

報告 長崎県端島の RC 建物（48 号棟，65 号棟）の劣化程度の調査

豊嶋 泰規^{*1}・秋定 幸起^{*1}・盛尾 修平^{*2}・岸本 一蔵^{*3}

要旨:2018 年 4 月および 10 月に JCI 技術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：危急存亡状態のコンクリート構造物対応委員会（委員長 東京工業大学 岩波光保 教授）。本報では，同調査で行った 48 号棟，65 号棟の 2 棟の劣化状態の調査結果について報告する。また，2016 年 12 月に行われた調査との比較を行い，劣化の進行程度について述べるとともに，本調査で用いている劣化判定についての問題点について考える。

キーワード：軍艦島，RC 建物，腐食，劣化判定

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 年の月日が経過している。これらの建物の状況を継続的に調査する事は，貴重な歴史的資料の蓄積となるだけでなく，RC 建物の劣化がどのように進み，また RC 建物の補強や補修計画等を考える上での貴重な資料になると思われる。筆者等は，2016 年 12 月に，端島（図－1）の護岸に隣接して建てられ塩害を強く受ける建物として 48 号棟，島内側に建設されている建物として 65 号棟の 2 棟について劣化程度の調査を行いその結果を報告¹⁾した。本報告は 2016 年 12 月の調査より約 1 年 6 ヶ月後の 2018 年 4 月および 10 月に行った調査結果についてまとめたものであり，以下の 3 点を目的としている。a) 2016 調査の継続として，梁，柱，スラブについての写真撮影を行い資料として保存すること。b) 2016 年の調査結果との比較から劣化進行の程度を確認すること。c) 2016 年度に論文 1) で定めた劣化判定指標についてその適合性について検討し，問題点を示す事。本報告は上記の b), c) の内容について報告する。

2. 調査概要

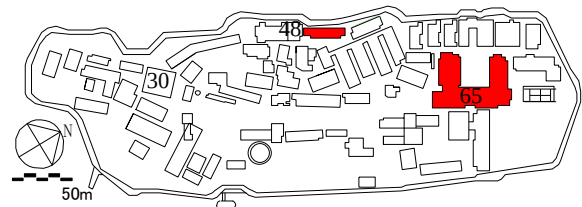
2.1 調査建物

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，西側廊下は海に面している（写真－1）。1～4 階の廊下・室内の天井仕上げはモルタル塗装で，当時としては設計施工の質は良好とされている²⁾。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。

2) 65 号棟

65 号棟は北棟，東棟，南棟の 3 棟により構成されている（写真－2）。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）南棟（1～10 階 1958 年）。



図－1 軍艦島配置図



写真－1 48号棟外観



写真－2 65号棟外観

*1 近畿大学 建築学部建築学科

*2 近畿大学大学院 総合理工研究科

*3 近畿大学 建築学部建築学科 教授

博士（工学）（正会員）

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，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2018年4月23,24日，10月29,30日の合計4日間（のべ人数20人）である。調査を行った箇所は以下の通り。

48号棟：a) 廊下の天井：廊下長手方向に12分割して判定，b) 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，c) 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）。d) 各住戸と廊下間にある鋼製の窓枠（2箇所／住戸），出入口の鋼製枠（1箇所／住戸）。e) 居室の入り口上部の大梁

65号棟：a) 廊下の天井：廊下長手方向にスパン毎に分割して判定，b) 廊下の短手方向の梁，c) 廊下長手方向の梁，d) 廊下に面する柱，e) 一部の住戸内のスラブ下面（3.2節にて詳述）。

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，考察を行った。

2.3 調査目的

今回の調査の目的は，1. はじめに で述べた a) ～c) の3点であるが，ここで「c) 2016年度に論文1) で定めた劣化判定指標についてその適合性について検討し，修正の方向性を示すこと。」について詳述する。表－1,2 に2016年度に定めた建物劣化の判定基準を示す。2016

年の調査は本研究の最初の年であったため，同判定基準は，判定対象の劣化度なるべく分散して判定されるように，つまり劣化度の違いが分かりやすくなるように建物の撮影情報を基に全体が6段階（0～Ⅴ）に分散されるように意図して作成した。しかしながら，本判定基準には以下の問題がある。a) 劣化度が建物の構造性能低下と関連づけられていない。b) 劣化度の各レベルにおいて，（評価対象の部材が）そのレベルに存在する期間が極端に異なる可能性がある。

a) については，例えば鉄筋が腐食した部材の構造性能低下を評価する指標はほとんど無く，また，本調査のように非破壊の調査の場合，腐食量の詳細な情報も得ることができない。従ってこの点については現状対応できる状況にない。本報告では b) の問題について検討をおこない，判定基準の問題点について検討を行う。

3. 調査結果

ここでは，1) 調査結果の概要，2) 2016年の調査結果との比較（劣化の進行程度がみられる箇所），3) その他の3つの項目について述べる。

3.1 48号棟

1) 2018年の調査結果の概要

2.2で述べたように調査は2016年と同じ場所の同じ部材に対して行った。また新たな調査箇所として各居室の入り口上部の大梁を追加した。図－2に劣化度分布を，またこれらを3次元に表示したものを図－3に示す。2018年の48号棟の劣化状況が2016年の調査で得られたものと同様であることを確認した。具体的には，建物の最上階の5階と1,2階で劣化度が高く，中層階では劣化度が比較的低い傾向を示す。また海に面する側である西側廊下が，全ての階で劣化度が高い一方で，内陸側にある住戸内では先に述べたように中間層で劣化度が低いことが確認できた。図－2中には，■印でコケの発生

表－1 48号棟劣化程度判定条件

	〔Ⅰ〕	〔Ⅱ〕	〔Ⅲ〕	〔Ⅳ〕	〔Ⅴ〕
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

表－2 65号棟劣化程度判定条件

	〔Ⅰ〕	〔Ⅱ〕	〔Ⅲ〕	〔Ⅳ〕	〔Ⅴ〕
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					

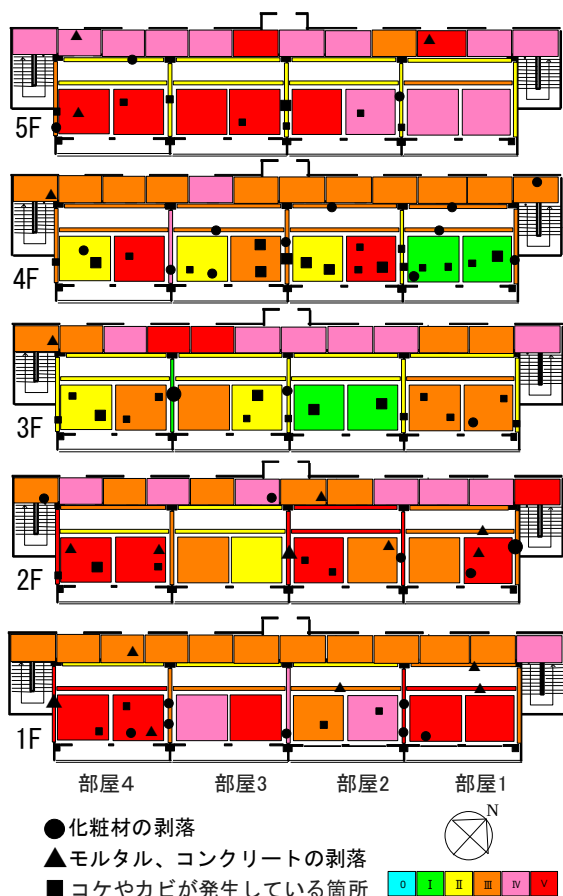


図-2 48号棟劣化度分布(2018年調査)

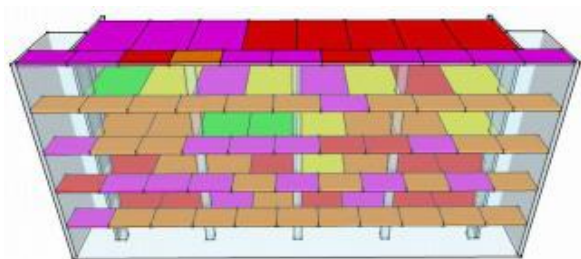


図-3 48号棟劣化度・3D表示



写真-3 天井面の漏水



写真-4 天井面から落下する水滴



写真-5 5階住戸間の境界位置の梁(劣化程度は軽微)

による着色痕を示している。同図によれば着色痕は3,4階に多く存在し、4階が最も多い。2018年4月の調査では調査前日に降雨があり、5階天井および4階天井から屋上に溜まった雨水を供給源とする水滴が床面のひび割れを通して落下しているのが確認できた(写真-3,4)。ただし、同日の調査では4階床から3階への水滴落下は確認できなかった。前述の着色痕の状況および雨水の落下状況から上層階の劣化に降雨が関係していることが強く推測される。一方、梁の劣化についてみると、1,2階では天井床同様に劣化度が高く、また3,4階では梁も天井床も1,2階の劣化程度よりも小さく同じ傾向を示している。これに対し、5階では天井床に比べて梁の劣化程度は小さく(写真-5)一致しない。

2) 2016年度との比較

表-3に、2018年調査時の劣化度別の個数と、それらのうち2016年度より劣化度が高くなったものの個数を示している。なお、2016年の劣化判定については、今回

表-3 劣化度が上がった個数一覧(48号棟)※

	梁(居室)	天井(居室)	天井(廊下)
I→II	なし	なし	なし
II→III	5	なし	なし
III→IV	なし	なし	なし
IV→V	4	なし	なし

(I, II, III, IV, V)の各個数 ※2016年度調査の劣化判定は、文献1を基に一部見直しを行ったものを用いている
 梁(居室) : (2, 14, 31, 6, 12)
 天井(居室) : (3, 8, 7, 4, 18)
 天井(廊下) : (0, 0, 23, 12, 25)

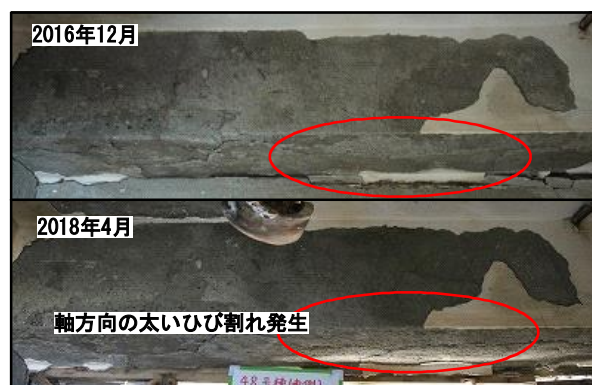


写真-6 劣化度II→IIIの例



写真-7 劣化度IV→Vの例



写真-8 劣化がみられるが判定は変わらない箇所の例
(2階 部屋4 居室右側天井)



写真-9 コケの着色痕

の調査を基に一部修正を加えたものを用いた。劣化度上昇は2段階以上のものはなく全て1段階である。同表によれば劣化度判定が上がったものは梁のみでⅡ→Ⅲが5件、Ⅳ→Ⅴが4件である。以下に、2016年と2018年の調査写真を比較する事により具体的な劣化の進行程度の例を示す。写真-6,7はそれぞれ劣化度がⅡ→Ⅲ、Ⅳ→Ⅴに上がった箇所のものである。また、劣化度判定は変わらないが、剥落が進行し、劣化が進んだ事が分かるものの例を写真-8（写真中赤点線は剥落箇所の一例）に示す。前回の調査から1年半程度しか経過していないため、劣化の進行は全てこれらの写真で示す程度であった。

3) コケの着色痕について

目視による劣化判定では、対象部位の表面の状況でひ

び割れの見え方や印象が判定に影響する。そこで、ここではコケの着色痕の状況について留意すべき点を述べる。

写真-9は2016年と2018年の同一箇所の写真である。2016年に比べ2018年では着色痕の範囲は広がっており経年通りの様相であることがわかる。また、着色程度は2018年のほうが濃い、これは調査が2018年は4月に、2016年は12月に行われていることからコケの生育状態によっている。従って着色痕の濃度は判定のための情報とすべきではないと考えられる。

3.2 65号棟

1) 2018年の調査結果の概要

65号棟も48号棟と同じく2016年と同じ場所の同じ部材に対して調査を行った。また新たに2016年の調査で「隣接位置で劣化判定が大きく異なった箇所」の周辺および、同一平面箇所のその他の階についても調査を行った。図-4に劣化度分布を、またこれらを3次元に表示したものを図-5に示す。2018年の65号棟の劣化状況が2016年の調査で得られたものと同様であることを確認した。具体的には、北棟では階によらず建物両端部で劣化程度が大きく、特に西側端部に著しい。上下方向では1～3階の下層部、最上階の9階の劣化が著しい。

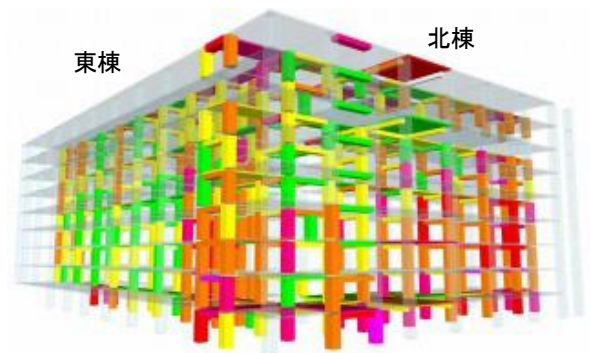


図-5 65号棟劣化度・3D表示

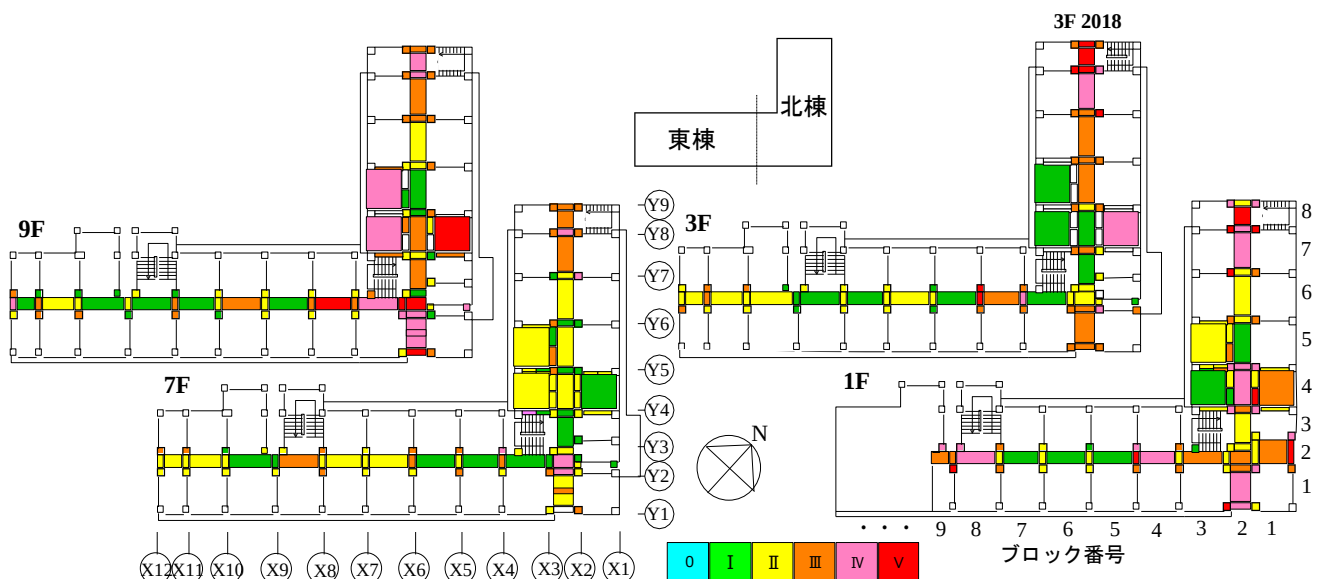


図-4 65号棟劣化度分布(2018年調査)

一方、東棟では南側の端部での劣化は、北棟で見られる劣化程度に比べてかなり軽微である。また、最上階での劣化程度は、屋上に増築された幼稚園があるため小さい。2016年の調査をもとに2018年は以下の3点について重点的に調査・検討を行った。1) 北棟の建物長辺方向と直交する梁の両面の劣化程度を比較した。その結果、入り口に近い面の劣化が大きいことが確認できた(写真-10)。この傾向は建物端部から内側3スパンまでみることができ、北側からの風が建物の劣化に相当影響していることが推測できる。2) 北棟と東棟との境界(65号棟の第1期工事(北棟 竣工1945年)でX5軸上の梁までが建設され、東棟はその後の工事で1949年に完成している)位置での劣化程度が大きいことから、



写真-10 同一梁の両面の劣化度比較例(65号棟)



写真-11 錆汁痕の例(65号棟)

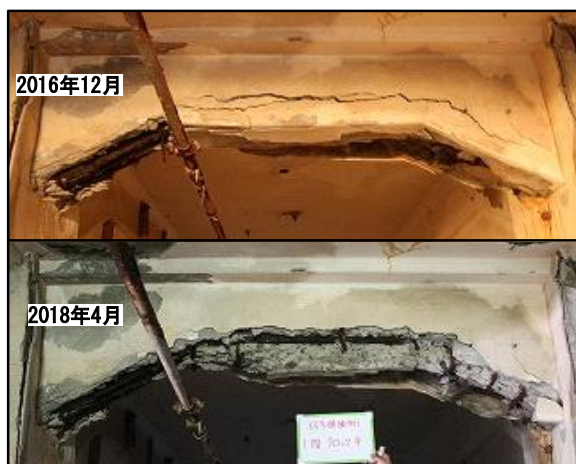


写真-12 劣化判IV→Vの例(65号棟)

詳細に調査を行った。その結果、多くの階の境界位置で錆汁の痕がみられ(写真-11)、東棟が建設されるまでの間外部となっていたことが劣化に影響していると推測できる。3) 「廊下天井において隣接位置で劣化判定の大きく異なる部位」についてそれらの周辺の居室の天井、および同一平面位置の他の階についても調査を行った。その結果、廊下の北側の居室の劣化程度が南側に比べて高いことは確認されたが、隣接位置で劣化程度が大きく異なる理由については明確にならなかった。

2) 2016年度との比較

表-4に、2018年調査時の劣化度別の個数と、それらのうち2016年度より劣化度が上がったものの個数を示している。なお、2016年の劣化判定については、今回

表-4 劣化度が上がった個数一覧(65号棟)

	スラブ	柱	梁
I→II	なし	なし	なし
II→III	なし	なし	なし
III→IV	なし	なし	なし
IV→V	なし	2	3

(I, II, III, IV, V)の各個数
スラブ : (21, 17, 13, 11, 5)
柱 : (19, 48, 56, 15, 10)
梁 : (9, 35, 19, 10, 7)



写真-13 劣化がみられるが判定は変わらない箇所の例(65号棟 東棟 ブロック4-5間)

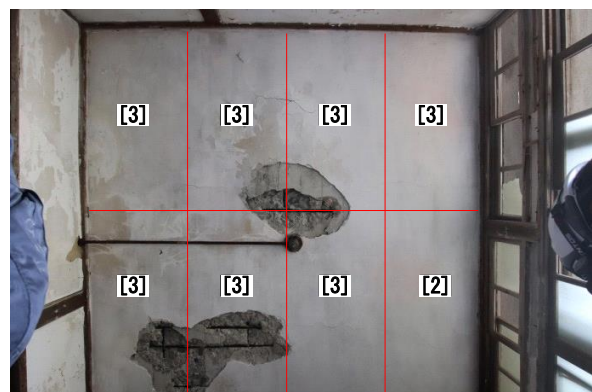
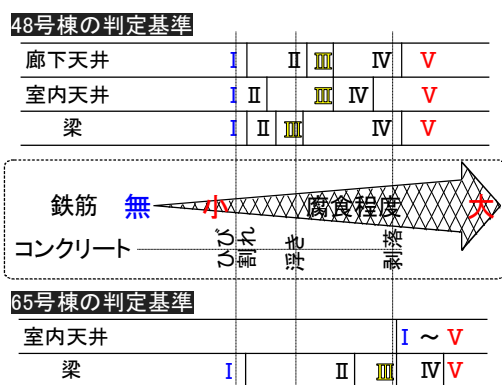


写真-14 打診による判定の例(65号棟 北棟 ブロック4エリア北側居室天井)



図－6 材料劣化と判定基準の関係の概念図

の調査を基に一部修正を加えたものを用いた。劣化度上昇は2段階以上のものはなく、全て1段階である。同表によれば柱と梁で劣化度判定が上がり、柱ではⅣ→Ⅴが2件、梁ではⅣ→Ⅴが3件である。以下に、2016年と2018年の調査写真を比較することにより具体的な劣化の進展程度の例を示す。写真－12は梁の劣化度がⅣ→Ⅴに上がった箇所のものである。また、劣化度判定は変わらないが、劣化が進んだことが分かるものの例を写真－13に示す。前回の調査から1年半程度しか経過していないため、劣化の進行は全てこれらの写真で示す程度であった。

3) 打診による調査

本調査の主体は目視および写真による調査検討であるが、その確度を高めるために、打診による調査を試験的に行った。調査箇所は先に述べた「2016年の調査で「隣接位置で劣化判定が大きく異なった箇所」の周辺の居室の天井」の一部（1階）」であり、住戸天井は2×4、梁は長辺方向に4、住戸の壁は3×4、にそれぞれ分割して打診した。判定は打診音の高さで[0]～[3]の4段階とした。写真－14に判定結果の一例（北棟1階ブロック4北側居室）を示す。写真－14の箇所の写真による判定ではⅠであるが、打診音の判定では多くの個所でコンクリートの浮きがあると判定する[3]の結果となっており、この原因が鉄筋腐食によるものであれば目視との判定との間に大きな差があることになる。他の部材についても同様の結果が多くみられ、これらの結果をどのように反映させるかは今後の課題である。

3.3 判定基準の問題点

先に述べたように、本調査で用いている判定基準は劣化程度が判定対象の劣化度になるべく分散して判定されるようにさだめたものである。従って、建物により、また部位により判定基準が異なる。そこで、これらの基準のバランスをみるため各判定基準を鉄筋およびコンクリートの劣化程度と関連させておおまかに表したものを図

－6に示す。同図より、室内天井の判定がかなり偏っていることがわかる。これは、65号棟では1つのブロックで判定するエリアが広く、また、写真－14にみられるように、「一見全く劣化していないように見えて、一部だけ鉄筋が露出する箇所がある」といった事例が多いことから判定基準を設定するときにこのようになった。ただし、先に述べた打診診断の結果から見て分かるように、目視だけによる診断では判定が不十分である可能性も高く、今後継続的にこれらの建物の劣化を調査していくことにより見直す情報が得られるものと考えている。

4. まとめ

2018年4月および10月に長崎県端島の48号棟、65号棟の2棟の劣化状態の調査結果を行いその結果について報告をまとめた。以下に得られた知見を示す。

- 1) 48号棟では最上階からの雨水の漏水がみられ、降雨が上層階の大きな劣化要因であることが確認できた。
- 2) 65号棟の廊下で「隣接している箇所劣化程度が異なる場所が存在する」事に関して、居室を含めた周辺の調査を行ったが、原因についてはよく分からなかった。
- 3) 2016年12月の調査との比較では、劣化の進行は大きくなく、48号棟で劣化度判定が上がったものは梁のみでⅡ→Ⅲが5件、Ⅳ→Ⅴが4件、65号棟ではⅣ→Ⅴが4件（梁2件、柱3件）であった。
- 4) 打診による調査結果では、目視で健全と判断された箇所でもコンクリートの浮きがあると判断された箇所が多くみられた。これらの結果を今後検討する必要がある。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金（基盤研究(S) 課題番号16H06363 歴史的建造物のオーセンティシティと耐震性確保のための保存再生技術の開発 代表者 名古屋市立大学 青木孝義教授）の助成により行われたものである。また、本調査を実施するにあたり、近畿大学4年生の内田 将成 氏（現 近畿大学大学院）、山下 泰生 氏（現（株）長谷工コーポレーション）、（株）鴻池組 濱 茜 氏にご協力頂きました。ここに、謝意を表します。

参考文献

- 1). 盛尾修平・岸本一蔵：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、コンクリート工学年次論文報告集，Vol.39，No.2，pp.1231-1236，2017
- 2). 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 - 583，1984.0