

報告 長崎県端島の RC 建物 (48 号棟, 65 号棟) のスラブの劣化程度の調査

盛尾 修平*1・岸本 一蔵*2

要旨:2016 年 12 月に JCI および AIJ の委員会により長崎県端島 (通称 軍艦島) の建物調査が行われた (JCI : 供用不可まで劣化破損が進行したコンクリート構造物の補修・補強工法に関する研究委員会, AIJ : 軍艦島コンクリート系建築物の健全度調査小委員会:両委員会とも委員長 東京大学大学院 野口貴文 教授)。本報では, 同調査で行った 48 号棟, 65 号棟の 2 棟のスラブの状態について報告する。スラブの劣化の概要について述べると共に, 劣化の層方向分布について検討を行った。

キーワード :軍艦島, RC 建物, スラブ, 腐食

1. はじめに

長崎県端島 (通称 軍艦島) の鉄筋コンクリート (以下 RC) 建物群は建築後約 50~100 年程度の月日経過しており, その劣化状況を調べることは RC 建物の劣化がどのように進み, 何が問題となるのか, あるいは補強や補修計画等を考える上でどのような事が重要となるか等の貴重な資料になると思われる。写真-1 は同島で現存する最も古い RC 建物である 30 号棟 (1916 年建築) の写真である。この写真からわかるように, 建物の外形 (スケルトン) は使用されていた当時の形状を保っているものの, 内部では床スラブが落下しており, 大きく損傷していることがわかる。力学的および構造的な観点から考えても, 鉛直荷重が常に作用し, かつ部材の厚みが薄いスラブが最も経年劣化の影響を受けやすいと推測できる。そこで, 本報告では, 2016 年 12 月に行われた調査をもとに 2 棟 (48 号棟, 65 号棟 北棟, 東棟) の建物のスラブを中心に調査を行った。本報告ではその内容について述べる。

有り)。島の西の海側にあり防潮壁の役割を期待されている。各階に 4 戸の住戸 (全て同一面積) を持ち西側に廊下をもつ片廊下型プランである。居室群は建物東側にあるため波浪等の影響を直接受けにくく, 西側廊下は海面に面している (写真-2)。1~4 階の廊下・室内の天井仕上げはモルタル塗装で, 当時時としては設計施工の質は良好とされている¹⁾。5 階は木組みによる天井が張られており, モルタル塗装は行われていない。



写真-1 30号棟の外観とスラブの落下

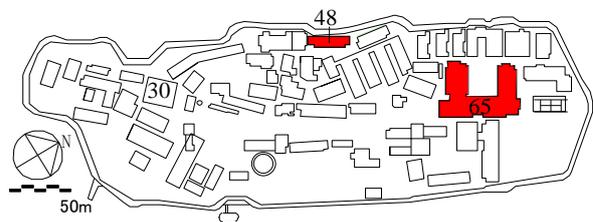


図-1 軍艦島配置図

2. 調査概要

2.1 軍艦島について

端島 (通称 軍艦島) は 2015 年 7 月に「明治日本の産業革命遺産 製鉄・製銅, 造船, 石炭産業」の一部として世界文化遺産に登録された。長崎港から南西に約 19km の海上に位置する面積約 0.063km² の 6 回による埋め立てにより拡張された島である。同島は明治時代より炭鉱として開発され 1974 年に閉山されるまで日本を代表する炭鉱の 1 つであった。島内には日本初の RC 造高層住宅をはじめ 34 棟の RC 建物が存在する (図-1)。

2.2 調査建物

1) 48 号棟

竣工は 1955 年。構造は RC 造 (桁行方向: ラーメン構造, 梁間方向: 壁式ラーメン構造), 地上 5 階建て (地下

2) 65 号棟

65 号棟は北棟, 東棟, 南棟の 3 棟により形成されている (写真-3)。竣工は, 北棟 (1~7 階 1945 年, 8, 9 階 1947 年), 東棟 (1~9 階 1949 年, 屋上幼稚園 1952 年)。構造は RC 造 (桁行方向: ラーメン構造, 梁間方向: 壁式ラーメン構造)。島の北側の海岸線よりやや内陸側に位

*1 近畿大学大学院 総合理工学研究科 環境系工学専攻 大学院生 (正会員)

*2 近畿大学 建築学部建築学科 教授 博士 (工学) (正会員)

置し、両側に居室を持つ中廊下型プランである。建物西側には66号棟等4～5階の建物が建てられている。また、北棟は南側にある学校の運動場に面している。廊下天井の仕上げはモルタル塗装の上に表面仕上げ材が張られており（写真-4）、鉄筋の露出部には一部モルタル補修がされている箇所もある。なお、今回の調査は北棟と東棟の2棟のみである。

2.2 調査内容

調査期間は2016年12月9日～11日の3日間。調査を行った建物・箇所は以下の通りである。48号棟：1～5階各階の廊下スラブ下面、各住戸内の梁、スラブ下面。65号棟：北棟・東棟の1・3・7・9階：スラブ下面、廊下柱、廊下梁。なお、いずれの棟もスラブ上面は散乱物がある



写真-2 48号棟外観



写真-3 65号棟外観

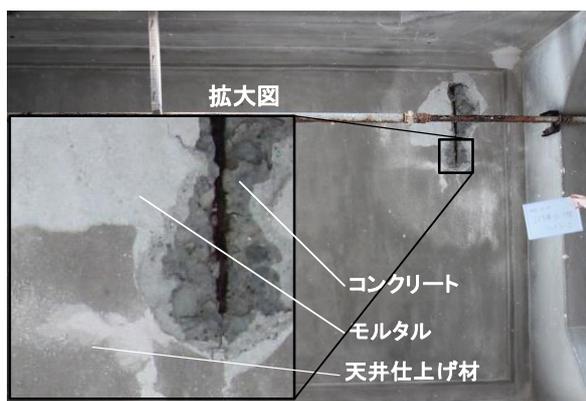


写真-4 65号棟天井仕上げ

ため写真撮影が困難であり調査できなかった。また、本報告はスラブを主な検討対象としているが、建物全体としての総合的な劣化状況の把握が必要と考えたため、検討対象床近傍の梁、柱についても情報を収集した。調査には時間的な制約があるため、現地において上記の調査対象部をデジタルカメラにより撮影を行い、後日全てのデータを紙への出力、および一部モニターによる確認を行い、劣化程度を判定した。

3. 調査結果

3.1 建物の劣化状況の概要

スラブ下面（以下天井）の当時の状態は文献1よりコンクリート打放しではなく、65号棟はモルタルの刷毛引きとされている。48号棟は特別な記述は見当たらないが、現在の状態から判断してモルタルが塗られていたと考えられる。また、48号棟については一部の階で天井に木板が張られていた。スラブの状況例を写真-5に示す。(a)は48号棟廊下の天井、(b)は65号棟廊下の天井である。スラブの劣化は同写真にみられるように、下端鉄筋の腐食に伴うひび割れおよび、コンクリートかぶりの剥離・落下による露出という形で現れる。ただし、鉄筋腐食が進みスラブ全面にわたりかぶりが剥落する状況はそれほど多くなく、写真-5(b)をみてもわかるように、同じスラブであっても非常に腐食が進んでいる箇所の近くでひび割れも現れない場合がある（仕上げ等によってひび割れが隠されることもある）。



写真-5 スラブ下側の劣化状況の例

また、腐食により鉄筋がほぼ失われた状況においても、スラブのコンクリートが落下し、床面に孔が開く等の状

況はなく、他の建物においても 30 号棟を除いてそのような状況は報告されていない。

表－1 48号棟劣化程度判定条件

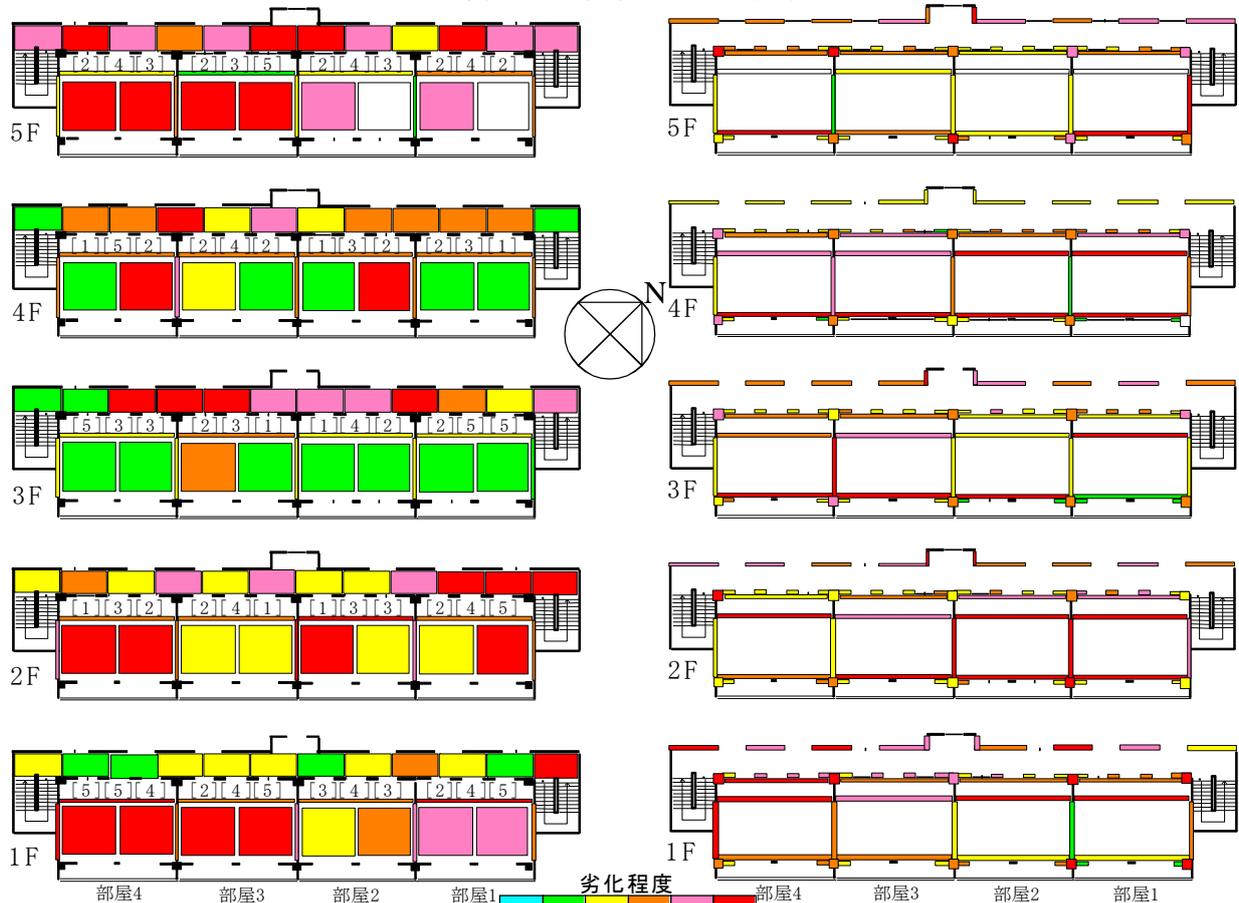
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
1) 廊下天井	直交方向のひび割れを確認	軸方向ひび割れが2箇所以下	軸方向ひび割れが3箇所以上	鉄筋が2箇所以下露出	鉄筋が3箇所以上露出
2) 室内天井	天井仕上げ材が天井面積の半分未満剥落	天井仕上げ材が天井面積の半分以上剥落	モルタルが天井面積の半分未満剥落	モルタルが天井面積の半分以上剥落	鉄筋が露出
3) 梁	微細なひび割れを確認	微細なひび割れが複数箇所	軸方向に入る太いひび割れ	部分的な鉄筋露出	広範囲にわたる鉄筋露出
4) 開口部	ガラスが半分以上残っている	ガラスが半分も残っていない	開口部枠が残っている	開口部枠がほとんど残っていない	木枠に付け替えられている



写真－6 48号棟室内天井の劣化程度例



写真－7 48号棟廊下天井の劣化程度例



図－2 48号棟劣化分布図

図－3 48号棟劣化分布図(2015年度調査)

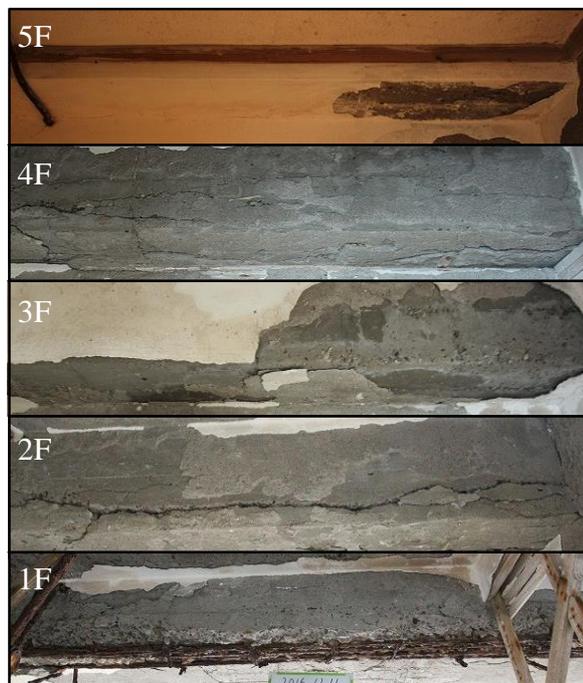


写真-9 48号棟 居室小梁比較

3.3 48号棟

調査は、以下の4箇所を対象とした。

1) 廊下の天井：廊下長手方向に12分割して判定, 2) 住居の天井：出入口正面に対し垂れ壁を境に左右に居室があり、それらの天井, 3) 居室出入口正面の小梁、及び居室の隣接住戸との境界位置の梁（壁有り）。4) 各住戸と廊下間にある鋼製の窓枠（ $\times 2/1$ 住戸）、出入口の鋼製枠。なお5階天井および梁については木張りの天井が残っていたため限られた範囲での結果である。従って実際にはより劣化程度が大きい可能性がある。これらの劣化程度は全て[0]~[5]の6段階とし、判定条件は表-1に示す通りとした。図-2に劣化程度の判定結果を示す。同図より、廊下天井では、5階の劣化が著しく、1, 2階ではその程度が小さいことがわかる。また、3, 4階は5

階ほどではないが、1, 2階よりも劣化の程度は大きい。5階は最上階であるため雨水の影響を直接受けることから劣化程度が大きいものと推測できる（居室の天井の劣化も5階で大きい）。廊下は海側に面しているため海から飛来する風や飛沫の影響を直接受けることになるが、本建物の1, 2階は護岸壁よりも下側に位置し（写真-2）、その影響が比較的小さかった可能性も考えられる。一方居室側天井の劣化では、1, 2階の劣化程度が3, 4階よりも大きく、廊下天井の劣化程度とは逆の状況となっている。また、居室内の梁をみるとやはり天井と同じく上層（5階を除く）での劣化程度が比較的小さい。より詳細に検討するため写真-8に48号棟の各階の居室の天井の劣化状況の写真的例を示す。各階のスラブの劣化には次の様な特徴がみられた。最上階（5階）においては鉄筋の露出箇所が多くみられ、スラブ下面には白色の析出物が多く見られた。カビの発生と錆汁の点からみると3~5階ではカビの発生がひどく、1, 2階では明らかに減少していた。このうち、4階ではひび割れに沿って錆汁の跡が多くみられたものの、3階ではその程度は軽微であった。剥離と鉄筋の露出に着目すると、5階と1, 2階で多く見られ、3階での鉄筋露出はなく、モルタルおよび仕上げの剥落も軽微であった。写真-9に居室出入口正面の小梁（各階同じ位置の部屋の小梁）の状況を比較する。梁下面は床に比べ上部からの漏水に対する腐食の影響は少ないと思われるが、同写真によれば明らかに下階のものほど鉄筋腐食の程度が高い。以上より、スラブの劣化に対する影響は、上層階では雨水とその漏水が強く影響しており、一方、下層では文献2に示される「飛来塩分量は高さや海岸からの距離により減衰している。」という結果より飛来塩分の影響が強いのではないかと推測する。開口部の鋼製枠の劣化程度（図-2中の数値[1]~[5]）をみると、1階では多くの箇所木枠への取り

替え〔5〕や鋼製型枠が喪失〔4〕している状況がわかる。上層でも〔4〕や〔5〕となっている箇所もあるものの、ガラスの残っている箇所〔1〕、〔2〕も多い。これらの傾向は、居室の梁の劣化状況に近く、下層で劣化程度が大きいことを示している。これは居室天井と同様に飛来塩分の影響²⁾が強いと推測できる。図-3は2015年9月に行われた48号棟の梁、柱、壁に対する調査結果である。劣化判定の基準が今回の調査と異なるため劣化程度の直接の比較はできないが、大まかに見ると下層で劣化程度は

大きい傾向があり、今回の調査結果と傾向は一致している。



写真-9 65号棟劣化程度例

表-2 65号棟劣化程度判定条件

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
1) 廊下天井	損傷軽微	鉄筋の露出が局所的に1ヵ所 表面仕上げが一部剥落	鉄筋の露出が局所的に複数箇所 表面仕上げの剥落が半分以下	表面仕上げの剥落が半分以上 鉄筋の露出が複数箇所	表面仕上げの剥落が全面 鉄筋の露出が全面
2) 短手方向梁	損傷軽微	ひび割れが存在するが 微小で原型をとどめている	ひび割れ大きく、一部の鉄筋が 露出または大幅なモルタル剥落	柱梁面積の1/3程度の 鉄筋露出・コンクリート剥落	柱梁面積の半分程度鉄筋 露出・コンクリート剥落
3) 廊下側柱					

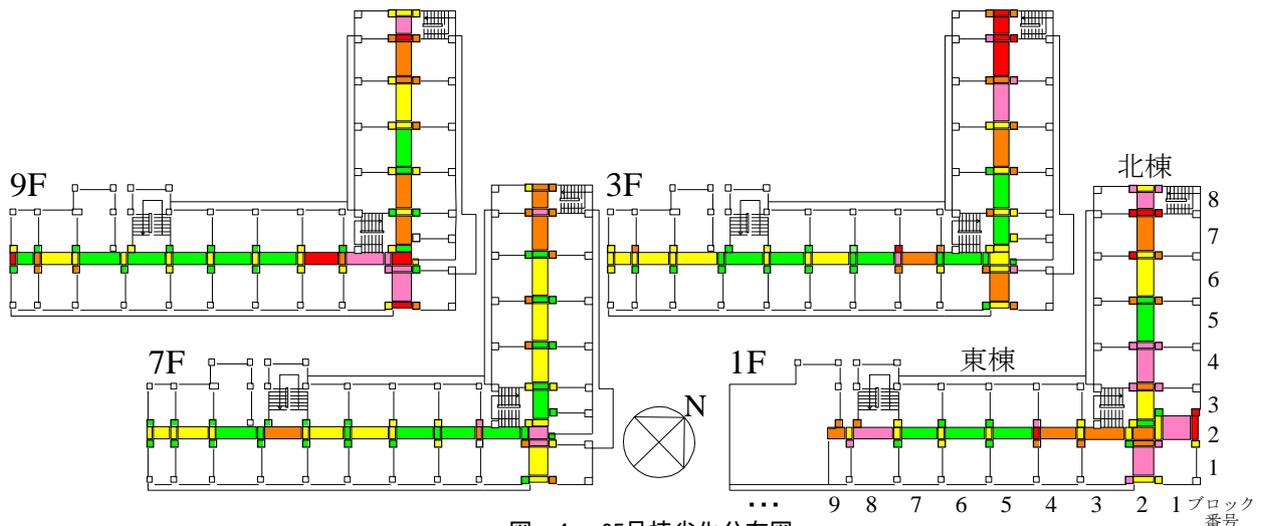


図-4 65号棟劣化分布図

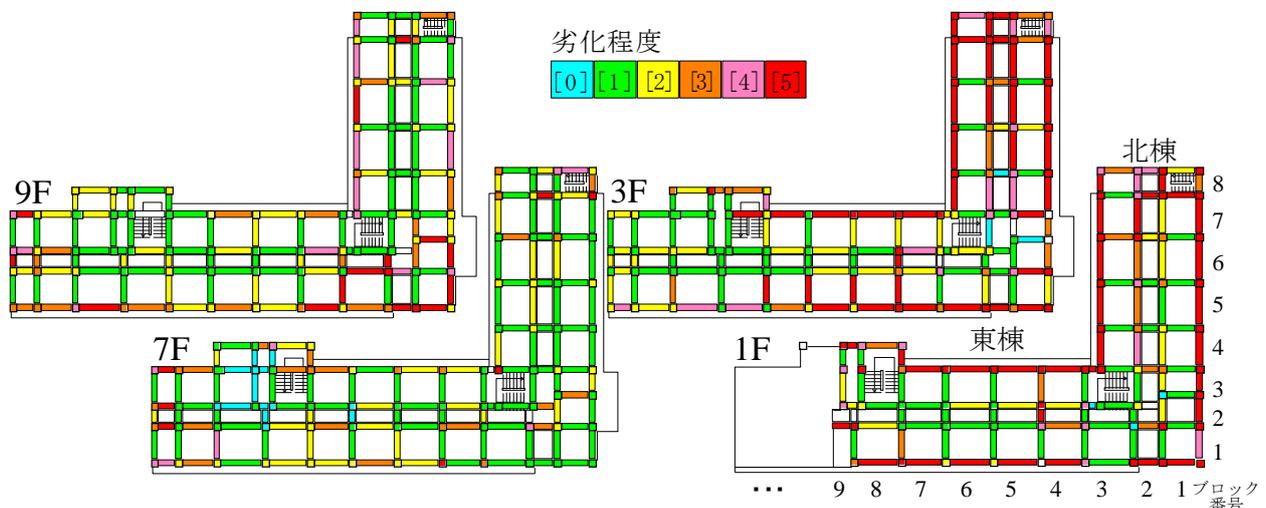


図-5 65号棟劣化分布図(2015年度調査)

3.3 65号棟

劣化程度の判定は、以下の3箇所で行った。

1) 廊下の天井：廊下長手方向の各スパンでブロック分けを行い判定（以下各ブロックを棟名B〇と表記）（北棟8ブロック，東棟11ブロック），2) 廊下の短手方向梁，3) 廊下に面する柱。劣化程度は[0]～[5]の6段階とし，判定条件は表—2に示す通りとした。図—4に劣化程度の判定結果を示す。同図より，北棟では東側端のブロック（北B6～北B8）および西側端のブロック（北B1～北B2）はいずれの階も劣化程度が大きく，特に東側で著しい。3，9階の劣化が著しく，7階はその程度が小さい。9階は最上階であるため，雨水の影響を直接受けることから劣化程度が大きいものと推測できる。また，開口部付近（北B1，北B9）の劣化が著しい傾向にある。一方，東棟は建物端部（南側端部）での劣化は内側のブロックに比べて大きいものの，北棟の端部に比べて大幅に軽微であり，この傾向はいずれの階，いずれのブロックについても同様である。建築年が北棟（1945）と東棟（1949）で異なるもののその差は4年であり，建築年の差では説明がつかない。また，9階（最上階）については，屋上のB5～11に建設後3年目に幼稚園が増築されたため48号棟や65号北棟のように最上階で劣化程度が大きくなる傾向は見られなかった。なお，東棟の東B4までは北棟と同時期に建設されており，劣化程度が同ブロックで大きくなっていることと関係している可能性がある。短手方向梁・柱の劣化傾向は廊下天井の劣化程度の傾向と概ね一致しており，開口部付近で大きい。これは文献4において自然電位法により鉄筋腐食状態を調査した結果である「外周部側柱の劣化は著しく、内部の柱では開口部からの距離、あるいは開口部からの風が当たる位置によって鉄筋腐食に差が生じている」の結果と一致する。

図—5は2015年9月に行われた65号棟の柱，梁，壁に対する調査結果である。劣化判定基準が今回の調査と異なるため直接の比較はできないが，1，3階外部に面する柱梁劣化が著しく，廊下側柱・梁の劣化傾向は今回の調査と概ね一致している。

4. まとめ

長崎県端島（通称 軍艦島）に建つRC建物（48号棟および65号棟）のスラブの劣化度について調査を行った。スラブの劣化程度は上層階では降雨の影響を受けるため最上層階で最も劣化程度が大きく，下層になる程その影響が小さく，劣化程度も小さくなる。一方，低層階でも劣化程度は大きくなる傾向がみられるが，これは既往の研究で述べられている「飛来塩分量は高さと海岸からの距離により減衰している。」という結果と一致するものと考えられる。また，今回の調査結果は，2015年9月に行われた調査結果（柱，梁，壁の劣化度調査）と概ね同様の傾向を示した。

本調査は長崎市委託によるJCI供用不可まで劣化破損が進行したコンクリート構造物の補修・補強工法に関する研究委員会およびAIJ軍艦島コンクリート系建築物の健全度調査小委員会のもと行われました。

謝辞

本研究を実施するにあたり，近畿大学の高田知佳氏（現三機工業（株）），長谷川和正氏（現（株）カワサキライフコーポレーション）にご協力いただきました。ここに，謝意を表します。

参考文献

- 1). 阿久井 善孝，滋賀吉実：軍艦島実測調査資料集—大正・昭和初期の近代建築群の実証的研究，東京電機大学出版局，pp.664，pp.77，pp.34，pp.387，pp.656，pp.581 - 583，1984.03
- 2). 早野博幸，山本一雄，今本啓一，野口貴文：軍艦島構造物群の劣化調査—その9 外壁仕上げの健全性評価—，学術講演梗概集2013（材料施工），pp.1211 - 1212，2013.8
- 3). 当真嗣竜，山田義智，濱崎仁：軍艦島構造物群の劣化調査—その2 軍艦島における飛来塩分量調査—，学術講演梗概集2012（材料施工），pp.1207 - 1208，2012.9
- 4). 梅津裕二，今本啓一，野口貴文，福山智子：軍艦島構造物群の劣化調査その7 自然電位法による鉄筋腐食分布および腐食進行調査，学術講演梗概集2013（材料施工），pp.1207 - 1208，2013.8