

平和記念公園 平和の灯 ボランティア調査報告

米倉亜州夫*1·鈴木 智郎*2

概 要 平和記念公園内に設置された平和の灯は、「核兵器が地上から姿を消す日まで火を燃やし続けよう」と祈念して 1964 年に建設された鉄筋コンクリート製のモニュメントである。建設後 52 年が経過し、一部にひび割れや鉄筋露出が見られるようになったことを契機に、広島県コンクリート診断士会はボランティアで健全度調査を行い、長寿命化計画を管理している広島市へ提案した。本報告は診断士会会員 63 名で実施した健全度調査結果の概要を報告するものである。

キーワード: コンクリート診断士会, ボランティア, 長寿命化計画, 健全度調査, ドローン (UAV), 3次元測量, 平和 記念公園

1. 調査目的

1.1 平和の灯(ともしび)の調査について

広島県コンクリート診断士会は、2011年7月の設立以来、診断士の技術力向上、社会的評価と地位の向上に貢献し、社会の発展や安全に寄与することを目的として活動してきている。2015年9月には自主活動として広島市内の平和関連コンクリート施設を有志で見て回る機会をもった。その結果から市内のコンクリート製平和モニュメントの多くに劣化が発生しており、今後その維持管理が重要となってくると判断し、ボランティアで維持管理に協力して行くことを確認した。

手始めとして、平和記念公園内に設置された「平和の 灯」について、長寿命化のための健全度調査をボランティ アで実施することとした。平和の灯は建設後52年経過



写真-1 原爆慰霊碑北側の池に接した平和の灯

し、一部に補修跡とその再劣化が認められると同時に、新たなひび割れ、浮き、鉄筋露出も認められ、このまま 放置すれば将来に大補修が必要となると判断したためで ある。

1.2 平和の灯の概要

建立年月日:1964年8月1日 建 立 者:平和の灯建設委員会 設 計 者:意匠設計:丹下健三

構造設計:坪井善勝

形 状:台座は、手首を合わせ、両手を大空に広

げた形を抽象化したものである。

構 造: RC 造, 高さ4m×幅13m×奥行8m

2. 調査計画・調査班の構成

2.1 現地調査までの経緯

調査計画はまず管理している広島市に健全度調査を申し入れ、次いで会の定例サロン(定例勉強会)にて調査の目的、調査方針を確認した。それを基に会員へボランティア協力を呼びかけ、第1陣として17名の参加の申し入れを受け、このメンバーで具体的な調査計画を固めた。なお、ボランティア参加者はその後増え、調査当日の飛び込み参加者も含め63名となった。

2.2 調査の実施日と調査分担

調査実施はボランティア参加者の意向を受け、多くの参加者が見込める2016年5月上旬の3日間とした。また、調査は表-1に示す班分けを行い、各班長のもとグループ単位で調査にあたり、結果の取りまとめまで行うこととした。

また調査にあたっては、作業着、ヘルメットは各人で 準備するものとしたが、多くの外来者が集まる公園内の 調査であることから、所属を明確とするため会の腕章を 新たに作成し使用することとした。

^{*1} よねくら・あすお/広島県コンクリート診断士会会長, 広島大学 名誉教授(終身会員)

^{*2} すずき・ともお/広島県コンクリート診断士会副会長, 復建調査 設計㈱

表-1 調査内容と作業分担

班	調査・分担内容			
①調整班	全体調整, 受付・調査記録			
	ドローンによる空中から写真撮影			
②寸法 · 外観計測班	地上からの3次元測量			
	地上からの精密写真撮影			
③外観目視調査班	ひび割れ・浮き箇所の計測, 塗膜劣化調査			
④コンクリート, 鉄筋調査班	コンクリート強度試験			
	コンクリート中性化深さ試験			
	塩分含有量試験			
	赤外線サーモグラフィーによる浮き調査			
	鉄筋探査計による配筋調査			
	X 線透過写真による配筋調査			
	自然電位計測による鉄筋腐食調査			
	調査部位の補修			
⑤塗装・塗膜・美観調査班	美観阻害状況の調査			
	汚れの原因と洗浄試験			
	補修跡を目立たなくする工法検討			
⑥調査補助・警備班	当日参加会員による調査補助・警備			



写真-2 ドローン撮影による平和の灯と原爆慰霊碑

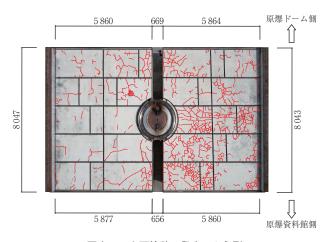


写真-3 上面塗装に発生した亀裂

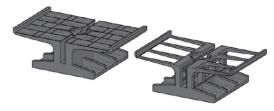


図-1 内部構造理解のために作成した3次元モデル

3. 調査結果

3.1 寸法・外観計測調査結果

(1) ドローン (UAV:無人飛行機) による空中からの写真撮影

ドローンの使用は航空法改正(2015年12月)で、平和記念公園などのDID地区(人口集中地区)での使用が禁止されている。そのため事前に広島市の同意書を添えて国交省航空局に申請し許可をとって実施した。

写真-2 はドローンによる空中からの撮影写真で、劣化の全体イメージを得ると同時に、短時間の外観目視調査ではできなかった上面の耐熱塗装の劣化状況の全貌を確認できた。写真-3 は塗膜の亀裂位置を朱書きしたものである。

(2) 地上からの3次元測量

3D-レーザスキャナを用いた3次元測量により出来形寸法を計測し、設計図面(広島市経由で㈱丹下都市建築設計より受領)と照合した。その結果、上面に関して東西方向の端部が中央より50mm高い設計となっていたのが、理由は不明であるが実際にはほぼ水平となっていた。これ以外はほぼ設計通りの諸元で建設されていることを確認した。

なお、この平和の灯は外観からは手首に相当する壁と、掌に相当する版による構造のように見えるが、実際は設計図面より左右4本の柱と4本の梁で構成され、その間はボイドとなっており、そこを上下2枚の薄いRC版(最少厚6cm)で挟む構造となっていることが判明した。そこで今後の維持管理に役立たせるため、測量結果と設計図面を基に図-1に示す3次元モデルを作成した。

(3) 地上からの精密写真撮影

コンクリート表面の細かいひび割れや汚れを記録するため、分割撮影した画像を合成し、写真-4に示す約30億画素の精密画像(メガピクセル画像)を作成した。この画像をパソコン上で開き、従来の作図では読み取れないコンクリート面の汚れ、色むらと、細かなひび割れ、補修跡、錆汁、製作時のセパレータ位置などを把握した。

3.2 外観目視調査結果

(1) ひび割れ、浮き、鉄筋露出

平和の灯には時期は不明であるがひび割れ補修が既にされており、その一部の箇所でひび割れ、浮きなどの再劣化が生じていた。また、それ以外の箇所でもひび割れ、浮き、鉄筋露出が確認された。下面に見られる補修跡は幅 60 mm ほどの帯状の断面修復で、補修材がわずかであるが茶色に色づいているため、周囲のコンクリートとなじまず痛々しい印象を与える状況となっていた。

(2) 上面, 塗装面の変状

上面はモルタルを敷いた上に白色の塗装(耐熱塗装)が施されていた。この塗装には写真-3に示したような数多くの亀裂が発生しており、その下面のモルタルには浮

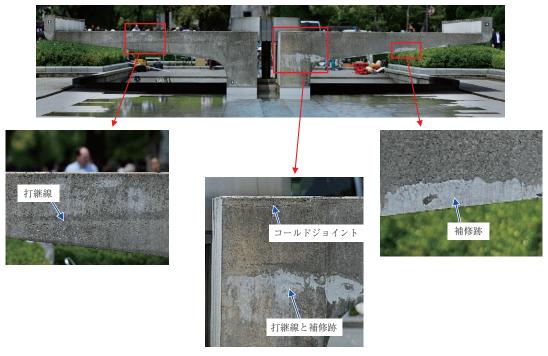


写真-4 南面のメガピクセル画像

表-2 コンクリート強度試験結果 (単位: N/mm²)

試験箇所	リバウンドハンマー1		リバウンドハンマー2		コンクリート	採取コアによる
	日本材料学会式	東京都建築材料 検査所式	日本材料学会式	東京都建築材料 検査所式	テスター	圧縮試験
東側壁面	45	38	41	34	38	33(背面東側)
西側壁面	48	41	48	40	38	30(背面西側)
平均	47	39	44	37	38	32

注 1): コンクリートテスターは NETIS, HK-060013 による

きが確認された。しかし、灯火の火炎による輻射熱は調査に支障が出るほどの高温ではないため、紫外線など他の原因が考えられた。また、下面側に雨水が浸透している形跡も認めなかった。

(3) その他の変状

南面には、写真-4に示す初期の締固め不足が原因と思われるコンクリート打継ぎ線が出ていた。また建設当初のものと思われる打継ぎ不良(または豆板)をモルタルまたはセメントペーストで補修し白色となった部分があり、これが色むらとなって周囲となじんでいない状況であった。

3.3 コンクリート・鉄筋調査

(1) コンクリート強度試験

強度試験は、リバウンドハンマーを 2 機種、コンクリートテスター $^{(\pm 1)}$ を用いた非破壊試験と、北面柱より採取したコア(ϕ 45 mm)を用いた圧縮試験を実施した。表-2で示すように得られた結果は試験法で若干の相違はあるものの、設計図面に示された $180 \, \mathrm{kg/cm^2}$ ($\pm 18 \, \mathrm{N/mm^2}$)を大幅に上回る数値であった。

(2) コンクリート中性化深さ試験

中性化試験は北面柱より採取したコア外面にフェノールフタレイン溶液を散布して実施した。コア 4 本の計測中性化深さは平均 16.2 mm(計測値 32 点の標準偏差 σ =

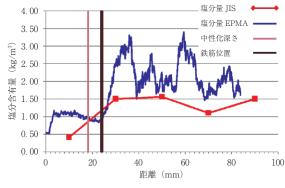


図-2 塩分含有量試験結果

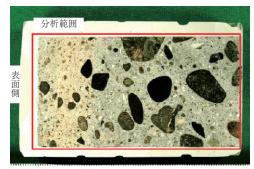
5.0 mm) であった。

(3) 塩分含有量試験結果

塩分含有量は①電位差滴定法(JIS A 1154, 深度方向2 cm 刻み5点)と②EPMA(EPMA 法によるコンクリート中の元素の面分析方法(案)(JSCE-G 574))の2種の方法で測定した。

図-2 はその結果を示したもので、塩化物イオン濃度は全体的に高い値で推移し(2.0 kg/m³程度)、深部まで比較的高い値が検出された。採取したコアの観察で貝殻片の混入が確認できたことから、除塩不足の海砂が使用されていたと判断した。

Vol. 55, No. 4, 2017. 4



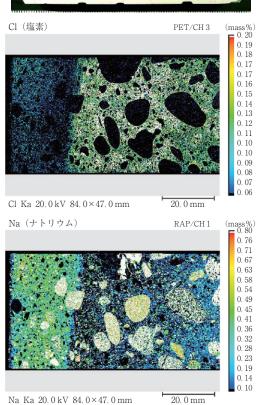


写真-5 EPMA カラーマッピング分析結果

(4) カラーマッピング分析結果

EPMA 計測の際にカラーマッピング分析により、深さ方向の塩素とナトリウムの濃度分布を確認した。写真-5にその結果を示す。塩素は中性化領域(今回の場合表面から 16 mm 前後)で減少したが、境界部での濃縮は生じていないと判断した。またナトリウムは中性化領域で増加する傾向となっていた。

(5) 赤外線サーモグラフィーによる調査

ハンマーによる浮き調査に加え、赤外線サーモグラフィーによるコンクリート面の温度差測定による調査を実施した。その結果、ハンマーでは浮きと判定されなかったひび割れの断面修復箇所でも温度変化を計測した。写真-6右側の点線で囲んだ部分がひび割れ補修箇所で、周囲より温度が高く、これには浮き以外に補修材の材質も関連している可能性があると推定した。

(6) 鉄筋探査

南北面,東西壁面は鉄筋探査機(電磁レーダ法)による調査で、一部のかぶり不足箇所を除きおおよそ設計図 面通りの配筋となっていることを確認した。

しかし、上面からの鉄筋探査では鉄筋位置が確認できないという予想外の事態が生じた。この理由は調査段階では不明であったが、後日上面に塗布された耐熱塗料が原因と判断した。耐熱塗料には金属酸化物の粉末が混入されており、これが障害となったものと考えられる。

この面の配筋については、下面から X 線透過による撮影をすることで配筋が確認できた。この部分はボイドをRC 版で挟む構造となっていたが、写真-7 のように上下面の配筋が重なって撮影された。このことから、ボイド構造の製作には X 線を透過させる木製型枠などが使用さ

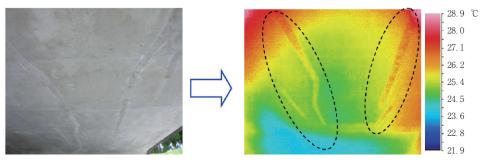


写真-6 東側下面ひび割れ補修箇所の赤外線写真



写真-7 X 線透過装置の設置状況と X 線での配筋確認写真

308 コンクリート工学

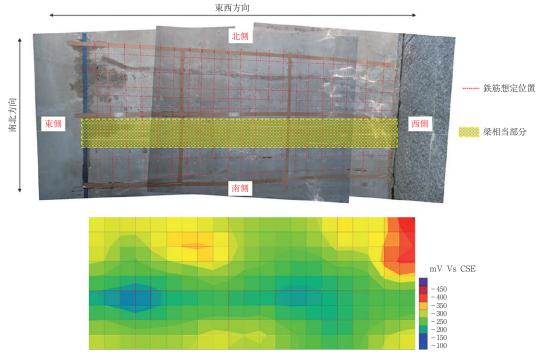


図-3 自然電位分布測定図

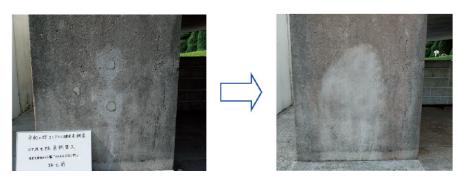


写真-8 コア抜き箇所の補修完了後の状況とボカシ剤処理3か月後の状況

れたと判断した。

(7) 自然電位計測調査

自然電位計測は、潜在的な鉄筋腐食の可能性を推定するため下面位置で実施した。

その結果を図-3に示す。黄色点線で示した梁相当部分では腐食は発生していないものの、外見からは変状の見られなかった位置(赤く着色した下面西側部分)では腐食の可能性が高いと判断した。

3.4 塗装・塗膜・美観調査結果

南北面は施工当初からあったと推定する欠陥箇所,補 修跡が劣化,変色している状況であった。また,全般的 には経年的な埃,コケ類の付着が色むらとなって目立ち, 汚れた印象を作っている状況であった。これは,建設時 に十分湿潤養生されなかった構造物でよく認められる現 象で,かぶりコンクリートの表面部の密実性不足から雨 水等が保水されやすく,カビ・コケ類が生息しやすい環 境となっているためと判断した。

そこで今回調査でコアを抜いた北面柱の面を利用し、洗 浄でどれくらい汚れが落ちるのか、またその補修跡が違 和感なく処理ができるか試行試験を行った。その結果,

- ①コア抜き補修箇所周辺1mくらいの範囲をたわしでこすると、砂分が落ち、ある程度までは白くなるが完全には色落ちしない状況であった。
- ②その状態で、ボカシ剤と言われる色調選択のできる 速硬性セメント粉をスプレーしたところ、コア抜き補修 跡を目立たなくする効果を確認した。
- ③この箇所はその後3か月間の追跡調査結果でも**写真-8** に示すように色落ちせず,変化は認めなかったことから,洗浄後に色むら箇所に適用すれば美観向上の手段とできる可能性があると判断した。

4. 調査に基づく診断

今回の調査で確認された主要な変状に関し以下の診断 と提案を行った。

1) 下面のひび割れ、浮き、鉄筋露出に関して

下面の劣化原因は、補修されたひび割れ箇所が一定間隔で直線状となっている状況から乾燥収縮と診断、その後に発生した剥離などの劣化は局所的なかぶり不足箇所

Vol. 55, No. 4, 2017. 4

での中性化による鉄筋腐食が原因と診断する。ただし、塩分含有量も2kg/m³ほどと大きく、塩害も絡んでいる可能性も否定できない。対策として過去の補修と同様の断面修復とそれに追加して表面保護工法がよい。

2) 上面の亀裂、浮きに関して

上面に発生している塗膜の亀裂とモルタルの浮きは、 塗膜の紫外線などによる経年劣化、モルタルの乾燥収縮 によるものと診断する。下面側への漏水跡は見られず実 害を生じていない状況から、部分的な更新・再塗装で対 処し継続観察することがよい。

3) 補修部の変状,色むら,汚れに関して

全面的な洗浄を行ってから脆弱部のはつり取り・断面 修復を行った上で表面保護工法がよい。ただし、コンク リート構造物としての美観維持を図るため、補修変色箇 所や色むら箇所の修正を試行試験で確認してから最終工 法を選択することがよい。

4) 今後の維持管理に関して

今後に向けて①定期点検のルール化,②重要着目点 (下面のひび割れ補修箇所,漏水の発生など)を設定して 行う日常管理,③補修対策実施後のフォローを提案した。

5. あとがき

調査の取りまとめを行ったメンバーを以下に示す。 山下誠治 (調整班,飛島建設㈱),浦中忠夫 (寸法・

外観計測班、(株)シーエム・エンジニアリング)、山口晶子(外観目視調査班、広島県コンクリート診断士会)、伊東卓哉(コンクリート・鉄筋調査班、(株)シーエックスアール)、北 勉(塗装・塗膜・美観調査班、(株)石信建材店)

今回の調査は、世界中の人が来訪する平和記念公園のコンクリートモニュメントが劣化した状態のままとなっているのはコンクリート技術者として放置できないという会員意見から始まったものである。それに賛同するボランティア有志 63 名が集まり、3 日間の調査で延べ 101 名の参加となり、会員各社の保有技術を結集しての調査となった。当初の調査目的はコンクリート構造物の長寿命化であったが、普段一堂に会うことのない立場の違う多くの技術者が集まっての調査となったこと、また接することの少ない調査を間近に見る機会ともなり、調査技術の向上ということでも成果があった。また、平和公園にオバマ・アメリカ大統領が来訪することが決まった直後のこともあり、多くの報道機関でも話題として取り上げられ、会としての存在意義を多くの人に知っていただく機会ともなり、長寿命化とはまた別の成果も挙げられた。

最後に、調査にあたってご協力をいただいた広島市都 市整備局緑化推進部の方々に御礼すると同時に、会から の提案を参考に、これからも長寿命化のために頑張って いただきたい旨お願いする次第である。

310 コンクリート工学