値 定格容量20/25kVA)	
鋼製タンク10m ³ ^{注3)注4)}		2台
工事中水用モータポンプ ^{注2)}	φ50mm 全揚程30m	2台
工事中水用モータポンプ ^{注2)}	φ50mm 全揚程10m	2台

注1) 超高压水発生装置は個別見積りで損料を算定する(建設機械等損料算定表には未掲載)

注2) 建設機械等損料算定表適用

注3) レンタル実勢価格(基本料金・清掃料込み)

注4) 運搬費別途

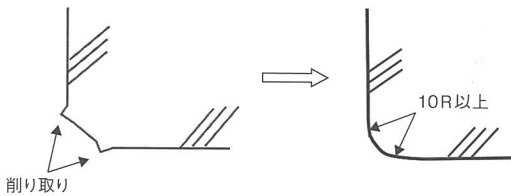


図3 出隅部分処理の概念図

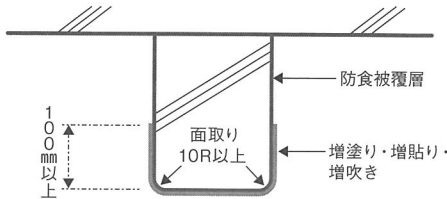


図4 梁下部の増塗り・増貼り・増吹きの施工例

表2 出隅部処理の種目および形状・寸法

種目	形状・寸法	単位	摘要
出隅部処理工(新設工事)	R: 10mm以上	m	本積算資料内代価表4-1
出隅部処理工(改築工事)	R: 10mm以上, 断面修復厚さ15mm以上に適用	m	本積算資料内代価表4-2

ンプ用サクシオンホース, 保護メガネ, 防毒マスク, ゴム手袋などの消耗品費が必要となるため, 労務費, 運転経費の合計額に, 9%を乗じた金額を上限として計上する。

3 劣化部除去および既設被覆層除去の補正率

補正は, 既設被覆層の有無, 既設被覆層の材質や被覆厚さ, 施工部位, 施工数量により作業

量(出来高)および排水量が異なるため, 代価表の合計額に次の各補正率を乗じて算出するものとする。

(1) 材質/被覆厚さ

補正条件として, 既設被覆層なし, または既設被覆層除去後は1.00, 既設被覆層あり(エポキシ樹脂ガラスクロス入り・ノンクロス)は1.15, 既設被覆層あり(セラミックパウダー入りエポキシ樹脂, ポリウレア樹脂, ビニルエステル樹脂など3mm以下)は1.35, 既設被覆層あり(セラミックパウダー入りエポキシ樹脂, ポリウレア樹脂, ビニルエステル樹脂など5mm以下)は1.55の補正率が適用される。

(2) 施工数量/施工部位

(2) 施工数量/施工部位

補正率は, 施工数量300m²以上の壁部と床部が1.00, 天井部が1.30。200m²以上300m²未満は壁部と床部が1.10, 天井部が1.40。100m²以上200m²未満は壁部と床部が1.40, 天井部が1.70。50m²以上100m²未満は壁部と床部が2.20, 天井部が2.60を適用する。

施工数量が適用範囲外の場合は, 別途見積徴収とする。また, 施工数量は, 施工部位の合計m²数を適用する。壁部と床部が同一補正率なのは, 床部の場合, 除去したガラを施工面から除去しながら施工するためである。

(3) 鉄筋処理工

設計に先立ち実施する調査で, 鉄筋に発錆などの不具合が確認された場合の防錆処理費用。鉄筋補強を必要とする場合は, 別途見積りとなる。

(4) 出隅部処理工

梁・柱型・開口部回りなどの出隅箇所において, 均一な防食被覆層の確保を目的に, 出隅部に丸み(R: 10mm以上)を持たせる処理(図3, 4)を行う。出隅部処理の種目や形状・寸法は, 表2のとおりとする。

(5) 防食端部処理工

埋設配管回りや受枠回りなどの端部および防

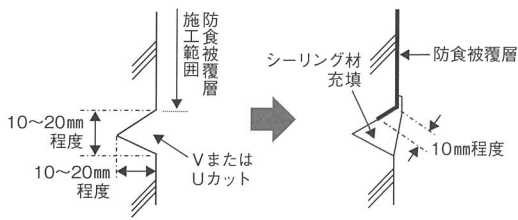


図5 被覆端部の処理例(塗布型ライニング工法およびシートライニング工法)

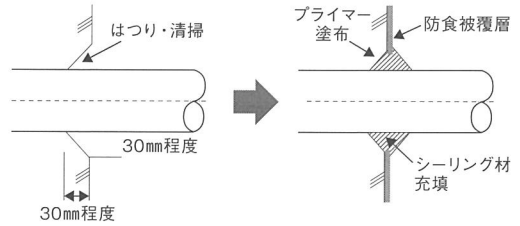


図6 直接埋設配管回りの処理例

食被覆層施工端部(防食被覆施工範囲外との境界部)は、コンクリートが劣化する直接的な原因である硫酸が侵入しやすいため、先述の箇所からの硫酸の侵入を防止するために適切に処理することを目的とする(図5, 6)。

(6) 見積り依頼書例

先述の処理項目を見積条件に取り込んだ依頼書の例を示している。

4 積算資料に適用する職種と主な職務

• 防食専門技術者

所定の資格要件(コンクリート防食技士)を満たし、コンクリート防食工事全般にわたり施工・品質管理を担当する技術者。国交省「設計業務委託等技術者単価『測量技師』」を適用する。

• 土木一般世話役

コンクリートおよびコンクリート防食に関し、相当程度の技術を有し、主として指導的な業務を行う者。国交省「公共工事設計労務単価」を適用。

• 特殊作業員/はつり工/左官工

相当程度の技能を有し、各種作業について必要とされる主体的業務を行う者。国交省「公共工事設計労務単価」を適用。

• 普通作業員

普通の技能を有し、各種作業について必要とされる補助的業務を行う者。国交省「公共工事設計労務単価」を適用。

5 積算資料策定の経緯

本積算資料策定は、2017年度期初に塗布型ライニング工法部会技術委員会で計画し、検討を

開始した。その後、シートライニング工法およびモルタルライニング工法にも関係するため、3部会合同で作業を進めてきた。

検討に先立ち、国内の各地域に所在する当協会会員より、施工実績にもとづく歩掛データを収集し、基礎資料として活用した。

約4年間の検討の末、原案を昨年8月に理事会の承認を得て、最終校正の上、11月の公表に至った。

6 おわりに

本積算資料を制定公表したことで、従来JSマニュアルでは適切な処理が必要とされているにも関わらず、適正な積算が行われていないため、その負担がコンクリート防食工事会社に押しつけられる不公平さの改善の一石となることを願い、本積算資料の普及に会員一同で取り組んで参りたい。

ただ、公表に先立ち、一部の自治体の意見を求めたところ、本積算資料の目的は理解できるが、出隅部処理工や防食端部処理工の場合は、設計時に数量計算する上で、非常に面倒であることから設計者に受け入れられない可能性があるため、例えば防食被覆面積に対する率計算を可能にするなどの改善をすることで、より採用されやすくなるとの意見をいただいた。今後、より採用されやすくなるためのさらなる改善が必要であると考えている。

これを機に、適正な設計・積算、適切な施工により、社会インフラの長寿命化に貢献できることを願う。

信頼の技術力でニーズに的確に応える専門集団

北海道支部

フクタカ工業(株) 011-856-4622

東北支部

(株)青建防水工業 017-788-4343
 奥羽クリンテックノロジー(株) 0178-44-1061
 奥羽工業(株) 019-624-6333
 若江化学(株)※ 022-223-9146
 ウォーターリンク(株) 022-762-7767
 (株)カツマタ 0225-22-9517
 日本ジッコウ(株)東北営業所 022-796-5312
 (株)リーテック 022-797-5531
 (株)レジンワーク 仙台営業所 03-5654-6216
 (有)山神組 0225-75-2728
 (株)アールシー・テック 018-853-1609
 (株)スミテック(旧社名:株シーピーテック) 018-893-6165
 (株)ナカムラ 0235-22-1626
 (有)エム・アンド・ティー 024-964-1230
 武山工業白河(株) 0248-25-3494

関東・甲信越支部

(株)SET 029-826-5035
 (株)トミナガ 029-254-4471
 (株)レジテック 029-836-4983
 (株)関東特殊防水 027-347-2210
 レチン工業(株) 0277-54-1333
 (株)アクアエージェンシー 048-764-8975
 (株)旭陽アクアレック 048-865-3812
 (株)ジック技建 0480-65-8181
 (株)ユキ建工 048-288-8080
 土松工業(株) 043-271-8150
 大栄(株)君津支店 0438-36-9706
 (株)大阪防水建設社 東京支店 03-5621-6075
 高杉商事(株) 042-321-2682
 日本ジッコウ(株) 東京支店 03-6803-2287
 (株)ネクスト 03-6457-3593
 (株)レジンワーク 東京支店 03-5654-6216
 (株)県央技研 045-877-7437
 (株)コーケン 045-778-3771
 (有)上下水管理工業 045-317-3687
 (株)成蹊建設 045-306-6631
 (株)伊達建設 0463-55-2565
 東亜興業(株) 045-465-6220
 日本ジッコウ(株)横浜営業所 045-307-4817
 (株)シゲル・コーポレーション 025-228-0351
 (株)北友建設 0250-62-3471
 (株)山梨施設管理 055-251-9797
 (株)五十鈴 0265-78-4331
 (株)五十鈴長野 026-259-6172
 (株)仙嶺 0263-58-3188
 (株)ヒューテック 0263-62-2330
 クリーンサービス(株) 055-951-1700
 (株)栗田工務所 055-971-4687
 東海下水道整備(株) 053-426-0111
 不化成品(株) 054-345-7401
 森商事(株)※ 静岡営業所 054-258-5211

中部・北陸支部

(株)セラスト 0763-55-6710
 ネイビー 080-9781-1959
 ハイテック(株) 076-452-2112
 北川瀝青工業(株) 076-241-1135
 三友化工(株) 076-239-4133
 (株)バルーフイング 058-233-1518
 日本水機工(株) 058-214-2925

(株)エコート技研 0568-35-2441
 (株)大阪防水建設社 名古屋支店 052-918-8601
 スズテック(株) 0566-92-4602
 (株)中央環境保全センター 052-761-1355
 (株)テックア 0569-35-3817
 (株)寺島塗装店 0567-28-2714
 日本ジッコウ(株) 中部営業所 052-433-1350
 (株)メイクス 0587-81-4390
 (株)レジン 0567-69-5671
 (有)ミエコロジー 0598-61-0660

近畿支部

滋賀コンクリートエンジニアリング(株) 0749-28-2061
 東洋建設(株) 077-524-2772
 大谷塗装工業(株) 0772-22-5360
 環境テクノス(株) 075-748-6766
 戸森エンジニアリング(株) 06-6459-6063
 (株)江川組 072-727-7777
 (株)エコ・テクノ 06-4255-5550
 大阪設備管理(株) 072-241-4818
 (株)大阪防水建設社 06-6762-5621
 川島樹脂工事(株) 06-6730-5740
 (株)ケンセイ 06-6323-6781
 (株)サンダ 072-252-0447
 (株)シオン 06-6531-0007
 (有)昭栄 072-721-7751
 (株)新栄建設 06-4305-1414
 (株)末廣興業 06-6202-0808
 相互通商(株) 06-6574-0650
 中外商工(株) 06-6443-7321
 (株)トキト 072-270-6462
 (株)橋本建設 072-264-3360
 (株)水原土木 0725-41-3988
 (株)レジンワーク 06-6332-6559
 (株)山口工業 06-7508-8947
 共進工業(株) 関西事業所 072-783-9988
 (株)コルテックス 078-948-2360
 山陰防水工業(株) 079-662-3561
 シントラエンジニアリング(株) 06-4950-7860
 大工園設備工業(株) 078-261-8429
 (有)タケダ防水技研 078-946-1607
 (有)中谷工業 078-936-7891
 ニチボウ(株) 079-240-8028
 ハイテック(株) 関西営業所 078-904-8045
 (株)マツバラ 0796-52-5538
 (株)三山工業 072-767-1003
 (株)ミズノ 0744-43-1031
 大芝建材(株) 0735-72-1111
 和歌山ベストン(株) 073-451-8686

中四国支部

新和産業(株) 0859-42-6661
 日本ハイコン(株) 0859-29-0561
 クリーン(株) 0854-82-5057
 山陰防水建材(有) 0852-66-3988
 (有)西日本防水化学 0855-22-3924
 (株)フマイククリーンサービス 0852-38-9090
 中国商工(株) 086-446-1210
 DK工業(株) 086-948-3298
 (株)営善 084-953-2154
 (有)昌和工業 082-876-4648
 田村化工(株) 082-237-2272
 中国富士化工建設(株) 082-284-3117
 千代田衛生興業(有) 0826-72-3067
 日本ジッコウ(株) 中国営業所 082-831-7505
 (株)ヒロコー 082-844-7791
 マーク建設(株) 広島支店 082-225-6450

イシン(株) 0834-21-1283
 オセオ防水工業(株) 083-927-7555
 (株)構造物クリニク 0836-62-5200
 (株)ジャパン特殊 083-251-2035
 (株)ダイモン 0835-22-0248
 (株)トクビル 0834-36-3880
 (株)ナガタ工業 088-645-0858
 環境テクノス(株) 四国支店 087-899-8490
 (有)四国レジン 087-885-0996
 菊池建設工業(株) 089-953-1256
 (株)住ゴム産業 四国支店 089-917-9108
 (株)西日本工業 四国支店 089-969-6450
 日本ジッコウ(株) 四国営業所 089-905-3833
 (株)ベストム 0896-75-1125
 アーキテック(株) 088-803-1155
 紀和工業(株) 088-832-2155
 (株)四国パイプクリナー 088-882-1192

九州支部

(株)エスケイテクノ 093-963-2484
 (株)大阪防水建設社 九州支店 092-504-7270
 オフィス・テクノ(株) 092-565-1430
 三栄工業(株) 092-511-0305
 (株)サンテック 093-475-7263
 (有)創研 0940-34-1414
 (株)西匠 092-400-3081
 日本ジッコウ(株) 九州営業所 092-512-2248
 日之出水道機器(株)※ 092-476-0595
 (有)藤本商事 0942-62-3215
 マーク建設(株) 093-612-3542
 ユージーエンジニアリング(株) 092-503-1850
 (株)イーテック 0955-58-8906
 (株)坂田組 0952-23-7795
 祐徳建設興業(株) 0952-24-2248
 祐徳元工業 095-865-7273
 サイクル産業(株) 096-200-6180
 (有)米田塗装店 0966-22-4566
 (株)エンジェル 0972-22-5555
 (有)I・C・Mコーポレーション 0985-72-2360
 (株)ヒラハラテクノ 0985-65-0521
 今別府産業(株) 099-256-4111
 (株)ダイヤモンド止水接着工業 099-264-8813
 (株)高千穂建材 0997-53-8658

沖縄支部

(株)トクシュ 098-946-4293
 (株)ニューテック 098-965-3119
 (株)流管工業 098-859-3362

2種正会員

日鉄セメント(株) 03-3279-0581
 ポリスリソリューションズ(株) 0467-84-9640
 アイカ工業(株) 大阪支店 06-6265-6813
 テクノスジャパン(株) 078-924-1234
 日本ジッコウ(株) 078-974-1141

賛助会員

SCプラグエテ協会※ 03-5644-7814
 タクソニーエアラス(株)大阪営業所※ 06-6453-4021

特別会員

エースコンサルタント(株) 078-920-2251

※賛助会員

JERコンクリート補改修協会 認定工法

対象施設 上水道施設・下水道施設など各種施設の新設・補修工事、防食工事

水道関連施設

● ZモルタルS-T工法: 無機質系 ● ジックレジンNP143F工法: ビスフェノールF形エポキシ樹脂系

下水道関連施設

【塗布型ライニング工法】

- ジックライトIII工法: 臭気低減タイプエポキシ樹脂
- ジックライトII工法: エポキシ樹脂積層仕様
- カーボンセラミック工法: セラミックパウダー入りエポキシ樹脂
- ジックレジンIE工法: エポキシ樹脂モルタル仕様
- ジックレジンKG工法: 耐有機酸エポキシ樹脂
- ジックコートVE工法: ビニルエステル樹脂

【シートライニング工法】

- ジックボード工法: ビニルエステル樹脂FRP複層板建設技術審査証明(下水道技術) 第1839号

【モルタルライニング工法】

- ZモルタルKS500工法: 高耐硫酸性モルタル

※ 断面修復材、シーリング材など補修材等各種取り揃えています。