

与謝野町旧加悦町役場の基礎と外壁の実地調査と材料試験

Field Survey and Material Experiment on Foundations and Exterior Walls
of the Former Kaya Town Hall in Yosano-chou

須田達¹・浦憲親²・鈴木祥之³

Tatsuru Suda, Norichika Ura and Yoshiyuki Suzuki

¹金沢工業大学准教授 建築学部建築学科 (〒924-0838 白山市八束穂3-1)

Associate Professor, Kanazawa Institute of Technology, Dept. of Architecture

²金沢工業大学名誉教授 (〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1)

Emeritus professor, Kanazawa Institute of Technology

³立命館大学教授 衣笠総合研究機構 (〒603-8341 京都市北区小松原北町58)

Professor, Ritsumeikan University, Kinugasa Research Organization

The former Kaya town hall in Yosano-cho was built in 1929. Seismic reinforcement and repairs are necessary to make use of this building in the future. Therefore, to clarify the structural and seismic performances, a structural detailed survey of the building was conducted. In this study, the structural characteristics and material strength obtained from experiments and surveys on the external wall and foundation are reported.

Keywords: concrete strength, concrete crack, wire lath mortar, carbonation

1. はじめに

京都府与謝郡与謝野町の旧加悦町役場は1927年3月7日にM7.3の丹後地震で被災したため、1929年に外壁をスタッコ仕上げの鉄網混泥土¹⁾として建て替えられ、当時の外観のまま、現在も公共建築物として地域の象徴的な建築物として存在している。

建設に当たり、財源は個人的寄付、役場建築積立金と加悦町決算剰余金²⁾で賄われ、丹後地震の後とはいえ公共建築もRC造で建設するほど財政的に余裕のなかったことが推察される。耐火性・耐震性等が検討され、左官技術により建設可能でRC造と異なり仮枠不要の経済的な最新技術として鉄網混泥土（以後、鉄網コンクリートと称す）で建設に至ったと考える²⁾。また基礎においても同様に、骨材やセメント等の十分な資材確保ができておらず、低品質なコンクリートであることが見て取れる。

そこで本報では、旧加悦町役場を対象に構造性能を明らかにすることを目的に実施された一連の耐震改修調査として、鉄網コンクリート外壁とコンクリート基礎の実態調査および材料実験の結果について報告する。

2. 外壁と基礎の実態調査方法

旧加悦庁舎を対象に外壁と基礎について実地調査および試料採取による材料試験を実施した。実地調査は2018年2月7日の調査でおおよその状況を把握し、同年3月18日-20日に詳細調査、同年7月20日-21日に追加調査を実施した。外壁の実地調査では、ひび割れの状況を調査し、材料試験では、外壁を切り出した試験片を用いて曲げ試験と圧縮試験、さらに鉄網について腐食状態と引張試験を行った。基礎の実地調査では、床下内において、目視、触診、打診調査とシュミットハンマーによる強度試験、さらに地盤面の採掘による基礎

形状確認調査、材料試験ではコンクリートコア供試体を用いた圧縮試験、また試料採取時と試験時に中性化判定を行った。図1に対象建物の概観と外壁および基礎の試料採取の状況、基礎の掘り出し状況を示し、図2に実地調査における測定および試料採取位置、表1に調査の種類とその内容を示す。



図1 対象建物の各部概観とサンプル採取

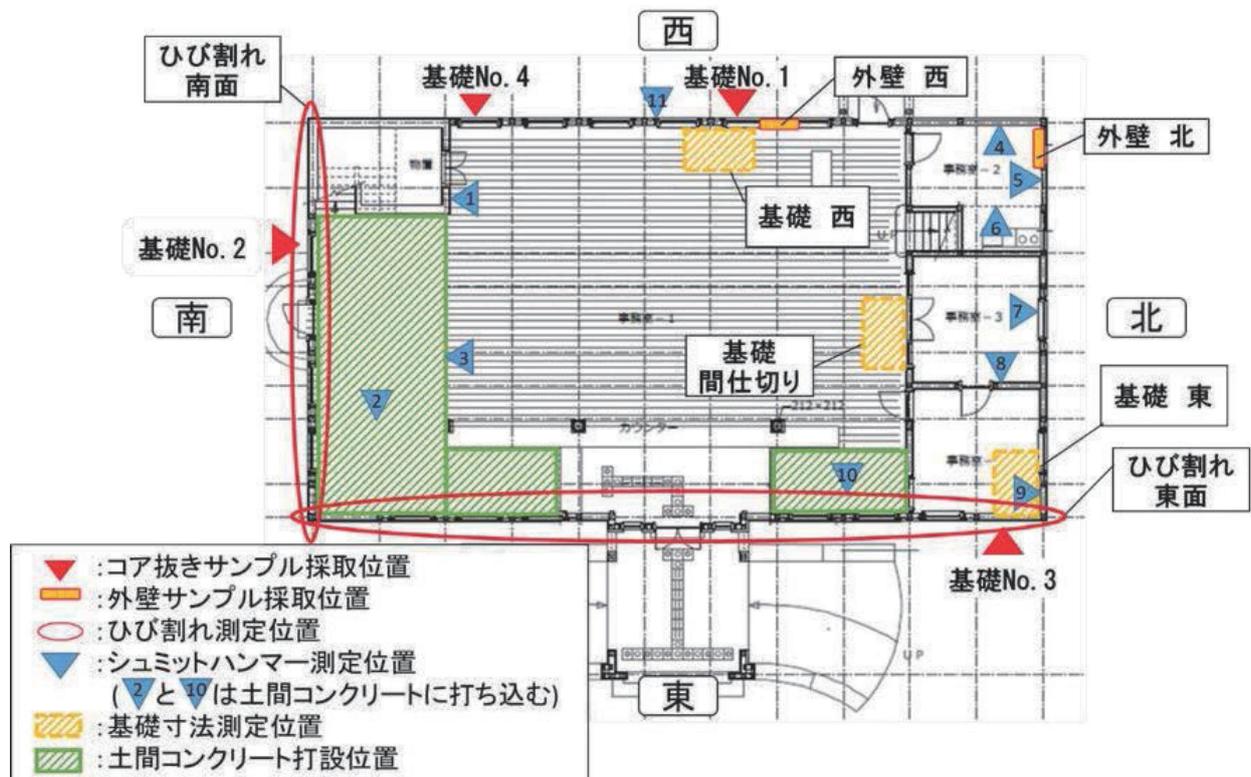


図2 実地調査における各測定と試料採取の位置

表1 外壁と基礎の調査概要

調査対象	調査の種類	調査の内容
外壁	実地	ひび割れ
	材料	曲げ試験
		圧縮試験
		引張試験(鉄網)
基礎	実地	目視
		触診
		打診
	材料	圧縮試験
		中性化判定

3. 外壁と基礎の構造

外壁は木摺りを斜め貼りとし、鉄網を二又くぎで縦横30cm程度の間隔で留めつけている。鉄網には力骨と補助筋を基礎と平行に30cm間隔で配置している。二又くぎの先端は木摺りから出ているが錆はそれほど確認されていない。塗り方は、サンプル採取した北面と西面の壁で異なり、北面で3層（下塗り+中塗り+仕上げ）、西面は4層（下塗り+中塗り+上塗り+仕上げ）であるが、塗り厚さは下塗りで20～25mmで、次の層は中塗りあるいは中塗りと上塗りで10～15mm、さらにセメントペーストを1～2mmを塗り、仕上げ1～5mmで構成され、外壁モルタルの総厚さは方位に関わりなく45mm前後である。

基礎コンクリートは無筋で、骨材が多くセメントの少ない極めて貧調合なコンクリートである。形状は比較的狭いフーチングとし、立ち上がりを垂直もしくは地盤面以下で斜めの形状としている。寸法は外周部で幅を250mm程度、高さを1000mm程度、間仕切り部では同様にそれぞれ200mm程度、700mm程度である。

図3に外壁の断面、図4に鉄網の構成、図5に基礎および間仕切りコンクリートの断面形状を示す。



(a) 西面



(a) 平面



(b) 北面



(b) 断面

図3 外壁の断面

図4 鉄網の構成

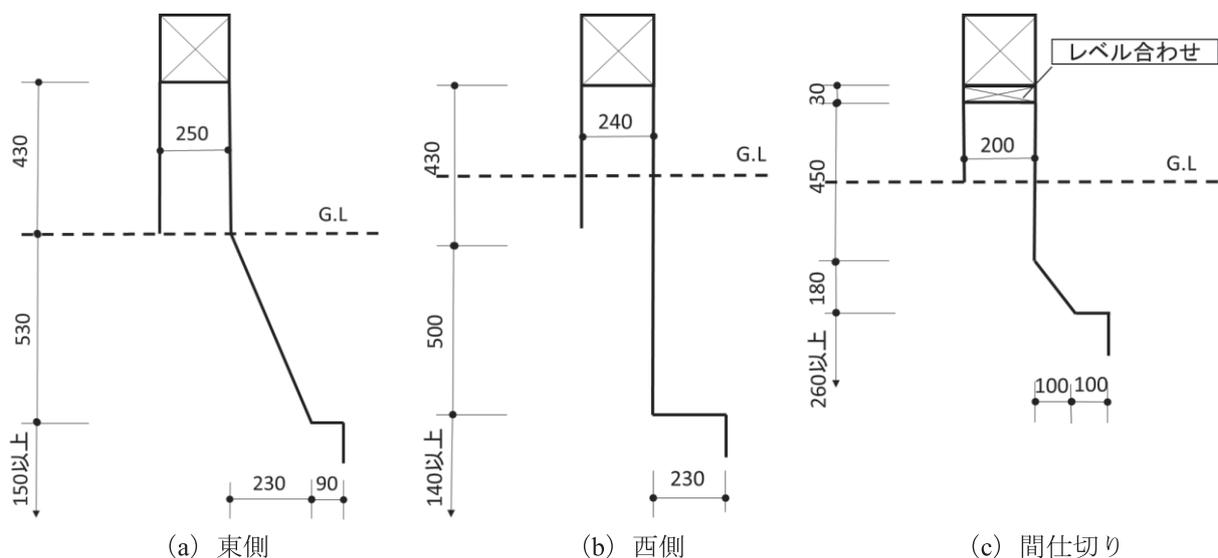


図5 基礎の断面形状

4. 外壁の構造性状

(1) ひび割れ

ひび割れは足場を組まずに視認できる地盤面からの高さ180cmまでを調査範囲とし、ひび割れの始点および終点は建物の角を原点として位置、長さを計測した。ひび割れ幅は、土台上端を原点として高さ方向に30cm間隔に30、60、90、120、150及び180cmの位置でクラックスケールを用いて、ひび割れ幅0.15mm以上を測定し、深さは調べていない。測定したひび割れは東面と南面でそれぞれ32と34個であった。ひび割れの長さは方位に関係なく、101~2255mm、平均742.1mmであった。確認したひび割れの多くは窓台の高さ90cm程度までに確認し、その割合は東面で71%、南面で72%であった。図6に東面および南面においてひび割れ幅ごとに高さ別のひび割れ頻度を示す。

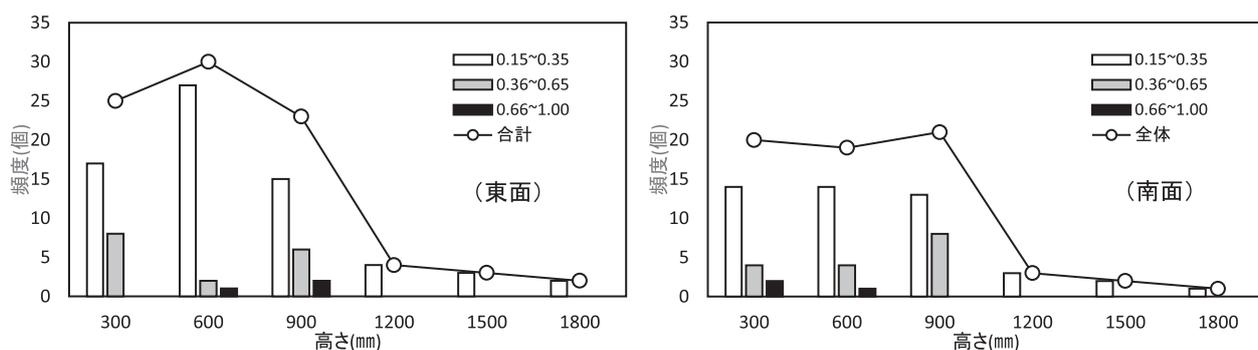


図6 ひび割れ幅ごとの高さ別ひび割れ頻度

(2) 曲げ強度

材料試験のための外壁の供試体は採取した試料から切り出して作成した。その際に鉄網および力骨の影響を考慮して、まず供試体は北面5体(約85mm×380mm)、西面4体(約95mm×490mm)の計10体とし、力骨が供試体軸方向に対して、北面は直角、西面は平行になるように切り出した。そのため供試体寸法は西側の方が大きい。さらに北面の3本(供試体番号はN1、N2、N3)と西面の2本(供試体番号はW2、W4)を外側(仕上げ)面、残り(供試体番号は北面でN4、N5、西面でW1、W3)を内側から载荷としてキャッピングを行った。また供試体は木摺りの目透かしがモルタルで盛り上がっている場合、その部分をカッターで切除し厚さが50mm前後になるよう成形した。

曲げ強度試験はJIS A 1106に基づき、支点間距離300mmの中央点荷法とした。曲げ強度は北面で2.04～2.39N/mm²、平均で内側載荷2.08N/mm²、外側載荷2.30N/mm²であった。同様に、西側では2.61～5.84N/mm²でそれぞれ3.48N/mm²、4.80N/mm²で、外側載荷とするほうが鉄網や力骨が引張側となるため強度は大きくなった。なお本試験結果は、JASS 15 M-102 のラス下地用既調合軽量セメントモルタルの品質基準2.00 N/mm²を上回っている。図7に供試体の切り出し方法、図8に曲げ強度試験の様子、図9に曲げ試験結果を示す。

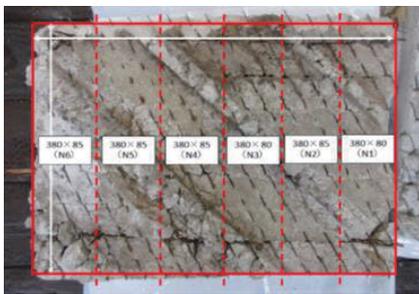


図7 供試体の切り出し方法

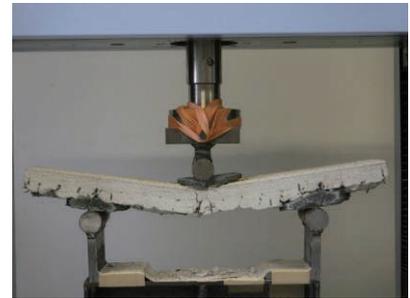
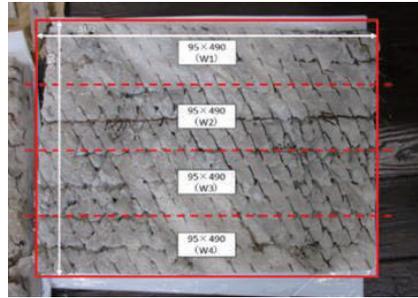


図8 曲げ試験の様子

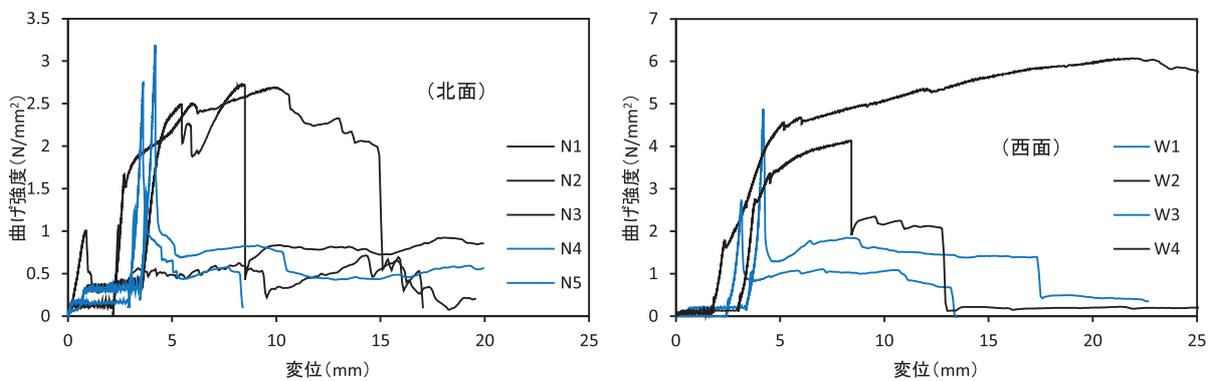


図9 外壁供試体の曲げ試験結果

(3) 圧縮強度

圧縮強度試験はJIS A 1108に従った。層は西面が下塗り、中塗り、上塗り、仕上げに対し、北面は上塗りがなく、供試体は曲げ強度試験後の試験片を切断し、研磨して作成した。圧縮強度は西面が北面よりも5～7N/mm²高い。また下塗りのみの値が高く、北面9.59N/mm²、西面15.2N/mm²となっている。モルタル外壁の圧縮強度はJASS の基準がなく、既存研究における仕上げモルタルの圧縮強度15～30N/mm²²³⁾と比較すると、一部を除き下回っている。図10に圧縮試験の様子、表2に圧縮強度試験結果を示す。

表2 外壁供試体の圧縮試験結果



図10 圧縮試験の様子

供試体	層の構成	圧縮強度 (N/mm ²)	
		平均	標準偏差
北面	仕上げ+中塗り+下塗り(短手)	7.70	1.21
	仕上げ+中塗り+下塗り(長手)	5.68	0.81
	仕上げ+中塗り	7.22	1.69
	下塗り	9.59	1.72
西面	仕上げ+上塗り+中塗り+下塗り(短手)	11.70	3.53
	仕上げ+上塗り+中塗り+下塗り(長手)	13.10	3.52
	仕上げ+上塗り+中塗り	15.10	3.35
	下塗り	15.20	5.48

5. 基礎の構造性状

(1) 視診・触診・打診によるコンクリート表面の状態

基礎コンクリートの状態を確認するために、視診、触診とハンマーによる打診調査を実施した。基礎コンクリートは増改築等により換気口がコンクリートで塞がれた個所や、地盤が犬走よりも低く、空気の動きが少ないため、表面の状態は場所に関わりなく湿潤であり、白華も僅かに認められた。またいずれの場所においても粗骨材が表面に現れ粗雑な粟おこし状で、局所的にモルタルで覆われている個所もあるが表面はざらざらで平滑な仕上がり面はほぼない。コンクリート中の骨材は混合したものではなく、単に15mm前後や30mm程度を置いたような層状の個所も散見されコールドジョイントのようになっているが、少ないセメントと練り混ぜたまぶしコンクリートのようで品質の異なることが推察される。骨材は指で触ると落下する個所も多く打診すると塊で落ちるが、粗骨材、コンクリート片の落下している個所は局所的で、地盤面に骨材が抜け落ちているような個所は少ない。図11に診断時の様子、図12に骨材を視認できるコンクリート表面を示す。



図11 診断時の様子



図12 基礎コンクリートの表面

(2) 反発度（シュミットハンマー）

基礎コンクリートの強度性状を評価する一つの方法としてシュミットハンマーを用いた反発度測定を実施した。ただし上節で述べたとおり、空隙も多く粗骨材が露出し粗面なことから、測定箇所は局所的であり土木学会で規定される20点以上の測定を可能とする場所はほとんど無い。さらに基礎と間仕切りについては水平方向からの側面の計測であり、シュミットハンマーが固定度の低い状態での測定であった。また測定は基礎コンクリートのほかに比較として間仕切りコンクリートと土間コンクリートも含めている。シュミットハンマー測定位置は2章の図2に併せて示す。

反発度はJSCE-G504に従って行い、圧縮強度は日本材料学会の算定式で算定した。反発度から算定した圧縮強度の推定値は土間コンクリート、間仕切りおよび基礎コンクリートでそれぞれ25.0～35.5、14.4～34.5および11.4～36.9N/mm²であった。図13に測定位置および対象物ごとの反発度と圧縮強度を示す。なお同図中の測定箇所の番号は図2のシュミットハンマー測定位置の番号と対応する。

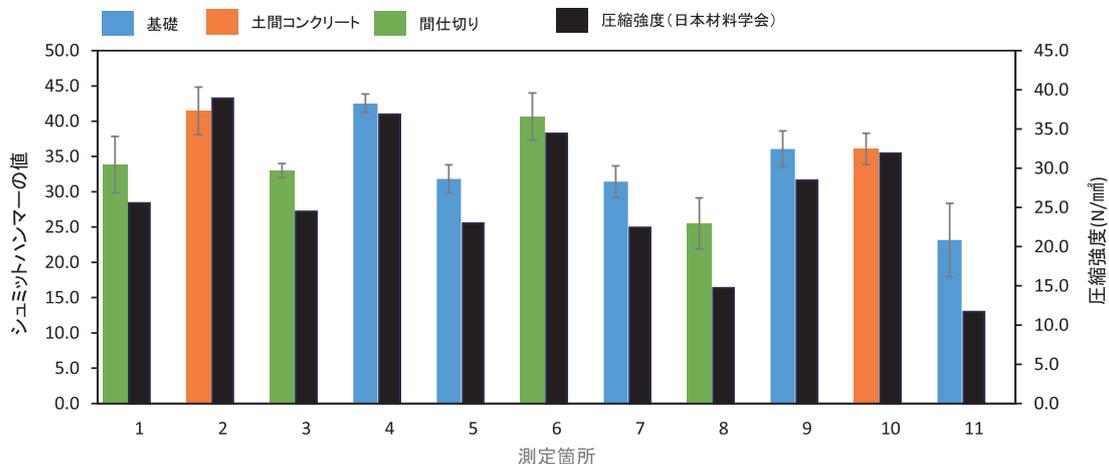


図13 シュミットハンマーによる反発度と圧縮強度

(3) 圧縮強度

圧縮強度試験はJIS A 1108に従った。供試体は採取したコアの両端を切断・研磨し、縦横比を2として成形し供試体を作成した。試験結果より圧縮強度は、9.9～12.4N/mm²、平均11.0N/mm²、標準偏差1.1N/mm²であった。コア供試体は空隙、骨材の偏りがあるため、JASS5で定める品質の標準的な強度18N/mm²に対して、試験結果は低い。一方でバラツキは小さく、品質は安定している。また静弾性係数においては、通常圧縮強度の1000倍程度であるが算定方法についてJISとひずみ線図から検討した値は、それぞれ1.11～1.66×10³N/mm²、2.64～3.65×10³N/mm²で通常よりも極めて低い^{4,5,6}。図14に圧縮強度試験の様子、図15に圧縮強度試験の結果を示す。



図14 圧縮強度試験の様子

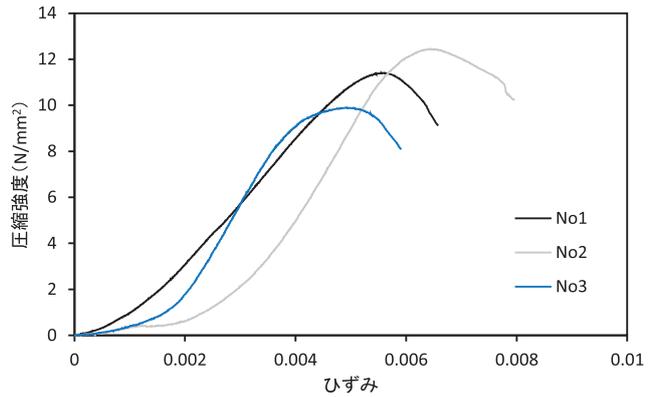
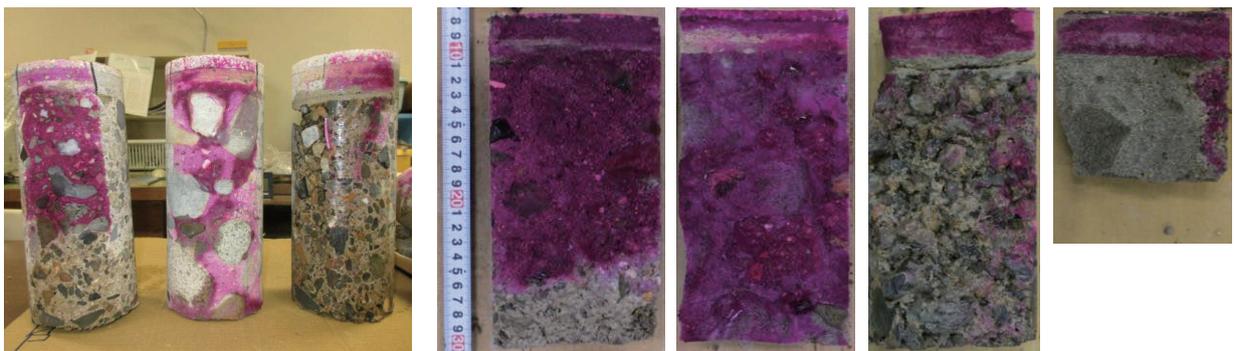


図15 コア供試体の圧縮強度試験の結果

(4) 中性化深さ

コア採取後と、その後30日間を封緘養生した後に中性化判定試験を行った。中性化深さの測定はJIS A 1113に従った。コア採取後に表面をドライヤーで乾燥し、フェノールフタレイン1%溶液を噴霧すると中性化を示した。また、基礎コンクリートの採取跡へフェノールフタレイン1%溶液を噴霧すると僅かであるが紅色に変色する個所を視認した。封緘養生した後では、採取した4本のうち、1本で紅色に、別の1本で局所的な紅色を示した。その後、紅色は薄くなるが消えるような変化はしておらず、約90年経過してもアルカリ性を失っていないことを確認した。ただしアルカリ反応を示さない供試体もしくは部位もあった。図16に塗布後の状況を示す。



(a) 封緘前の確認 (一部に塗布)

(b) 割裂断面による中性化判定

図16 中性化判定試験の様子

6. まとめ

本報では与謝野町旧加悦町役場の基礎と外壁を対象に実態調査と試料採取による材料試験を実施し、構造

特性を把握すると共に、建設当時の構法を明らかにした。また採取した試料による材料実験から材料強度を確認し、JASSと比較することで構造性能を評価した。その結果、基礎コンクリートにおいては、骨材の性状とセメントの貧調合による低品質で極めて低い強度であることを明らかにし、補強の必要性を示した。外壁においては、ひび割れによる経年的劣化があるものの、曲げ強度はJASSの品質基準を満たしていることを確認した。しかし壁全体の構造性能については、別途、鉄網モルタル壁の静的繰返し載荷実験を実施しており、十分耐力があることを確認したが、実験で試験体軸組が先行破壊したため、変形性能は確認できていない。今後、鉄網モルタル壁の復元力特性の解明を進める。

謝辞：調査および実験の実施やそれらのデータ整理にあたり、金沢工業大学建築学科の阪谷賢吾氏（現、ジェイアール東海建設）と賀戸大智氏（現、豊蔵組）に協力を頂きました。またコンクリートおよびモルタルの調合や施工技術について山本左官工業の山本勝己氏（元京都府左官業組合連合会理事長）、山本潤氏にご助言を頂きました。

参考文献

- 1) 京都府教育庁指導部文化財保護課：京都の文化財第15集、pp.10-11、1998
- 2) 川崎工場（川崎寛美）：登録実用新案第22053号、鉄網混泥土説明第3版、p102、1912
- 3) 篠崎徹、梅本宗宏、藤澤正視、阿部秋男：既存建築物の仕上げモルタル圧縮強度試験およびその評価に関する研究、コンクリート工学年次論文集、第23巻、第2号、pp.379-384、2001
- 4) 川上英男：セメントペースト及びモルタルの弾性係数と材齢の関係、コンクリート工学年次論文集、Vol.27、No.1、pp.349-354、2005年
- 5) 前川明弘、畑中重光。三島直生、山本 晃：小粒径ポーラスコンクリートの基礎的特性に関する実験的研究、セメント・コンクリート論文集、Vol.60、pp.264-270、2006年
- 6) 齋藤俊克、出村克宣：ポーラスコンクリートの圧縮強度、静弾性係数及び動弾性係数の関係、セメント・コンクリート論文集、Vol.69、pp.251-256、2015年