

# 既存コンクリート造防火水槽等 維持管理マニュアル（案）

平成 23 年 3 月

財団法人 日本消防設備安全センター  
二次製品防火水槽等連絡協議会

## 目次

第1章 総則	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
第2章 基準・仕様書の変遷	2
第3章 代表的な劣化と劣化予想	6
3.1 代表的な劣化	6
3.2 中性化	9
3.3 床版の疲労	11
第4章 維持管理の水準および維持管理区分の設定	13
4.1 維持管理水準の設定	13
4.2 維持管理区分の設定	13
第5章 点検	14
5.1 点検の目的	14
5.2 適用範囲	14
5.3 点検および維持管理のフロー	15
5.4 点検の種別	16
5.5 点検者	17
5.6 点検の頻度と点検項目	17
5.7 構築後50年経過時の定期点検	18
5.8 点検機械器具の携行	19
5.9 点検評価の区分	21
5.10 点検結果の記録	23
第6章 対策	26
6.1 原則	26
6.2 対策選定・実施上の留意点	26
6.3 補修・補強後の防火水槽等の維持管理	27
6.4 補修・補強後の残存供用期間	27
6.5 改築について	28
第7章 補修	29
7.1 補修の目的	29
7.2 具体的な補修方法	29
第8章 補強	39
8.1 補強の目的	39
8.2 具体的な補強方法	40
第9章 補修・補強の例	44
おわりに	65
別添資料 アンケート調査結果	

## 第1章 総則

### 1.1 目的

本マニュアルは、地下に設置された鉄筋コンクリート造防火水槽等について、維持管理の基本である点検・判定・補修・補強・記録を効率的かつ効果的に行うために取りまとめたものである。

#### [解説]

防火水槽等は、地中に設置され内部に常に貯水し消火に備える消防の用の供する設備等であり、非常に重要性の高い構造物でありながら点検が難しい構造物である。

一方、地中に設置され常に貯水しているため、劣化要因が少ない構造物でもある。

また、昭和28年総理府告示第166号『国が行う補助対象となる消防施設の基準額防火水槽設置基準』において防火水槽等の規格が決められて以降、数回の改定が行われており、時代によって設計の考え方やコンクリート強度・部材厚・鉄筋量に差異がある。

他方、車両制限令など改定による交通荷重の割り増し、交通量の増大などにより、構築時の設計条件や周辺環境が異なってきている。

このような状況を踏まえ、効率的かつ効果的な維持管理を実施するために作成した。

### 1.2 適用範囲

本マニュアルは、既存コンクリート造防火水槽等について、維持管理の基本である点検・判定・補修・補強・記録に関する事項に適用する。

また、現場打コンクリート造防火水槽等のみとし、コンクリート造二次製品防火水槽等は含まないものとする。

#### [解説]

コンクリート造二次製品防火水槽等については、現場打コンクリート造防火水槽等との差異を考慮した上で適用範囲に含める検討する必要がある。

また、補助対象防火水槽等中の認定製品（コンクリート造以外も含む）は本マニュアルには含まれていないが、今後検討をしてゆく必要がある。

本マニュアルに規定されていない事項や詳細については、既存の維持管理に関する諸基準を参考とする必要がある。

- ・ 『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』 H20.3（日本消防設備安全センター）
- ・ 『耐震性貯水槽の設計手引き及び管理マニュアル』中の『耐震性貯水槽技術指針』  
H17.6（日本消防設備安全センター）
- ・ 『コンクリート標準示方書〔維持管理編〕』 H20.6（土木学会）
- ・ 『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針』 H20.7（日本コンクリート工学協会）
- ・ 『コンクリートの診断技術』 H22.1（日本コンクリート工学協会）
- ・ 『コンクリートライブラリー95 コンクリート構造物の補強指針（案）』 H19.7（土木学会）
- ・ 『コンクリートライブラリー119 表面保護工法設計施工指針（案）』 H20.11（土木学会）

## 第2章 基準・仕様書・コンクリートの変遷

防火水槽等の設計・施工する際の基準は、『補助金交付要綱』『基準額告示』などに防火水槽等の規格が定められているが、制定後、コンクリート標準示方書改定や地震による被災状況などにより順次変更されている。

また、コンクリートや鉄筋に関する技術の向上や新しい材料の開発によって、コンクリート標準示方書（土木学会）のコンクリートや鉄筋の許容応力度などが修正されてきている。

以上から、防火水槽等は、設置年によって設計や構造が異なっている現状であり、これらの変遷を把握しておくことが、維持管理上の判断を行う上で重要である。

表1に防火水槽等に関する基準の変遷を示す。

加えて、財団法人日本消防設備安全センターでは、昭和57年度に自治省消防庁の委託を受け、『「防火水槽等技術指針等の作成」に関する報告書』（昭和58年3月）が作成され、防火水槽等の設計に関する詳細な指針が整備された。表2にその概要を示す。

『「防火水槽等技術指針等の作成」に関する報告書』は、二次製品防火水槽等の認定基準などで運用されるとともに、車両制限令改定による交通荷重T-25の追加や平成7年の阪神大震災を踏まえ改定検討が行われ、昭和59年の『国が行う補助対象となる消防施設の基準額』の防火水槽等の規格の中では、『「防火水槽等技術指針等の作成」に関する報告書』に伴い部材厚・鉄筋量などで大幅な変更が行われて現在に至っている。表1参照。

また、コンクリート標準示方書も材料品質のアップおよび新技術の開発や技術の向上に伴い改定が行われおり、鉄筋かぶり・許容応力度・水セメント比・単位セメント量についてコンクリート標準示方書の変遷を表3に示す。

その他、参考として、コンクリートに関する材料・施工機械の歴史を以下に列挙する。

明治 08 年	国産セメント工場誕生（東京）
明治 34 年	国産鉄筋コンクリート用丸鋼 生産開始
昭和 13 年	国産コンクリートバイブレーター 開発
昭和 24 年	レディミクストコンクリート工場誕生（東京）
昭和 25 年	JIS R 5210 ポルトランドセメント 制定
昭和 25 年	コンクリート減水剤（AE 剤）導入（輸入）
昭和 25 年	コンクリートポンプ（定置式）開発（ポンプによるコンクリート打設開始）
昭和 26 年	国産アジテーター車（コンクリートミキサー車）開発
昭和 28 年	JIS A 5308 レディミクストコンクリート 制定 (レディーミクストコンクリートの使用本格化)
昭和 30 年	国産コンクリート減水剤 開発
昭和 35 年	国産鉄筋コンクリート用異形棒鋼 生産開始
昭和 39 年	JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼 制定
昭和 39 年	国産コンクリートポンプ車開発
昭和 41 年	国産ブーム付コンクリートポンプ車 開発
昭和 50 年	高性能減水剤 開発
昭和 57 年	JIS G 6204 コンクリート用化学混和剤 制定

表1 防火水槽等に関する基準の変遷

基準名	制定時期など	概要
国の補助の対象となる 消防施設を定める政令	昭和28年7月27日 政令第124号	設備 火災報知機、消防専用電話装置及び防火水そう
国が行う補助の対象となる 消防施設の基準額	昭和28年9月11日 総理府告示第166号	(1)構造は、鉄筋コンクリート造りであり、漏水防止を完全にしなければならない。 (2)原則として、地下式有蓋でなければならない。 (3)容量は、40立方メートル以上でなければならない。 (4)ポンプから底面までの距離が、原則として、4.5メートル以内でなければならない。 (5)吸管投入孔の直下に深さ0.5メートル以上のます状の「ストレーナ入れ」を設けてなければならない。 (6)吸管投入孔は、原則として、円型とし直径0.6メートル以上でなければならない。 (7)市町村の地理的状況等特殊の事情があり、特に必要と認める場合は、上記各号に掲げる規格によらないことができる。
国が行う補助の対象となる 消防施設の基準額	昭和36年10月 自治省告示第300号(改正) (元 昭和29年5月10日 総理府告示第487号)	防火水そうの規格 (1)40立方メートル級の有蓋の道路用防火水そうの規格は、左の各号によるものでなければならない。 ①鉄筋は、直径13ミリメートル以上のものを1400キログラム以上使用すること。 ②躯体のコンクリート配合比率はセメント一、砂二、砂利四とし、その厚さは、底面、側面及び蓋ともに25センチメートル以上であること。 (2)40立方メートル級の有蓋の空地用防火水そうの規格は、前頁各号に規定する40立方メートル級有蓋の道路用防火水そうの規格を準用する。 ①鉄筋は、直径9ミリメートル以上のものを470キログラム使用すること。 ②躯体のコンクリートの底面及び側面の厚さは、それぞれ20センチメートル以上。
国が行う補助の対象となる 消防施設の基準額	昭和56年4月3日 自治省告示第73号	防火水そうの規格 (1)40立方メートル級有蓋の道路用防火水そうの規格は、次の各号によるものでなければならない。 ①鉄筋は、直径13ミリメートル以上のものを2千キログラム以上使用すること。 ②躯体のコンクリートの強度は、4週圧縮強度で180キログラム毎平方センチメートル以上とし、その厚さは、底面、側面及び蓋ともに25センチメートル以上であること。 (2)40立方メートル級有蓋の空地用防火水そうの規格(昭和36年と同じ) ①鉄筋は、直径9ミリメートル以上のものを7百キログラム以上使用すること。 ②躯体のコンクリートの強度は、4週圧縮強度で180キログラム毎平方センチメートル以上とし、底面及び側面の厚さは、それぞれ20センチメートル以上であること。
国が行う補助の対象となる 消防施設の基準額	昭和57年度	(1)40立方メートル級有蓋の道路用防火水そうの規格は、次によるものでなければならない。 ①鉄筋は、直径13ミリメートル以上のものを2千キログラム以上使用すること。 ②躯体のコンクリート強度は、4週圧縮強度で180キログラム毎平方センチメートル以上とし、各面(吸管投入孔の部分を除く。)の厚さは25センチメートル以上であること。 (2)40立方メートル級有蓋の空地用防火水槽の規格は、前頁各号に規定する40立方メートル級有蓋の道路用防火水槽の規格を準用する。この場合において、前頁項ア中「地下式有害」とあるのは「地下式又は半地下式(地表面上の高さは、50センチメートル以下であること。)の有蓋」と同頁オ(ロ)中「13ミリメートル以上」とあるのは「9ミリメートル以上」と、「2千キログラム以上」とあるのは「千2百キログラム以上」と、同頁オ(ハ)中「25センチメートル以上」とあるのは、「20センチメートル以上」と読み替えるものとする。 ①鉄筋は、直径9ミリメートル以上のものを7百キログラム以上使用すること。 ②躯体のコンクリートの強度は、4週圧縮強度で180キログラム毎平方センチメートル以上とし、各面の厚さは、それぞれ20センチメートル以上であること。
国が行う補助の対象となる 消防施設の基準額	昭和59年 補助内容の改正 (二次製品水槽を補助対象とする)	有蓋の防火水槽の規格 ①コンクリート、材料の均質性、水密性、耐久性を考慮して設計基準強度(4週圧縮強度)は、現場打ち防火水槽にあっては240kg/cm <sup>2</sup> 以上、二次製品防火水槽にあっては300kg/cm <sup>2</sup> 以上のものであること。 ②鉄筋は、主鉄筋及び配力鉄筋は原則として直径13mm以上の異形鉄筋を、Ⅰ型にあっては1,600kg以上、Ⅱ型にあっては、2,000kg以上使用するものであること。 ③頂版、側版、底版及び底設ビットの躯体の厚さは、現場打ち防火水槽のⅠ型にあっては20cm以上、Ⅱ型にあっては25cm以上、二次製品防火水槽のRC部材にあっては20cm以上、PC部材にあっては15cm以上、鋼製部材にあっては3.2mm以上であること。
国が行う補助の対象となる 消防施設の基準額	平成2年度	有蓋の防火水槽の規格 ※コンクリート及び鉄筋の基準は昭和59年の基準と同じ

表 2 『「防火水槽等技術指針等の作成」に関する報告書』の概要

項 目	概 要
水槽の形式	1 槽式・地下式を原則とする。
水槽深さの限界	原則として、地表面から 4.5m までとする。
吸管投入孔	内径 60cm 以上で 1 水槽に 1 箇所以上頂版に取り付ける。
底設ピット	吸管投入孔直下に設けるものとする。 角ピット：60cm 角以上深さ 50cm 以上 丸ピット：直径 60cm 以上深さ 50cm 以上
荷重	I 型：上載荷重 $Q=1.0\text{t/m}^2$ （地震時も考慮） II 型：T-20（衝撃係数 0.3 考慮）の交通荷重（地震時は考慮しない） III 型：T-20（衝撃係数 0.3 考慮）の交通荷重（地震時は考慮しない）
地震の設計震度	$k_h=0.288$ 、 $k_v=0.144$
構造計算	常時・地震時の設計方法が記載された。 但し、40 m <sup>3</sup> 級防火水槽は原則として常時の計算のみ。
許容応力度	鉄筋の許容応力度 $1200\text{kg/cm}^2$ とする。
構造細目	最小部材厚 交通荷重を考慮する場合：25cm 以上 交通荷重を考慮しない場合：20cm 以上 最小鉄筋量 直径 13 mm 以上異型棒鋼を 30cm 以下の中心間隔で設置する。 鉄筋かぶり 水槽の内側 3cm 以上 外側 5cm 以上
二次製品の特例	鉄筋かぶり 2cm 以上

表3 コンクリート標準示方書の変遷

No	制定年	最小かぶり(床版)	コンクリート		鉄筋		水セメント比
			許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度(スラブ)	許容曲げ引張応力度	最小セメント量	
1	1931年	10mm以上 ※重要構造物は+10mm	$\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ ※ $\sigma_{ca} \leq 65\text{kg/cm}^2$	$\tau_a = 4.5\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{sa} = 1200\text{kg/cm}^2$	300kg/m <sup>3</sup> 以上	55～70%以下
2	1936年	10mm以上 ※重要構造物は+10mm	$\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ ※ $\sigma_{ca} \leq 65\text{kg/cm}^2$	$\tau_a = 4.5\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{sa} = 1200\text{kg/cm}^2$	300kg/m <sup>3</sup> 以上	55～70%以下
3	1940年	10mm以上 ※重要構造物は+10mm	$\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ ※ $\sigma_{ca} \leq 70\text{kg/cm}^2$	$\tau_a = 4.5\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{sa} = 1200\text{kg/cm}^2$	300kg/m <sup>3</sup> 以上	規定なし
4	1949年	10mm以上 ※重要構造物は+10mm	$\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ ※ $\sigma_{ca} \leq 70\text{kg/cm}^2$	$\tau_a = 4.5\text{kg/cm}^2$ ( $\sigma_{ck} \leq 160\text{kg/cm}^2$ ) $\tau_a = 5.5\text{kg/cm}^2$ ( $\sigma_{ck} > 160\text{kg/cm}^2$ )	$\sigma_{sa} = 1200\text{kg/cm}^2$	300kg/m <sup>3</sup> 以上	53～62%以下
5	1974年	10mm以上 ※重要構造物は+10mm	$\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ ( $180 \leq \sigma_{ck} \leq 400\text{kg/cm}^2$ )	$8.0 \leq \tau_a \leq 11\text{kg/cm}^2$ ( $180 \leq \sigma_{ck} \leq 400\text{kg/cm}^2$ )	$\sigma_{sa} = 1400\text{kg/cm}^2$ (SR24) $\sigma_{sa} = 1600\text{kg/cm}^2$ (SD30)	300kg/m <sup>3</sup> 以上 (参考)	55～65%以下 (試験練りによる)
6	1980年	10mm以上 ※重要構造物は+10mm	$\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ ( $180 \leq \sigma_{ck} \leq 400\text{kg/cm}^2$ )	$8.0 \leq \tau_a \leq 11\text{kg/cm}^2$ ( $180 \leq \sigma_{ck} \leq 400\text{kg/cm}^2$ )	$\sigma_{sa} = 1400\text{kg/cm}^2$ (SR24) $\sigma_{sa} = 1600\text{kg/cm}^2$ (SD30)	300kg/m <sup>3</sup> 以上 (参考)	55～65%以下 (試験練りによる)
7	1991年	25mm以上 ※腐食性環境は+15mm	$70 \leq \sigma_{ca} \leq 140\text{kg/cm}^2$ ( $180 \leq \sigma_{ck} \leq 400\text{kg/cm}^2$ )	$8.0 \leq \tau_a \leq 11\text{kg/cm}^2$ ( $180 \leq \sigma_{ck} \leq 400\text{kg/cm}^2$ )	$\sigma_{sa} = 1400\text{kg/cm}^2$ (SR24) $\sigma_{sa} = 1600\text{kg/cm}^2$ (SD30) $\sigma_{sa} = 1200\text{kg/cm}^2$ (SD30) ひび割れ検討省略の場合	規定なし	55～65%以下 (試験練りによる)
8	1996年	25mm以上 ※腐食性環境は+15mm	$7.0 \leq \sigma_{ca} \leq 14\text{N/mm}^2$ ( $18 \leq \sigma_{ck} \leq 40\text{N/mm}^2$ )	$0.80 \leq \tau_a \leq 1.10\text{N/mm}^2$ ( $18 \leq \sigma_{ck} \leq 40\text{N/mm}^2$ )	$\sigma_{sa} = 137\text{N/mm}^2$ (SR235) $\sigma_{sa} = 157\text{N/mm}^2$ (SD295) $\sigma_{sa} = 157\text{N/mm}^2$ (SD295) ひび割れ検討省略の場合	270kg/m <sup>3</sup> 以上 (高性能AE減水剤の場合)	試験練りによる
9	2002年	25mm以上 ※腐食性環境は+15mm	規定なし(性能設計)	規定なし(性能設計)	規定なし(性能設計)	規定なし	試験練りによる
10	2007年	(鉄筋径+施工誤差)以上	規定なし(性能設計)	規定なし(性能設計)	規定なし(性能設計)	規定なし (単位水量175kg/m <sup>3</sup> 以下)	65%以下 (試験練りによる)

### 第3章 代表的な劣化と劣化予測

#### 3.1 代表的な劣化

コンクリート構造物で生じる劣化について表4に示す。

しかし、防火水槽等は地中構造物で槽内に常に貯水している構造物であることから、以後の章は代表的な劣化をコンクリートの中性化および床版の疲労に絞って示す。

但し、その他の劣化については、設置される地域や場所・構築された年代によって、コンクリートの中性化や床版の疲労以外の原因による劣化も考えられることから、以下にその他の劣化について簡単に示す。

表4 コンクリート構造物の代表的な劣化

No	劣化内容
1	コンクリートの中性化による鋼材腐食
2	床版の疲労によるひび割れ発生
3	塩害による鋼材腐食
4	凍害によるコンクリート剥離
5	化学的侵食によるコンクリートの劣化
6	アルカリシリカ反応によるひび割れ発生

##### ①塩害による鋼材腐食

塩害は、製造時に海砂を使用したり、飛来する塩化物がコンクリート表面に付着しコンクリート中に浸透することによって、鋼材の防錆機能が破壊されて鉄筋が腐食する現象である。

海砂の使用と規制の経緯は以下の通り。

※旺盛なコンクリート需要をまかなうために昭和30年頃から海砂が使用されており、九州、四国、中国地方などを中心とした海砂の使用が急増している。

※塩害による被害が顕著化する中で、土木学会は、昭和49年度版『コンクリート標準示方書』で細骨材の0.1%以下との規制を開始している。

※昭和52年の建設省通達で、原則0.04%、条件付きで0.1~0.2%を上限との規制が行われ、昭和61年の塩化物総量規制（原規定）へと引き継がれている。

以上から、昭和50年以前には、大量の洗浄されていない海砂が使用されている可能性がある。

構築後に外部から進入する塩化物としては、融雪材、海岸付近の飛沫や海水との接触が上げられる。海岸線からの距離が500m位まではかなり影響を受けると考えられる。

以上から、九州・四国・中国地方の昭和50年以前に構築されて防火水槽等、海岸線から500m以内の地上に突出している防火水槽等および海に近接した埋め立て地に設置された防火水槽等は、塩害について注意が必要と考えられる。

尚、鋼材が腐食する腐食発生限界濃度は、コンクリート1m<sup>3</sup>当たり1.2kgである。



図1 塩害（融雪材）のよって損傷を受けた構造物

## ②凍害

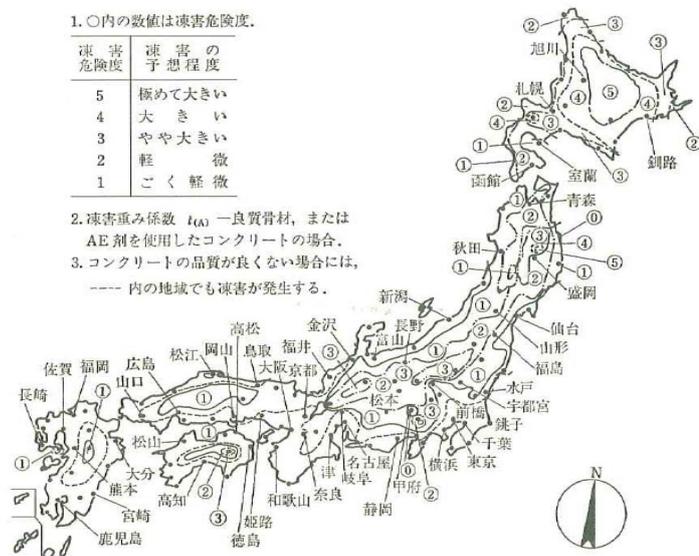
凍害は、コンクリート中の水分が $0^{\circ}\text{C}$ 以下となったときの凍結膨張によって発生するもので、長年にわたる凍結と融解の繰り返しによって、コンクリートが徐々に劣化する現象である。

凍害は、亀甲状の微細なひびわれと表面から剥離（スケーリング）しながら劣化が進行するのが特徴である。図3参照。

建築工事標準仕様書・同解説 鉄筋コンクリート工事（JASS5）に凍結危険度分布が示されており、地域の最低温度と相関で危険性が示されている。図2に凍害危険度の分布図を示す。

但し、防火水槽等は地下式が一般的であるので、凍害は起こりにくい。

よって、図2の凍害危険度4～5の地域にある防火水槽等で、地上に突出しているまたは床版が地上に露出している防火水は注意が必要である。



引用：『コンクリートの診断技術「10」』（日本コンクリート工学協会） p52

図2 凍害危険度の分布図



引用：『コンクリートの診断技術「10」』（日本コンクリート工学協会） p50

図3 凍害によるひび割れ状況

### ③化学的侵食

化学的腐食は、コンクリートが外部からの化学的作用を受け、その結果として、セメント硬化体を構成する水和生成物の変質あるいは分解して結合力を失ってゆく劣化現象である。

化学的腐食を及ぼす要因は、酸類・アルカリ類・塩類・油類・腐食性ガスなど多岐に渡り、その結果として生じる劣化減少も一様ではない。

一般的な環境においては、化学的腐食が問題となることは少なく、以下の地域に限定される。

- ※温泉地域
- ※酸性河川
- ※下水道関連施設
- ※化学工場や食品工場

以上から、上記地域に設置されている防火水槽等では、外部に化学的腐食を受ける可能性がある。

### ④アルカリシリカ反応

アルカリシリカ反応は、コンクリート中の強アルカリ性（pH=13）環境下においてアルカリシリカ反応性鉱物を含有する骨材が高いアルカリ性を示す水溶液に反応して、コンクリートに異常な膨張およびそれに伴うひび割れを発生させる現象である。図4参照。

アルカリシリカ反応は、昭和50年代に近畿・中国・北陸で安山岩砕石を使用したコンクリート構造物で損傷が発見された。

平成元年に、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に、アルカリ骨材反応に関する試験方法や判定基準、ならびにアルカリ骨材反応抑制対策の方法が規定された。

また、反応性骨材は、安山岩砕石のみならず火山岩系・変成岩系・堆積岩系など多種多様で、損傷を受けた構造物も全国の幅広い地域に分布している。

アルカリシリカ反応の特徴は、鉄筋の少ないコンクリート構造物では亀甲模様の巨視的なひび割れが発生し、アルカリシリカゲルの析出であるが、全てが特徴を有しているとは限らない。



a. 亀甲状のひび割れ



b. アルカリシリカゲル

引用：『コンクリートの診断技術 10』（日本コンクリート工学協会） p47-p48

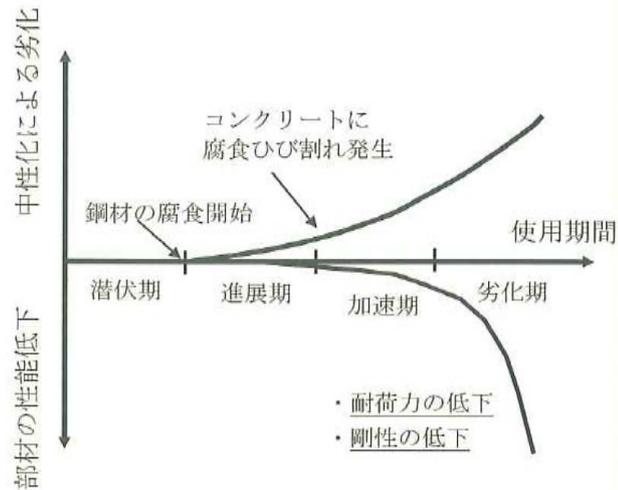
図4 コンクリート構造物の代表的な劣化

### 3.2 中性化

中性化は、アルカリ性であるコンクリートが二酸化炭素の影響を受けて中性化することで鋼材が腐食する劣化現象である。

#### (1) 中性化による劣化の進展

中性化による劣化の進行過程の概念図を図5に、劣化過程の定義を図6に示す。



引用：『2007年制定コンクリート標準示方書 維持管理編』（土木学会） p82

図5 中性化による劣化の進行過程の概念図

劣化過程	定義	期間を決定する要因
潜伏期	中性化深さが鋼材の腐食発生限界に到達するまでの期間	中性化進行速度
進展期	鋼材の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間	鋼材の腐食速度
加速期	腐食ひび割れ発生により鋼材の腐食速度が増大する期間	ひび割れを有する場合の
劣化期	鋼材の腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間	鋼材の腐食速度

引用：『2007年制定コンクリート標準示方書 維持管理編』（土木学会） p82

図6 中性化による劣化過程の定義

(2) 劣化の予想

中性化により鋼材が腐食し始めると、耐荷力の低下や剛性の低下に進展し、大幅な補修費用が必要となる。よって、中性化は中性化深さが鋼材の腐食限界に到達することに管理区分を置いた対応が必要である。

$t_0$ 年経過した中性化深さは、式1で示されることが研究者によって確かめられている。

$$y = b \cdot \sqrt{t} \quad \dots \dots \dots \text{式1}$$

- y : 中性化深さ (mm)
- t : 中性化期間 (年)
- b : 中性化速度係数 (mm/√年)

以上から、点検時点での中性化深さを測定することにより、次回点検までの期間に中性化深さが鋼材の腐食限界に到達するか否かが確認できる。

$$X \leq d - y_1$$

- ①鋼材の発生限界 : X (中性化の余長 10 mm)
- ②点検時点の中性化深さ : y  
ここで、b : 中性化速度係数 (mm/√年)  
10年間で3mm中性化した場合 式1より、 $b = 0.949 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$
- ③鉄筋かぶり : d
- ③点検時点の経過年数 :  $t_0$
- ④次回点検までの年数 :  $t_1$
- ⑤  $t_1$ 年後の中性化深さ :  $y_1 \quad \{y_1 = b \cdot \sqrt{(t_0 + t_1)}\}$

[解説]

現在の鉄筋かぶりは内側で 30 mmと規定されている。  
 コンクリート標準示方書（設計編）では、中性化に対する照査方法が示されている。  
 コンクリートの水セメント比 55%で 50 年経過した場合の中性化深さの予想値 X は、式2より 11.22 mmとなり、18.78 mmの中性化の余長が残ることとなり、鉄筋腐食限界である中性化深さの余長 10 mmまででも 8.78 mmあり十分に余裕がある数字となる。  
 単純に計算すれば、鉄筋腐食限界である中性化深さ 20 mm（鉄筋かぶり-10mm）に達するのは 158 年後となる。  
 一方では、D16 mmの半分 (=8 mm)の施工誤差があれば、50 年ではほぼ鉄筋の腐食限界に達することとなるので、注意が必要である。

$$X = 1.15 \times (-3.57 + 9 \times 0.55) \times 1.0 \times 1.0 \times \sqrt{50} = 11.22 \text{ mm} \dots \dots \text{式2}$$

ここに、

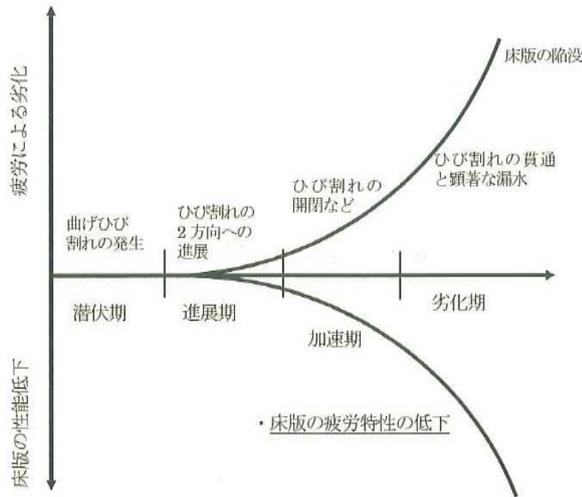
- $y_d$  : 中性化深さの設計値  $y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \cdot \sqrt{t}$
- $\alpha_d$  : 中性化速度係数の設計値  $\alpha_d = \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c$
- $\alpha_k$  : 中性化速度係数の特性値  $\alpha_k = -3.57 + 9 \cdot W/B$   
『土木学会コンクリート標準示方書（維持管理編）』（土木学会）2007
- W/B : 有効水結合材比（水セメント比）=55%（現在の JIS に準拠した値）
- t : 中性化の耐用年数（補強後 50 年の耐用年数を考慮 =50 年）
- $\beta_e$  : 環境の作用の程度を表す係数 =1.0（乾燥しにくい環境）
- $\gamma_{cb}$  : 中性化深さの設計値  $y_d$  のばらつきを考慮した安全係数 =1.15
- $\gamma_c$  : コンクリートの材料係数 =1.0

### 3.3 床版の疲労

床版の疲労は、荷重が繰り返し作用することによって、設計荷重以下でもコンクリートにひび割れを発生させる劣化現象である。

#### (1) 床版の疲労による劣化の進展

床版の疲労による劣化の進行過程の概念図を図7に、劣化過程の定義を図8に、ひび割れ進行状況を図9示す。



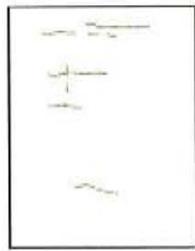
引用：『2007年制定コンクリート標準示方書 維持管理編』（土木学会） p178

図7 床版の疲労による劣化の進行過程の概念図

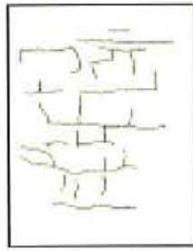
劣化過程	定義	期間を決定する要因
潜伏期 (状態Ⅰ)	乾燥収縮もしくは荷重による、主筋に沿った一方向ひび割れが数本程度確認できる段階。主筋の拘束条件によっては乾燥収縮や主筋温度変化による橋軸直角方向のひび割れが進行することもある。	適用した設計基準 床版厚、配力鉄筋量 床版支間長
進展期 (状態Ⅱ)	主筋作用による主筋に沿った曲げひび割れが進展するとともに、配力筋に沿う方向のひび割れも進展し始め、格子状のひび割れが形成される段階。外観上ひび割れの密度の増加は著しいが、床版の連続性(二方向性版)は失われていない。	施工 乾燥収縮 使用条件 交通量、車両重量(軸重) 走行位置
加速期 (状態Ⅲ)	ひび割れの網細化が進み、ひび割れの開閉やひび割れ面のすり磨き(こすり合わせ)が始まる段階。ひび割れのスリット化や角落ちが生じるとコンクリート断面の抵抗は期待できないので、床版の押抜きせん断耐力は急激に低下し始める。	上記に加えて 環境条件 浸透水の影響 実施してきた対策 橋面防水層の有無 補修、補強の有無
劣化期 (状態Ⅳ)	床版断面内にひび割れが貫通して床版の連続性が失われ、貫通ひび割れで区切られたはり状部材として輪荷重に抵抗することになる段階。貫通ひび割れの間隔やコンクリート強度、配筋量などが部材としての終局耐力に影響する。雨水の浸透や鉄筋腐食などにも配慮する必要がある。	上記すべて

引用：『2007年制定コンクリート標準示方書 維持管理編』（土木学会） p178

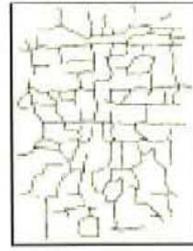
図8 床版の疲労による劣化過程の定義 (出展：コンクリート標準示方書 維持管理編)



状態Ⅰ（潜伏期）  
一方向ひび割れ



状態Ⅱ（進展期）  
二方向ひび割れ



状態Ⅲ（加速期）  
ひび割れの網細化  
と角落ち



状態Ⅳ（劣化期）  
床版の陥没

引用：『2007年制定コンクリート標準示方書 維持管理編』（土木学会） p186

図9 床版の疲労によるひび割れの進行

## (2) 劣化の予想

床版の疲労の劣化予想は、定量的に表すことは難しい。一方、進展期（2方向ひび割れ）になると耐荷力の低下や剛性の低下に進展するとともに、短期間に加期に進展するなどし、大幅な補修費用が必要となる。

よって、床版の疲労による劣化は、次回点検までに二方向ひび割れに進展しないことに管理区分を置いた対応が必要である。

## 第4章 維持管理の水準および維持管理区分の設定

### 4.1 維持管理水準の設定

管理者は、防火水槽等の維持管理における点検頻度および点検密度、補修・補強の程度などを決定するに当たり、以下のように管理水準を設定する。

- ・管理水準1種  
劣化や損傷が、消防水利の機能の確保に対する影響を未然に防ぐことを目標として管理する水準。
- ・管理水準2種  
劣化や損傷が、地上部の安全および消防水利の機能の確保に支障をきたすことを未然に防止することを目標とした管理の水準。
- ・管理水準3種  
劣化や損傷が、交通の確保および消防水利の機能の確保に支障をきたすことを未然に防ぐことを目標とする管理の水準。

#### [解説]

管理水準は、点検を効率的に実施することと、補修・補強に当たっての耐久性や耐荷性の回復あるいは向上の程度や優先度を設定するために、基本的には以下のように設定した。

ただし、管理者の判断により管理水準が設定されている場合はそれに従うものとする。

#### (1) 管理水準1種

管理水準1種とは、下記(2)(3)以外の全ての防火水槽等をいう。

#### (2) 管理水準2種

管理水準2種とは、地上部に公園・駐車場があり、第三者に被害を及ぼす可能性がある防火水槽等をいう。

また、地上部に公園や駐車場がなくとも重点密集地域に設置されている防火水槽等も含むものとする。

#### (3) 管理水準3種

管理水準3種とは、地上部に歩車道や防災公園があり、第三者に被害を及ぼす可能性が大きな防火水槽等をいう。

### 4.2 維持管理区分の設定

維持管理を行ううえで、防火水槽等の社会的、経済的な重要度、第三者影響などによって維持管理の必要性は大きく異なり、劣化予測、補修・補強などの難易度も相違する。

したがって維持管理区分として下記のように設定し、本マニュアルでは、4.1に示す管理者が設定した管理水準による点検を対象とし、管理水準1種は管理区分A、管理水準2種は管理区分B、管理水準3種は管理区分Cとして取り扱う。

- ・管理区分A： 観察維持管理（目視観察を主体とした維持管理）
  - (1) 使用できるだけ使用すればよいもの。
  - (2) 防火水槽等の消防水利としての機能を確保すればよいもの。
- ・管理区分B： 事後維持管理（事後保全を基にした維持管理）
  - (1) 劣化が外に表れてからでも対策が可能なもの。
  - (2) 劣化が外へ表れても機能に影響しないもの。
- ・管理区分C： 予防維持管理（予防保全を基にした維持管理）
  - (1) 劣化・損傷が顕著化した後では、対策が困難なもの。
  - (2) 劣化・損傷が外へ表れては困るもの。

## 第5章 点検

### 5.1 点検の目的

点検は、防火水槽等の劣化・損傷状態を把握するとともに、道路機能を阻害する損傷、第三者に被害を及ぼす可能性のある損傷、消防水利の確保に対する機能障害を早期に発見し、損傷の程度に応じた維持管理対策および方針を策定するための資料を得るために行うものである。

#### [解説]

点検は維持管理を円滑に実施するための基本であり、以下の目的を達成するために実施する。

- (1) 車両交通の安全性および快適なサービスなど地上機能の確保
- (2) 構造物としての耐久性・耐荷性の確保
- (3) 消防水利機能の確保

なお、点検は次回の点検時期までに危険な状態にならないことを判断する必要がある。

### 5.2 適用範囲

防火水槽等の点検には、初期点検、日常点検、定期点検、臨時点検とし、全ての点検に適用する。

#### [解説]

防火水槽等は、点検し難い構造物である。全ての防火水槽等について一律的に維持管理を行うと、膨大な時間と費用が必要となり、現在の点検体制と少々実態とはそぐわないものとなる。

本マニュアルでは、管理水準および維持管理区分の設定に合わせて、適切な点検を計画・実施することで、防火水槽等の機能確保と第三者に被害を及ぼさない点検の目的を達成のために、重要度や第三者被害の未然防止、損傷状況などを考慮した維持管理優先順位を活用して、日常点検および定期点検の方法や頻度を組合せるなど、効率的な点検計画をたてる必要がある。

### 5.3 点検および維持管理のフロー

点検および維持管理のフローを図10に示す。

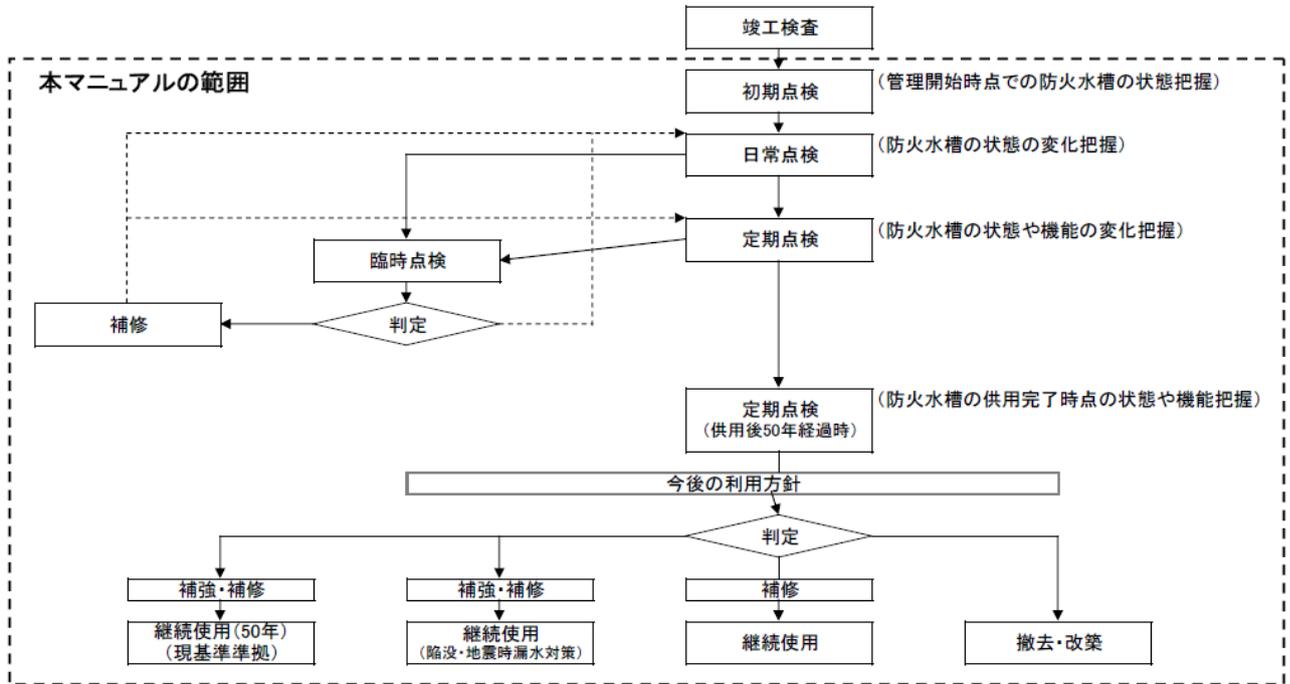


図10 点検および維持管理のフロー

## 5.4 点検の種別

### (1) 初期点検

初期点検とは、防火水槽等の供与開始時点で設定した防火水槽等の耐久性を確保する目的で実施する点検をいう。

### (2) 日常点検

日常点検とは、損傷の早期発見を図るために、原則として日常巡回を行う際に併せて実施する目視点検をいう。

但し、地震発生時は緊急的に日常点検を行うものとする。

### (3) 定期点検

定期点検とは、防火水槽等の機能（耐久性・耐力）を確認するために定期的に実施するものであり、主に目視および簡易な点検機械・器具により行う点検をいう。

通常、5.6の表4に示す点検頻度で行うが、火災によって消防水利が利用された場合には、臨時的に実施するものとする。

### (4) 定期点検（供用後50年経過時）

供与後50年を経過した際には、まず、継続使用・改築も含め今後の利用方針決定が必要であり、設定された利用方針実施に対するデータ収集のための点検をいう。

### (5) 臨時点検

臨時点検とは、日常点検および定期点検において異常が発見されたときに、主に防火水槽等の機能を確認するために行う点検をいう。

#### [解説]

防火水槽等は、地中になり内部の貯水しているため、点検のし難い構造物である。

適切な時期に適切な点検をすることが、防火水槽等の機能を長く維持する基本である。

日常点検は、主に目視により行う点検をいい、地上部と吸管投入孔からの目視調査が基本である。

定期点検は、一定期間の間隔を置いて行うものであるが、火災によって水槽内部が空になった場合にも実施するものとした。

臨時点検は、通常点検や定期点検で異常を発見した場合に行うものである。

防火水槽等を維持管理するためには、劣化や損傷のデータベースを構築する必要があり、統一的な点検を行うことが望ましい。

## 5.5 点検者

### (1) 初期点検

初期点検は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）が行うものとする。  
但し、構築時の中間検査（埋め戻し前）時に組み合わせて実施することが望ましい。

### (2) 日常点検

日常点検は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）が行うものとする。

### (3) 定期点検

定期点検は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）が行うものとする。

### (4) 定期点検（供用後50年経過時）

定期点検（供用後50年経過時）は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）と専門技術者が協力して行うものとする。

### (5) 臨時点検

臨時点検は、専門技術者が実施するものとする。

#### [解説]

施設管理者（消防機関等）が初期点検・日常点検・定期点検を行う上で、必要な知識や技術の習得のために講習会等による人材の育成が必要である。

防火水槽等やコンクリートに関する経験と専門知識を有する専門技術者とは、以下の者が望ましい。

- ・技術士（建設部門 鋼構造およびコンクリート）
- ・コンクリート診断士
- ・コンクリート主任技士
- ・1級土木施工管理技士
- ・上記と同等の経験を有するもの（講習会により調査技術の習得を認められた者を含む）

## 5.6 点検の頻度と点検項目

### (1) 点検の頻度

点検の頻度は、標準として表5の通りとする。

尚、火災で臨時的に定期点検を行った場合は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）の判断により、次回の調査を延期または割愛できるものとする。

表5 定期点検の頻度

点検種別	管理区分	頻度
初期点検	全て	構築時（埋め戻し前）
日常点検	全て	1回/2ヶ月程度
	全て	地震発生時
定期点検	管理区分1種	1回/25年
	管理区分2種	1回/15年
	管理区分3種	1回/10年
	対象となる防火水槽等	火災で使用した場合（内部空）
定期点検（供与後50年経過時）	全て	構築後50年目
臨時点検	対象となる防火水槽等	日常点検で異常を発見した場合
	対象となる防火水槽等	定期点検で異常を発見した場合

## (2) 点検項目

点検項目は、標準として表6の通りとする。

定期点検は、『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』の二次調査に準拠して行うものとする。

定期点検（供用後50年経過時）の点検項目については、5.7に示す。

臨時点検は、『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』の二次調査・三次調査に準拠して行うものとする。但し、異常の内容によって、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）と専門技術者が協議して調査内容を決定する必要がある。

点検項目は、標準として表6の通りとする。

表6 点検項目

点検種別	点検項目	
初期点検	①外観調査（ひび割れ・変状）	目視
	②コンクリート強度	反発硬度法
	③水槽内側の鉄筋かぶり	電子レーダー法
	④水槽外側の鉄筋かぶり	電子レーダー法
日常点検	①貯水量の増減	目視
	②地上面の変状（陥没・舗装割れ）	目視
	③マンホールの変状	目視（脱着確認）
定期点検	①構造物の緒元調査	資料確認
	②外観調査（ひび割れ・変状・漏水など）	目視
	③周辺環境調査	目視
	④事故暦・補修暦調査	資料確認
臨時点検	『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』準拠 （二次調査・三次調査） 防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等） と専門技術者が協議して調査内容を決定する。	

## 5.7 構築後50年経過時の定期点検

構築後50年経過時の定期点検は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）が決定する今後の利用方針に基づいて専門技術者と協議して調査内容を決定するものとする。

参考として、今後の利用方針の例を以下に挙げる。

- (1) 現在の基準に準拠して補修・補強を行い、以後50年間利用する。
- (2) 地震時の漏水および陥没事故対策のための補修・補強を行い継続利用する。（期間未定）
- (3) 劣化部分の漏水対策など必要最低限の補修を行い継続利用する。（期間未定）
- (4) 利用停止または改築

また、今後の利用方針を「現在の基準に準拠して補修・補強を行う場合」とした場合の点検項目の例を表7に示す。

表7 構築後50年経過時の点検項目の例

{利用方針「現在の基準に準拠して補修・補強を行う場合」}

点検種別	点検項目		
定期点検	①外観調査（ひび割れ・変状）	槽内・地上部	目視
	②コンクリート強度・中性化深さ	頂版・底版・側壁	コア法
	③水槽の鉄筋探査		電子レーダー法
	④はつり調査（鉄筋径・かぶり・腐食度）	頂版・底版・側壁	
	⑤はつり調査（中性化深さ）	頂版・底版・側壁	
	⑥構造物の緒元調査		資料確認（設計資料）
	⑦周辺環境調査		目視
	⑧事故暦・補修暦調査		資料確認
	⑨構築当時の設計図書調査		資料確認

※鉄筋探査は内側を原則とするが、可能な場合は外側も行う。

※はつり調査は内側を原則とするが、可能な場合は外側も行う。

## 5.8 点検機械器具の携行

定期点検作業の実施に当たっては、点検員は対象となる点検種別および点検作業の内容に応じて、必要な点検機械器具を携行しなければならない。

損傷・劣化の種類と使用器具例を表8に示す。

### [解説]

定期点検の場合には、効果的な成果をうるためにその目的に応じた適切な機器をつねに携行する必要がある。(1)～(3)に近接目視点検作業に用いる機器例を示し、表8に参考として損傷の種類に応じた一般使用器具例を示す。

#### (1) 点検用具

テストハンマー、スチールテープ、ノギス、ワイヤーブラシ、水糸、クラックゲージなど。

#### (2) 記録用具

カメラ式、チョーク、黒板、マジック、スケール、記録用紙など。

#### (3) 点検用補助機器

交通規制具、梯子（脚立）、ロープ、針金、ペンチ、懐中電灯、調査用車両、布片など。

表8 損傷・劣化の種類と使用器具例

損傷の分類	損傷・劣化の種類	調査方法	使用器具例
水槽外観	ひび割れ	目視	クラックスケール・コンベックス
	剥離	目視	テストハンマー
	遊離石灰	目視	写真
	豆板・空洞	目視	テストハンマー
	欠損	目視	写真
	鉄筋露出	目視	写真
	錆汁	目視	写真
	異常たわみ	目視	水糸・コンベックス
	変形	目視	水糸・コンベックス
躯体劣化	強度低下	反発硬度測定	リバウンドハンマー
		コンクリート強度測定(非破壊)	超音波法、衝撃弾性波法
		コンクリート圧縮強度試験	コア法
鉄筋劣化	鉄筋かぶり不足	鉄筋探査	電磁レーダー・電磁誘導
			はつりによる調査
	中性化進展	中性深さ測定	ドリル法
			コアによる試験 はつりによる調査
地上部変状	漏水	目視	写真
	段差	目視・簡易計測	写真・コンベックス
	舗装ひびわれ	目視・簡易計測	写真・コンベックス
	舗装わだち掘れ	目視・簡易計測	写真・コンベックス
	沈下	目視・簡易計測	レベル
	異常たわみ	簡易計測	水糸・コンベックス

## 5.9 点検評価の区分

### (1) 初期点検

初期点検の評価は、工事の出来方管理基準による。

但し、管理基準を満足していない場合は、適宜補修・対策工事を行い、管理基準を満足させる。

[解説]

鉄筋かぶりの調査結果に対する判定例を下記に示す。

①建築工事標準仕様書・同解説（鉄筋コンクリート工事）JASS5（2009）

鉄筋かぶりの調査結果に対する判定（例）を表9に示す。

表9 鉄筋かぶりの判定（例）

項目	判定基準	対策
測定値と最小かぶりの関係	測定値 $\geq C_{min}-10\text{mm}$	最小かぶり未満の箇所について対策を講じる。
最小かぶりに対する不良率	$P(x < C_{min}) \leq 0.15$	
測定結果の平均値の範囲	$C_{min} \leq X \leq C_d+20\text{mm}$	

※調査範囲は、頂版・壁・底版の各10%。不合格の場合は、20%に増やして調査する。

それでも不合格の場合は、全数検査とする。

※ $C_{min}$ ：最小かぶり（内側30mm、外側50mm）『耐震性貯水槽の技術指針』（H17.6）参照。

P：確率（ $x$ が $C_{min}$ を下回る確率）

$x$ ：測定値

X：測定結果の平均値

②コンクリート標準示方書（施工編）2007年版

耐久性照査時で設定したかぶり以上であること。（参考値 $\pm 5\sim 20\text{mm}$ ）

### (2) 日常点検

日常点検の評価区分は、表10のとおりとする。

表10 通常点検の評価区分

ランク	判定基準	臨時点検の要否	摘要
A	貯水の減水が有る場合。 防火水槽等上部の舗装に段差(10mm以上)が生じている場合。	要	
B	防火水槽等上部の舗装に割れが生じている場合	不要	次回定期点検確認
C	上記以外の場合	不要	

### (3) 定期点検

定期点検の評価区分は、『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』より表11のとおりとする。

定期点検において、臨時点検の要否を判定する。

表11 定期点検の判定区分

臨時調査の要否	判定基準
○（二次調査を行う）	aが1つ以上ある場合
×（調査の必要なし）	全てがcの場合

引用：『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』（日本消防設備安全センター）

#### (4) 定期点検（供用後50年経過時）

定期点検（供用後50年経過時）の評価は、防火水槽等の施設所有者または施設管理者（消防機関等）が決定する今後の利用方針に基づいて決定した調査結果（構造計算含）に基づいて総合的に判断するものとする。

但し、今後の利用の可否判定は、標準として表12の通りとする。

ここで、表12は、標準的なものであり、管理水準3種に適合させたものである。管理水準1種については、表12を基本とし、総合的に判断しても良い。

表12 定期点検（供与後50年経過時）の判定区分

調査結果	判定基準
×（今後の利用不可能）	コンクリートの圧縮強度が $21\text{N}/\text{mm}^2$ を下回っている場合 鉄筋腐食による断面欠損が発見された場合 段差のあるひび割れが発見された場合 疲労による2方向のひび割れが発見された場合 地盤沈下・不等沈下などが確認された場合
○（今後の利用可能）	上記以外

#### [解説]

鉄筋の腐食位置は目視では判別し難いので、自然電位法により腐食の可能性が予見される場所を選定して行うのが望ましい。

#### (5) 臨時点検

臨時点検評価の区分は、『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル』より表13のとおりとする。

ここで、表13は、標準的なものであり、管理水準3種に適合させたものである。管理水準1種については、表13を基本とし、総合的に判断しても良い。

表13 臨時点検の判定区分

ランク		改修の要否	
A	各調査項目のうち、ランク i が2つ以上あるいはランク i と ii の合計が半数以上の場合	要	構造的に不安定な状態であり機能低下も生じている。
B	各調査項目のうち、ランク i が1つあるいはランク i と ii の合計が1つ移住尾半数未満の場合	要～不要	機能低下は生じていないものの軽度の変状が見られる。
C	上記以外の場合	不要	当面改修不要。

※ランクBであっても、圧縮強度推定試験結果が基準値の100%未満の場合は、専門技術者の判断に基づく評価を行うものとする。

※ランクBであっても、鉄筋探査の評価結果が i（無筋構造もしくは鉄筋の平均ピッチが300mmを超える場合）は、専門技術者の判断に基づく評価を行うものとする。

## 5.10 点検結果の記録

- (1) 記録は、防火水槽等の維持管理を合理的かつ効果的に行うために、防火水槽等に関する情報を保存することを目的として行う。
- (2) 記録は、防火水槽等の点検、詳細調査、補修・補強などを行う際に、それらの項目・方法・工法などを選定する判断資料として活用し、終了後はその結果を記録に追加する。
- (3) 記録の内容はデータベースに蓄積するために電子化することを原則とする。  
記録すべき項目の例を表14～表18に示す。

### [解説]

- (1) 記録は、合理的な維持管理を行う上で重要および不可欠な資料になることから、防火水槽等の計画・設計、施工段階での情報および供用開始後に実施した各点検、詳細調査、補修・補強の履歴を保存することとする。
- (2) 点検、詳細調査、補修・補強などを行うときは、過去の記録を詳細に検討し、終了後の結果は記録を修正するのではなく、追加して履歴が分かるようにしなければならない。
- (3) 将来的には、防火水槽等の維持管理を合理的かつ効果的に行うために、防火水槽等マネジメントシステムの開発などに関連させ、カルテなどのデータベースを有効的に活用する必要がある。

表14 管理台帳の記入項目例

NO		
設置年月日		
設置場所		地図
設置条件	空地用・道路用 (T20・T25)	
吸管投入孔	数量 2箇所 ・ 1箇所	
	位置	図化
土かぶり	M	
構造図の有無	有・無	保管No
構造計算書の有無	有・無	保管No
管理水準	1種 ・ 2種 ・ 3種	
初期点検結果		
・ 目視調査結果	・ ・ ・ ・	図化 (変状箇所)
・ コンクリート圧縮強度 頂版 側壁 端面版 底版	N/mm2 N/mm2 N/mm2 N/mm2	
・ 鉄筋かぶり 頂版内側 頂版外側 側壁内側 側壁外側 端面版内側 端面版外側 底版内側	最小 mm、平均 mm 最小 mm、平均 mm 最小 mm、平均 mm 最小 mm、平均 mm 最小 mm、平均 mm 最小 mm、平均 mm 最小 mm、平均 mm	
・ 補修・修正箇所	・ ・ ・ ・ ・	図化
・ 気づき事項	・ ・ ・ ・ ・	

表15 日常点検記録項目の例

点検日	項目	判定	指示事項	管理ファイルNo
	貯水の増減	問題なし ・ 減水あり		
	水槽上部の状況	問題なし・舗装割れあり・段差 ( mm)		
	マンホールの開閉	問題なし・問題あり ( )		

表16 定期点検記録項目の例

点検日	判定	対策・指示事項	管理ファイルNo

表17 臨時点検記録項目の例

点検日	判定	対策・指示事項	管理ファイルNo

表18 補修記録項目の例

補修日	補修内容	管理ファイルNo
	・ ・ ・ ・	補修箇所の図化

## 第6章 対策

### 6.1 原則

5.9点検評価の区分(5)臨時点検の表13の結果において対策が必要とされた場合、および(4)定期点検(供用後50年経過時)の表12の結果において今後の利用が可能で対策を講じることにより継続使用が可能と判定された場合には、目標とする性能、構造物の重要性、管理区分、予定供用期間、経済性から、適切な種類の対策を選定し、実施するものとする。

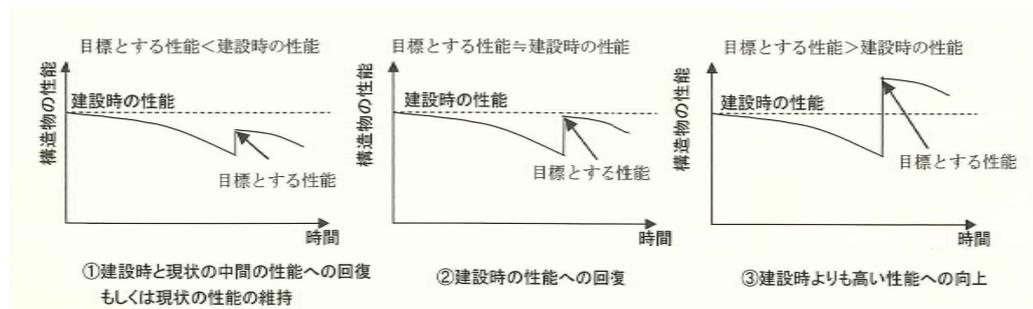
対策の選定・実施は、5.5点検者に示す専門技術者が行うのが望ましい。

対策の種類は、補修・補強・機能向上(補強)、改築とする。

[解説]

目標とする性能は、図11に示す3つが考えられる。

- ① 既存防火水槽等を建設時と現状との中間の性能へ回復または現状の性能の維持 {補修}
- ② 既存防火水槽等を建設時の性能へ回復 {補修または補強}
- ③-1 既存防火水槽等を建設時よりも高い性能へ向上 {機能向上(補強)}
- ③-2 既存防火水槽等を撤去し、現在の基準で構築する。{改築}



引用：『2007年度版コンクリート標準示方書 維持管理編』(土木学会)p66

図11 目標とする性能の考え方

### 6.2 対策選定・実施上の留意点

既存コンクリート造防火水槽等の補修・補強は、下記に示す通り特殊な施工条件であるため、対策を計画する場合には、現地条件や第三者への影響および経済性に十分留意しなければならない。

- ①φ600の吸管投入孔(1~2箇所)から資材・機器を搬入出来る工法であること。
- ②防火水槽等内部では機械施工が難しいため、人力で施工できる工法であること。
- ③補修・補強による等の貯水量の減少量が少ない工法であること。

但し、補助対象防火水槽等については、補修・補強工事により規定の貯水量(40m<sup>3</sup>、100 m<sup>3</sup>)を下回ることは認められていないことから、対策の選定・実施において留意が必要である。

また、対策は、ライフサイクルコストを考慮して、適切に選定しなければならない。

[解説]

ライフサイクルコストの概念を図12に示す。実線が改築の場合、点線が補修A(コスト：安、保証期間：短)の場合、一点鎖線が補修B(コスト：高、保証期間：長)の場合である。補修Aの通り、初期コストが安くても保証期間が短いため改修よりも高くなってしまいうケースがある。一方、補修Bの通り、補修Aに比べてコストが高いが保証期間が長いので供用期間完了時点で最も安くなる。

また、留意しなければならないのは、改築は現基準により構築されるため、建設当時または現状の性能に回復する補修とでは得られる性能が異なる点である。

以上から、補修・補強、改築について、供用期間全体を考えたコストや性能を考えた対策を講じることによって、適正な維持管理が可能となる。

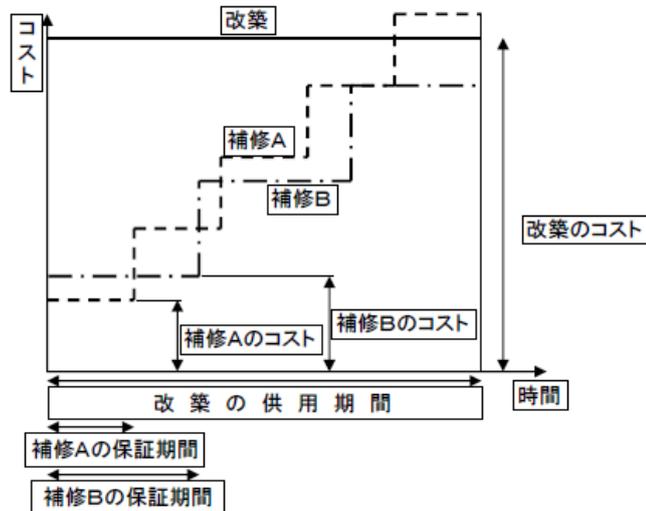


図12 ライフサイクルコストの概念

### 6.3 補修・補強した防火水槽等の維持管理

対策後の防火水槽等は、新たな劣化・損傷が生じていないか、また、目標とした性能が維持できているかを、表5で定められた頻度で定期点検を行わなければならない。

対策に使用した工法の保証期間が表5で定められた期間より短い場合は、工法の保証期間で定期点検を行うものとする。

[解説]

限られた部位を補修・補強した場合は、その適用によって構造物や部位・部材への環境・荷重作用の度合いが部分的に変化し、結果として応力分布・コンクリート内部の水分の分布状態・物質移動特性・電気化学的なバランス等が変化し、補修・補強を適用しない場合と異なる変状を生じる可能性もある。また、構造物の種類や環境・荷重条件によっては、補修・補強を適用しない部材あるいは部位に新たな変状が生じ、その変状の進展が構造物全体としての性能低下の主要な要因となる可能性も考えられる。従って、部材あるいは部位に補修・補強を適用した場合にも、単に補修・補強を適用した部材・部位のみに着目するのではなく、構造物全体を対象とした維持管理を適切に行うことが重要である。

### 6.4 補修・補強後の残存供用期間

供用後50年を経過していない場合で、工法の保証期間を加算しても50年に満たない場合の残存供用期間は、供用後50年までとする。

供用後50年を経過している場合や工法の保証期間を加算すると供用後50年以上となる場合の防火水槽等の残存供用期間は、対策に使用した工法の保証期間とする。但し、保証期間の完了時点で定期点検を行い、劣化状況の確認および必要な対策講じることで、材料の保証期間を最長にして残存供用期間を延ばすことが出来る。

[解説]

防火水槽等は、土中に設置され水槽内に常時貯水した状態であるため、紫外線劣化などは劣化が進みにくい構造物である。一方、水槽内に常時貯水した状態であることから、材料の耐水性など新たな劣化要因が発生する可能性がある。工法の保証期間を基本に置き、保証期間完了時に定期点検を行い、確認・必要に応じて補修した上で供用期間を延長するのが望ましい。

## 6.5 改築について

5.9点検評価の区分(4)定期点検（供用後50年経過時）の表12の結果において今後の利用が不可能と判定された場合、または表12で今後の利用が可能と判定された場合においても6.1～6.4での対策の検討結果から改築が選択された場合は、改築を行う事を原則とする。

### [解説]

供用後50年を経過していない場合で、定期点検において表12の結果が発見された場合には、専門技術者に依頼し、供用後50年の残存供用期間内について補修・補強による継続使用を優先させて検討を行うものとする。

## 第7章 補修

### 7.1 補修の目的

5.9点検評価の区分(5)臨時点検の表13の結果において補修が必要とされた場合、および(4)定期点検(供用後50年経過時)の表12の結果において今後の利用が可能で補修で継続使用が可能と判定された場合には、適切に補修を行わなければならない。

補修は、部材または構造物の劣化要因、劣化程度に応じた適切な工法や材料を選定して実施しなければならない。

現在実施されている一般的な補修工法を分類してまとめると図13の通りである。

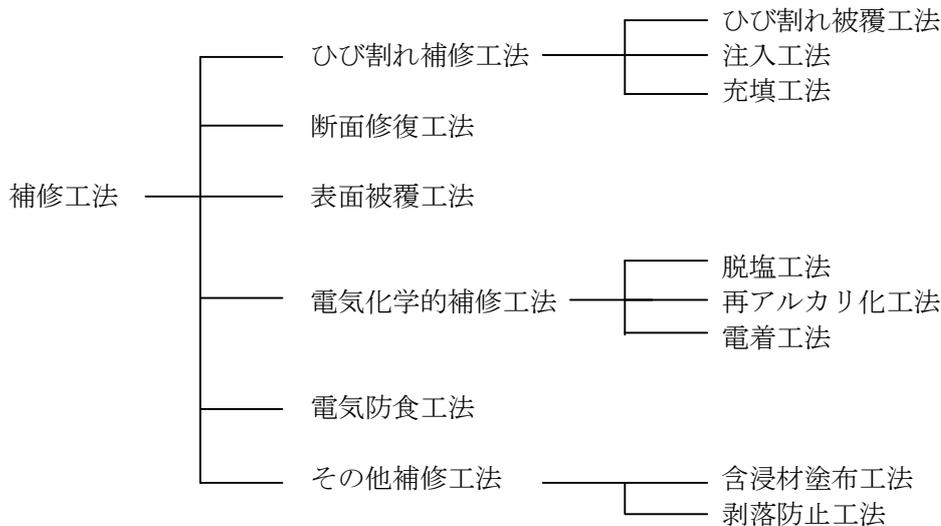


図13 主な補修工法の種類

[解説]

補修とは、劣化した部材あるいは構造物の今後の劣化進行を抑制し、現状耐力の回復、耐久性の回復・向上と第三者影響度(劣化した構造物の周囲において、人や器物に与える障害などの影響度合)の除去・低減を目的とした対策である。

### 7.2 具体的な補修方法

既存コンクリート造防火水槽等の劣化損傷として最も代表的な劣化であるひび割れ・欠損(ジャンカ含)・中性化・鋼材腐食を対象とし、ひび割れ補修工法・断面修復工法・表面被覆工法について一般的な考え方や補修方法を示す。

[解説]

塩害などの対策工法である電気化学的補修方法・電気防食工法による補修を行う場合は、『コンクリートライブラリー-107 電気化学的防食工法設計施工指針(案)』(土木学会)など関連指針を参考にして行うものとし、ここでは割愛する。

### (1) ひび割れ補修工法

ひび割れは、様々な劣化要因で発生する。代表的なひび割れ原因としては、コンクリートの乾燥収縮・コンクリートの不適当な打重ねや打継ぎ処理・中性化による鋼材腐食・アルカリ骨材反応・外力・疲労などが挙げられる。

コンクリートの乾燥収縮・コンクリートの不適当な打重ねや打継ぎ処理以外は、ひび割れが進行する可能性が高いため、補修しても剥離する等の現象が生じる場合があるため、ひび割れの補修に当っては、適切な調査を行いひび割れの発生原因を確定せねばならない。

ひび割れの発生原因の確定に当っては、『既存コンクリート造防火水槽機能診断マニュアル(案)』（日本消防設備安全センター）に示された専門家による3次調査の結果に基づき、『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2009-』（日本コンクリート工学協会）に準拠して行うものとする。

本マニュアルでは、コンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れを対象にし、表19および表20にひび割れ幅の部材性能への影響を、表21および表22に補修の要否判定表を示す。

防火水槽等は一般的に土中で満水の環境にあるので、鋼材腐食の観点からはひび割れ幅0.4mmを超える場合であれば部材性能への影響は大きく補修が必要となる。

しかし、防水性・水密性の観点からは、ひび割れ幅0.15mmを超える場合であれば部材性能への影響は大きく補修が必要で、ひび割れは0.05mmを超え0.15以下の場合には定期的な点検を条件に補修不要としている。

以上より、頂版は幅0.4mmを超えるひび割れについて、側壁・底版は幅0.15mmを超えるひび割れについて補修が必要である。

尚、側壁・底版について、幅0.05mmを超え0.15mm以下のひび割れが確認された場合は、日常点検で水位を定期的に確認するものとする。

また、但し、5.9点検評価の区分(4)定期点検（供用後50年経過時）において、段差のあるひび割れが発見された場合や疲労によるひび割れが二方向に進展している場合は、今後の利用不可能と判定することとしているので留意が必要である。

表 19 鋼材腐食の観点からのひび割れの部材性能への影響

環境条件	塩害・腐食環境下	一般屋外環境下	土中・屋内環境下	
ひび割れ幅： $w$ (mm)	$0.5 < w$	大 (20年耐久性)	大 (20年耐久性)	大 (20年耐久性)
	$0.4 < w \leq 0.5$	大 (20年耐久性)	大 (20年耐久性)	中 (20年耐久性)
	$0.3 < w \leq 0.4$	大 (20年耐久性)	中 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)
	$0.2 < w \leq 0.3$	中 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)
	$w \leq 0.2$	小 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)	小 (20年耐久性)

※評価結果「小」、「中」、「大」の意味は下記のとおり。

小：ひび割れが性能低下の原因となっておらず、部材が要求性能を満足する。

中：ひび割れが性能低下の原因となるが、軽微（簡易）な対策により対処が可能。

大：ひび割れによる性能低下が顕著であり、部材が要求性能を満足していない。

※※カッコ内の数値は耐久性評価結果を保証できる期間の目安としての年数を示しており、(20年耐久性)はひび割れの評価時点から15～25年後程度の耐久性評価結果を保証できる期間の目安として設定したものであり、15～25年の平均をとって示したものである。

引用：『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2009』（コンクリート工学協会）P81

表 20 防水性・水密性の観点からのひび割れの部材性能への影響

環境条件	常時水圧作用環境下		左記以外	
部材厚 (mm)	180未満	180以上	180未満	180以上
ひび割れ幅： $w$ (mm)	$0.20 < w$	大	大	大
	$0.15 < w \leq 0.20$	大	大	中
	$0.05 < w \leq 0.15$	中	中	小
	$w \leq 0.05$	小	小	小

※評価結果「小」、「中」、「大」の意味は下記のとおり。

小：ひび割れが性能低下の原因となっておらず、部材が要求性能を満足する。

中：ひび割れが性能低下の原因となるが、軽微（簡易）な対策により対処が可能。

大：ひび割れによる性能低下が顕著であり、部材が要求性能を満足していない。

引用：『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2009』（コンクリート工学協会）P82

表 21 表 19 に基づく判定表（鋼材腐食に対する耐久性の観点）

部材性能への影響	オーナーによる期待延命期間		
	10年未満	10～20年	20年以上
小 (20年耐久性)	補修不要	補修不要	補修不要 (定期的なひび割れ調査を実施)
中 (20年耐久性)	基本的には補修不要 (場合によっては補修必要)	基本的には補修不要 (場合によっては補修必要、定期的なひび割れ調査を実施)	補修必要
大 (20年耐久性)	基本的には補修必要 (場合によっては補修不要)	補修必要	補修必要 (補強、解体・撤去、建替えを含む)

引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』（コンクリート工学協会）P103

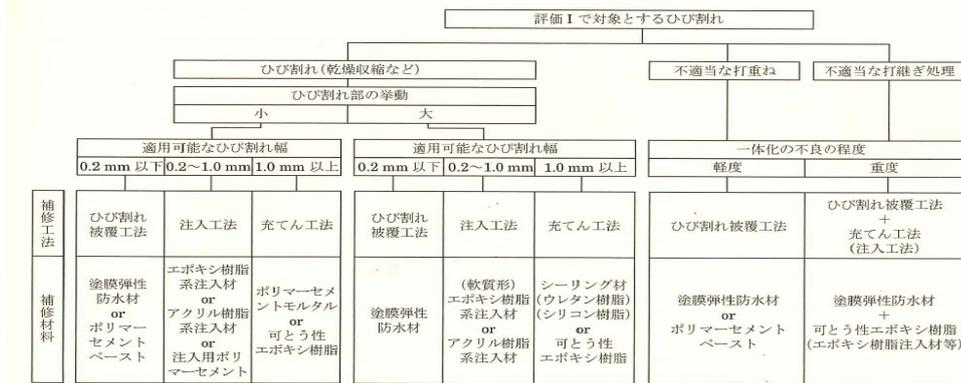
表 22 表 20 に基づく判定表（防水性・水密性の観点）

部材性能への影響	判定
小	補修不要
中	基本的には補修不要（場合によっては補修必要、定期的なひび割れ調査を実施）
大	補修必要

引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』（コンクリート工学協会）P103

続いて、図14にひび割れの補修工法選定例を示す。

図14より、ひび割れの補修工法としては、ひび割れ幅により、ひび割れ被覆工法・注入工法・充てん工法がある。各ひび割れ補修工法について詳細を示す。



※「評価Iで対象とするひび割れ」とは乾燥収縮や水和熱によるひび割れなど、竣工から数年内には収束すると考えられるひび割れをさす。

引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』（コンクリート工学協会）P121

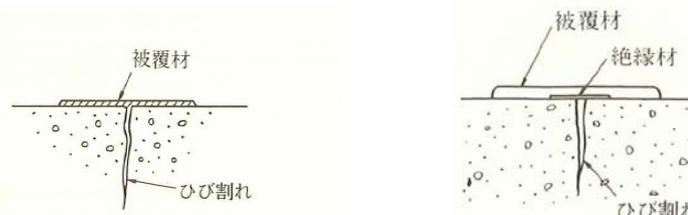
図14 ひび割れ補修工法の選定例

a) ひびわれ被覆工法

ひび割れ被覆工法は、微細なひび割れ（一般に幅0.2mm以下）の上に塗膜を構成させ、防水性・耐久性の向上させる目的行われる工法で、ひび割れのみを被覆する工法である。

ただし、ひび割れ被覆工法はひび割れ内部を処理できないことや、ひび割れ幅の変動が大きい場合や進行性のひび割れの場合には、ひび割れの動きに追従し難いことなどの欠点がある。

一般的な施工図を図15に示す。



i) ひび割れ幅の変動が小さい場合

ii) ひび割れ幅の変動が小さい場合

引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』（コンクリート工学協会）P127

図15 ひび割れ被覆工法施工例

ひび割れ被覆工法に用いられる材料は、塗膜弾性防水材等有機系被覆工法やポリマーセメント・セメントフィラー等無機系被覆工法が用いられるが、材料の選定にあたっては、表23および表24に示された要求性能を満足するものを使用しなければならない。

表23 有機系被覆工法の要求性能

品質項目	ひび割れの進行区分	ひび割れの進行が止まっている		
	材料	低追従	中追従	高追従
ひび割れ追従性	塗膜の伸び率 JSCE-K532-1999	0.15~0.40mm未満	0.40~1.00mm未満	1.00mm以上
防水性	透水量 JSCE-K523-1999	0.2g以下		
水蒸気透過性	透湿度 JSCE-K531-1999	5g/m <sup>2</sup> ・日以下。		
酸素遮断性	酸素透過性 JSCE-K521-1999	1.0ml/m <sup>2</sup> ・日以下		
二酸化炭素遮断性	JIS A1171	1mm以下		
塩化物イオン遮断性	イオン浸透深さ JSCE-K524-1999	発色しないこと		
コンクリートとの付着性	被膜とコンクリートの付着強度	1N/mm <sup>2</sup> 以上。		
耐アルカリ性	JIS A 6909-2000	ふくれ・割れ・はがれ・軟化・溶出がないこと。		
被膜の外観	外観	皮膜は均一で、流れ・むら・ふくれ・はがれがないこと。		
対候性	耐候性 JSCE-K511-1999	カンパインカーボンアーク灯1000時間またはキルナーランプ 灯1500時間照射を行った後 白亜化がなく、われ・はがれがないこと。 光沢保持率：80%以上 色差ΔE：3.00以下		

引用：『コンクリートライブラリー-119 表面保護工法設計施工指針(案)』(土木学会) p39

表24 無機系被覆工法の要求性能<sup>2</sup>

品質項目	ひび割れの進行区分	ひび割れの進行が止まっている		
	材料	低追従性	中追従性	高追従性
ひび割れ追従性	塗膜の伸び率 JSCE-K532-1999	0.1mm以上	0.4mm以上	1.0mm以上
防水性	透水量 JSCE-K523-1999	0.2g以下		
水蒸気透過性	透湿度 JSCE-K531-1999	5g/m <sup>2</sup> ・日以下。		
酸素遮断性	酸素透過性 JSCE-K521-1999	20×10 <sup>-12</sup> mol/(m <sup>2</sup> ・s・Pa)以下		
二酸化炭素遮断性	中性化促進試験 JIS A1153	1mm以下		
防水性	JSCE-K523-1999	5.0g以下		
塩化物イオン遮断性	イオン浸透深さ JSCE-K524-1999	発色しないこと (0mm)		
コンクリートとの付着性	付着強度 JSCE-K531-1999	1N/mm <sup>2</sup> 以上であること。		
被膜の外観	外観	皮膜は均一で、流れ・むら・ふくれ・はがれがないこと。		
対候性	促進対候試験 JSCE-K511-1999	300時間行った後、白亜化はほとんどなく被膜に割れ・剥がれがないこと。		

引用：『建設省総合プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発 第二編 アルカリ骨材反応被害構造物の補修・補強指針案』P223

引用：『コンクリートライブラリー-119 表面保護工法設計施工指針(案)』(土木学会) p39

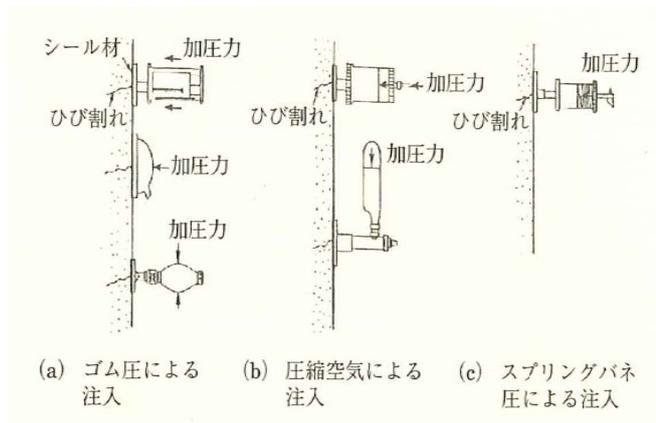
## b) 注入工法

注入工法は、ひび割れ（一般に幅0.2mm~1.0mm以下）に樹脂系あるいはセメント系材料を注入して、防水性・耐久性を向上させる目的で行われる工法である。

一般に幅0.2mm~1.0mm以下を対象とするが、最大幅5.0mm程度まで対応可能である。

従来の注入工法では、手動や足踏み式の機械注入方式で行われていたが、①注入の精度が作業員の熟練度に左右される。②注入量の管理が難しい。③注入圧が高いとひび割れの奥に樹脂が注入される前にひび割れに沿って樹脂が広がったり、シーリング材が割れたりする場合がある。等の問題があったため、現在では低圧低速注入工法（注入圧力0.4MPa以下）が主流となっている。

図16に低圧低速注入工法の施工例を示す。



引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』P127 より引用

図 16 注入工法施工例（低圧低速注入工法）

注入工法などに用いられる材料は、表 25 に示す『建設省総合プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発 第二編 アルカリ骨材反応被害構造物の補修・補強指針(案)』の品質規格を満足する材料を使用しなければならない。

表 25 注入材と充てん材の品質規格

項目	材料の種類	土木補修用エポキシ樹脂注入材 1 種	土木補修用エポキシ樹脂注入材 2 種	土木補修用エポキシ樹脂注入材 3 種	土木補修用充てん材 ポリマーセメント系	土木補修用充てん材 シーラント系
	ひび割れ進行区分 <sup>*1</sup>		B		A	B
ひび割れ幅 (mm)		0.2~5.0			5.0<	
粘度 (mPa・s)		1000 以下	4±1 <sup>*2</sup>	1000 以下	10000 以下	ゲルを認めず
可使時間 (分)		30 以上	30 以上	30 以上	30 以上	240 以上
硬化時間 (時間)		16 以内	16 以内	24 以内	16 以内	24 以内
硬化収縮 (%)		0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	—
伸び率 (%)		—	50 以上	100 以上	—	800 以上
モルタル付着強さ (乾燥面) (N/mm <sup>2</sup> )		6 以上	6 以上	6 以上	6 以上	たわみ量 10 mm 以上で破壊すること
付着力耐久性保持率 (%) <sup>*3</sup>		60 以上	60 以上	60 以上	60 以上	60 以上

\*1：A=ひび割れが進行している，B=ひび割れの進行が止まった

\*2：チキソトロピック係数 2rpm/20rpm の粘度で表す。

\*3：規格に対する百分率

引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』P128

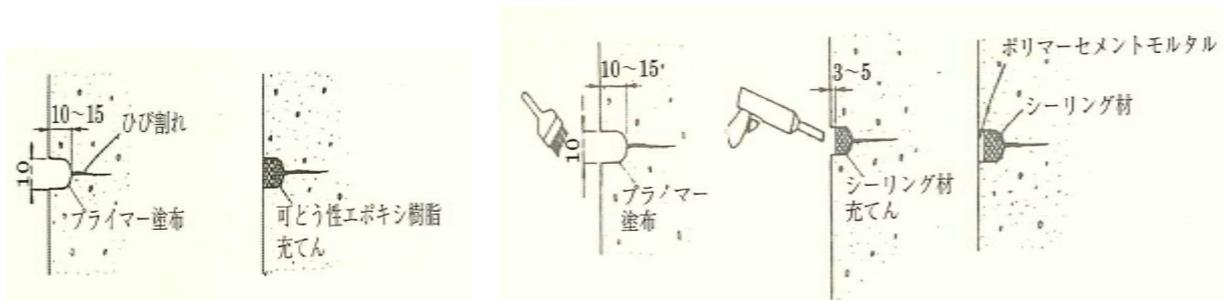
### c) 充てん工法

充てん工法は、ひび割れ（一般に幅1.0mm以上）の比較的大きなひび割れ、かつ、鋼材が腐食していない場合の補修に適する工法で、ひび割れに沿ってU字形にコンクリートをカットし、その部分に補修材を充てんする方法である。

充てん材は、ひび割れに動きがある場合と動きが無い場合で以下の通り使い分ける。

- ①動きがある場合 ウレタン樹脂などのシーラント系
- ②動きが小さな場合 可とう性エポキシ樹脂
- ③動きが無い場合 ポリマーセメントモルタル

図17に充てん工法の施工例を示す。



a) 可とう性エポキシ樹脂の場合

b) シーリング材の場合

引用：『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2009』P130

図17 充てん工法の施工例

充てん工法に用いられる材料は、注入工法と同じく表 25 に示す『建設省総合プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発 第二編 アルカリ骨材反応被害構造物の補修・補強指針(案)』の品質規格を満足する材料を使用しなければならない。

## (2) 断面修復工法

断面修復は、様々な劣化要因で発生した断面欠損および鉄筋腐食などハツリ作業で鉄筋を露出させて補修を行う場合に用いる。

代表的な劣化としては、初期欠陥〔豆板（ジャンカ）〕等による欠損、中性化などによる鋼材腐食・浮き・剥離が挙げられる。

断面修復に要求される性能は、修復部材、環境条件、施工法によって様々であるが、一般的には以下の通り。

- ① 圧縮・曲げおよび引張強度等が既存コンクリートと同等以上であること
- ② 熱膨張係数、弾性係数およびポアソン比が既存コンクリートと同等であること
- ③ 乾燥収縮が小さく、接着性が高いこと
- ④ 現場施工であれば作業性が良いこと

また、初期欠陥〔豆板（ジャンカ）〕等による欠損、中性化による鋼材腐食および浮き剥離などの補修の要否判定は、『非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル』（土木研究所）に示されている。表26、表27、表28にまとめる。

表27の中性化残りの考え方を図18に示す。

以上より、断面修復工の補修が必要なケースをまとめると以下の通り。

- ① 中性化深さが鉄筋付近まで到達（中性化残りが10mm未満）している場合
- ② 鉄筋に沿って連続的にひび割れ・錆汁・剥離・剥落が認められる場所。
- ③ 部分的にひび割れ・錆汁・剥離・剥落が認められ、鉄筋腐食で断面欠損している場合
- ④ 鉄筋に到達する深さ以上の欠損

但し、5.9点検評価の区分(4)定期点検（供用後50年経過時）において、鉄筋に断面欠損がある場合は、今後の利用不可能と判定することとしているので留意する。

表26 劣化度の補修の要否の考え方

劣化度	補修の要否
A	補修・補強の必要性が高い。構造物の耐荷性について検討を早急に行い、補修・補強の要否や補修方法などを検討する事が望ましい。
B	補修を実施する事が望ましい。構造物の今後の劣化予測を行い、補修の要否や補修方法などを検討することが望ましい。
C	直ぐに補修が必要であるとは限らない。しかし、構造物の今後の劣化予測を行って維持管理計画を立てるのが望ましい。
D	現状では補修の必要はない。

引用：『非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル』（土木研究所）p130

表27 中性化残りに対する補修の要否判定

中性化残り	判定
0mm未満	B
0mm以上、10mm未満	B
10mm以上、30mm未満	D

※ここで中性化残り=鉄筋かぶり-中性化深さ

参考：『非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル』（土木研究所）p128

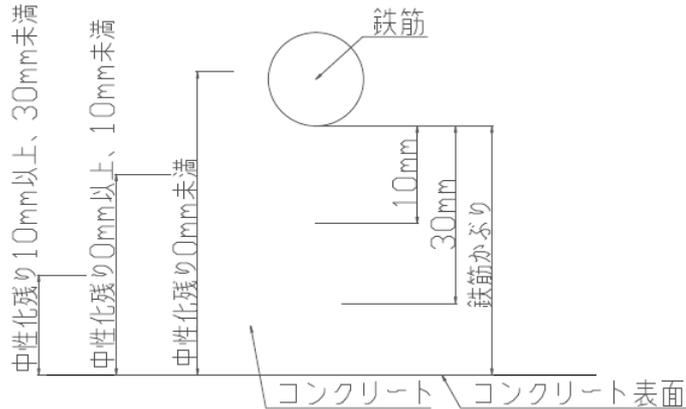


図18 表27の中性化残りの考え方

表28 鉄筋腐食に対する補修の要否判定

外観目視調査結果	ハツリ調査結果		
	鉄筋の断面欠損が著しい	鉄筋の断面欠損が軽微	ごく表面的な腐食
ひび割れ・錆汁・剥離・剥落が連続的に認められる場合	A	B	B
ひび割れ・錆汁・剥離・剥落が部分的に認められる場合	A	B	C
ごく軽微なひび割れ・錆汁が認められる場合	A	C	C

引用：『非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル』（土木研究所）p127

断面修復工法に用いる材料は、乾燥収縮によるひび割れの発生が少なく、コンクリートの一般的な性質が近似しているものが良い。

一般に使用されている断面修復材は、ポリマーセメント系と樹脂モルタル（ポリマーモルタル）系に大別される。材料の選定は、補修断面の大きさ、打ち継ぎ方向、早強性の要否、施工方法などの条件により選定する必要がある。

また、断面修復材の品質規格は、表29、表30、表31に示す『建設省総合プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発 第二編 塩害を受けた土木構造物の補修・補強指針(案)』の品質規格の材料を使用しなければならない。

表29 プレパックドコンクリートの注入モルタルの品質規格（モルタル注入工法）

項目	品質規格	試験方法
流動性	2.0～7.5（秒）	土木学会規準「プレパックドコンクリートの注入モルタルの流動性試験方法」
ブリージング率	0.0～1.0（％）	土木学会規準「プレパックドコンクリートの注入モルタルのブリージング率及び膨張率試験方法」
膨張率	0.0～5.0（％）	

引用：『建設省総合プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発 第二編 塩害を受けた土木構造物の補修・補強指針(案)』P45

表30 硬化したコンクリートの品質規格（コンクリート充てん工法）

項目	品質規格	試験方法
圧縮強度	200 kgf/cm <sup>2</sup> 以上 (20N/mm <sup>2</sup> 以上)	土木学会規準「プレキャストコンクリートの圧縮強度試験方法」及び「コンクリートの圧縮強度試験方法」
乾燥収縮度	5×10 <sup>-4</sup> 以下 (3ヶ月)	土木学会規準「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」

引用：『建設省総合プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」第二編「塩害を受けた土木構造物の補修・補強指針案」P45

表31 硬化したモルタルの品質規格（左官工法・吹付け工法）

項目	品質規格	試験方法
圧縮強度	200 kgf/cm <sup>2</sup> 以上 (20N/mm <sup>2</sup> 以上)	土木学会規準「セメントの物理試験方法」
乾燥収縮度	2.0×10 <sup>-4</sup> 以下 (3ヶ月)	土木学会規準「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」

引用：『建設省総合プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」第二編「塩害を受けた土木構造物の補修・補強指針案」P45

断面修復に関連する材料として、防錆材は、有機系・ポリマーセメント系およびプライマーに加え、錆転換塗料等があるが、表32に示す『鉄筋コンクリート補修用防さび材の品質規格』（日本建築学会）に準拠した防さび効果の高い材料を用いなければならない。

表32 鉄筋コンクリート用防さび材の品質規格

項目	基準値	
耐アルカリ性	塗膜に異常が認められないこと	
鉄筋に対する付着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	7.8 以上	
防せい性	処理部	防せい率：50% 以上
	未処理部	防せい率：-10% 以上*

\*：未処理部の防せい率は、防せい材で処理することによって、マクロセルを形成し、基材部の鉄筋腐食を促進するようなものであってはならず、比較用モルタルの発せい率とほぼ同等以下とし、発せい生率で+10% 以下（＝防せい率で-10% 以上）とした。

引用：『コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009』P132

また、断面修復に関連する材料として、プライマーは断面修復材のコンクリートへの接着性を強固にするために接着面に塗布する材料で、有機系・ポリマーセメント系およびプライマーがある。断面修復材との相性などを考えて選定しなければならない。次に、各断面修復工法について述べる。

#### a) 左官工法

左官工法は、補修面積が比較的小面積の場合に用いられ、エポキシ樹脂モルタルやポリマーセメントモルタルを左官コテを使用して充てんする工法である。

補修前には、脆弱部などがあれば事前にハツリ取り、ほこりなどを除去した強固なコンクリート下地を出すと共に、下地面に断面修復材との接着性向上を目的にプライマーを塗布する。

尚、鉄筋に腐食が確認された場合や中性化深さが鉄筋かぶりに達している場合には、鋼材の裏側までハツリ取って鋼材に防錆材を塗布する、コンクリート表面に表面被覆工法を併用するなどの配慮も検討する。

図19、図21に断面修復工（左官工法）の施工例を示す。また、図20に豆板（ジャンカ）の標準的な施工例（剥落する砂利がある場合・鉄筋が見えるほど深い）を示す。

#### b) モルタル注入工法

モルタル注入工法は、補修面積が比較的大面積の場合に用いられ、補修断面に合わせた形状で型枠を組み、流動性に優れたポリマーセメントモルタルやセメントモルタルをポンプで圧送して充てんする工法である。

躯体や桁の鉛直面（側面）や下面などの箇所に適用される。

補修前には、脆弱部などがあれば事前にハツリ取り、ほこりなどを除去した強固なコンクリート下地を出すと共に、下地面に断面修復材との接着性向上を目的にプライマーを塗布する。

尚、鉄筋に腐食が確認された場合や中性化深さが鉄筋かぶりに達している場合には、鋼材の裏側までハツリ取って鋼材に防錆材を塗布する、コンクリート表面に表面被覆工法を併用するなどの配慮も検討する。

図19に断面修復工（モルタル注入工法）の施工例を示す。

#### c) コンクリート充てん工法

コンクリート充てん工法は、補修面積が大面積の場合に用いられ、補修断面に合わせた形状で型枠を組み、流動性に優れたコンクリートを充てんする工法である。

躯体や桁の鉛直面（側面）や下面などの箇所に適用される。

補修前には、脆弱部などがあれば事前にハツリ取り、ほこりなどを除去した強固なコンクリート下地を出すと共に、下地面に断面修復材との接着性向上を目的にセメントペーストやプライマーを塗布する。

尚、鉄筋に腐食が確認された場合や中性化深さが鉄筋かぶりに達している場合には、鋼材の裏側までハツリ取って鋼材に防錆材を塗布する、コンクリート表面に表面被覆工法を併用するなどの配慮も検討する。

図20に豆板（ジャンカ）の標準的な施工例（砂利をたたくと連続的に剥落する場合）を示す。

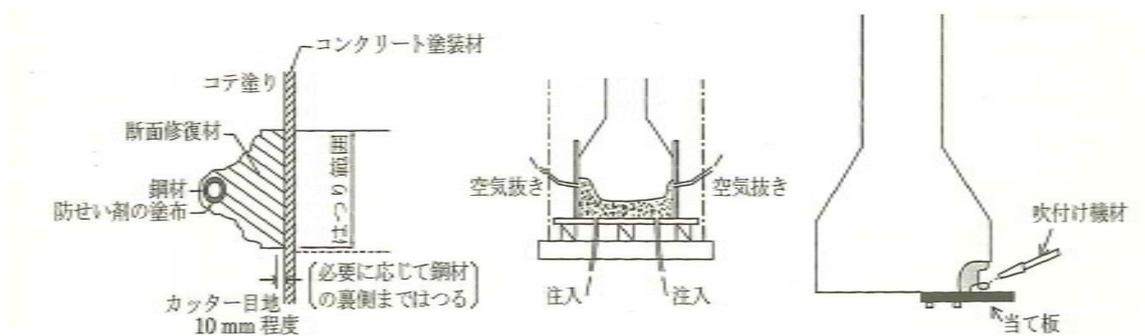
#### d) 吹付け工法

吹付け工法は、補修面積が比較的大面積の場合に用いられ、あらかじめ練り混ぜた断面修復材を吹付ける湿式工法と、粉体と水または混和液を別々に圧送して吹付ける乾式工法がある。

それぞれ専用の吹付け機を使用する。

補修前には、脆弱部などがあれば事前にハツリ取り、ほこりなどを除去した強固なコンクリート下地を出すと共に、下地面に断面修復材との接着性向上を目的にプライマーを塗布する。

図19に断面修復工（吹付け工法）の施工例を示す。



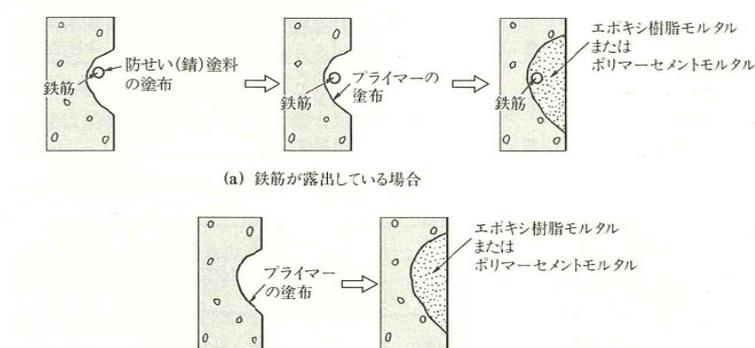
引用：『コンクリート診断技術' 10』（日本コンクリート工学協会）p253

図19 断面修復工法の施工例

	砂利が露出しているが、はく落さない	はく落する砂利がある	鉄筋が見えるほど深い	砂利をたたくと連続的にはく落する
豆板	<p>①ポリマーセメントモルタルの塗布</p>	<p>①表面部をはく取る ②ポリマーセメントペースト等の塗布 ③ポリマーセメントモルタル等充填</p>	<p>①ジャンカの除去 ②無収縮モルタルグラウト ③表面にポリマーセメントペーストを塗布</p>	<p>①ジャンカの除去 ②コンクリート打設 ③ポリマーセメントペーストの塗布</p>

引用：『コンクリート診断技術' 10』（日本コンクリート工学協会）p265

図20 豆板（ジャンカ）の標準的な断面修復工法施工例



引用：『コンクリート診断技術' 10』（日本コンクリート工学協会）p264

図21 外壁などの断面修復工法施工例

### (3) 表面被覆工法

表面被覆工法は、コンクリート構造物の表面に樹脂系やポリマーセメント系の材料で被覆する事により、水分・炭酸ガス・酸素および塩分などを遮断して劣化進行を抑制し、構造物の耐久性を向上させる工法である。

対象となるケースは、以下の通り。

- ①中性化残りが0mm以上10mm未満で鉄筋にさびが発生していない場合
- ②鋼材腐食が生じ断面修復工を行うが、かぶり不足で供用期間に中性化残りが10mmを下回る場合
- ③砂すじや豆板（ジャンカ）生じているが深さが浅く、鉄筋かぶりに達していない場合。
- ④漏水が発生している場合

表面被覆材の品質規格は、表23および表24に準拠した品質規格の材料を使用しなければならない。ひび割れ被覆工法と同様の工法であることから、図15に示す施工例を参考とする。

## 第8章 補強

### 8.1 補強の目的

5.9点検評価の区分(5)臨時点検の表13の結果において補強が必要とされた場合、および(4)定期点検(供用後50年経過時)の表12の結果において今後の利用が可能で補修・補強で継続使用が可能と判定された場合や機能向上(耐力)が必要とされた場合には、適切に補強を行わなければならない。

また、設計当初に構造物が保有していた以上の耐力に向上(機能向上)させる必要が生じた場合にも適用する。

現在実施されている一般的な補修工法を分類してまとめると図22の通りである。

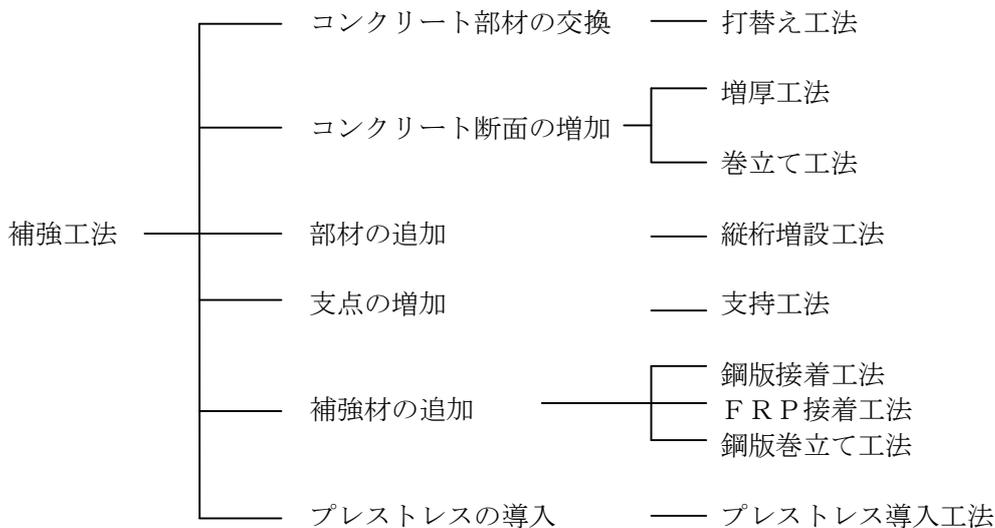


図22 主な補強工法の種類

[解説]

補強とは、部材あるいは構造物の耐荷性や剛性などの力学的な性能低下を回復または向上させることを目的とした対策である。

臨時点検の結果、表13において補修が必要と判定された場合の例を示す。

①鉄筋腐食による鋼材断面の欠損で設計当初の耐力が低下した場合

②ひび割れが多数発生し設計当初の耐力が低下した場合

但し、5.9点検評価の区分(4)定期点検(供用後50年経過時)において、鉄筋の断面欠損や段差のひび割れや疲労によるひび割れが二方向に進展している場合は、今後の利用不可能と判定することとしているので留意する。

また、建設当時に保有していた耐力を機能向上(耐力)させる必要が生じた場合の例を示す。

①車両の大型化による交通荷重の増大した場合

②設計条件の変更(空地用から道路用への変更、土被りの変更)した場合

③建設当時には検討していなかった地震時の安全性確保したい場合

補強にあたっては、『耐震性貯水槽技術指針』(日本消防設備安全センター)に準拠して断面力の算出などを行うものとする。

## 8.2 具体的な補強方法

既存コンクリート造防火水槽等の劣化損傷として最も代表的な劣化である鋼材腐食を対象とし、増厚工法とFRP接着工法について、一般的な考え方と補強方法を示す。

これら補強方法は、『コンクリートライブラリ-95 コンクリート構造物の補強指針(案)』（土木学会）等に準拠して行うものとする。

[解説]

その他方法を選択。実施する場合には、関連基準を参考にして行うものとし、ここでは割愛する。

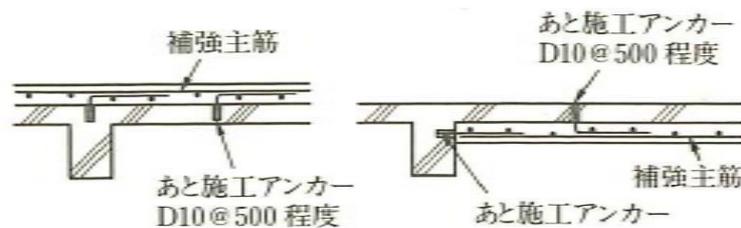
### a) 増厚工法

増厚工法は、既設のコンクリート部材の打設面に研掃後にモルタルやコンクリートなどのセメント系補強材を適切な方法で打設することにより部材断面を増加させると共に補強鉄筋を配置して補強を行う方法である。

既設コンクリート表面と増厚したセメント系補強材の間に適切に応力伝達が行われ、かつセメント系補強材が十分な強度を有していることが必要である。

補強に当っては、増厚工法の厚さ分だけ貯水量が減少するので、厚さの決定に当っては留意が必要である。特に、補助対象防火水槽等については、補修・補強工事により規定の貯水量（40m<sup>3</sup>、100 m<sup>3</sup>）を下回することは認められていないことから、対策の選定・実施において留意が必要である。

図23に施工例を示す。



i) 上面増厚工法

ii) 下面増厚工法

引用：『コンクリート診断技術' 10』（日本コンクリート工学協会）p275

図23 増厚工法の施工例

[解説]

増厚工法で補強する場合の断面計算例を以下に示す。

現在の設計条件で『耐震性貯水槽技術指針』（日本消防設備安全センター）に準拠して断面力を算出した結果、既存コンクリートでは許容応力度をオーバーする事が確認された。

そこで、部材厚を100mm増厚し、補強鉄筋D16@200mmした結果、いずれの応力度許容応力以内で安全な構造物になったケース。

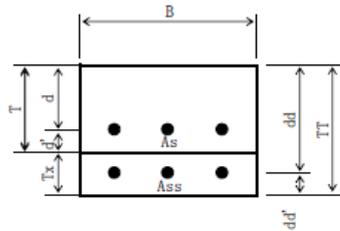
以下に、既存コンクリートにおける断面照査結果および増厚工法施工後の断面照査結果を示す。尚、増厚によって自重が増えることで作用断面力が増加する点に留意しなければならない。

増厚工法による計算例

部材幅B、部材厚T、鉄筋量Asの既存部材を増厚Tx・補強鉄筋量Assで補強した鉄筋コンクリート部材について、応力照査の考え方および計算例を示す。

ここで、『耐震性貯水槽技術基準』（日本消防設備安全センター）では、防水性を考慮し、鉄筋の許容引張応力度 $\sigma_{sa}=120\text{N/mm}^2$ としており、本基準に準拠して検討する。

(1) 諸条件



- 増厚 : Tx (mm)
- 部材幅 : B (mm)
- 既存部材の部材厚 : T (mm)
- 既存部材の鉄筋かぶり : d' (mm)
- 既存部材の有効高さ : d (mm)
- 既存部材の鉄筋量 : As (mm<sup>2</sup>)
- 増厚後の部材厚 : TT (mm)
- 増厚部の補強鉄筋かぶり : dd' (mm)
- 増厚部鉄筋の有効高 : dd (mm)
- 増厚部の補強鉄筋量 : Ass (mm<sup>2</sup>)
- 弾性係数比(鉄筋-コンクリート) : n ( = 15.0 )

(2) 中立軸距離

$$X = \frac{-(n \cdot As + n \cdot Ass)}{B} + \sqrt{\left(\frac{n \cdot As + n \cdot Ass}{B}\right)^2 + \frac{2}{B} \cdot (n \cdot As \cdot d + n \cdot Ass \cdot dd)}$$

(3) コンクリートの圧縮応力度

$$\sigma_c = \frac{M}{1/3 \cdot B \cdot X^2 + n \cdot As \cdot (d-X)^2 + n \cdot Ass \cdot (dd-X)^2} \leq \sigma_{ca}=8\text{N/mm}^2$$

(4) 鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = \frac{n \cdot \sigma_c \cdot (d-X)}{X} \leq \sigma_{ca}=120\text{N/mm}^2$$

(5) 補強鉄筋の引張応力度

$$\sigma_{ss} = \frac{n \cdot \sigma_c \cdot (dd-X)}{X} \leq \sigma_{ca}=120\text{N/mm}^2$$

(6) コンクリートのせん断応力度

$$\tau = \frac{S}{B \cdot (d-x/3)} \leq \tau_{ca}=0.425\text{N/mm}^2 \quad \text{※増厚の場合は、} d \rightarrow dd$$

応力度の計算結果

矩形断面			補強前		補強後	
			主筋	配力筋	主筋	配力筋
断面寸法	B (mm)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	
	T (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0	
	d (mm)	160.0	144.0	160.0	144.0	
	d' (mm)	40.0	56.0	40.0	56.0	
鉄筋量	As (mm <sup>2</sup> )	993.0	993.0	993.0	993.0	
	Ass (mm <sup>2</sup> )					
増厚	Tx (mm)	0.0	0.0	100.0	100.0	
	TT (mm)	200.0	200.0	300.0	300.0	
	dd (mm)	—	—	260.0	260.0	
	dd' (mm)	—	—	40.0	40.0	
補強鉄筋量	Ass (mm <sup>2</sup> )	0.0	0.0	993.0	993.0	
ヤング係数比(鉄筋)	n	15.0	15.0	15.0	15.0	
断面力	M (N・mm)	24000000	24000000	26000000	26000000	
	S (N)	70000	70000	70000	70000	
中立軸	X (mm)	55.7	52.3	86.0	83.9	
応力度	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	6.09	7.25	3.00	3.06	
	$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	170.90	190.95	38.78	32.90	
	$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )			112.11	118.28	
	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.49	0.55	0.30	0.30	
許容応力度	$\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	8.00	8.00	8.00	8.00	
	$\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	120.00	120.00	120.00	120.00	
	$\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.425	0.425	0.425	0.425	
判定			OUT	OUT	OK	OK

以上より、増厚工法（増厚100mm、補強鉄筋D16@200）で、既存コンクリートでは許容応力度をオーバーしていた部材が許容応力度以内に収まった。

#### b) FRP接着工法(炭素繊維連続シート接着工法)

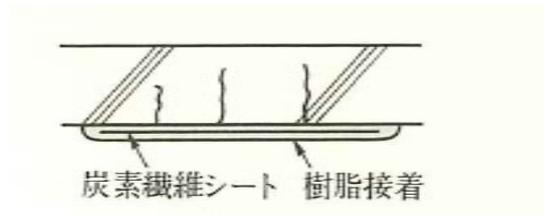
FRP接着工法は、一般に、既設コンクリート部材に鋼版や連続繊維シートなどの補強材を接着材で接着するか、接着剤あるいは充てん材で巻き立てることにより補強を行う工法である。

既設コンクリート表面と補強材の間に適切に応力伝達が行われ、かつ補強材の継手部や隅角部などが十分に強度を有していることが必要である。

設計等の検討は、『コンクリートライブラリ-95 コンクリート構造物の補強指針(案)』(土木学会)および『コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究(Ⅲ) -炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)-』(土木研究所)に準拠して行うものとする。

FRP接着工法は、軽量で現場施工がしやすいため、作業空間が限定される場所での作業が容易であり、補強厚が数mm程度と薄く貯水量の減少が小さい。

図24に施工例を示す。



引用：『コンクリート診断技術' 10』(日本コンクリート工学協会)p276

図24 増厚工法の施工例

#### [解説]

FRP接着工法(炭素繊維連続シート接着工法)で補強する場合の断面計算例を以下に示す。

現在の設計条件で『耐震性貯水槽技術指針』(日本消防設備安全センター)に準拠して断面力を算出した結果、既存コンクリートでは許容応力度をオーバーする事が確認された。

そこで、既存コンクリート表面に炭素繊維連続シート200g/m<sup>2</sup>と300g/m<sup>2</sup>を各1層 計2層を貼った結果、いずれの応力度許容応力以内で安全な構造物になったケース。

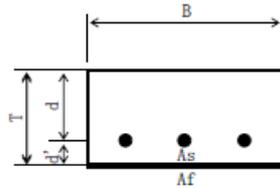
以下に、既存コンクリートにおける断面照査結果およびFRP接着工法施工後の断面照査結果を示す。

FRP(炭素繊維) 接着工法による計算例

部材幅B、部材厚T、鉄筋量Asの既存部材を炭素繊維補量Afで補強した鉄筋コンクリート部材について、応力照査の考え方および計算例を示す。

ここで、『コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究(Ⅲ)-炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)-』(土木研究所)に準拠して検討を行う。

(1) 諸条件



- 部材幅 : B (mm)
- 既存部材の部材厚 : T (mm)
- 既存部材の鉄筋かぶり : d' (mm)
- 既存部材の有効高さ : d (mm)
- 既存部材の鉄筋量 : As (mm<sup>2</sup>)
- 炭素繊維 引張弾性率 2.45 × 10<sup>5</sup> (N/mm<sup>2</sup>)
- 炭素繊維量 : Af (mm<sup>2</sup>)
- 弾性係数比(鉄筋-コンクリート) : n (= 15.0)
- 弾性係数比 (炭素繊維-コンクリート) : nf (= 18.4)

(2) 中立軸距離

$$X = \frac{-(n \cdot A_s + n_f \cdot A_f)}{B} + \sqrt{\left(\frac{(n \cdot A_s + n_f \cdot A_f)}{B}\right)^2 + \frac{2}{B} \cdot (n \cdot A_s \cdot d + n_f \cdot A_f \cdot T)}$$

(3) コンクリートの圧縮応力度

$$\sigma_c = \frac{M}{1/3 \cdot B \cdot X^2 + n \cdot A_s \cdot (d-X)^2 + n_f \cdot A_f \cdot (T-X)^2} \leq \sigma_{ca} = 8 \text{ N/mm}^2$$

(4) 鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = \frac{n \cdot \sigma_c \cdot (d-X)}{X} \leq \sigma_{ca} = 120 \text{ N/mm}^2$$

(5) 炭素繊維の引張応力度

$$\sigma_{ss} = \frac{n_f \cdot \sigma_c \cdot (T-X)}{X} \leq \sigma_{fa} = 245 \text{ N/mm}^2$$

(6) コンクリートのせん断応力度

$$\tau = \frac{S}{B \cdot (d-x/3)} \leq \tau_{ca} = 0.425 \text{ N/mm}^2$$

応力度の計算結果

矩形断面			補強前		補強後	
			主筋	配筋筋	主筋	配筋筋
断面寸法	B	(mm)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
	T	(mm)	200.0	200.0	200.0	200.0
	d	(mm)	160.0	144.0	160.0	144.0
	d'	(mm)	40.0	56.0	40.0	56.0
鉄筋量	As	(mm <sup>2</sup> )	993.0	993.0	993.0	993.0
	Af	(mm <sup>2</sup> )				
炭素繊維量			0.0	0.0	278.0	278.0
					200g/m <sup>2</sup> -1層 300g/m <sup>2</sup> -1層	200g/m <sup>2</sup> -1層 300g/m <sup>2</sup> -1層
ヤング係数比(鉄筋)	n		15.0	15.0	15.0	15.0
ヤング係数比(炭素繊維)	nf		18.4	18.4	18.4	18.4
断面力	M	(N・mm)	24000000	24000000	24000000	24000000
	S	(N)	70000	70000	70000	70000
中立軸	X	(mm)	55.7	52.3	64.9	62.1
応力度	oc	(N/mm <sup>2</sup> )	6.09	7.25	4.88	5.38
	os	(N/mm <sup>2</sup> )	170.90	190.95	107.24	106.48
	of	(N/mm <sup>2</sup> )			186.88	219.89
	τ	(N/mm <sup>2</sup> )	0.49	0.55	0.39	0.39
許容応力度	oca	(N/mm <sup>2</sup> )	8.00	8.00	8.00	8.00
	osa	(N/mm <sup>2</sup> )	120.00	120.00	120.00	120.00
	ofa	(N/mm <sup>2</sup> )	245.00	245.00	245.00	245.00
	τa	(N/mm <sup>2</sup> )	0.425	0.425	0.425	0.425
判定			OUT	OUT	OK	OK

以上より、FRP接着工法(炭素繊維200g/m<sup>2</sup>と300g/m<sup>2</sup>を各1層ずつコンクリート表面に接着する)で、既存コンクリートでは許容応力度をオーバーしていた部材が許容応力度以内に収まった。

## 第9章 補修・補強の例

別添資料（アンケート調査結果）より、日常点検における漏水の発見による補修は実際に行われているが、補強や供用後50年を経過した防火水槽等に対する対応は事例が少ない状況である。

そこで、5.3 点検および維持管理のフローの図10に示した供用後の50年を経過した防火水槽等の今後の利用方針に対応して、補修補強の例・案を示す。

例1 地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例

例2 地震時のひび割れによる漏水対策と共に、頂版の陥没対策のための対策を講じた施工例

例3 現在の基準 {『耐震性貯水槽技術指針』（日本消防設備安全センター）} に準拠した設計計算に基づき補強を行った施工例

## 例 1-1 地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例

### ①設置状況

- a) 設置場所 生活道路の直下
- b) 設計荷重 交通荷重T-20 (Ⅱ型)

### ②供用後50年の定期点検の結果

- a) 水槽内にひび割れ・欠損・浮き・錆汁などは見られなかった。
- b) コンクリート強度も設計基準荷重  $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  を満足していた。
- c) 中性化深さは鉄筋まで到達しておらず、中性化残り (=鉄筋かぶり - 中性化深さ) も10mm以上。
- d) 頂版・側壁・底版については、鉄筋の存在は確認されたが、鉄筋ピッチも粗く、現基準で計算しても安定しない可能性がある。

### ③今後の利用方針

「地震時の消防水利としての機能向上 (防水性) を図った上で、継続使用する。」  
(理由)

- a) 生活道路下の防火水槽等であり、住宅が近接しており取り壊しが難しい。
- b) 近くに、新設出来る場所がない。
- c) 住宅地であり、消火栓が期待できない地震時には重要な消防水利である。
- d) 道路は通行量もあまり多くない生活道路内である。
- e) 現時点で劣化・損傷もなく、耐久性も期待できる。

### ④補修方針

- a) 底版・側壁に、ひび割れに追従しひび割れが発生しても漏水を防止できる高い伸び性能を有する防水層を形成する。対応ひび割れ幅は、鉄筋コンクリート造で幅  $\omega=2.0\text{mm}$ 、無筋コンクリート造で幅  $\omega=10.0\text{mm}$  と仮定する。
- b) その他は、そのまま継続利用する。

### ⑤実績

なし。

### ⑥資料提供

H C 式貯水槽工業会

### [解説] 地震時のひび割れ幅の推定 (案)

地震時に鉄筋コンクリートに発生するひび割れ幅を『2007年版コンクリート標準示方書 (設計編)』 (土木学会) に曲げひび割れ幅の算定式より推定する。

ひび割れ幅  $\omega=1.1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \{4c+0.7(Cs-\phi)\} [\sigma_{se}/E_s + \varepsilon_{csd}']$  (mm)

ここに、 $k_1$  : 鋼材の表面形状がひび割れに及ぼす影響を表す係数 {丸鋼=1.3、異型棒鋼=1.0}

$k_2$  : コンクリートの品質がひび割れに及ぼす影響を表す係数  
 $=15/(f_{c'}+20)+0.7$  ※ $f_{c'}=\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  の場合  $k_3=1.07$

$k_3$  : 引張鋼材の段数の影響を表す係数  
 $=5 \cdot (n+2)/(7n+8)$  ※ $n=1$  の場合  $k_3=1$

$n$  : 引張鋼材の段数 ※ $n=1$

$c$  : かぶり (mm) ※ $c=40\text{mm}$  (かぶりが深い→ひび割れ幅増大。)

$Cs$  : 鋼材の中心間隔 (mm) ※ $Cs=500\text{mm}$  (間隔が大き→ひび割れ幅増大。)

$\phi$  : 鋼材径 (mm) ※ $\phi=12\text{mm}$

$\varepsilon_{csd}'$  : コンクリートの収縮などによるひび割れ幅の増加を考慮するための数値  
※50年経過している構造物  $\varepsilon_{csd}'=0$

$E_s$  : 鋼材のヤング率 ※ $E_s=200\text{kN/mm}^2$

$\sigma_{se}$  : 鉄筋応力度の増加量 ※安全を考慮して  $\sigma_{se}=\text{引張強度 } f_u' =400 \text{ N/mm}^2$

上記から、以下の条件でひび割れ幅を算定する。

(鋼材) 種別 (径) : 丸鋼  $\phi = 12\text{mm}$  かぶり :  $c = 40\text{mm}$  鉄筋間隔 :  $C_s = 500\text{mm}$  配置 :  $n=1$  の場合  
 $\omega = 1.3 \times 1.0 \times 1.07 \times 1.0 \times \{4 \times 50 + 0.7 \times (500 - 12)\} \times [400 / 200000 + 0] = 1.51\text{mm}$   
鉄筋コンクリート造の場合の地震時の最大ひび割れ幅は、 $\omega = 2.0\text{mm}$  と仮定する。

また、『新潟県中越地震 防火水槽等被害状況調査報告書 H18.3』(日本消防設備安全センター)において、最大10mmのひび割れが発生し漏水が確認されていることから判断し、無筋コンクリート造の地震時の最大ひび割れ幅は、 $\omega = 10.0\text{mm}$  と仮定する。

[参考] ひび割れ追従性の高い防水材

ひび割れに追従しひび割れが発生しても漏水を防止できる高い伸び性能を有する防水層に対応する工法例を以下に示す。

防水材の選定にあたっては、表23および表24に示された要求性能を満足するものを使用しなければならない。

また、ひび割れに追従しひび割れが発生しても漏水を防止できる性能については、基準となる試験方法がないため、メーカーの試験成績表により判断するものとする。

#### (1) シリコン系防水材

材 質 : シリコン樹脂100%の無機系弾性塗膜コーティング材

性 能 : 伸縮率2,000%以上

施 工 : ローラー、刷毛、コテ、通常の塗装用吹付け機械 (小規模から大規模施工可能)  
常温下での吹付け施行

塗膜厚 : 0.2mm ~ (部位、要求性能により塗り重ね可能)

#### (2) アスファルト系防水材

材 質 : アスファルト系塗膜防水材(エマルジョン)

性 能 : 伸縮率1,300%

施 工 : 専用の吹付け機械使用小規模工事の場合、工事費が割高  
常温下での吹付け施工 塗膜厚 : は2.0mm



a) シリコン系防水材

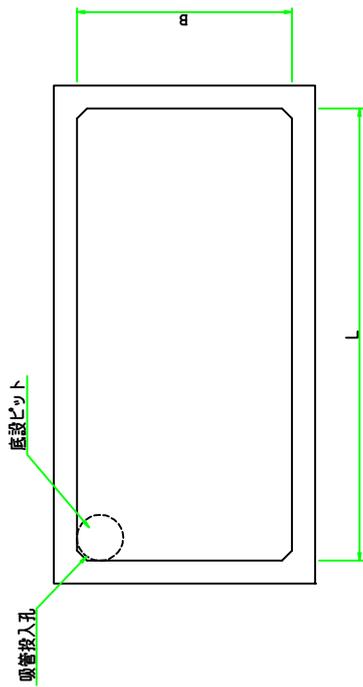


b) アスファルト系防水材

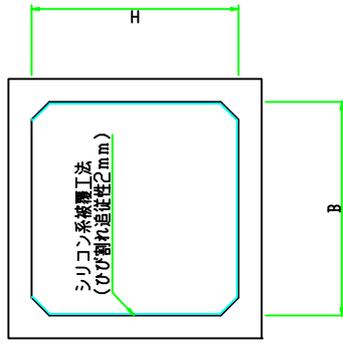
図25 ひび割れ追従性防水材の施工例

ケース1-1-1 地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例  
地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ追従性の高い防水材（側壁・底版）

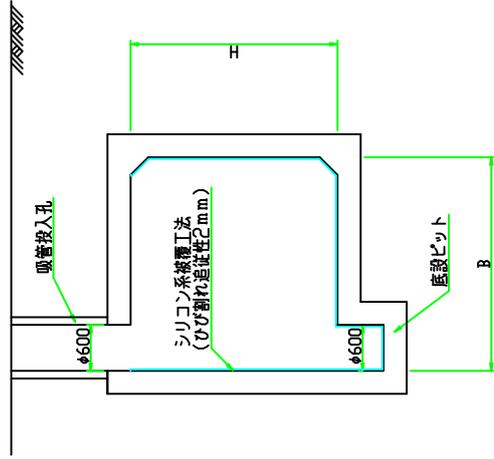
平面図



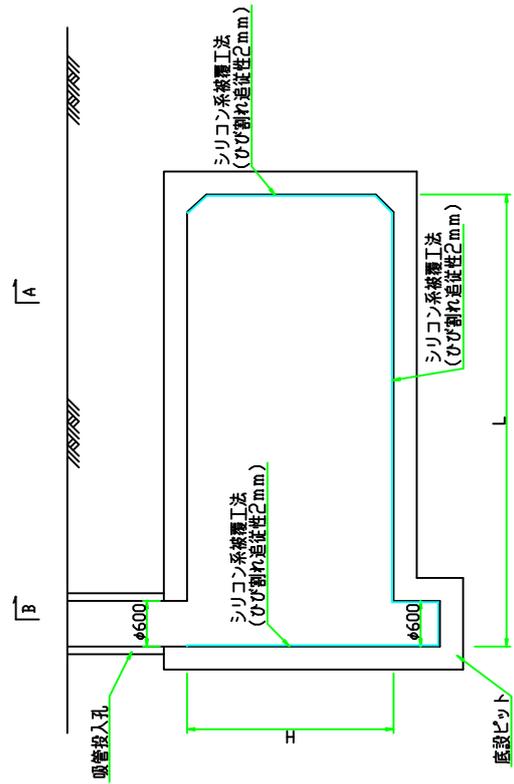
A-A



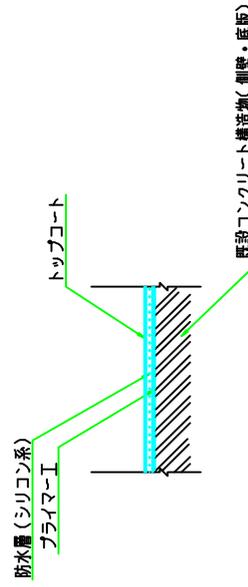
B-B



側面図



シリコン系防水材料詳細図



※防水材施工前には、施工面を洗浄すると共に、ひび割れ、欠損など損傷があれば事前に補修を行う。  
※本図の防水材は、側壁・底版が鉄筋コンクリート造の場合を示す。  
※防水材のひび割れ追従性は、鉄筋コンクリート造の場合 幅2.0mmとする。  
※防水材のひび割れ追従性は、無筋コンクリート造の場合 幅10.0mmとする。  
※本図は施工例であり、実態に当たっては対象となる防火水層について十分な検討を行う必要がある。

## 例 1 - 2 地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例

### ①設置状況

- a) 設置場所 生活道路の直下
- b) 設計荷重 交通荷重T-20 (Ⅱ型)

### ②供用後50年の定期点検の結果

- a) 水槽内にひび割れ・欠損・浮き・錆汁などは見られなかった。
- b) コンクリート強度も設計基準荷重  $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  を満足していた。
- c) 中性化深さは鉄筋まで到達しておらず、中性化残り (=鉄筋かぶり - 中性化深さ) も10mm以上。
- d) 頂版・側壁・底版については、鉄筋の存在は確認されたが、鉄筋ピッチも粗く、現基準で計算しても安定しない可能性がある。

### ③今後の利用方針

「地震時の消防水利としての機能向上 (防水性) を図った上で、継続使用する。」  
(理由)

- a) 生活道路下の防火水槽等であり、住宅が近接しており取り壊しが難しい。
- b) 近くに、新設出来る場所がない。
- c) 住宅地であり、消火栓が期待できない地震時には重要な消防水利である。
- d) 道路は通行量もあまり多くない生活道路内である。
- e) 現時点で劣化・損傷もなく、耐久性も期待できる。

### ④補修方針

- a) 底版・側壁のひび割れ発生が予想される箇所に誘発目地を設け、高弾性樹脂 (伸び率200%) を充填し、誘発目地でひび割れが発生させると共に、漏水を防止する。
- b) 底版・側壁のひび割れ発生が予想される箇所に高弾性樹脂 (伸び率200%) の防水層を形成し、誘発目地以外の箇所でひび割れが発生した場合に漏水を防止する。
- c) その他は、そのまま継続利用する。

### ⑤実績

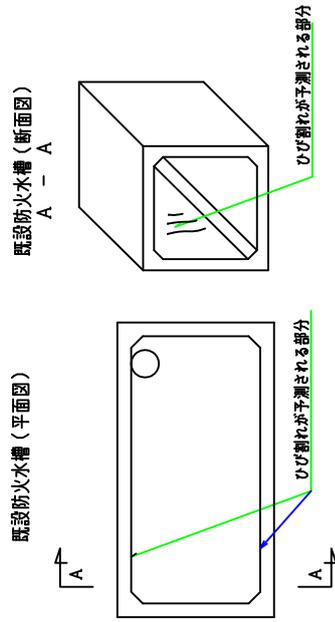
なし。

### ⑥資料提供

PC耐震性防火水槽協会

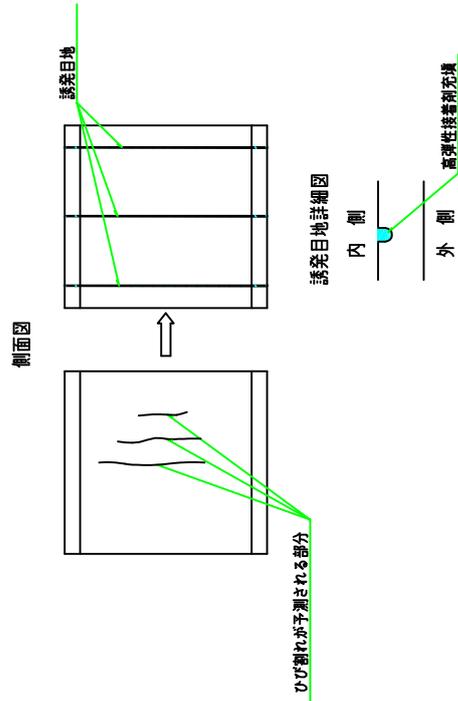
## ケース1-2 地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例

地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ発生予想箇所に誘発目地を設け高弾性樹脂目地形成（側壁・底版）  
 地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ発生予想箇所に高弾性防水材で防水層形成（側壁・底版）



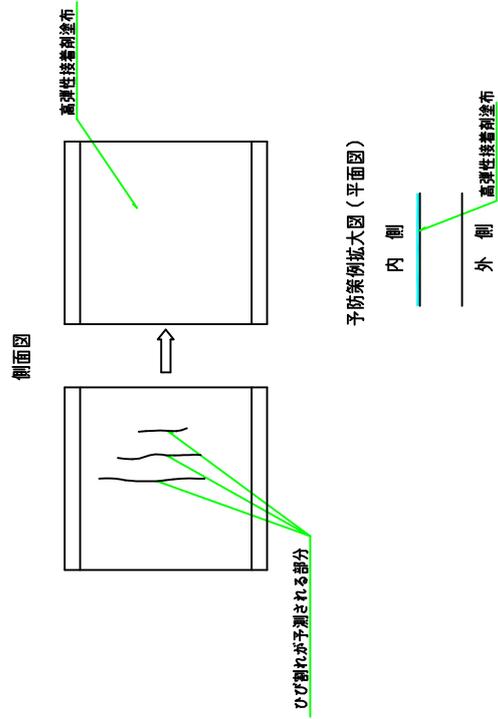
### 誘発目地設置工

\*誘発目地は、側壁・底版に行うものとする。



### 防水工

\*誘発目地は、側壁・底版に行うものとする。



\*防水材施工時には、施工面を洗浄すると共に、ひび割れ・穴等など補修されるは事前に補修を行う。  
 \*誘発目地に充填する高弾性樹脂は、伸び率200%（エポキシ樹脂）。  
 \*本図は施工例であり、実際には十分な検討を行う必要がある。

## 例 2-1 地盤陥没対策および地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例（バネ支柱補強）

### ①設置状況

- a) 設置場所 主要地方道の直下
- b) 設計荷重 交通荷重T-25 (Ⅲ型)

### ②供用後50年の定期点検の結果

- a) 水槽内の頂版に欠損（ジャンカ）が見られ、部分的に錆汁が確認された。  
その他には、ひび割れ・欠損・浮き・錆汁などは見られなかった。  
ハツリ調査を行った結果、錆は表面のみで鉄筋の断面欠損は無かった。
- b) コンクリート強度も設計基準荷重  $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  を満足していた。
- c) 中性化深さは鉄筋まで到達しておらず、中性化残り (=鉄筋かぶり - 中性化深さ) も10mm以上。
- d) 頂版・側壁・底版については、鉄筋の存在は確認されたが、鉄筋ピッチも粗く、現基準で計算しても安定しない可能性がある。

### ③今後の利用方針

「地盤陥没対策と地震時の消防水利としての機能向上（防水性）を図った上で、継続使用する。」  
(理由)

- a) 主要地方道路下の防火水槽等であり、交通量も多く、取り壊し・新設が難しい。
- b) 近くに、新設出来る場所（公園）がない。
- c) 周りは住宅地であり、地震時には重要な消防水利である。
- d) 主要地方道であり、地震時には物資搬入などに利用したい。
- e) 現時点で頂版に錆汁が見られ、放置すれば鉄筋の腐食に繋がり耐力低下が予想される。  
その他の箇所には、劣化・損傷もなく、損傷部以外は耐久性も期待できる。

### ④補修・補強方針

- a) 底版・側壁に、ひび割れに追従しひび割れが発生しても漏水を防止できる高い伸び性能を有する防水層を形成する。対応ひび割れ幅は、例 1-1 の[解説]より、鉄筋コンクリート造で幅  $w=2.0\text{mm}$  と仮定する。
- b) 頂版は、陥没対策・補強として、頂版と底版を支える支柱（バネ構造付）を中央付近に設置する。  
荷重の設定は、『耐震性貯水槽技術指針』（日本消防設備安全センター）に準拠する。
- c) その他は、そのまま継続利用する。

※頂版の設計計算は、側壁との接続部の外側鉄筋の種別・かぶり・ピッチ・腐食状況およびコンクリートの中性化深さが不明確であるため、最悪のケースとして鋼材腐食で鉄筋が破断することを想定し、周辺固定支承ではなく周辺単純支承として検討する。

### ⑤実績

なし。

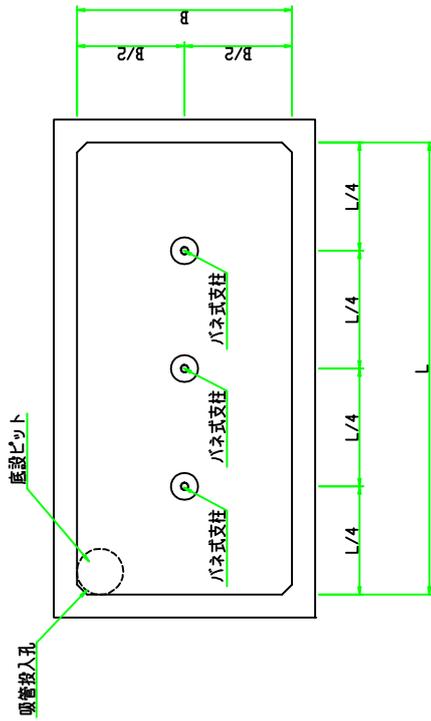
### ⑥資料提供

H C 式貯水槽工業会

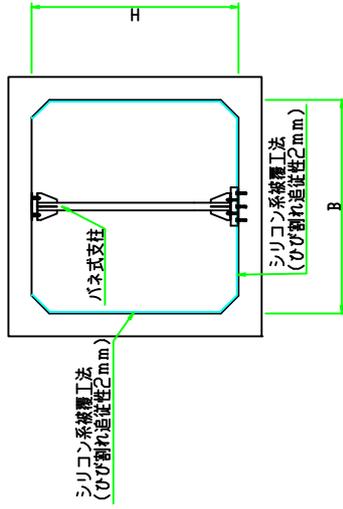
# ケース2-1 陥没事故防止と地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例（バネ支柱補強）

陥没事故防止：頂版と底版を支えるバネ支柱の設置  
 地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ追従性の高い防水材（側壁・底版）

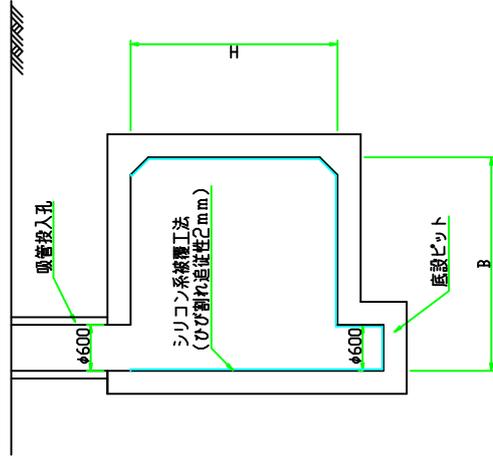
平面図



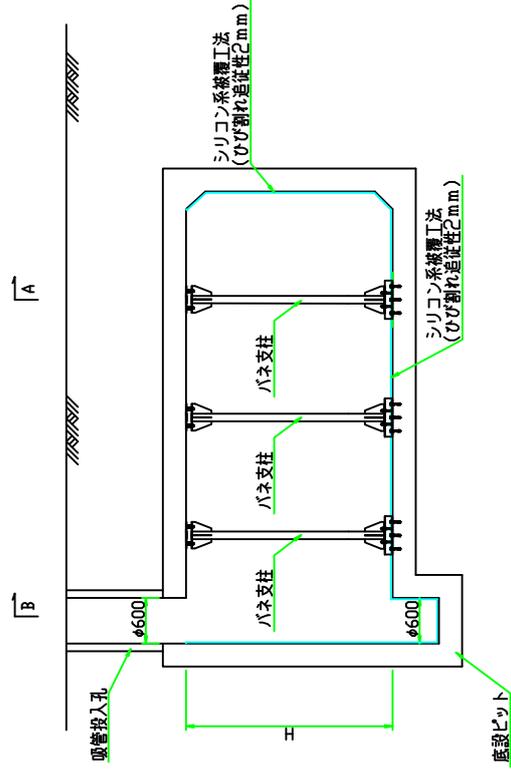
A-A



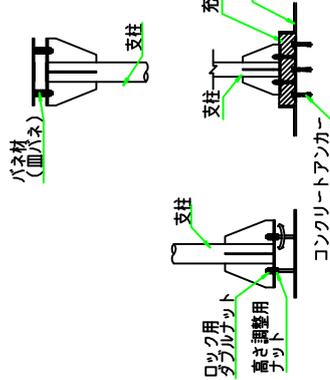
B-B



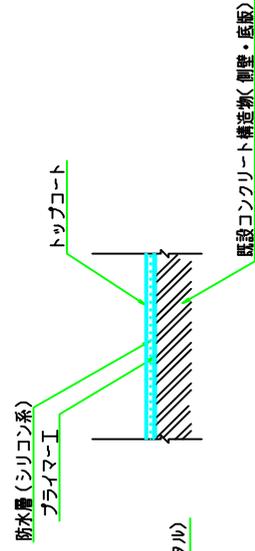
側面図



支柱補強詳細図



シリコン系被覆材詳細図



※防水材施工前には、施工面を洗浄すると共に、ひび割れ・欠損など損傷があれば事前に補修を行う。  
 ※本図の防水材は、側壁・底版が鉄筋コンクリート造の場合を示す。  
 ※防水材のひび割れ追従性は、鉄筋コンクリート造の場合 幅2.0mmとする。  
 ※防水材のひび割れ追従性は、無筋コンクリート造の場合 幅10.0mmとする。

## 例 2-2 地盤陥没対策および地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例（枠状構造物補強）

### ①設置状況

- a) 設置場所 主要地方道の直下
- b) 設計荷重 交通荷重T-25 (Ⅲ型)

### ②供用後50年の定期点検の結果

- a) 水槽内の頂版に欠損（ジャンカ）が見られ、部分的に錆汁が確認された。  
その他には、ひび割れ・欠損・浮き・錆汁などは見られなかった。  
ハツリ調査を行った結果、錆は表面のみで鉄筋の断面欠損は無かった。
- b) コンクリート強度も設計基準荷重  $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  を満足していた。
- c) 中性化深さは鉄筋まで到達しておらず、中性化残り (=鉄筋かぶり - 中性化深さ) も10mm以上。
- d) 頂版・側壁・底版については、鉄筋の存在は確認されたが、鉄筋ピッチも粗く、現基準で計算しても安定しない可能性がある。

### ③今後の利用方針

「地盤陥没対策と地震時の消防水利としての機能向上（防水性）を図った上で、継続使用する。」  
(理由)

- a) 主要地方道路下の防火水槽等であり、交通量も多く、取り壊し・新設が難しい。
- b) 近くに、新設出来る場所（公園）がない。
- c) 周りは住宅地であり、地震時には重要な消防水利である。
- d) 主要地方道であり、地震時には物資搬入などに利用したい。
- e) 現時点で頂版に錆汁が見られ、放置すれば鉄筋の腐食に繋がり耐力低下が予想される。  
その他の箇所には、劣化・損傷もなく、損傷部以外は耐久性も期待できる。

### ④補修・補強方針

- a) 底版・側壁に、ひび割れに追従しひび割れが発生しても漏水を防止できる高い伸び性能を有する防水層を形成する。発生ひび割れは、鉄筋コンクリート造で幅  $w=2.0\text{mm}$  と仮定する。  
例 1-1 の [解説] 参照。
- b) 頂版は、陥没対策・補強として、頂版と底版を支える枠状構造物水槽内に設置する。  
荷重の設定は、『耐震性貯水槽技術指針』（日本消防設備安全センター）に準拠する。
- c) その他は、そのまま継続利用する。

※頂版の設計計算は、側壁との接続部の外側鉄筋の種別・かぶり・ピッチ・腐食状況およびコンクリートの中性化深さが不明確であるため、最悪のケースとして鋼材腐食で鉄筋が破断することを想定し、周辺固定支承ではなく周辺単純支承として検討する。

### ⑤実 績

なし。

### ⑥資料提供

H C 式貯水槽工業会

[参考] 枠状構造物

防火水槽等上の地盤陥没対策として支柱による工法が一般的と考えられるが、以下に示す等特有の施工条件から、1本当り100kgを超える支柱の設置は難工事である。

①資材がφ600の吸管投入孔（1～2箇所）から搬入出来る工法であること。

②水槽内部では機械施工が難しいため、人力で施工できる工法であること。

最近、新しい地盤陥没対策として枠状構造物を水槽内に構築する方法が開発されている。

φ30mm×長1000mm程度の棒部材、棒部材を接続する交点部材とコンクリート面に接する支点部材から構成され、1部材の重さも5kg以下であり、**図26**および**図27**に示す通り枠状構造物を水槽内に構築して地盤陥没対策を行うものである。

水槽の支点間隔が短く（間隔1m程度）なることで、部材の補強効果も期待できる。

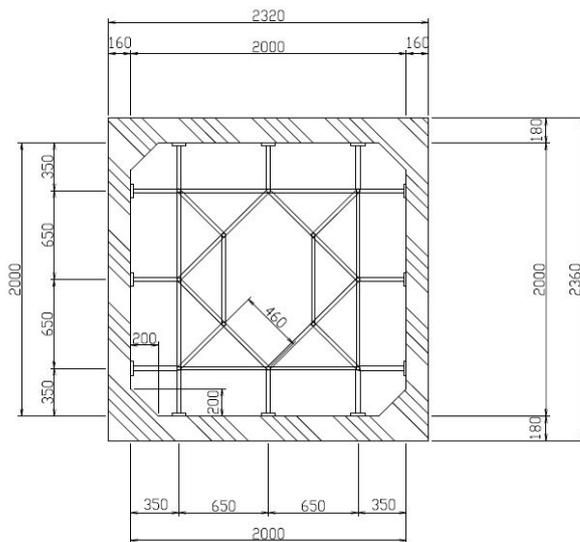


図26 枠状構造物の設置状態図



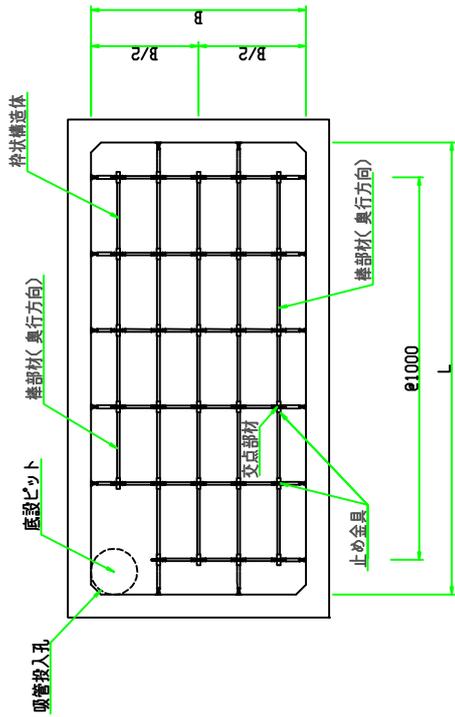
図27 枠状構造物の耐荷試験状況

# ケース2-2 陥没事故防止と地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例（枠状構造物補強）

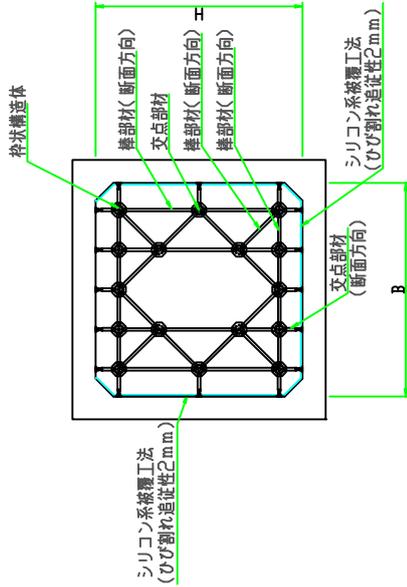
陥没事故防止：頂版・底版・側壁を支える枠状構造物の設置。

地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ追従性の高い防水材（側壁・底版）

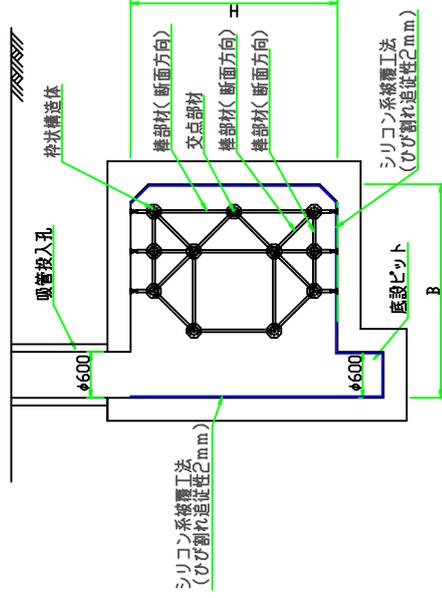
平面図



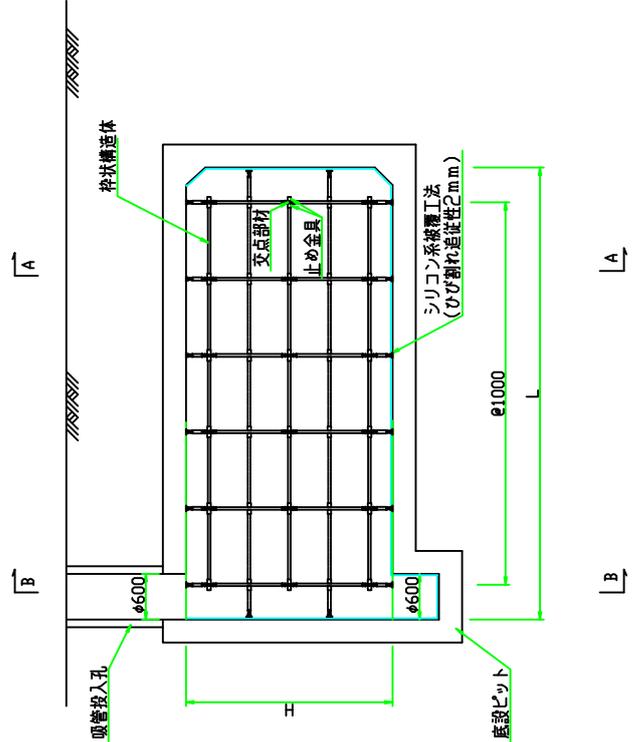
A-A



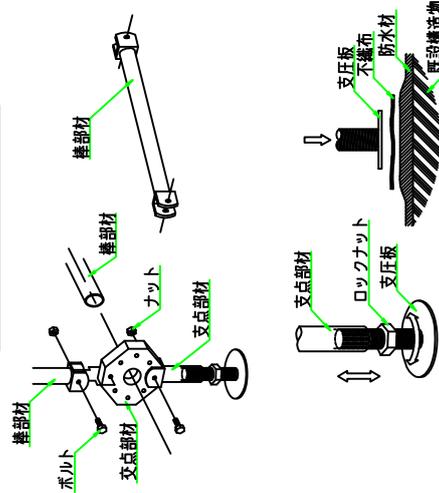
B-B



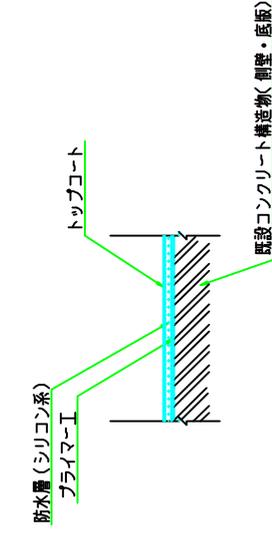
側面図



枠状構造物設置詳細図



シリコン系被覆材詳細図



※防水材施工前には、施工面を洗浄すると共に、ひび割れ、欠損など損傷があれば事前に補修を行う。  
 ※本図の防水材は、側壁・底版が珪酸コンクリート造の場合を示す。  
 ※防水材のひび割れ追従性は、珪酸コンクリート造の場合 幅2.0mmとする。  
 ※防水材のひび割れ追従性は、無筋コンクリート造の場合 幅10.0mmとする。  
 ※本図は施工例であり、実態に当たっては対象となる防水仕様について十分な検討を行う必要がある。

## 例 2-3 地盤陥没対策および地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例（角柱サポート補強）

### ①設置状況

- a) 設置場所 主要地方道の直下
- b) 設計荷重 交通荷重T-25 (Ⅲ型)

### ②供用後50年の定期点検の結果

- a) 水槽内の頂版に欠損（ジャンカ）が見られ、部分的に錆汁が確認された。  
その他には、ひび割れ・欠損・浮き・錆汁などは見られなかった。  
ハツリ調査を行った結果、錆は表面のみで鉄筋の断面欠損は無かった。
- b) コンクリート強度も設計基準荷重  $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  を満足していた。
- c) 中性化深さは鉄筋まで到達しておらず、中性化残り (=鉄筋かぶり - 中性化深さ) も10mm以上。
- d) 頂版・側壁・底版については、鉄筋の存在は確認されたが、鉄筋ピッチも粗く、現基準で計算しても安定しない可能性がある。

### ③今後の利用方針

「地盤陥没対策と地震時の消防水利としての機能向上（防水性）を図った上で、継続使用する。」  
(理由)

- a) 主要地方道路下の防火水槽等であり、交通量も多く、取り壊し・新設が難しい。
- b) 近くに、新設出来る場所（公園）がない。
- c) 周りは住宅地であり、地震時には重要な消防水利である。
- d) 主要地方道であり、地震時には物資搬入などに利用したい。
- e) 現時点で頂版に錆汁が見られ、放置すれば鉄筋の腐食に繋がり耐力低下が予想される。  
その他の箇所には、劣化・損傷もなく、損傷部以外は耐久性も期待できる。

### ④補修・補強方針

- a) 底版・側壁のひび割れ発生が予想される箇所に誘発目地を設け、高弾性樹脂（伸び率200%）を充填し、誘発目地でひび割れが発生させると共に、漏水を防止する。
- b) 底版・側壁のひび割れ発生が予想される箇所に高弾性樹脂（伸び率200%）の防水層を形成し、誘発目地以外の箇所でひび割れが発生した場合に漏水を防止する。
- c) 頂版は、4隅に鋼製アングルを設置すると共に、陥没対策として角柱サポート・地震対策として筋かい（ターンバックル）の設置数を構造計算により決定して設置し、ひび割れの発生を防止する。尚、角柱サポートの内部には、グラウトを充填して剛性を高める。  
荷重の設定は、『耐震性貯水槽技術指針』（日本消防設備安全センター）に準拠する。
- d) その他は、そのまま継続利用する。

### ⑤実績

なし。

### ⑥資料提供

PC耐震性防火水槽協会

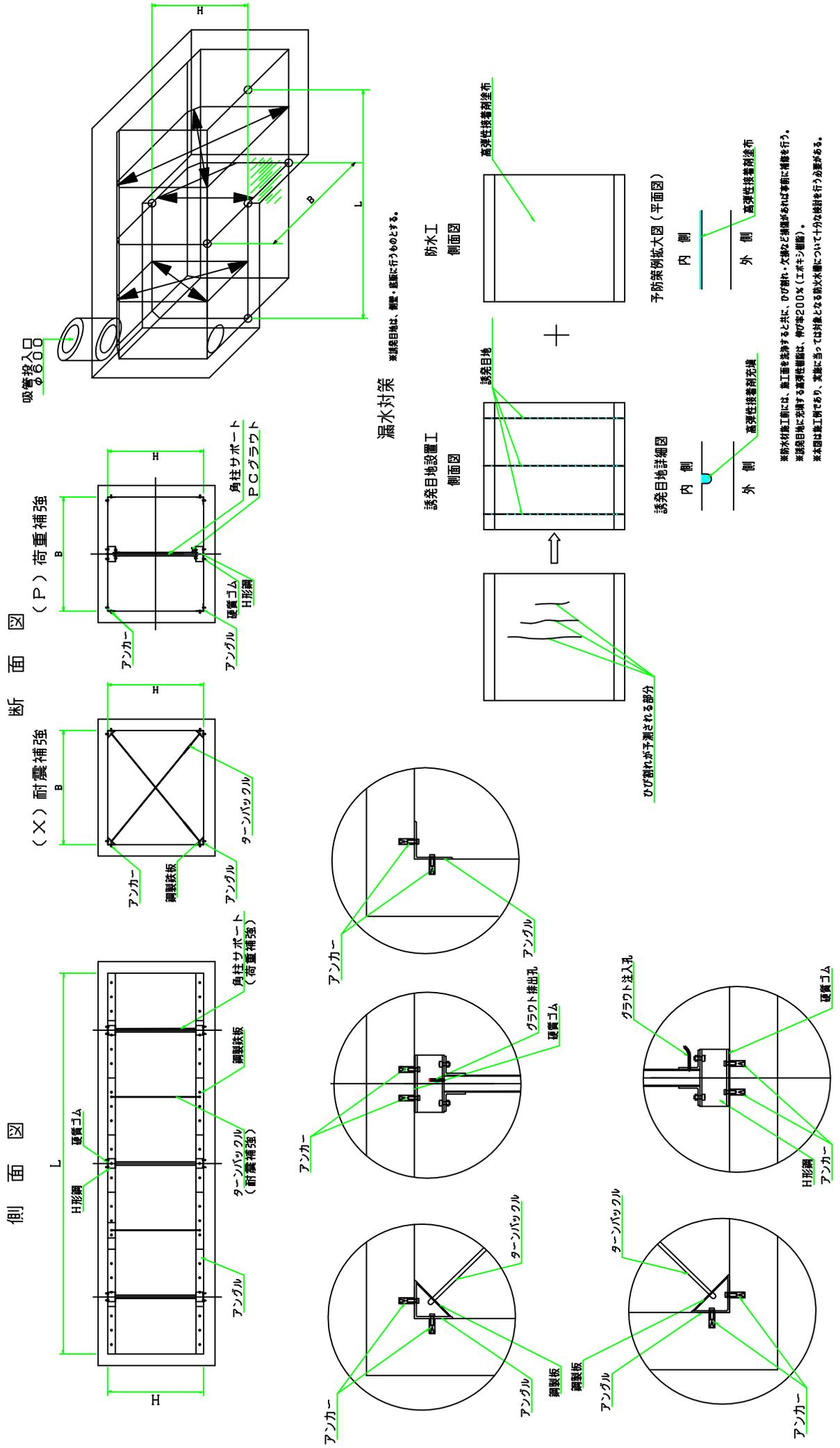
### ケース2-3 陥没事故防止と地震時のひび割れによる漏水対策を講じた施工例（角柱サポート補強）

陥没事故防止：延長方向の4隅に鋼製アングル設置

陥没事故防止：断面方向に頂版と底版を支える角柱サポートと筋かい（ターンバックル）の設置

地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ発生予想箇所に誘発目地を設け高弾性樹脂目地形成（側壁・底版）

地震時のひび割れによる漏水対策：ひび割れ発生予想箇所に高弾性防水材で防水層形成（側壁・底版）



### 例3 現在の基準に準拠した設計計算に基づき補強を行った施工例

#### ①設置状況

- a) 設置場所 主要地方道の直下
- b) 設計荷重 交通荷重T-25 (Ⅲ型)

#### ②供用後50年の定期点検の結果

- a) 水槽内には、ひび割れ・欠損・浮き・錆汁などは見られなかった。
- b) コンクリート強度も設計基準荷重  $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$  を満足していた。
- c) 中性化深さは鉄筋まで到達しておらず、中性化残り (=鉄筋かぶり-中性化深さ) も10mm以上。
- d) 頂版・側壁・底版については、鉄筋の存在は確認されたが、鉄筋ピッチも粗く、現基準で計算しても安定しない可能性がある。

#### ③今後の利用方針

「現在の基準に準拠した設計計算に基づき補修・補強を行い継続利用。」  
(理由)

- a) 主要地方道路下の防火水槽等であり、交通量も多く、取り壊し・新設が難しい。
- b) 近くに、新設出来る場所(公園)がない。
- c) 周りは密集住宅地であり、地震時には重要な消防水利である。
- d) 主要地方道であり、地震時には物資搬入などに利用したい。
- e) 劣化・損傷もなく、耐久性も期待できる。

#### ④補修方針

- a) 現在の基準 {『耐震性貯水槽技術指針』(日本消防設備安全センター)} に基づいて、調査結果を入力して設計計算を行った結果、頂版・側壁・底版共に許容応力度を超えることが確認された。
- b) 頂版・側壁は、補強によって貯水量が少なく、狭い箇所でも施工が容易な炭素繊維連続シートによる補強を行う。
- c) 頂版の炭素繊維連続シートの補強量減少によるコスト削減のために、水槽中央付近に頂版と底版を支える支柱を設置する。
- d) 底版は、支柱の支持(設置時の隙間の充填)を確実に行うことと、コスト削減を目的に、増厚工法を採用する。  
この時、鉄筋の許容応力度は、 $\sigma_{sa}=120\text{N/mm}^2$  に抑えることで、ひび割れの発生を抑える仕様とする。
- e) 地震時の検討は震度法で行い、水平震度 $k_h=0.288$ 、垂直震度頂版 $k_v=0.144$ とする。

※各部材の設計計算は、頂版-側壁や底版-側壁との接続部の外側鉄筋の種別・かぶり・ピッチ・腐食状況およびコンクリートの中性化深さが不明確であるため、最悪のケースとして鋼材腐食で鉄筋が破断することを想定し、周辺固定支承ではなく周辺単純支承として検討する。

#### ⑤実績

大阪府堺市で3件実績あり。

※『月刊フェスク』'10.3の研究報告に「防火水槽耐震補強(リニューアル工法)」掲載。

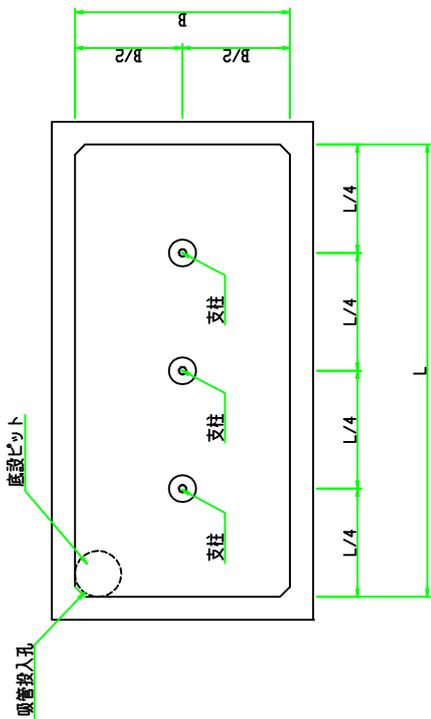
#### ⑥資料提供

堺市消防局

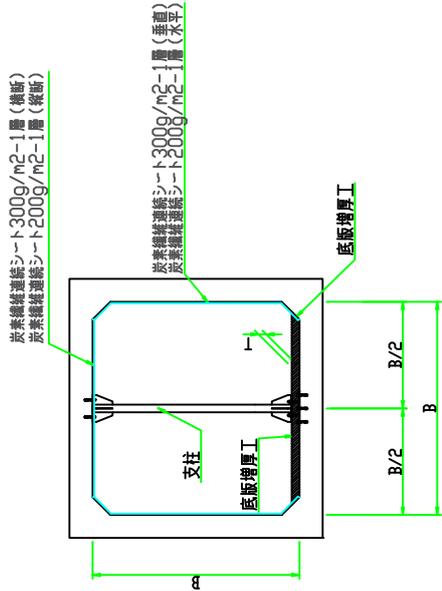
ケース3 現在の基準に準拠した設計計算に基づき補強を行った施工例（新たな供用期間50年設定）

- 頂版：炭素繊維連続シートおよび支柱設置による補強
- 側壁：炭素繊維連続シートによる補強・防水
- 底板：底板増厚工法および支柱設置による補強・防水

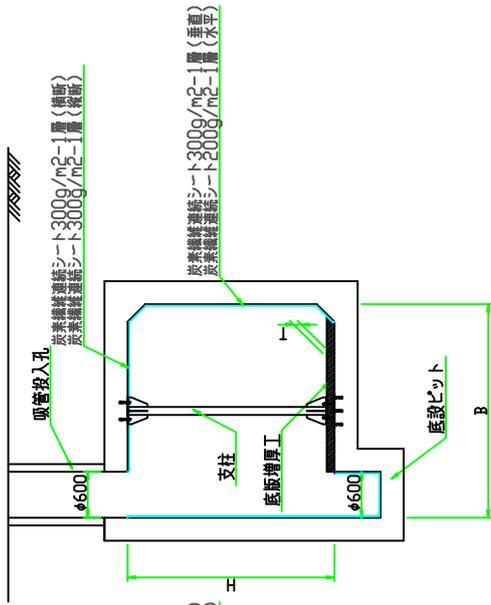
平面図



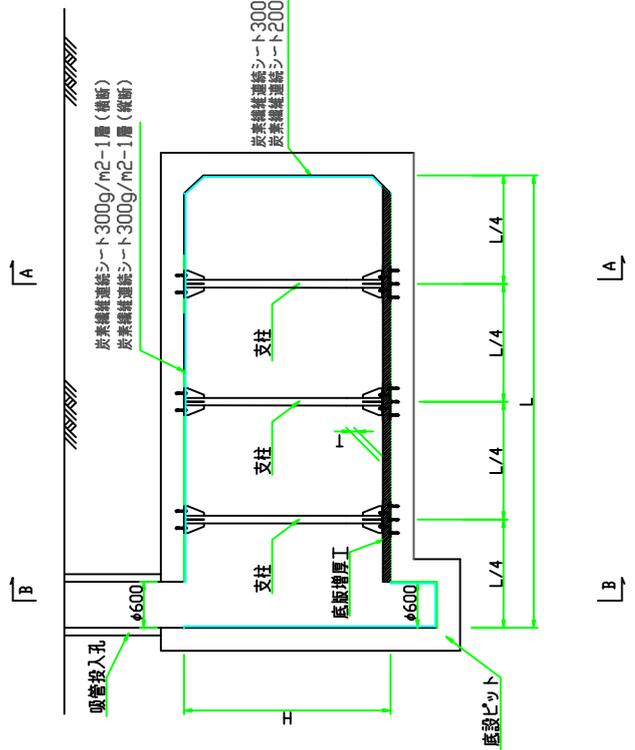
A-A



B-B

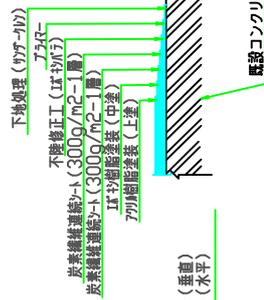


側面図



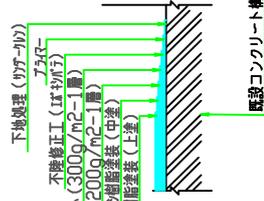
A

頂版

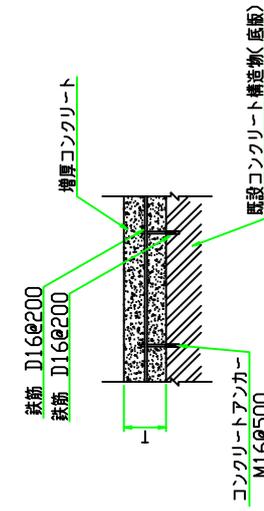


炭素繊維補強詳細図

側壁



底板増厚工詳細図



※鉄道方向：300g/m<sup>2</sup>、水平方向：200g/m<sup>2</sup>  
 ※底版ビット：水平方向：200g/m<sup>2</sup>-1層のみとする。

※被覆材施工前には、施工面を洗浄すると共に、ひび割れ・欠損など損傷があれば事前に補修を行う。  
 ※本図は施工例であり、実施に当たっては対象となる防水仕様について十分な検討を行う必要がある。



画：野村亜紀子

平成16年度に独立行政法人消防研究所の協力により、堺市消防局管内で初めて防火水槽の強度試験による老朽化程度の調査を実施した。調査したのは戦前（昭和16年以前）に設置され、既に67年以上が経過している鉄筋コンクリート製の防火水槽であり、主な調査内容は磁気探査による鉄筋調査、コンクリートのコア採取による圧縮強度試験、コンクリート中性化の測定試験である。その後も毎年調査を行い（5基実施済）、それぞれにおいてコンクリートの中性化による鉄筋腐食の可能性が確認されると共に、消防防災施設整備費補助金交付要綱（平成14年4月1日付け消防消第69号）別表第3の規格（以下、「国庫補助規格」という。）を満たしておらず、強度不足等の評価を受けた。

平成20年度に本工法により補強した100㎡型防火水槽は、平成17年度の調査の結果、震度5強レベルの地震発生時には躯体に被害が生じ、漏水等の恐れが高く消防水利としての機能に支障をきたす可能性があった。また現状においても重量車両が通行する道路下にあり、道路陥没事故に起因する二次災害も危惧されるため、早急な対応が求められていた。



強度試験状況  
（コンクリートコア採取）

## 研究報告

# 防火水槽耐震補強 （リニューアル）工法

防火水槽は、震災時など水道配管が分断され消火栓が使用不能になった際の消火活動に有効な消防水利であり、また、生活用水としても活用できる重要な施設である。本稿では、既存の老朽化した防火水槽を低コストで、安全面・環境面に配慮し、短期間で新規設置と同等の品質に補強できる「防火水槽耐震補強（リニューアル）工法」を紹介する。

堺市消防局 新開実 太田弘章  
堺市建設局 古谷全邦



現況写真(堺市堺区榎屋町東2丁)

### 1 さまざまな課題

従来は老朽化した防火水槽は撤去し新規に設置するという考え方があったが、市街地における代替設置場所の不足、道路掘削工事等による地域への騒音・振動・交通影響・店舗などへの補償、新規設置以上にかかる撤去工事費用の確保などが課題となっていた。

### 2 財政的な課題

現在、40㎡型防火水槽の新規設置には1基約700万円の予算が必要だが、本市における平成18年度の土地所有者からの要求による撤去事例では、設置場所が狭隘でもあり、40㎡型防火水槽の撤去工事に1,400万円の費用を要した(平成19年度撤去実施)。

工事費内訳としては鋼矢板工350万円、防火水槽の撤去処分工600万円、安全費としてのガードマン費用(延べ240人)200万円が主なものである。

例えば、今回補強した100㎡型防火水槽を全部撤去し同一場所に新規設置した場合、概

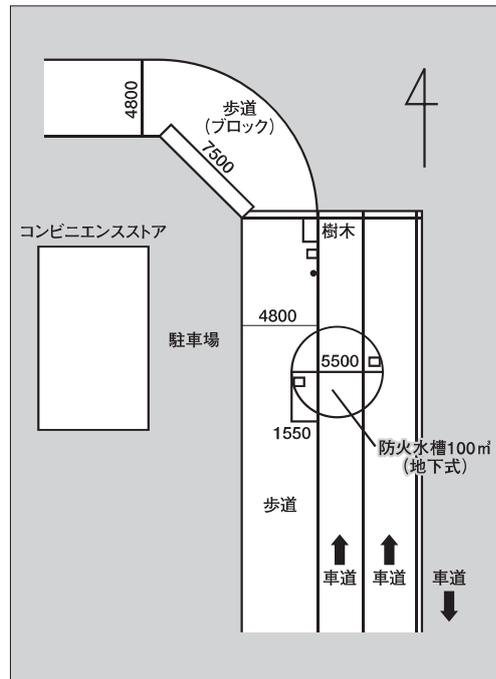
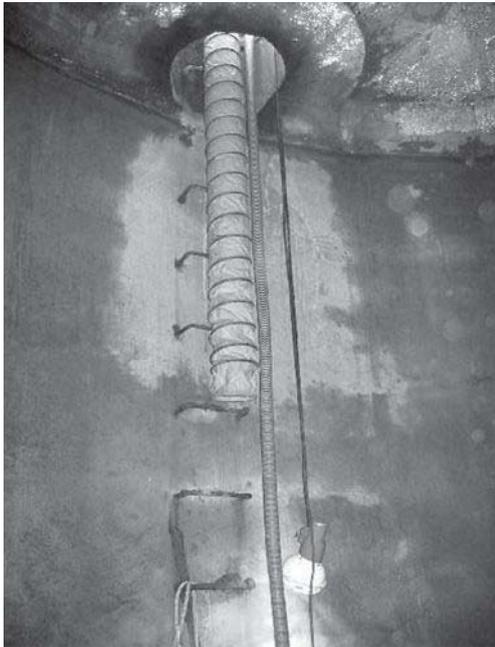


図1 位置図

算で約3,000万円(撤去費用約2,000万円、新規設置費用1,200万円のうち兼用分を節減した額)の費用が必要となる。



現況写真(平成19年度撤去水槽)



防火水槽内部状況(堺市堺区櫛屋町東2丁)

### 3 課題の検討

過去に施工してきたクラックが原因で起こる漏水を防止するための防火水槽補修工法等とは異なり、現在の土木技術からアプローチを行い、新たな改修方法を考案することはできないか、またその工法により、老朽化した鉄筋コンクリート製防火水槽を国庫補助規格のものと同等の強度・耐震性を有するものに補強し、補強後さらに新規設置した場合の耐用年数(50年)と同期間維持することができないかと考えた。

### 4 工法の条件

補強工法を検討するにあたっては、以下の4点を条件とした。

- ①国庫補助規格である耐震性貯水槽と同等の強度・耐震性を有する。
- ②可能な限り貯水量の減少を抑える。
- ③工事における交通渋滞、騒音・振動など地域住民に対する影響を最小限に抑え、安全面・環境面に配慮する。
- ④経費については可能な限り削減する。

### 5 工法について

上記の条件に加え、強度試験結果に基づいた将来(50年後)の躯体状況は、コンクリート中性化の進行及びクラック発生による鉄筋腐食に伴い外側鉄筋が破断し、構造系においては端部が安定している剛結合(固定支持)から不安定な内側鉄筋のみのピン結合(単純支持)への変化が予測されるため、補強方法も十分に検討する必要がある。

そのなかで、消防局の防火水槽に関する工事や設計を担当している堺市建設局土木部河川水路課の技術職員が、橋梁メーカーで勤務していた経験をもとに考案したのが下記工法である。近年、土木工事で活用されてきている新たな素材を活用し、地上に面しているマンホールから補強資材を搬入し防火水槽内部において施工する工法であり、当局の知る限りでは全国で初めて考案されたものである。

### 防火水槽耐震補強(リニューアル)工法

(施工計画図・施工状況写真参照)

#### 補強繊維シート設置工…防火水槽の強度補強の

ため水槽内側に補強繊維シートを含浸・接着樹脂により設置し、鉄筋腐食によるコンクリート断面の耐力不足を解消させる。また漏水防止対策、内側からの中性化防止対策となる。

#### 補強支柱設置工…コンクリートの中性化やク

ラックによる鉄筋腐食により外側鉄筋が切断され構造系が変化した場合、水槽に作用する断面力の増大、たわみ量の抑制に有効である。また頂版部補強繊維シート量の大幅な減量効果がある(図2参照)。

#### 底版鉄筋コンクリート補強工…防火水槽底版

の強度補強。湿潤な環境に適した工法であり、型枠不要のため低価格で施工できるだけでなく施工も簡単であり、底版補強繊維シートが不要となる。

### 6 効果について

上記の補強工法により、提示した条件を以

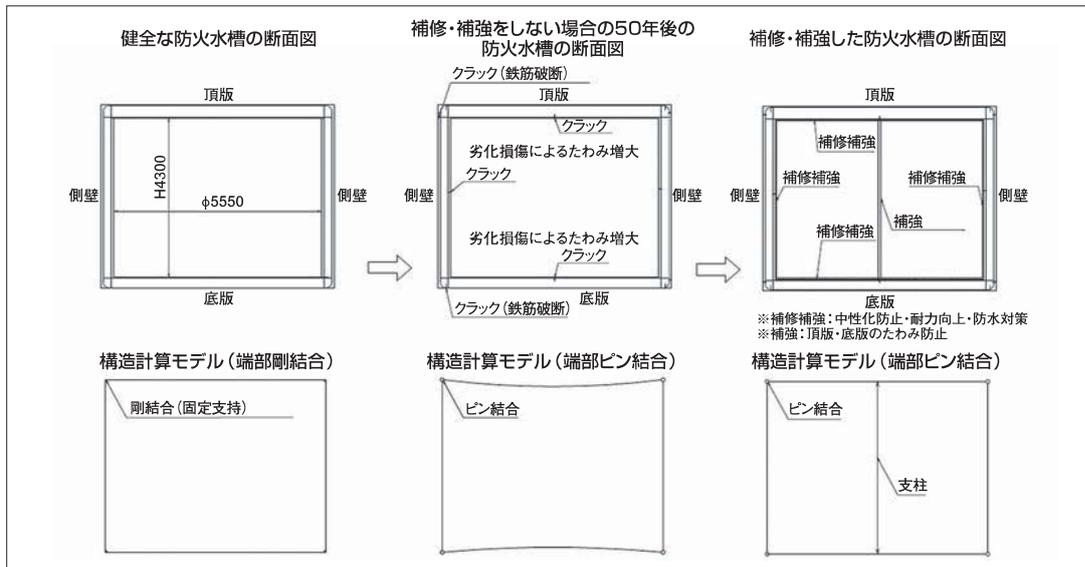


図2 補修補強方針及び補修補強後50年経過した防火水槽の構造

下のとおり充足するものとなった。

○条件1について(下表参照)

国庫補助規格である設計水平震度、上載荷重を充足するものとなり、躯体の耐力においては国庫補助規格品を上回るものとなった。

○条件2について

101.97m<sup>3</sup>であった貯水量を4.09%減の97.80m<sup>3</sup>に抑えることができた。

○条件3について

歩道上に面している吸管投入孔であるマンホールから補強資材を搬入し、防火水槽内部で施工することができた。そのため道路掘削等の必要がなく、交通渋滞、騒音・振動は発生せず工事に伴う産業廃棄物が発生しなかった。工期についても撤去し新規設置すれば約5か月かかる工期を約1か月に短縮することができた。

○条件4について

平成20年度に防火水槽補強工事として5,936,700円(税込)の経費を要したが、100m<sup>3</sup>型防火水槽設置費用の半額程度に抑えることができた。

7 今後の計画

管内には795基(平成21年11月末)の公設防火水槽があり、今回補強したものを含め、設置後50年を経過しているものが43基ある。平成21年度は、阪神高速高架下道路に埋設されている設置後67年以上を経過している40m<sup>3</sup>型防火水槽の補強工事を完了した(堺市堺区九間町東3丁)。今後、強度試験の結果をもとに老朽化の程度及び設置場所を踏まえた上で優先順位をつけ、本工法により補強していく(現時点で平成26年まで補強工事計画を策定)。

防火水槽の規格	国庫補助規格	補強前	補強後
設計水平震度	Kh=0.288	Kh=0.23(推定)	Kh=0.288以上
上載荷重(自動車荷重)	T-25荷重(250KN)	100KN(推定)	250KN
コンクリートの設計基準強度(現場打ち)	24N/m <sup>3</sup>	20.1N/m <sup>3</sup>	20.1N/m <sup>3</sup>
※上記のうち、補強前のコンクリートの設計基準強度は現地調査時の数値を記載した。			
躯体の耐力(抵抗モーメント)	48.03kN・m(100%)	39.91kN・m(83%)	57.39kN・m(119%)
※躯体の耐力(抵抗モーメント)は、国庫補助規格には項目としてないが、今回の工法による補強程度を数値化するため、防火水槽の設置場所及び各規格数値をもとに計算した。			

研究報告 防火水槽耐震補強(リニューアル)工法



現況写真 (堺市堺区九間町東3丁)

防火水槽は、震災時など水道配管が分断され消火栓が使用不能になった際の消火活動に必要な最も有効な消防水利であるとともに、生活用水（飲料用以外であればトイレ洗浄等多目的）としても活用できる重要な施設である。南海地震の30年以内の発生率が50%である現在、消防水利の空白地域解消に向けて防火水槽設置を進めることが最優先であり、既存の消防水利を減少させることが望ましくないのは言うまでもない。

本工法の考案により、既存の老朽化した防火水槽を低コストで、しかも安全面・環境面に配慮し、かつ短期間で新規設置と同等の強度・耐震性を有するものに補強できることは、二次災害の防止、経費の節減、消防水利の充実に寄与することは確実である。

現在、全国には約500,000基の防火水槽が存在しており、その老朽化対策は将来的に全国の消防組織が直面する課題となることは明らかであ

る。今後、本工法がさらに発展し、全国の消防防災施設の充実に貢献できることを期待する。

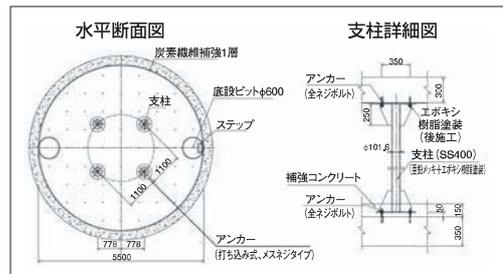
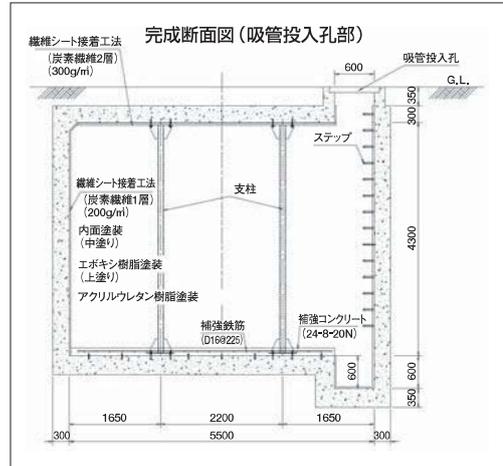


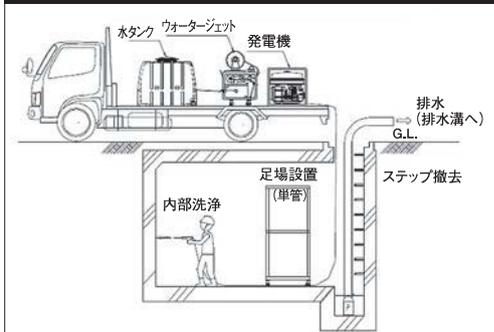
図 3



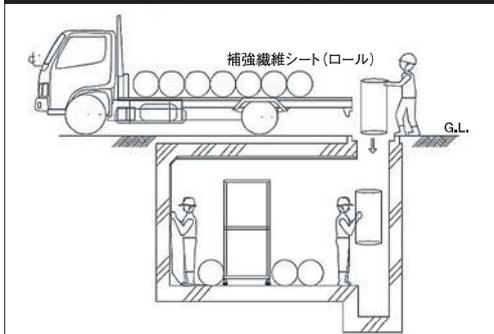
補強後竣工写真

施工計画図

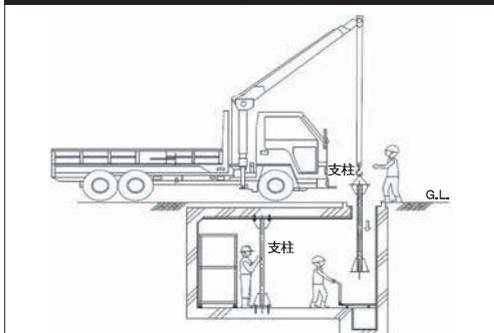
内部洗浄・足場設置・ステップ撤去



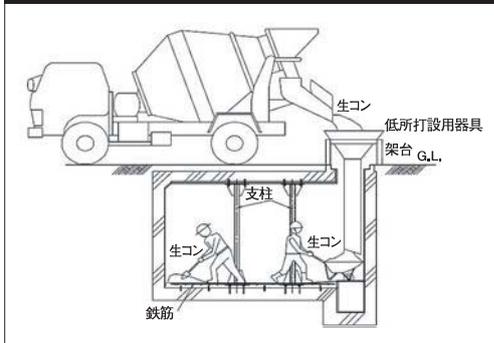
補強繊維シート設置工



補強支柱設置工



底版鉄筋コンクリート補強工



施工状況写真

不陸修正工ポキシパテ塗り



炭素繊維シート設置



炭素繊維シート設置



鉄筋コンクリート補強



〔編集室注〕 この論文は、「平成21年度消防防災機器の開発等、消防防災科学論文及び原因調査事例に関する消防庁長官表彰」の優秀賞（消防職員・消防団員等による消防防災機器の開発・改良）を受賞した。

## おわりに

本マニュアルを利用した点検等の実施にあつては、点検等の主たる実施者となる施設管理者（消防機関等）の維持管理に関する知識や技術の習得が不可欠であり、それに伴う必要な知識や技術の習得を目的とした講習会等による人材の育成が必要です。

また、実際の維持管理では不具合の修正、新しい知見および補修補強技術に対応した本マニュアルの改訂を行うことが重要です。

さらに今後の課題として、現場打コンクリート造防火水槽等のみならず、二次製品コンクリート造、鋼製、ダクタイル製およびFRP製の防火水槽等に対する同様の維持管理マニュアルの作成が急務となります。

最後に、本マニュアルの作成にあたって多大なるご指導および資料提供を賜りました堺市消防局ならびにHC式貯水槽工業会、PC耐震性防火水槽協会など二次製品防火水槽等連絡協議会会員各社に深く感謝申し上げますとともに、本マニュアルの適切な運用によって全ての防火水槽等の適切な維持管理が行われることを願い、ここに付記します。

## 別添資料 I

### アンケート調査結果

※アンケート調査結果は、都道府県の県庁所在地の消防本部および政令指定都市の消防本部の合計50消防本部へ配布し、内37消防本部から回答を得た結果である。



防火水槽に関するアンケート調査 まとめ

10 (ロ) 防水補修の方法		水槽基数 回答	回答数 (総数37)	回答率 (%)
1	消防本部・局名			
2	記入者名			
3	(イ) S28年以前の水槽は把握なし	-	12	32.4%
	(ロ) S50年以前	-	6	16.2%
	(ハ) すべて把握	-	15	40.5%
	(ニ) 把握できていない	-	4	10.8%
4	(イ) 公設の水槽	43578	37	100.0%
	(ロ) 私設の水槽	24794	37	100.0%
	基	3728	27	73.0%
5	S28以前に設置されている水槽			
	(イ) S25年以降の図書あり	-	9	24.3%
6	(ロ) S50年	-	4	10.8%
	(ハ) S60年	-	6	16.2%
7	(ニ) H 1年	-	2	5.4%
	(ホ) 不明	-	16	43.2%
8	(イ) 調査点検:年1回	-	11	29.7%
	(ロ) " :年2回	-	9	24.3%
9	(ハ) " :年4回	-	4	10.8%
	(ニ) " :年6回	-	1	2.7%
10	(ホ) " :年7回以上	-	10	27.0%
	(ハ) 調査点検は行っていない	-	2	5.4%
数 回 答	(イ) 補修・補強などを行ったことがない	-	5	13.5%
	(ロ) 防水補修を行った	-	30	81.1%
9	(ハ) 構造補強を行った	-	7	18.9%
	(ニ) 防水補修・構造補強を行った	-	7	18.9%
10	(ホ) 使用を停止した	-	13	35.1%
	(イ) 昨年、防水補修を行った	39	14	37.8%
9	(ロ) 昨年、構造補強を行った	7	4	10.8%
	(ハ) 昨年、使用を停止した	66	10	27.0%
10	(イ) 防水補修はいつ頃の水槽か	8	5	13.5%
	(ロ) 構造補強はいつ頃の水槽か	25	11	29.7%
10	(イ) 防水補修はいつ頃の水槽か	1	1	2.7%
	(ロ) 構造補強はいつ頃の水槽か	2	2	5.4%
10	(イ) 防水補修はいつ頃の水槽か	54	4	10.8%
	(ロ) 構造補強はいつ頃の水槽か	1	1	2.7%

10 (ロ) 防水補修の方法

S28～S59	S28～S59	S28～S59	S28～S59	S28～S59	S28～S59	S28～S59	S28～S59
クラック部分に炭素繊維を貼り付けケリスタルライニング剤を塗布	漏水のため、エポキシにて内部補修を実施した	SKS工法 ひび割れ箇所への光硬化性ビニルシートでの圧着	水を抜き取り、防水剤を塗りこんだもの	水槽内、高圧水洗浄後、自閉性樹脂防水パラテックスB-2による防水工	側版、底版部を補修後に防水モルタルによる防水工を実施	ウレタン樹脂剤による塗膜防水	S28以前
S28以前～S59以降	S28以前 S28～S59	S28以前	不明	S28～S59	S28以前 S28～S59		
側板、底版接合部を止水材等による補強後	1.防火水槽蓋取替 え修繕2.①高圧洗 浄②ケレン清掃③ 下地調整(ホリ ペースト塗り)④ク ラック処理(カッター ンク、保護材塗り)⑤ 水性塗膜防水	防火水槽漏水補修 (壁・床) ・素地調査 ・下地処理(クラック 補修) ・塗膜防水	①洗浄 ②クラック箇所補修 (Vカット→樹脂パテ) ③防水塗装(2層)	①下地処理 ②シーリング打替工 ③アラマイ塗布 ④ハラテックス塗布	・クラックのV カット ・シーリング塗布 ・防水モルタル塗布		S28以前 S28～S59

10 (ニ) 構造補強の方法

S28～S59	S28以前	S28～S59	S28～S59 S59以降	S28～S59
無蓋の防火水槽を履蓋した	頂版及び側壁については補強繊維シートを含浸・接着樹脂により設置、底版については鉄筋コンクリートによる補強。さらに構造系が変化した場合のたわみ等の抑制に有効な支柱を4本設置(工法については耐震補強(リニューアル)工法)	マンホール及び枠劣化によるガタつきをマンホール(駆落防止付)交換。表面モルタルの経年劣化によるモルタル補修。無蓋防火水槽の金網及び型枠の交換補修。	蓋の修理をしました。	天板部分及び側面部分の軽微な破損→セメント塗り直し

# 防火水槽に関するアンケート調査グラフ

消防本部・局名		回答数 (総数37)	回答率 (%)
3年	すべて把握	15	40.5%
	S28年以前の水槽は把握なし	12	32.4%
	S50年以前の水槽は把握なし	6	16.2%
	把握できていない	4	10.8%
6図書	不明	16	43.2%
	S25年以降の図書あり	9	24.3%
	S60年以降の図書あり	6	16.2%
	S50年以降の図書あり	4	10.8%
	H1年以降の図書あり	2	5.4%
	年1回	11	29.7%
7調査点検	年7回以上	10	27.0%
	年2回	9	24.3%
	年4回	4	10.8%
	年6回	1	2.7%
	調査点検無し	2	5.4%
8(補修・補強の数)	防水補修を行った	30	81.1%
	使用を停止した	13	35.1%
	構造補強を行った	7	18.9%
	防水補修・構造補強を行った	7	18.9%
	補修・補強などを行ったことがない	5	13.5%

