

# 報告 長崎県端島の RC 建物（2号棟, 31号棟）の劣化程度の調査

豊嶋 泰規\*1・岸本 一蔵\*2

**要旨:** 2019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 2号棟, 31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、2018年4月および10月に行われた調査と合わせて劣化判定の問題点を示す。

**キーワード:** 軍艦島, RC 建物, 腐食, 劣化判定

## 1. はじめに

長崎県端島には、建設後数十年以上経過した RC 建物群が残されている。これらの建物の経年劣化を継続的に調査する事は、今後の RC 建築物の補強や補修を考える上で貴重な資料になると思われる。筆者等は、2016年と2018年に、海岸沿いに位置しており、塩害の影響を受けやすい建物として 48号棟, 48号棟より島の内陸側に建設されている建物として 65号棟の2棟について各部材の写真撮影を行い、建物劣化の調査を行った。本報告は、2019年4月および10月に新たに調査を行った 2号棟, 31号棟の調査結果について報告するものであり、両棟の劣化状況を示すとともに、48号棟, 65号棟で得られた結果との比較についても述べる。

竣工は 1950 年。構造は RC 造（壁式構造）、地上 3 階建て（半地下有り）、各階に 3 戸の住戸を持つ職員住宅である。建物内階段（階段式型）を持ち、防火のために鉄扉が使用されるなど、戦後建設される公営住宅の先駆けとなる建物である。島内の建物としては最も高所に建設

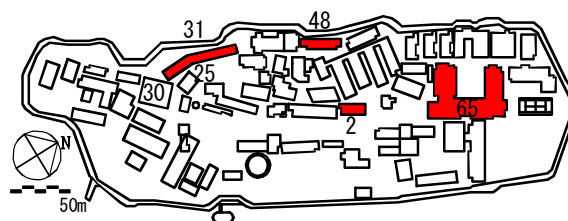


図-1 軍艦島配置図

## 2. 調査概要

### 2.1 調査目的と調査対象建物の概要

今回の調査の目的は、大きく分けて以下の3点である。

- a) 写真撮影を行い、資料として保存する。
- b) 48, 65号棟以外の建物を調査対象とし、調査棟数を増やす事により情報の幅を広げる。
- c) 48, 65号棟と比較を行い、劣化傾向の特徴を考察する。

竣工年が大きく異なれば経年劣化程度が大きく異なる事が考えられ、比較を行う事が困難となる。そこで、竣工年が 1950 年～1960 年の建物を中心に調査対象建物を考えた。その結果、2号棟と 31号棟を調査対象として選定した。2号棟は、48, 65号棟に比べて島内側に位置しており、高い場所に建設されている建物である。また、31号棟は 48号棟と立地が似ており、両建物とも護岸壁のすぐそばに防潮の役目を考えて建設されている。ただし、31号棟は 48号棟に比べて建物の規模が大きく、1フロアの面積で約2倍である。なお、構造躯体を直接検討出来ない箇所が多いため、仕上げ材を含めて調査を行っている。

#### 1) 2号棟（写真-1）



写真-1 2号棟外観



写真-2 31号棟外観

\*1 近畿大学大学院 総合理工学研究科 環境系工学専攻（学生会員）

\*2 近畿大学 建築学部建築学科 教授 博士（工学）（正会員）

されている建物の1つで、建物南側には3号棟（軍艦島のシルエットでは艦橋部分にあたる）がある。室内天井はコンクリートスラブ下面に薄いモルタル+仕上げ材が貼られているが、最上階は木組みによる天井が張られており、モルタル下地、および仕上げ材は貼られていない。

## 2) 31号棟（写真-2）

竣工は1957年。構造はRC造（ラーメン構造）、地上6階建て（地下有り）の鉱員社宅。島の西側の海岸沿いの護岸壁のすぐ横に建設されており、南側には30号棟、東側には25号棟が建てられている（図-1参照）。海岸側に廊下をもつ片廊下型プランで、1階は郵便局、地下は共同浴場、美容院、理容院として利用され、2,3階には、ボタを海に捨てるためのベルトコンベアが貫通していた箇所がある。6階北側には2部屋続けて火災の跡がある。北側の屋上には鉄骨で2階建てのプレハブが建てられていたが、現在は経年劣化により倒壊して現在は無い。48号棟と同様、防潮堤としての役割を持っており、1956年に島が大きな台風被害に遭ったために建設された建物である。31号棟も2号棟と同様、室内天井はコンクリートスラブ下面に薄いモルタル+仕上げ材が貼られており、最上階は木組みによる天井が張られているため、モルタル下地、および仕上げ材は貼られていない。

## 2.3 調査内容

調査期間は2019年4月25,26日、10月29,30日の合計4日間（のべ人数14人）である。調査を行った箇所は以下の通り。（図-2, 図-3中に該当箇所を記載している）  
2号棟の調査箇所：a) 住戸内の天井：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、b) 耐



※ 図-2の平面図中にa~dの箇所を示す

写真-3 2号棟 調査箇所



※ 図-3の平面図中にa~fの箇所を示す

写真-4 31号棟 調査箇所

表-1 2号棟劣化程度判定条件

	[I]	[II]	[III]	[IV]	[V]
a) 居室天井	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
b) 耐力壁	損傷軽微	・仕上げ損傷 ・ひび割れ確認	仕上げが半分以上モルタルが半分以上剥落	モルタルの剥落が半分以上	モルタルの剥落が全面
c) 袖壁	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	・ひび割れが大きく、一部の鉄筋が露出 ・大幅なモルタルの剥落	袖壁面積の1/3程度の鉄筋露出、コンクリート剥落	袖壁面積の半分程度の鉄筋露出、コンクリート剥落
d) 垂れ壁	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

表-2 31号棟劣化程度判定条件

	[I]	[II]	[III]	[IV]	[V]
a) 居室天井	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
b) 廊下天井	直交方向のひび割れ確認	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	鉄筋の露出が2箇所以下	鉄筋の露出が3箇所以上
c) 壁	損傷軽微	・仕上げ損傷 ・ひび割れ確認	仕上げが半分以上モルタルが半分以上剥落	モルタルの剥落が半分以上	モルタルの剥落が全面
d, e) 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
f) 柱	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	・ひび割れが大きく、一部の鉄筋が露出 ・大幅なモルタルの剥落	柱面積の1/3程度の鉄筋露出、コンクリート剥落	柱面積の半分程度の鉄筋露出、コンクリート剥落

力壁：隣接住戸との境界位置の壁，c) 袖壁（開口部の横の小さな壁），d) 垂れ壁（写真-3）合計約 130 枚の写真撮影を行った。

31 号棟の調査箇所：a) 住戸内の天井：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，b) 廊下天井：廊下長手方向を柱のスパン毎に分割して判定，c) 居室の壁：隣接住戸との境界位置の壁，d) 廊下短手方向の梁，e) 居室の梁：出入口正面の梁，及び開口上部の梁，f) 柱：廊下に面する柱（写真-4）合計約 650 枚の写真撮影を行った

### 3. 調査結果

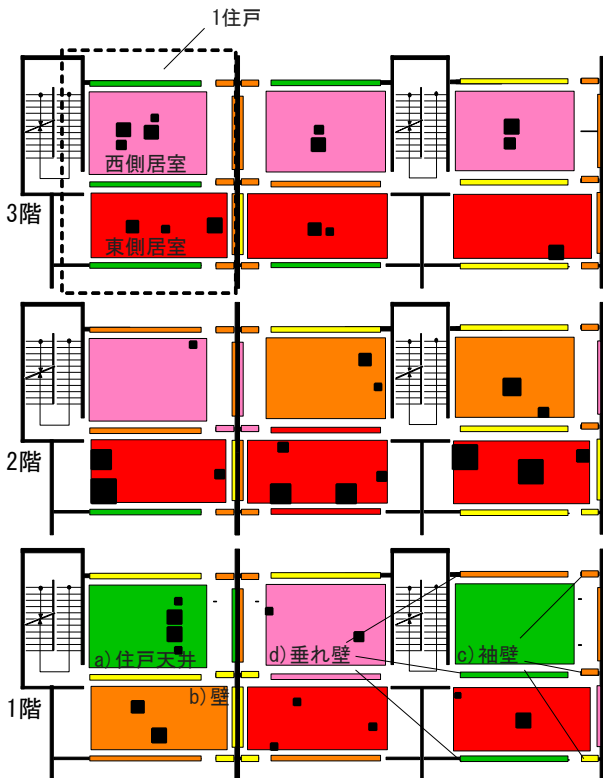
#### 3.1 劣化判定指標について

劣化判定指標は 2018 年調査で 48 号棟の判定に用いたものを使用した。48 号棟には判定基準が定められていなかった柱については 65 号棟の判定に用いたものを使用し，48 号棟，65 号棟のどちらにも判定基準が無いもの（耐力壁）は新しく判定基準を作成して使用した。2 号棟，31 号棟の判定指標を表-1，表-2 に示す。

#### 3.2 2 号棟の調査結果

##### 1) 概要

2 号棟は壁式構造であるが，袖壁，垂れ壁については耐力壁の判定指標は用いず，それぞれ柱，梁の判定基準



※ 図中a)～d)は2,3調査内容で述べた調査箇所である



図-2 2号棟 劣化度分布

により判定を行った。劣化度分布を図-2 に，一例として，同一平面上にある居室天井の 1~3 階を写真-5 に示す。

2 号棟居室天井では，階が上がるにつれて劣化程度が大きくなり，1 住戸にある 2 つの居室（西側居室と東側居室）では，東側居室の方が劣化程度が大きい傾向が見られた。詳細に見ると，同一住戸の東側の居室天井と西側の居室天井の比較では，仕上げ材，モルタルの剥落面積は同程度であるものの，東側の居室では，鉄筋が露出している箇所が多く，西側の居室に比べて劣化程度が大きくなる傾向となった。特に 1 階部分では，西側の居室天

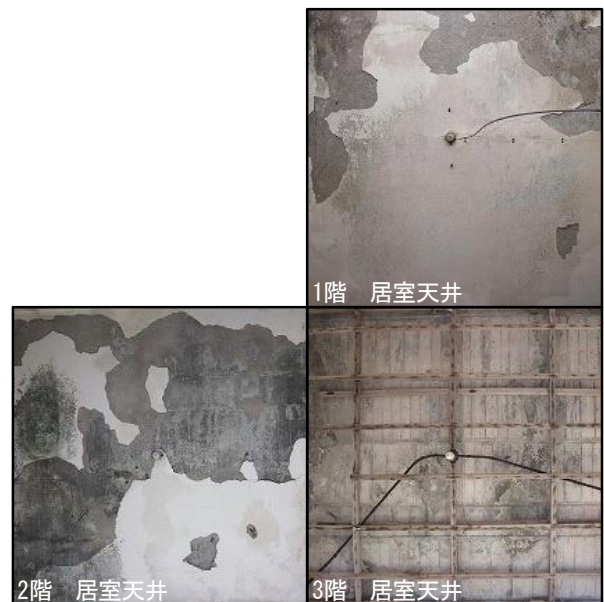


写真-5 2号棟 各階の比較



写真-6 東側居室天井と西側居室天井の比較

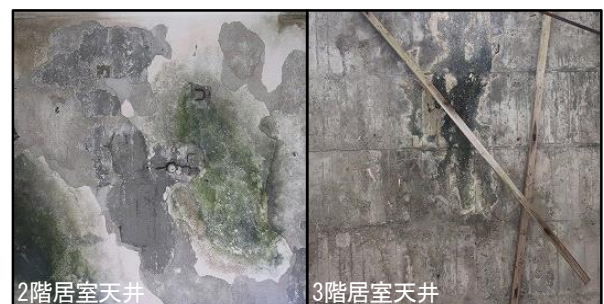


写真-7 コケの着色痕例

井では仕上げ材が剥落せず存在しており、劣化程度がより小さく判定された事から、東側居室との劣化程度の差が大きくなった（写真-6）。一方、耐力壁では階数による劣化の傾向は見られず、東側居室の耐力壁と西側居室の耐力壁では西側の方が劣化程度が大きい傾向があり、天井の劣化傾向とは一致しなかった。袖壁、垂れ壁ではⅠ～Ⅲと判定した箇所が多く、全体的に劣化程度が小さく、これは65号棟、48号棟では低層部の劣化程度が非常に高いという傾向とは明らかに異なっている。

図-2には、■印でコケの発生を原因とする着色痕を示している。2号棟では室内に緑色の着色痕が多数見られた。コケの発生が多いという事は、雨水がスラブ上に滞水する事などによって建物内が湿度の高い状態におかれている事が予想され、これが建物劣化にも関連すると思われる。そこで、天井の劣化程度と着色痕に着目し、劣化程度との比較を行った。写真-7にコケの着色痕の例を示す。図-2によると、着色痕は1階の1部屋を除く全ての居室天井で見られ、中でも2階の東側居室天井で最も広く濃く見られる。同天井の劣化程度は最も劣化程度の高いⅤの判定となっている事から、傾向は一致する。その一方で、劣化程度がⅤであっても着色痕が少ない、あるいは1階部分にみられるように着色痕があっても劣化程度がⅠと非常に小さいなど着色痕の多さと劣化度に明確な相関はみられない。着色痕の場所や濃度等を含めた、より詳細な検討が必要と思われる。

## 2) 48号棟, 65号棟との比較

前述したように、2号棟の居室天井の劣化程度は、3階（最上階）で最も大きく、1階で最も小さくなった。最上階の劣化程度については、48号棟、65号棟ともに雨水の影響により最も大きくなっており、この傾向は2号棟と一致する。一方、両建物では1階（低層階）での劣化程度も非常に大きく、2号棟の劣化傾向とは一致しなかった。これは、2号棟が島の中央の高い場所に建設されている事から、海水が直接建物に入ることがなく、また、飛来塩分も少ないことから<sup>3)</sup> 下層部での劣化の傾向が異なると考えられる。また、65号棟では出入り口や開口部がある建物の端部で劣化傾向が大きくなる傾向が見られたが、2号棟ではそのような傾向は見られなかった。

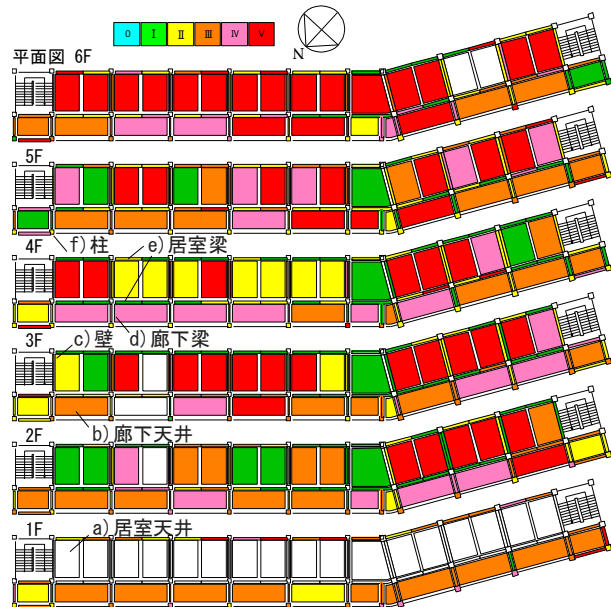
## 3.2 31号棟

### 1) 概要

図-3に劣化度分布を示す。なお、着色を行っていない部分は調査が行えなかった箇所である。31号棟は地下に共同浴場があり、この部分の天井（つまり1Fの居室の床）が抜け落ちていたため、1Fの居室については全く調査が行えていない。

居室天井の劣化程度を見ると次のような傾向がある。

本建物は平面の中央部分でへの字型（図-3では逆への字）になるように角度がついており、図の左側部分では最上階で最も劣化程度が大きく、2～4階の中間階で劣化程度は低くなっている。これに対し、右側部分ではいずれの階も劣化程度は最も大きいⅤが大部分を占めており、中間階で劣化程度が小さくなる傾向はみられない。両者



※ 図中a)～d)は2.3調査内容で述べた調査箇所である

図-3 31号棟劣化度分布



写真-8 31号棟 最上階の劣化例

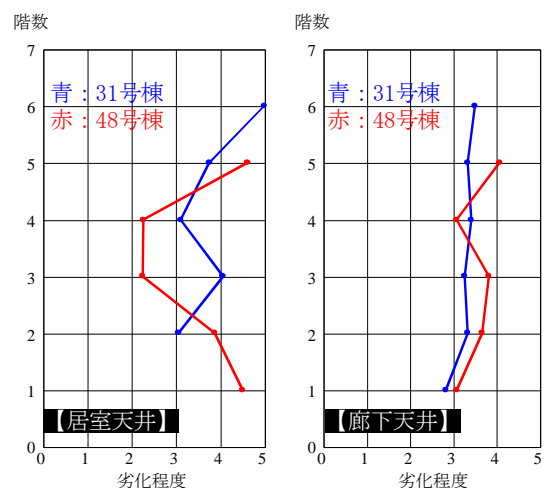


図-4 31号棟と48号棟の天井比較

の違いは上記の「角度」のみであるが、その角度も大きなものではないため風雨の入り方が劣化に影響するとも考え難く、両部分の劣化傾向の違いの理由は不明である。また、先に述べたように最上階では劣化程度が大きく、全ての居室天井で最も劣化程度の大きいVとなっている。その他の建物ではみられない天井スラブが一部分抜け落ちている箇所も見られる。最上階の居室天井の劣化例を写真-8に示す。上層階の天井の劣化要因については、既往の既報<sup>2)</sup>でも示されているように降雨が強く影響していると判断できるが、廊下天井では、下～中層階でも劣化程度が大きい。これは、海からの風や波による飛来塩分が劣化に影響していると考えられる。

柱、梁では、上層階と下層階で劣化程度が大きくなる傾向が見られるが顕著ではなく、全体としては劣化程度が総じて小さい結果となった。

#### 2) 48号棟との比較

31号棟（建設年1957年）は建設位置、平面形状（海岸沿いに位置し、海岸側に廊下を持つ片廊下型）の条件が、48号棟（建設年1955年）と似ている。天井劣化の状況について、2018年調査で得られた48号棟の情報と比較を行った。図-4に31号棟と48号棟の天井の劣化度の比較を各階毎の平均値で示す。縦軸が劣化程度（当該階の天井の劣化度の平均値）、横軸が階数である。その結果、劣化状況は、廊下天井では両者で同様の傾向を示すが、居室天井では異なる傾向となった。具体的には、廊下天井では、全ての階で劣化程度が大きい傾向を示したが、居室天井では、最上階の劣化程度は大きかったものの、31号棟では、下層階である2階より、中層階である3階の方が劣化程度が大きくなり、48号棟で見られた、下層階で劣化程度が大きく、中層階では劣化程度が小さくなる傾向とは一致しなかった。

#### 3.3 4棟(2号棟、31号棟、48号棟、65号棟)の比較

ここでは、調査を行った全ての棟に対し、平均値による比較を行う。各部材別に4棟の劣化程度（当該階の対象部材の劣化度の平均値）を階数を横軸にとりグラフ化したものが図-5である。同図より、全ての建物で最上階の天井の劣化程度が大きい事、全ての部材において、48号棟の劣化程度が比較的大きく、65号棟は比較的小さい事がわかる。

#### 4. 劣化判定指標について

現在の知見では、外観による劣化状況から部材や構造

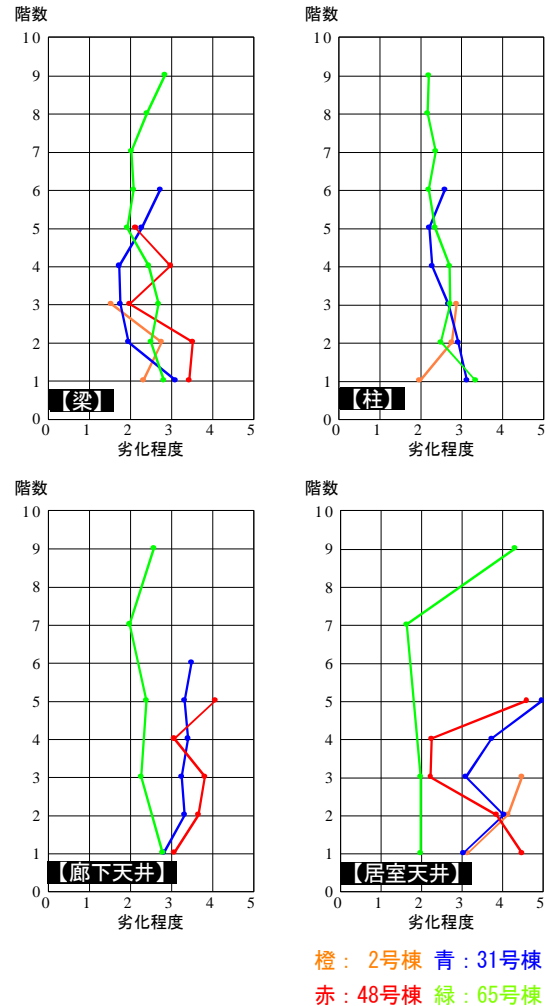
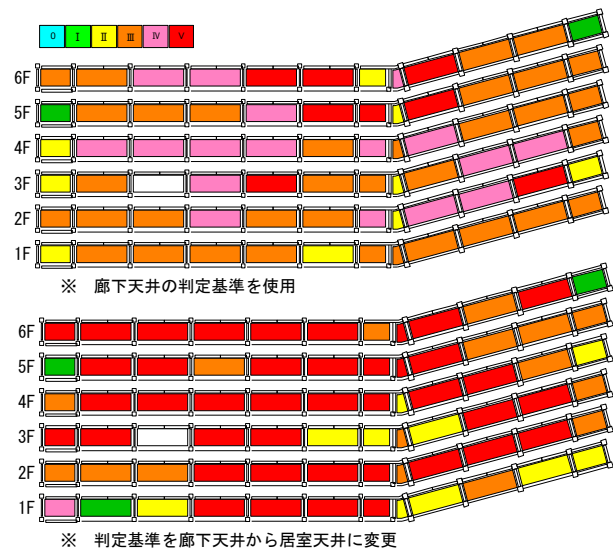


図-5 4棟の劣化程度の比較



	[I]	[II]	[III]	[IV]	[V]
a) 居室天井	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
b) 廊下天井	直交方向のひび割れ確認	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	鉄筋の露出が2箇所以下	鉄筋の露出が3箇所以上

図-6 判定基準を変更した廊下天井との比較

物の力学的劣化状態を判断する指標を策定することは極めて困難である。そこで既報<sup>1)</sup>、および本報告で用いた劣化判定指標は、構造的劣化程度の判定を行う事はあきらめ、48号棟と65号棟を調査した時点で、これらの建物の劣化程度がなるべく分散して判定できることを念頭において定めたものである。そのため、天井の判定についても廊下天井と居室天井では判定基準が異なっていたり、建物間で判定基準が異なっていたりする。一方で、同じ部材であれば同じ判定基準に従って判断することが順当であり、現在の劣化判定指標は、今後研究が進むにつれて改良されるものと考えている。そこで、ここでは試験的に判定基準を変更し、判定を行ってその結果を考察する。

(条件)：廊下天井を居室天井と同じ判定基準(48号棟を判定した基準)を用いて判定する。

図-6にその結果を示す(31号棟の廊下天井部分のみの判定結果)。同図より、全般に劣化程度は上昇し、半分以上の箇所がVと判定されている事が分かる。ただし、一部の箇所では劣化程度が逆に低下しており、判定条件のベースとしている条件(どの点に着目して判断しているか)によって結果の方向性さえも変わってしまう事が分かる。判定条件は判定のしやすさから考えれば単純な方が良いが、その判定結果の精度については限界があるように思われる。

## 5. まとめ

2019年4月および10月に長崎県端島の2号棟、31号棟において調査を行い、劣化状況について報告をまとめた。以下に得られた知見を示す。

1) 資料の保存として、2号棟では約130枚、31号棟では約650枚の写真撮影を行った。

- 2) 2号棟では、階数が上がるにつれて天井の劣化程度が大きくなり、1部屋を除く全ての居室天井でコケが見られた。
- 3) 天井スラブが一部分抜け落ちている箇所も見られ、最上階では劣化程度が大きく、全ての居室天井で最も劣化程度の大きいVとの判定となった。
- 4) ベースとしている判定条件によって結果の方向性も変わってしまう事が確認できた。

## 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年生の今北 美緑 氏(現 近畿大学大学院)、呉 勇樹 氏(現 近畿大学大学院)、久内 康頌 氏(現 東京工業大学大学院)、加藤 遼 氏(現 レンドリース・ジャパン)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) 豊嶋泰規・秋定幸起・盛尾修平・岸本一蔵：長崎県端島のRC建物(48号棟、65号棟)の劣化程度の調査，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.41，No.2，pp. 1363-1368，2019
- 3) 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