

平和の灯 長寿命化計画

ボランティア補修工事 工事報告書

平成29年8月

(一社)コンクリートメンテナンス協会
広島県コンクリート診断士会

目 次

1. 報告内容	1
2. 平和の灯の概要	1
3. 工事範囲	1
4. 補修方針	2
4. 1 補修方針	2
4. 2 変状原因と採用補修工法	3
4. 3 補修の流れ	4
5. 補修方法	5
5. 1 断面修復の方法	5
5. 2 表面保護工の使い分けと施工手順	7
5. 3 表面外観修正の方法	9
6. 補修結果	10
6. 1 補修前後の外観状況	10
6. 2 個別箇所での補修前後の状況	11
6. 3 補修工事で新たに確認した特筆事項	17
7. 今後の維持管理への提案	20
8. 工事数量	21
9. 工事实績工程	22
10. 安全管理計画	23
11. 連絡体制	24
12. ボランティア工事参加者リスト	25
13. 損傷・補修図	27

巻末資料

工事使用材料 技術資料

1. 報告内容

本工事報告書は、平和の灯の長寿命化と外観改善を目的として実施した補修工事完了にあたり、今後の維持管理に供する目的で工事内容を記したものである。

2. 平和の灯(ともしび)の概要

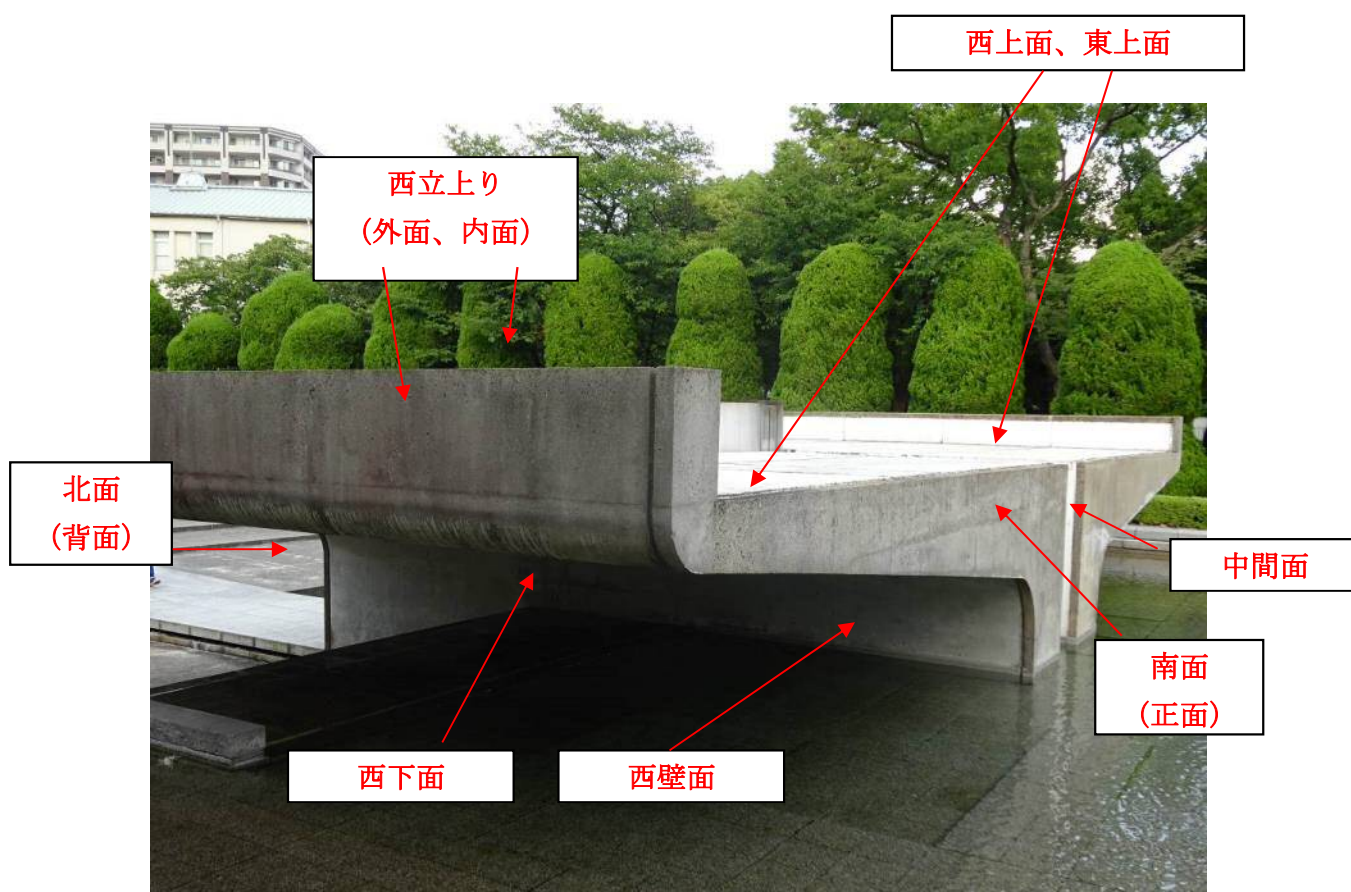
建立年月日:昭和 39 年(1964 年)8 月 1 日

建立者:平和の灯建設委員会

設計者:丹下健三

形状:台座は、手首を合わせ、手のひらを大空にひろげた形を表現している。

構造:RC造、高さ 3m×幅 13m×奥行 8m



写真－1 平和の灯の部位名称(仮呼称) 平成27年8月撮影

3. 工事範囲

補修範囲は、南北面、西立上り外面、東西下面、壁面であり、東立上り外面、東西立上り内面、上面、中間面は含めていない。13.損傷・補修図に各部位の補修内容を示す。

4. 補修方針

4.1 補修方針

補修は、今後とも健全な状態で長く維持できるよう補修材の特性を生かした組み合わせた工法で実施した。

ただし、ここで言う「健全な状態の維持」とはどのような状態を示すのか、その定義は難しく、近年インフラ施設の延命化で往々に行われる補修材で厚くプロテクトし、コンクリートの風合いが損なわれても(コンクリートであることがわからなくなるような覆いをかけても)機能が残ればよいという考え方は取らなかった。今回の補修は形を残すことに重きを置くのではなく、風合いを残しながら今以上の劣化の進行を抑制し、状況を見て今後とも補修は継続されるという観点に立って工法を選定した。特に下面の鉄筋腐食箇所に関しては鉄筋裏面まではつることはせず、片面のみの防錆で済ませた。また、腐食による剥落予備群箇所についても表面含浸工法で腐食進行を抑制する対策に留めている。そのため長い観点に立てば、今後とも徐々に腐食は進行し、将来また剥落が生じる可能性はある。今後とも平和の灯の健全度調査は5年置き程度には実施し、合わせて今回の補修が妥当であったのか検証が行われることをこの報告書7章で提言している。

なお、今回の補修は、平成28年5月に実施した健全度調査で上面、中間面以外の外面に確認された変状を対象としている。それは上面、中間面の変状に対する補修は時期を急がないという判断に立ち、この部位は今後計画的に進めればよいと判断したためである。

4. 2 変状原因と採用補修工法

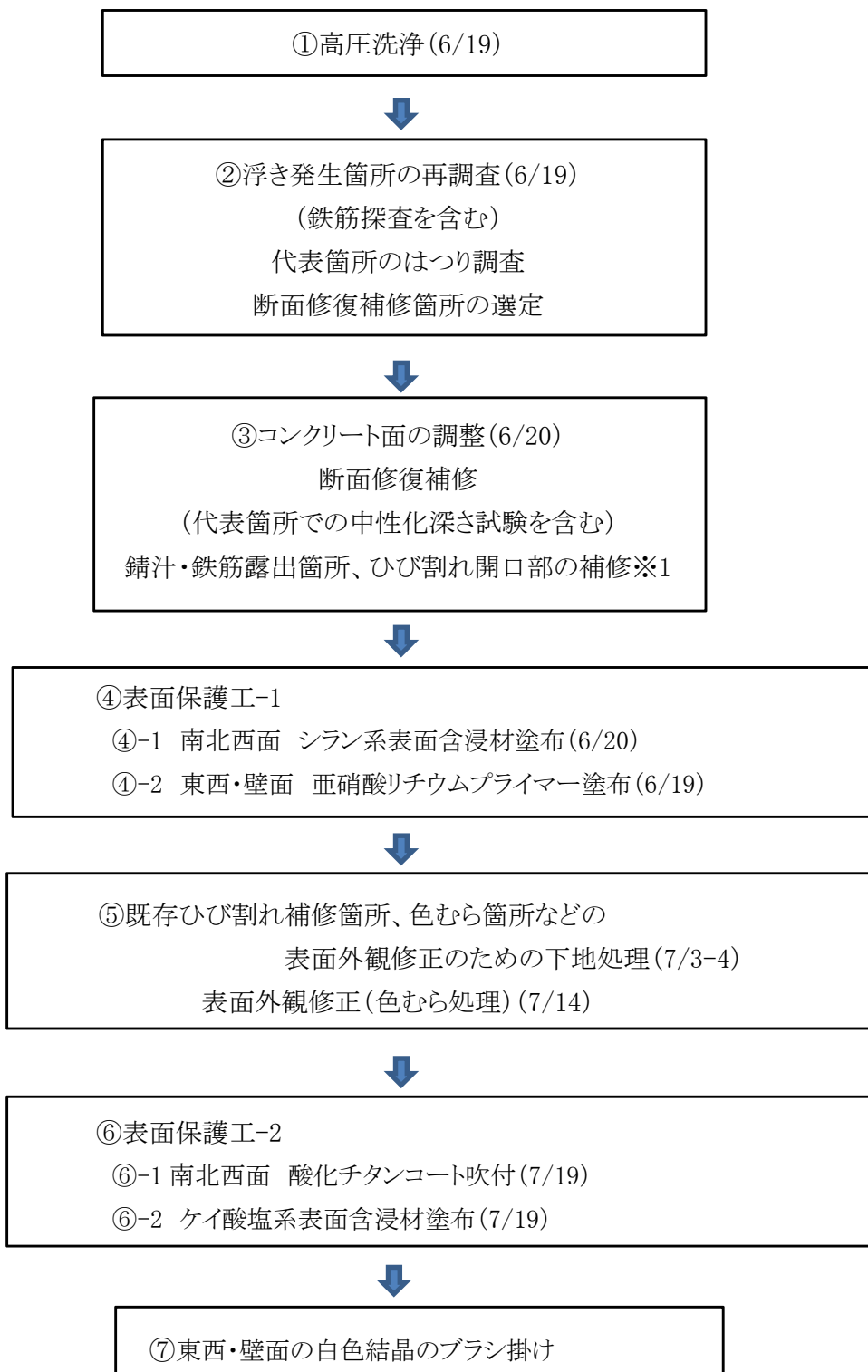
主な変状とその原因、補修工法を表-1に示す。

表-1 主な変状と原因、補修方針

箇所	変状	原因	補修工法	備考
コンクリート面全般	黒茶色の汚れ	埃、コケ、藻類の付着	高圧洗浄、表面保護工(ボカシ剤)	酸化チタン塗布は太陽光の当たる外面に適用 ボカシ剤は著しい色むら箇所に限定(錆汁箇所を含む)
南面 北面	ひび割れ	乾燥収縮	表面保護工	安心補修スティック補修も一部実施
	補修部位の変色、剥がれ	不明	切削	白色モルタルは切削、大きな凹凸が生じない限り断面修復はしない
	打継ぎ線、コールドジョイント	初期欠陥	表面保護工	凹凸ある打継ぎ線は切削
下面・壁面	ひび割れ・鉄筋露出・浮き	乾燥収縮、中性化、(塩害)	断面修復、防錆処理、表面保護工(安心補修スティック)	ひび割れは表面保護工で対応。ただし開口が目立つひび割れは安心補修スティックで補修 錆汁箇所は浮きがなければ防錆処理
	既存補修箇所のひび割れ、浮き	鉄筋腐食	断面修復	補修箇所のひび割れに浮きがなければ、外観修正に留める。
	局所的なポップアウト	骨材不良	表面保護工	表面の凹凸は残置
立上り外面	ひび割れ	乾燥収縮	表面保護工	安心補修スティック補修も一部実施

4.3 補修の流れ

補修は以下の流れで実施した。(カッコ内は平成 29 年実施日)



※1:軽微損傷箇所の亜硝酸リチウム、ボカシ剤処理、安心補修スティック補修

5 補修方法

5.1 断面修復の方法

下面、壁面の浮き箇所、鉄筋露出箇所は薄層断面修復材による補修を行った。

なお損傷・補修図では外見から浮きを生じていた箇所だけを表示をしていたため、工事に先駆けて、下面、壁面に関しては再度精査し補修箇所を選定したが、箇所数はほとんど変更無かった。

＜補修にあたっての配慮事項＞

①はつりは腐食鉄筋露出面までに留め、原則背面まではつらない。

はつり作業にあたっては部材厚が極端に薄い箇所(下面は6cm 厚)があるので慎重に脆弱部のみを取り除くようにする。カッターの切れ込みは3～5mm に留める。

②既存断面修復部の浮き箇所に関しては、鉄筋背面までの劣化や、内部に金網など異物が入っている可能性があるので注意する。慎重を期すため、まず東下面の浮き発生箇所をはつり、内部確認した。その結果、背面に空洞があり、急きょ空洞充填を検討することとなった(後述)。

③上向きの左官作業箇所については、垂れのないよう慎重に行う。

④鉄筋かぶりが3mmより薄い剥離・鉄筋露出箇所に関しては断面修復補修ではなく、亜硝酸リチウムによる防錆処理後、ボカシ剤吹付による色調整とする。

断面修復補修の概念図を図-2 に示す。

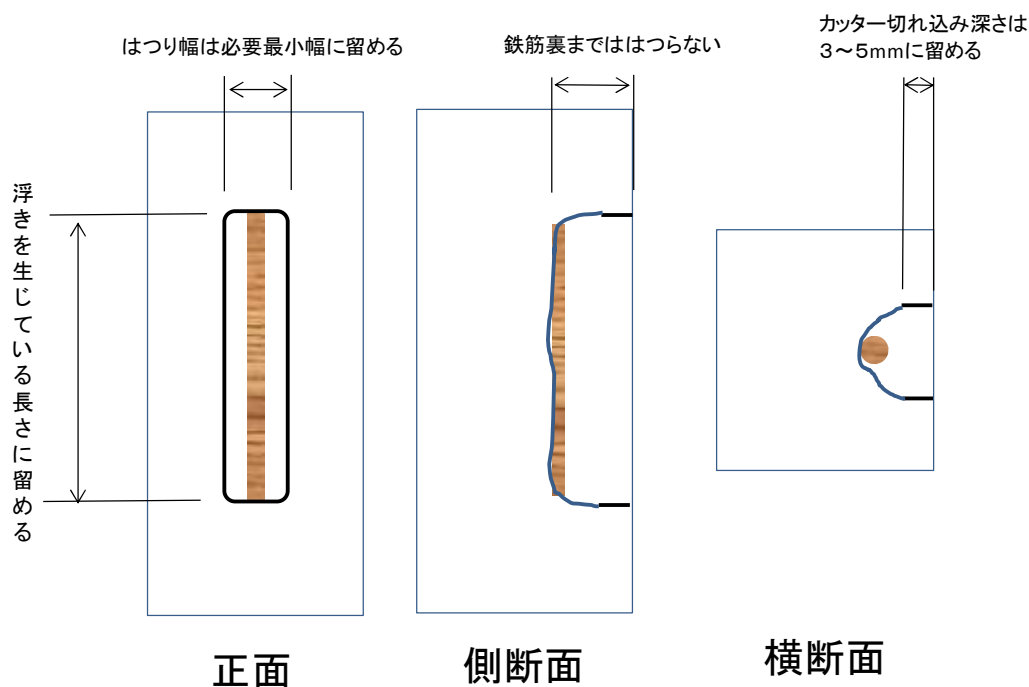


図-2 断面修復補修の概念図

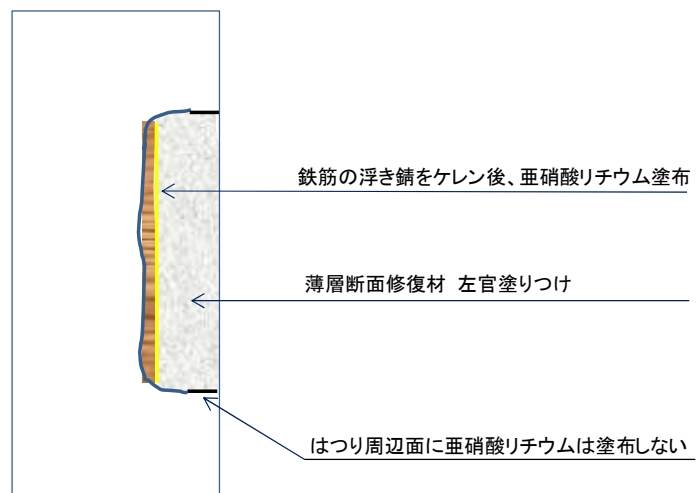


図-2（続き） 断面修復補修の概念図



断面修復箇所のはつり出し



断面修復補修後

5. 2 表面保護工の使い分けと施工手順

表面保護工は2工法を使い分けた。

1) 南北面、西立上り外面について

高圧洗浄後、シラン系含浸材(レックス工法リフレパセットD70)、酸化チタンコート(ミラクルチタン光触媒コート)の順で塗布した。酸化チタンコートの塗布はシラン系含浸材の乾燥を待つため、間をあけた(6/20 シラン系含浸材、7/19 酸化チタンコート塗布、降雨などがあり必要以上に間があいた)。

2) 下面、壁面について

亜硝酸リチウム(プロコンガードプライマー)を塗布し、次いでケイ酸塩系表面含浸材(プロコンガード)を塗布した。亜硝酸リチウムは吸湿性があり、乾燥には時間を要するため間をあけて施工した(6/19 亜硝酸リチウム 7/19 ケイ酸塩系表面含浸材塗布)。

なお、亜硝酸リチウムは既存のひび割れ断面修復補修箇所には塗布せず、2cm 程度離して塗布した。

表面保護工の施工手順を、表-2、表-3に示す。



シラン系表面含浸材剤塗布



酸化チタンコートの吹付



亜硝酸リチウムの塗布



ケイ酸塩系表面含浸材の塗布

表－２ 南北面、西立上り外面の表面保護工施工手順

箇 所	作業 手順	補修作業内容	作業目的	備考
南北面 西立上り外 面	1	高圧洗浄	再洗浄による付着汚れ 除去	
	2	既存補修部位等の変色、 段差部位の工具による削 り取り	外観を本来のコンクリー ト面に近づける	大きな凹凸が生じない限り 断面修復はしない
	3	コールドジョイント部の開 口への対応	—	開口充填は見送った(継続 観察対象)
	4	コンクリート面のシラン系 表面含浸材による改質と 酸化チタンコート塗布	コンクリート面の緻密化 と、洗浄効果の持続	

※東立上り外面は継続観察とする。

表－３ 東西下面、壁面の表面保護工施工手順

箇 所	作業 手順	補修作業内容	作業目的	備考
東西下面・ 壁面	1	高圧洗浄	再洗浄による付着汚れ 除去	平成29年1月の補修試験 時に次いで2度目となる。
	2	浮き箇所のはつり取りと断 面修復	損傷対応	はつりは浮き範囲必要最小 限、かつ鉄筋表面までとす る。
	3	錆汁発生箇所の防錆処理	損傷対応、外観改善	
	4	ひび割れ開口部の安心補 修スティックによる補修	損傷対応、外観改善	ひび割れの目立つ箇所限 定とした。
	5	亜硝酸リチウムプライマー +ケイ酸塩系表面含浸材 の塗布	改質による中性化、鉄筋 腐食の進行抑制	含浸材塗布後の白色結晶 は研磨
	6	断面修復補修部を含む色 むら箇所の修正(表面外 観修正)	外観改善	—

5.3 表面外観修正の方法

下面と壁面については、過去にひび割れ断面修復補修が実施されており、その箇所が茶色の帯状補修跡となっており見苦しい状況であった。また、その後鉄筋腐食による鉄筋露出や浮きが目立つようになっていたため、今回の補修で断面修復補修を実施した。これらの箇所は周辺の未補修箇所と色の違いが生じてしまう状況となっていた。そこで、外観を改善する目的で、これら箇所に関して表面外観修正を行った。

表面外観修正は、まず該当箇所をポリマーセメントモルタルで下処理し、次いで周辺コンクリートと調和するように色合わせした無機系添加剤を含んだ合成樹脂エマルジョンペイントを塗布する方法で行った。



断面修復箇所への下処理剤塗布



下地処理剤の研磨状況



ペイントの色調合



ペイント塗布状況

6. 補修結果

6.1 補修前後の外観状況



南面:補修前 2016 年 2 月



補修後 2017 年 7 月



北面:補修前 2016 年 2 月



北面:補修後 2017 年 7 月

6. 2 個別箇所での補修前後の状況（左が補修前、右が補修後の写真）



南面: 白色モルタル



切削除去



南面: 打継ぎ線の周辺白色モルタル



切削除去



南面: 打継ぎ線の周辺白色モルタル



切削除去



南面:凹凸箇所



浅い凹凸は無処置



南面:コールドジョイント



表面保護工だけに留める



北面:白色モルタル



切削除去



型枠目地部の段差



平滑に切削除



北面:補修試験でのボカシ剤使用箇所



サンダーで研磨後、含浸材塗布



東下面:既補修部の浮き



はつり調査、断面修復、表面外観修正



東下面:かぶりのない鉄筋露出



防錆処理後、表面外観修正



西下面:鉄筋露出



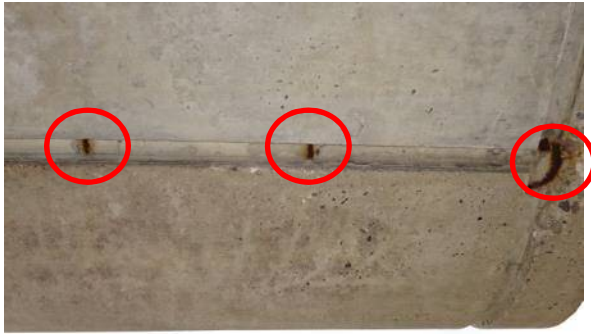
断面修復補修後、表面外観修正



西下面:既補修部のひび割れ、錆汁



防錆処理後、表面外観修正



西側下面:水切凹部の鉄筋露出



防錆処理後、ボカシ剤処理



補修箇所の茶色変色と断面修復補修跡



表面外観修正後、含浸材塗布



西壁面:薄層断面修復の試験箇所



表面外観修正



灯火近傍の堆積土砂



土砂撤去



上面のモルタルの割れ・浮き



写真なし

無処置、経過観察

6.3 補修工事で新たに確認した特筆事項

(1) 下面はつり箇所での空洞発見について

断面修復の方法を工事参加者に周知させる目的で、東側下面の浮き箇所をはつり、状況確認を行った。この際、床版下面内部に空洞があることが発見された。

空洞箇所の版厚は設計値の 6cm に対して 3cm しかなく、3cm の隙間があり、その奥に内部のボイドを形成するために使用されたとされる木枠の板が見える状況であった。内部にファイバースコープを入れて確認すると、この空洞は周辺方向に広がっており、鉄筋はコンクリートに覆われず露出した状態にあるように見受けられた。

その後、西側面のはつり箇所でも同様の空洞が見つかり、ここでも空洞は周辺方向に広がっていることを確認した。このことから、下面のコンクリートは打設時にボイドの木枠の下に密実に充填されていなかったことが判明し、この状態は下面全体で同様になっているものと推定した。



浮き箇所のはつり状況



鉄筋背面の空洞とボイドの木枠



ファイバースコープによる内部調査



内部空洞に露出する鉄筋、上面はボイドの木枠

また、はつり箇所での中性化試験でいずれの箇所も鉄筋位置以深まで中性化していることを確認したため、鉄筋防錆のため内部に充填剤を詰めることを急ぎ検討することとなった。そこで、新たに東下面の A,B,C 3箇所にφ35mm の穴を削孔してみた。すると、それぞれの位置で版厚、その奥の空洞厚が異なっており、更に内部にボイド形成のための木枠が確認できない箇所もあることがわかった(表—4)。

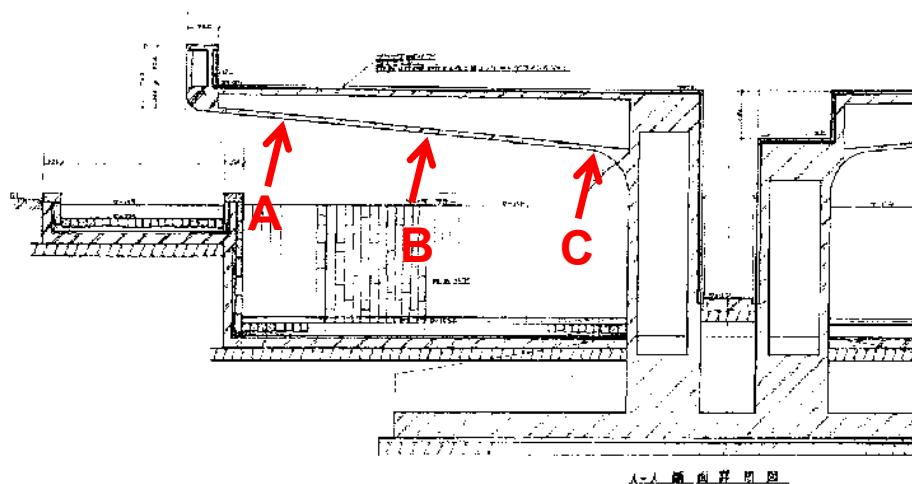
以上のことから、空洞内部に注入材を充填することは、既存のボイドをすべて注入することとなり、また薄い下面のコンクリート版を破裂させる可能性もあるということで断念するに至った。

代わりに、試験として削孔穴 A より、無機系のひび割れ注入材 2.5リットルを流し込んでみた。すると削孔穴 C より注入材が流れだし、空洞がつながっていることが判明した

今回の補修では、この空洞に対して対策しないこととしたが、今後、大規模な断面修復が必要となった時点では、空洞の存在を前提とした対処法を検討することが必要である。

表—4 下面空洞調査結果

削孔穴	コンクリート版厚	背面空洞厚	備考
A	2.5cm	1.5cm	奥に木枠あり
B	8.0cm	0.0cm	奥に木枠なし
C	4.0cm	2.0cm	木枠あるが穴があいている



図—3 設計図面に見られる内部のボイド構造と空洞確認位置

(2) 下面、壁面への表面含浸材塗布後の変色について

下面、壁面にケイ酸塩系表面含浸材を塗布したところ、乾燥につれ表面に白く粉を吹いたような結晶ができることが確認された。この現象は、既に平成29年1月の補修試験時にも確認されており、表面のブラシ掛けで目立たなくなっていた。この原因は明確ではないが、以下のように推定している。

下面、壁面には過去の補修時に何らかの表面改質材が塗布されていると推定され、今回の補修前に表面が白くかすみが掛かったように変色していた。そのためにケイ酸塩系表面含浸材を塗布するとその浸透が通常より進まず、余分な材料が表面に留まってしまう状況であった。そのため浸透しきれなかった材料が結晶化したと推定する。よって未浸透材の結晶と判断し、外観改善のためブラシ掛けで落とすこととした。



西下面の白い結晶



西下面の白い結晶



東下面の白い結晶



東下面の白い結晶

7 今後の維持管理への提案

(1) 定期点検の実施

コンクリート構造物の維持管理にあたっては定期点検を実施することが通例となっている。平和の灯などコンクリートモニュメントも例外ではなく、多くのコンクリート構造物の例にならって 5 年に一度の定期点検を実施し、新たな変状の発生、これまでの補修箇所での再劣化発生の有無などをチェックし、以後の維持管理法を見直すことを行うことをルール化することが望ましい。

一般に新規建造物に関しては最初の定期点検は建設後 1 年目に実施されることが多い。それは、建設初期の不具合は 1 年以内に発生することがほとんどで、関係者も多くいる状況で早めの対策が打てることが多いからである。平和の灯についてはこれまで点検記録がなく、今回の補修工事を行っているので、来年度に 1 回目の定期点検を行い、補修効果が発揮されているか確認し、以後は 5 年おきの点検とすることを推奨する。

(2) 重要着目点の設定

日常点検、定期点検にあたっては重要着目点を定め、経時変化を記録することがよい。

平和の灯に関しては、重要着目点は以下の 3 項目とするのが良い。

- ① 正面、背面の補修箇所の外観悪化(新たな汚れの発生)の有無
- ② 下面補修箇所での新たなひび割れ、剥離などの発生の有無
- ③ 下面でのエフロレッセンス、漏水発生の有無

なお、日常点検は年 1 回程度、公園の定期清掃時などに行うことがよい。

(3) 定期点検結果に基づく計画的な補修

今回、重要度の高い部位の補修を実施したが、上面のモルタルの割れ、浮きなどに関しては経過観察として補修は実施していない。これらの部位を含め、今回補修した箇所も今後の長い年月の中では必ず劣化の進行・再発が生じると判断する。定期点検の結果をうけた計画的な補修の実施を行っていただきたい。

8 工事数量

表－4に補修工事数量を示す。

表－4 補修工事数量

実施内容	仕様	数量	単位	備考
高圧洗浄	圧力約7Mpa	134	m ²	
表面保護工法	シラン系表面含浸材 +酸化チタンコート	20	m ²	南北面、西立上り外面
	亜硝酸リチウム +ケイ酸塩系含浸材	105	m ²	下面・壁面
浮き、剥離・鉄筋露出補修	薄層断面修復	0.55	m ²	8箇所
錆汁補修	鉄筋防錆＋ボカシ剤処理	8	箇所	100mm 角程度
下面、壁面の表面外観修正	塗料塗装	5	m ²	幅 6cm×約 72m

表－5 表面積計算

	部位	算定式	面積（㎡）				備考
今回補修面積	南面	875*2712	2.37	5.26	19.13	124.48	シラン系表面含浸材+酸化チタンコート
		4983*(800+265)/2	2.65				
		312*(265+492)	0.24				
	北面	南面と同じ	5.26	5.26			
	西立上り外面 (上端面を含める)	(492+265)*8045*2	6.09	6.09			
		312*8045*2	2.51	2.51			
	東西下面	5324*8045*2	85.66	85.66	105.35		亜硝酸リチウム+ケイ酸塩系含浸材
	東西壁面	3074*1912*2	11.75	19.69			
		4971*798*2	7.93				
今回対象外	東立上り外面		8.60	8.60	125.80	継続観察	
	立上り内面	492*8045*2	7.92	7.92		塗装面	
	上面	(6170-312)*8045*2	94.26	92.62		半円部	
		-(2510*2510*3.14/4-665*2510)/2	-1.64				
	中間面	3074*1912*2	11.75	16.66		塗装面	
		(4971-1896)*798*2	4.91				
総合計							250.27

9 工事实績工程

工事工程を表－6に示す。

表面含浸材の乾燥を待ったこと、梅雨時の降雨などもあり、約 1 か月間の工程となった。

表－6 工事实績工程(平成 29 年)

補修作業	6月19日 月	6月20日 火	7月3日 月	7月4日 火	7月14日 金	7月19日 水
高圧洗浄						
浮き補修箇所の精査						
浮き箇所の事前はつり確認調査						
内部空洞のファイバースコープ調査						
ボカシ剤試験補修箇所・錆汁箇所等の表面研磨・切削						
白色モルタル切削除去						
断面修復補修						
ひび割れ安心補修スティック補修						
ボカシ剤処理						
下面空洞部 調査・充填試験						
シラン系表面含浸材塗布						
酸化チタンコート吹付						
亜硝酸リチウムプライマー塗布						
ケイ酸塩系含浸材塗布						
ケイ酸塩系含浸材塗布箇所表面処理						
既存断面修復部 表面外観修正						

注) 池の水は 6/19-20 の 2 日間抜いて作業

10. 安全管理計画

10.1 一般事項

- 1) 作業前に安全ミーティングを実施し、作業方法・危険ポイント・対策等を周知する。また、体調が悪い者は作業に従事させない。
- 2) ヘルメット、診断士会腕章を着用し、上面での作業時には安全帯を着用する。また、2日目以降は池に水が湛水されるため、長靴を準備する。
- 3) 作業中であることを来訪者に周知するため、作業中看板とカラーコーン、カラーポールを東西2箇所に設置する。
- 4) 公園来訪者に対して、作業箇所に近づかないよう会員有志による誘導員を配置する。
- 5) 作業者が公園駐車場を利用する場合は、あらかじめ申請した車両を利用し、駐車券を受け取ってルールを守って駐車する。

10.2 作業時間

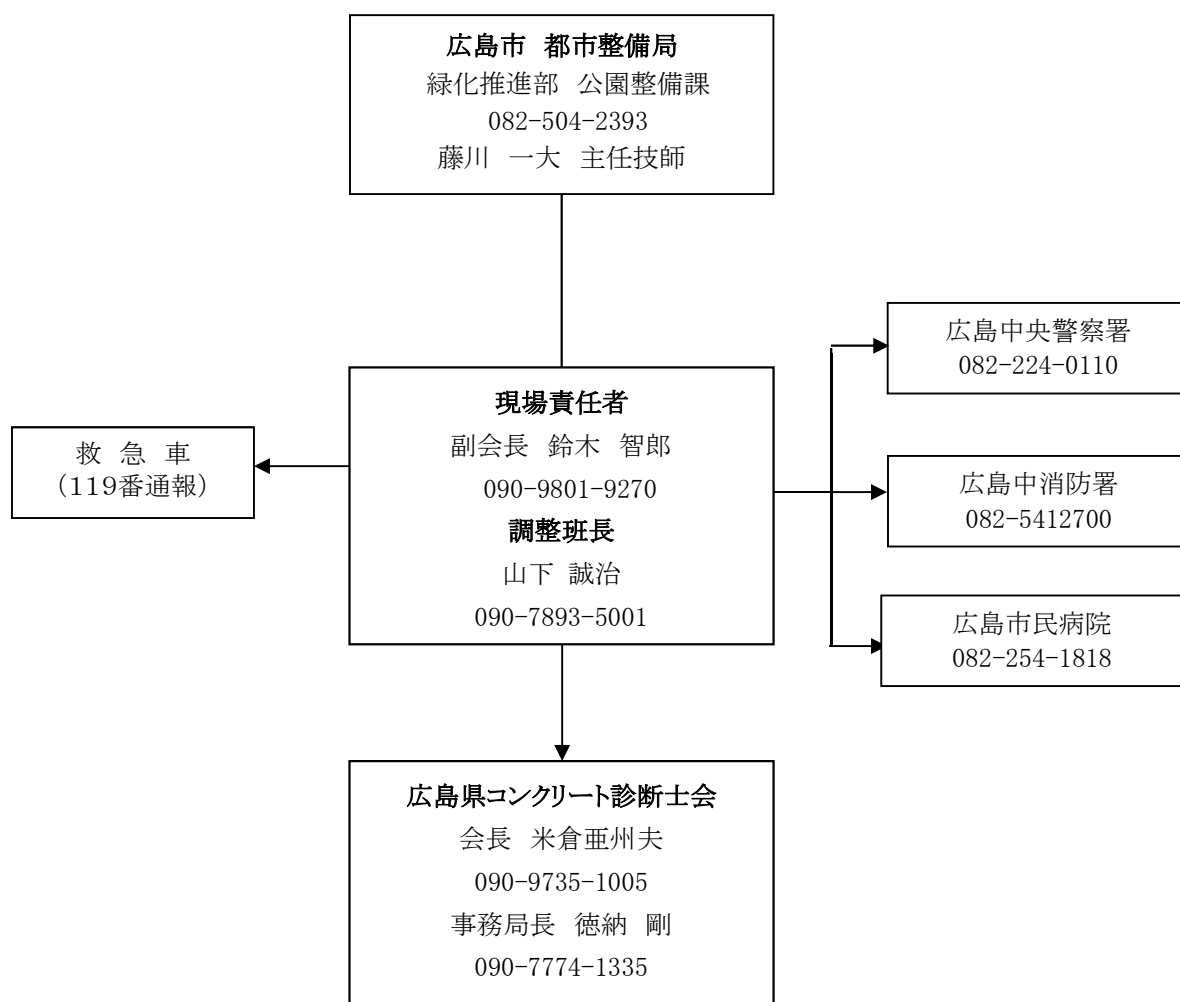
- 1) 作業時間は、8:30 集合、安全ミーティング後、9:00 開始～17:00 終了を原則とする。ただし、梅雨時であるため工程管理上の都合により作業を行う場合は、広島市と協議して実施する。

10.3 作業管理

- 1) 作業は会社単位の作業以外に、調査班、鉄筋防錆・ひび割れ補修班、表面保護工班、外来者安全誘導班に分かれ、会社単位作業、班の連絡調整を、調整班が行う。
- 2) 梯子、脚立利用による作業を行う場合は、脚部の安定は、試し乗りを行って安全を確認する。また、梯子の昇降時には、別の者が支える。
- 3) 作業で発生したコンクリート片などのゴミは持ち帰る。

11. 連絡体制

作業時の連絡体制は、**図—3**に示すとおりとした。



図—3 連絡体制

12 ボランティア補修工事 参加者名簿

氏名	所属	コンクリート 診断士	備考
米倉 亜州夫	(株)米倉社会インフラ技術研究所		
十河 茂幸	近未来コンクリート研究会	○	
鈴木 智郎	復建調査設計(株)	○	
岡田 繁之	極東興和(株)	○	
徳納 武使	福德技研(株)	○	
峯松 昇司	井上建設(株)	○	
西村 勝彦	戸田建設(株)	○	
江良 和徳	極東興和(株)	○	
佐々木 大輔	広島ガステクノサービス(株)		
半井 健一郎	広島大学	○	
植村 大樹	福德技研(株)		
山脇 浩司	広島ガステクノサービス(株)		
赤坂 哲司	住友大阪セメント(株)	○	
林努	ポゾリスソリューションズ(株)		
浜井 順三	(株)大野石油店		
平賀 弘一	(株)大野石油店		
安井 治	(株)大野石油店		
田中 修平	(株)大野石油店		
一柳 伸夫	(株)大野石油店		
山下 誠治	飛島建設(株)	○	
宅和 大助	ウベコン浜田(株)	○	
伊東 卓哉	(株)シーエックスアール	○	
北 勉	(株)石信建材店	○	
山口 晶子	(株)U・T・エンジニアリング	○	
中田 淳也	(株)IHI	○	
古谷 明義	コンポートふるたに(株)	○	
石光 亮典	(株)異設計コンサルタント	○	
奥井 憲昭	中外テクノス(株)	○	
奥宮 史佳子	中外テクノス(株)		
浦中 忠夫	(株)シーエム・エンジニアリング		
藤原 恒	(株)シーエム・エンジニアリング		
清水 智弘	(株)シーエム・エンジニアリング		
清水 健太	(株)シーエム・エンジニアリング		
森 将俊	(株)シーエム・エンジニアリング		
鈴木 比呂志	(株)第一総合エンジニア	○	
矢野 力	(株)第一総合エンジニア		
田中 力	(株)第一総合エンジニア		
橋本 泰輔	(株)第一総合エンジニア		
尾田 英司	アオイ化学工業(株)	○	
川口 慶一郎	アオイ化学工業(株)	○	
西垂水 巖		○	
室田 博文	復建調査設計(株)	○	
安田 直樹	復建調査設計(株)	○	
前川 広基	復建調査設計(株)		
金川 祐輔	ケイエム調査設計(株)		
吾郷 鷹矢	ケイエム調査設計(株)		
			計46名



6月19日安全ミーティング



南面の補修法確認



6月20日安全ミーティング



断面修復中のテレビ取材



7月19日安全ミーティング



会員による含浸材塗布状況