

平和の灯 長寿命化計画

高圧洗浄&補修試験 実 施 報 告 書

平成29年4月

広島県コンクリート診断士会

目 次

1. 高圧洗浄・補修試験の目的	1
2. 平和の灯の概要	1
3. 高圧洗浄&補修試験の実施工程	2
3. 1 高圧洗浄に先立つ現地調査	2
3. 2 高圧洗浄の実施工程と全体スケジュール	5
3. 3 高圧洗浄の結果	6
4. 補修試験	8
4. 1 補修試験計画	8
4. 2 補修試験結果と評価	11
5. 補修設計	20
5. 1 補修設計方針	20
5. 2 健全度調査で確認した変状とその原因	20
5. 3 対策方針の見直し	23
5. 4 補修設計	25
5. 5 補修工事数量	32
5. 4 補修工事工程表	34
6. 高圧洗浄&補修試験 ボランティア参加者リスト	35
7. 損傷・補修図	36

巻末資料

- 試験材料技術資料

1. 高圧洗浄・補修試験の目的

平和の灯の健全度調査は広島県コンクリート診断士会が平成28年5月に実施し、その調査結果は同年8月に広島市へ報告、今後の補修計画に反映する方針となった。

今回の高圧洗浄・補修試験は、この調査結果を引き継ぎ、平成29年8月の平和記念式典前に補修を行うという想定で、高圧洗浄を行い、コンクリート面の一部を使用して補修工法を選定する目的で試験を行った。

本報告書はその試験結果を報告するとともに、選定した補修工法と補修設計の提案をするものである。

2. 平和の灯(ともしび)の概要

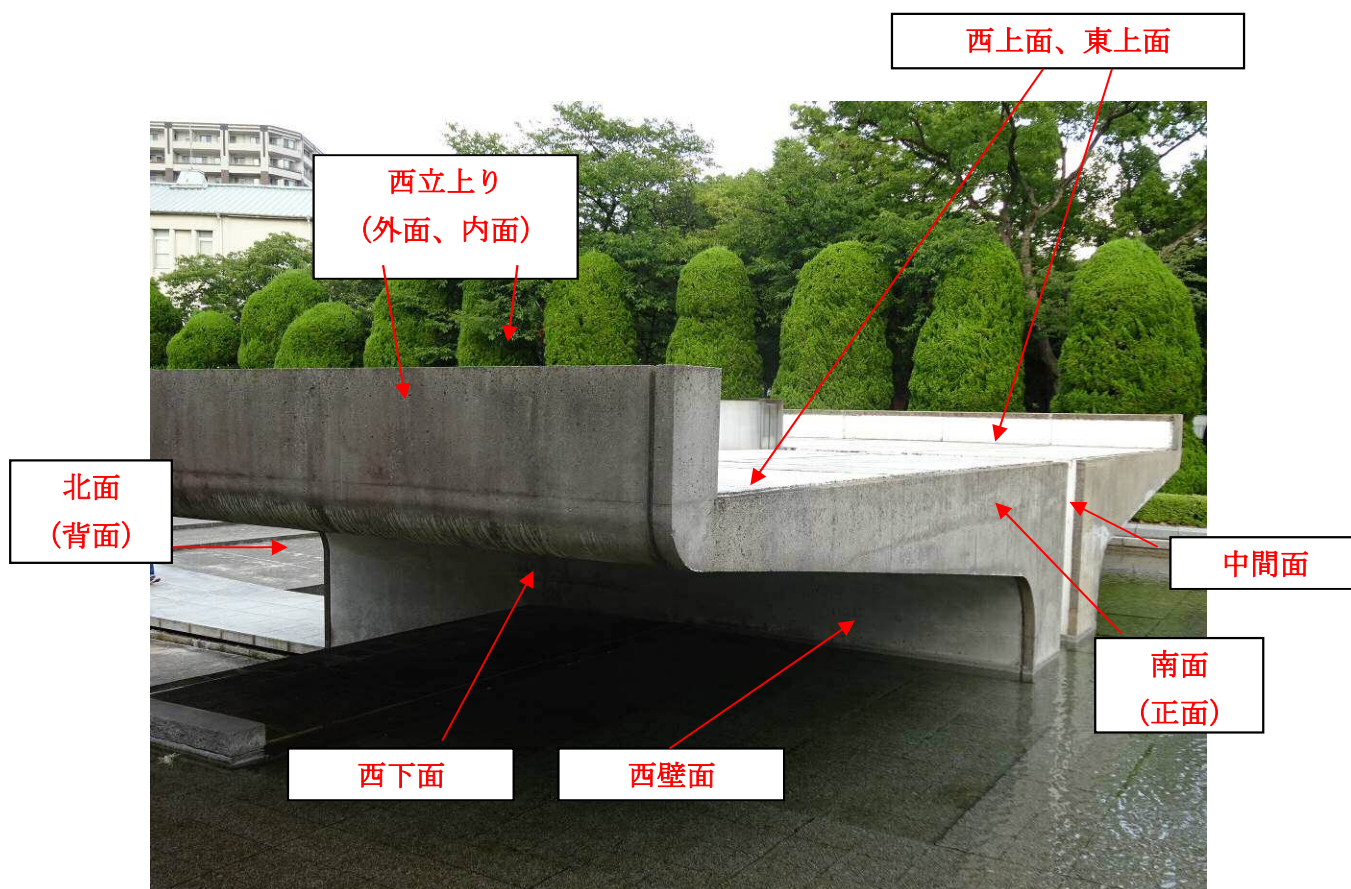
建立年月日:昭和 39 年(1964 年)8 月 1 日

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. 高圧洗浄

3. 1 高圧洗浄に先立つ現地調査

洗浄に先立ち、平成 28 年 12 月に状況確認調査を行った。当日は降雨後で一部箇所には雨水による濡れも見られる状況であった。

写真－2にその時の状況を示す。持参した断面修復用に準備した薄層断面修復材の試験片と色の違いを見ると、北面東柱面では色の違いが明らかで、コンクリート面が汚れていることがわかった。また、西側下面、壁面では色の違いは少なく、汚れは少ない印象であった。



東立上り外面



東立上り外面(南側)



東立上り外面(中間)



東立上り外面(北側)

写真－2 試験に先立つ現地確認(平成26年12月9日)



西下面 腐食鉄筋露出がある



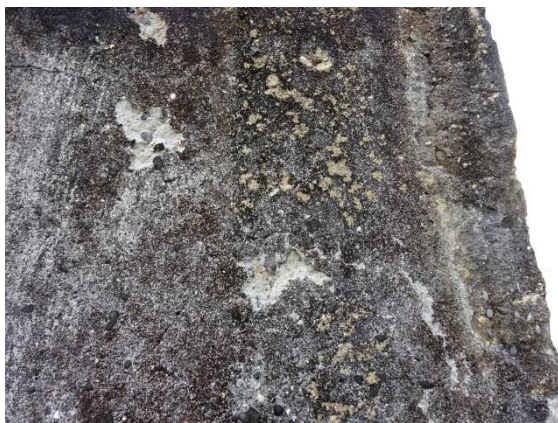
西下面(拡大) ひび割れ補修跡が目立つ



北面東柱(上部) 汚れがひどい



北面東柱(上部)



北面東柱(モルタル補修跡)



北面東柱(部分剥落箇所)

写真-2(続き) 試験に先立つ現地確認(平成26年12月9日)



断面修復材との色調比較(北面東柱)



断面修復材との色調比較(北面東柱)



断面修復材との色調比較(北面東柱)



断面修復材との色調比較(北面西柱)



断面修復材との色調比較(北面西柱)



断面修復材との色調比較(西下面)

写真-2(続き) 試験に先立つ現地確認(平成26年12月9日)



断面修復材との色調比較(西壁面)



断面修復材との色調比較(西壁面)

写真－2（続き）試験に先立つ現地確認(平成26年12月9日)

3. 2 高圧洗浄の実施工程と全体スケジュール

高圧洗浄は平成 29 年 1 月 25 日(水)に実施、引き続き、翌 1 月 26 日(木)―27 日(金)に断面修復補修、表面保護工を実施した。さらに、1週間後の2月3日(金)に一部箇所の追加表面保護工を行った。

表－1に想定している全体スケジュールを示す。

表－1 補修試験全体スケジュール(当初想定)

	平成29年							
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
高圧洗浄	○							
補修試験	○							
補修試験評価・補修工法選定			○					
補修設計提案				○				
補修工事(想定)					○～～○			
平和記念式典								○

3. 3 高圧洗浄の結果

1) 洗浄結果

洗浄は約7Mpa の圧力を用い、洗浄は池の水を抜いた状態で、上面、灯火周辺を除いた全表面に実施した。これにより大部分の黒い汚れは落ち、全体的に白くなって本来のコンクリート面が見える箇所が増えた。しかし、取れると予想していた浮き部分のコンクリート片や白色の付着モルタルらしき部分は依然取れずに残ったままであった。

写真－3に高圧洗浄作業時の状況、写真－4に洗浄後の状況を示す。

2) 洗浄にあたって注意した事項

高圧水が灯火に影響を与えないよう慎重に実施した。

洗浄水が周辺に飛散しないよう配慮し、作業中は、看板設置して来訪者の注意を喚起するとともに、試験時の東西通路の規制にあたっては広島県コンクリート診断士会の会員が誘導にあたった。

この結果、すべて順調に高圧洗浄が実施できた。



作業前の安全確認ミーティング



報道関係者に状況撮影



南面の洗浄状況1



南面の洗浄状況2

写真－3 高圧洗浄作業時の状況



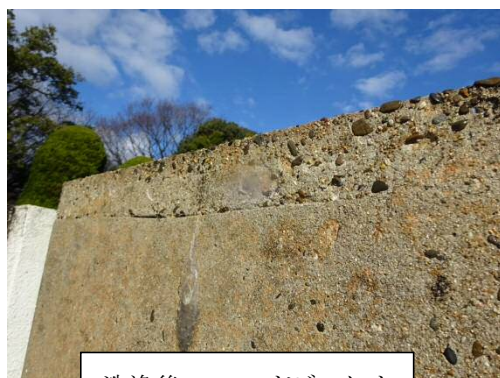
洗浄前(東立上り面)平成28年12月



洗浄後 平成29年1月



洗浄後 汚れの取れた南面



洗浄後 コールドジョイント



洗浄後 表面のモルタル？



表面のモルタル？は取れていない



写真-4 洗浄後のコンクリート面の状況

4. 補修試験

4. 1補修試験計画

試験材料は表面含浸材2種と断面修復材1種、それに汚れ防止のため有効と思われる酸化チタンコート、コンクリート面の色調調整のためのセメント系吹き付け材(ボカシ材)を選定した。

表面保護工に表面含浸材を選んだ理由は、表面被覆工法と違い、本来のコンクリート面を隠さず表面の色調も変えることなく内部に浸透し、中性化抑制のための表面緻密化が期待できると判断したためである。さらに、汚れをつきにくくする効果を期待し、酸化チタンコートとの組み合わせを行った。

また東西下面、壁面には既往の補修時に表面に薄く保護塗装がされていた形跡(全体的に白色が掛かっている点)があり、その材料と今回使用する材料の相性が合うのかも確かめる必要があった。

断面修復材は、硬化後の色調がコンクリートとあまり変わらない材料で、かつ硬化収縮率が小さいことに着眼し、必要以上のはつりをせずに薄い断面修復が可能であることを確認する目的で試験に加えた。

試験は条件の異なる平和の灯の3箇所の面を選定し、更に区画を A～K の 11 区画に分けて実施するものとした(表-2、図-1)。

材料選定にあたっての補修材料への期待効果を表-3に、試験材料の技術資料(カタログ)を巻末に示す。

表-2 補修試験の工法区分けと試験材料

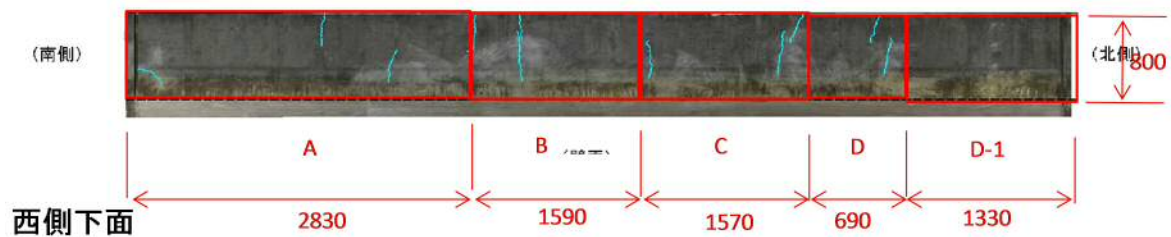
部位	区画 記号	区画 幅 (mm)	範囲	作業内容			
				1月25日	1月26日	1月27日	
						午前	午後
東立上り外面	A	2830	立上り天 端 ～ 下面水 切まで	洗浄	—	—	—
	B	1590		洗浄	—	—	酸化チタンコート
	C	1570		洗浄	シラン系表面含浸材		酸化チタンコート
	D	690		洗浄	亜硝酸リチウム塗布	—	—
	D-1	1330		洗浄	亜硝酸リチウム塗布	—	2/3AM 亜硝酸リチウム併用 型ケイ酸塩系表面含浸材
西下面	E	500	下面水 切～下 面奥1.0 mまで	洗浄	亜硝酸リチウム塗布	—	2/3AM 亜硝酸リチウム併用 型ケイ酸塩系表面含浸材
	F	500		洗浄	—	ボカシ剤	シラン系表面含浸材
	G	500		洗浄		塗装による色調整※	ボカシ剤
	H	500		洗浄	薄層断面修復	シラン系表面含浸材	—
北面東柱	I	500	柱幅 880	洗浄	—	シラン系表面含浸材	酸化チタンコート
	J	500		洗浄		シラン系表面含浸材	ボカシ剤
	K	500		洗浄		ボカシ剤	シラン系表面含浸材

※塗装による色調整とは、茶色断面修復面をエポキシ系塗装で色調修正を見るため実施
上記以外に西壁面に寸法600×450mmで、厚さ3mm薄層断面修復材を試験施工した。

表－3 選定した試験材料への期待効果

試験材料	期待効果	備考 (提供会社)
シラン系表面含浸材	コンクリート表面を緻密化し中性化の進行を抑制。また合わせて撥水効果をもつため、汚れを付着しにくくする。	リフレパセット D70 (住友大阪セメント)
亜硝酸リチウム	コンクリート面に付着したカビの除去(従来言われてこなかった効果)	プロコンガードプライマー (井上商事)
亜硝酸リチウム併用型ケイ酸塩系表面含浸材 (ケイ酸塩系表面含浸材)	コンクリート表面を緻密化し中性化の進行を抑制。また、亜硝酸イオンの鉄筋不動態被膜再生効果で鉄筋腐食を抑制する。	プロコンガード (井上商事)
酸化チタンコート	光触媒効果で汚れの付着を抑制	ミラクルチタン光触媒コート (大野石油店)
ボカシ材	コンクリート表面の色むらを修正し、自然のコンクリート面に近づける。ポリマーセメント補修跡など色調変化部位の修正効果も。	かんたんボカシ剤 (住友大阪セメント)
薄層断面修復	色調が硬化コンクリートとあまり変わらず、かつ硬化収縮率が高い従来材ではひび割れ発生の懸念からできなかった薄層(3mm 厚)での断面修復	マスターエマコ S5350 (BASF)
ひび割れ補修材	0.3mm 幅以下のひび割れに関し、表面からすり込むだけで、外観を改善する。 (昨年5月の健全度調査の際に外観改善効果を確認済のため今回試験は未実施)	安心補修スティック (住友大阪セメント)

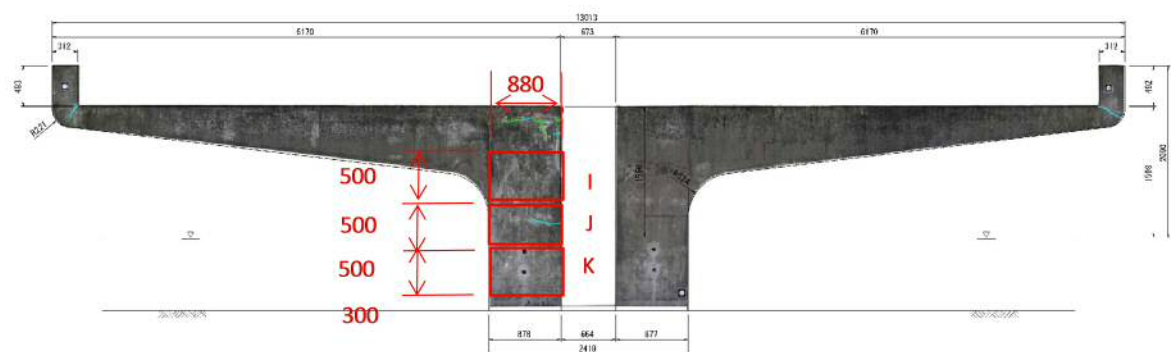
東側立上り外面



西側（下面～立上がり外面～側面）
（下面見下げ図）



北側東柱面



図－1 補修試験の工法区分け

4. 2. 補修試験結果と評価

補修箇所は、実施後約1か月間定点観測を行うことで状況変化を確認した。その結果による試験工法の評価を表－4に示す。なお、今回の評価は観測者の主観に基づく判断も含まれていることから、主観的な判断も含まれていることに注意願いたい。

補修試験時の状況を写真－5に、定点観測結果を写真－6に示す。

表－４ 補修試験の工法評価

部位	区画 記号	適用工法	評価
東立上 り外面	A	高圧洗浄のみ	汚れを取る効果は十分あることが判明したが、いつまで現状が持続するかは不明である。
	B	高圧洗浄+酸化チタン コート	外観は洗浄面とまったく区別がつかない。今後の持続効果に期待がかけられる。
	C	高圧洗浄+シラン系表面 含浸材+酸化チタン コート	外観は洗浄だけとほぼ変わらない。コンクリートの改質効果に加え、酸化チタンコートの汚れ防止効果も期待がかけられる。
	D & 南面 東西柱	高圧洗浄+亜硝酸リチ ウム	亜硝酸リチウムの吸湿効果（空気中の水分を引き寄せる）のため、空気中の水分を引き寄せ、乾きにくく濡れ模様が見える状況が数日間認められた。 コケ類の付着防止効果については確認できなかった（洗浄でコケ類が既に取りれてしまっていた？）。 なお、追加で南面東西柱にも亜硝酸リチウムを塗布したが、状況は一緒であった。
	D-1	高圧洗浄+亜硝酸リチ ウム+ケイ酸塩系表面 含浸材	吸湿効果にのため濡れると乾きにくい状況が数日間認められた。 ケイ酸塩系表面含浸材のコンクリート表面改質効果を期待するが、その効果を確認するには至らなかった。
西下面	E	高圧洗浄+亜硝酸リチ ウム+ケイ酸塩系表面 含浸材	中性化による鉄筋腐食が認められる状況で、コンクリート表面改質効果と鉄筋腐食抑制効果の両方に期待するが、その効果を確認するには至らなかった。 外観が白くなる傾向が認められた。既に既往の補修で全体が白くなっており、大きく外観を変えるほどではなかった。 ひび割れ補修部とは相性が合わず、既存補修材の茶色が強調される変化を生じるため、この部分への適用はふさわしくない。

表－4（続き）補修試験の工法区分け

部位	区画 記号	適用工法	評価
西下面	F	高圧洗浄+ボカシ剤+ シラン系表面含浸材	コンクリート表面改質効果を期待するが、その効果を確認するには至らなかった。 外観が多少白くなる傾向が認められたが、既に既往の補修で全体が白くなっており、大きく外観を変えるほどではなかった。 ひび割れ補修部とは相性が合わず、既存補修材の茶色が強調される変化を生じるため、この部分への適用はふさわしくない。
	G	高圧洗浄+エポキシ塗 装+ボカシ剤	エポキシ塗装による既存補修材の茶色が緩和される傾向は見られた。ただし、ボカシ剤によって色むらが生じてしまい、外観が改善されたようには見えなかった。
	H	高圧洗浄+薄層断面修 復+シラン系表面含浸 材	薄層断面修復は期待通り良好な付着性能を示したが、含浸材の影響で表面が白く変色した。 断面修復部以外の面はわずかに色がついたように見えたが変化はわずかであった。 ひび割れ補修部と含浸材は相性が合わず、既存補修材の茶色が強調される変化を生じるため、この部分への適用はふさわしくない。
北面 東柱	I	高圧洗浄+シラン系表 面含浸材+酸化チタン コート	外観は洗浄だけとほぼ変わらない。シラン系表面含浸材コンクリートの改質効果に加え、酸化チタンコートの汚れ防止効果に期待がかけられる。
	J	高圧洗浄+シラン系表 面含浸材+ボカシ剤	ボカシ剤が色ムラを招き、かつ細骨材、粗骨材が表面に見えなくしてしまうため、本来のコンクリート面ではないように見えるようになった。 降雨時に撥水効果が見られ、改質効果はあるように見えた。
	K	高圧洗浄+ボカシ剤+ シラン系表面含浸材	同上。ボカシ剤とシラン系表面含浸材の施工の順番は影響しないようである。