

松本城の軟弱地盤対策工法

Countermeasures for Soft Ground in Matsumoto Castle

府川 裕史 (ふかわ ひろふみ)

学生編集委員 (横浜国立大学大学院)

1. はじめに

地盤工学を学ぶ上で過去の建造物や技術を知ることには非常に意義があるものと思われます。松本城は松本盆地の軟弱な地盤に建造された城で、石垣を支えるために地盤に丸太を並べ、杭を打つ「筏地形 (いかだじょう)」と呼ばれる軟弱地盤対策工法が、昭和に行われた改修工事で見えられました。本報告では、修理の際に得られた地盤調査結果とその筏地形について紹介します。

2. 松本城の概要¹⁾

松本城は長野県松本市にある平城で、文禄の初めから慶長の初め (安土桃山時代後期から江戸時代) にかけて石川数正とその子康長によって築造されました。五層天守としては日本最古の遺構であり、現在は天守閣群が残り、それらが国宝に指定されています。松本城は天守に黒塗の下見版が貼られていることから別名烏城 (からすじょう) とも呼ばれています。

松本城は建設以来何度も天守が傾斜することが問題となり、そのたびに柱を削るなどの補修が繰り返行われてきました。明治の文明開化の時代には売却の危機に立たされ、ひどく荒廃し、明治36年から大正11年にかけて大きな補修が行われました (明治の大修理)。しかし、それでも近年に至って再び各所に破損を生じて、天守が著しく傾斜したため、解体修理の方針が立てられ、昭和25年から昭和30年にかけて本格的な解体復元工事 (昭和の大修理) が行われました。

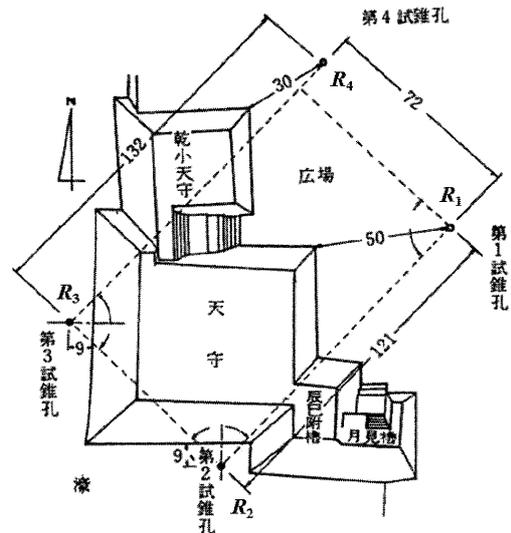
3. 昭和の大修理における地盤調査²⁾

この地域の西部および南部は昔湿地であったと伝えられており、修理に伴い地質の調査が行われました。調査はボーリングによる地質調査 (図一) と、圧縮せん断試験の結果による軟弱地層の支持力の算出が行われました。以下に地盤調査結果の概要を示します。

3.1 地質・地質概況 (「国宝松本城 解体・調査編」²⁾より抜粋)

松本城は構造盆地と考えられる松本平の東南部、すなわち松本平に南方木曾山地より流入する奈良井川に女鳥羽川薄川が合流する平坦地に築造されたものである。

試錐結果 (図二) から判るようにこの付近は礫層、砂層、粘土層等の互層より成り、河川堆積層であることは明らかである。また表層近くに有機質土が存在し、史



図一 天守とボーリング孔の配置 (「国宝松本城 解体・調査編」²⁾より。一部加筆)

第1試錐孔				第3試錐孔			
図表名	色	深層	層深	図表名	色	深層	層深
G.L. (0)							
1	黒	1.00	1.00				
2	黒	1.40	0.40				
3	黒	1.67	0.21				
4	青		1.69				
5	灰	3.30					
6	砂	3.80	0.50				
7	灰	4.55	0.75				
8	砂	5.20	0.65				
9	砂		5.25				
10	砂						
11	砂						
12	砂						
13	砂						
14	砂						
15	砂						
16	砂						
17	砂						
18	砂						
19	砂						
20	砂						
21	砂						
22	砂						
23	砂						
24	砂						
25	砂						
26	砂						
27	砂						
28	砂						
29	砂						
30	砂						
31	砂						
32	砂						
33	砂						
34	砂						
35	砂						
36	砂						
37	砂						
38	砂						
39	砂						
40	砂						
41	砂						
42	砂						
43	砂						
44	砂						
45	砂						
46	砂						
47	砂						
48	砂						
49	砂						
50	砂						
51	砂						
52	砂						
53	砂						
54	砂						
55	砂						
56	砂						
57	砂						
58	砂						
59	砂						
60	砂						
61	砂						
62	砂						
63	砂						
64	砂						
65	砂						
66	砂						
67	砂						
68	砂						
69	砂						
70	砂						
71	砂						
72	砂						
73	砂						
74	砂						
75	砂						
76	砂						
77	砂						
78	砂						
79	砂						
80	砂						
81	砂						
82	砂						
83	砂						
84	砂						
85	砂						
86	砂						
87	砂						
88	砂						
89	砂						
90	砂						
91	砂						
92	砂						
93	砂						
94	砂						
95	砂						
96	砂						
97	砂						
98	砂						
99	砂						
100	砂						

図二 第1孔と第3孔のボーリング結果 (単位: m) (「国宝松本城 解体・調査編」²⁾より)

実でも明らかな様にこの地帯がかつて沼地であったことがうかがえる。

3.2 結言 (「国宝松本城 解体・調査編」²⁾より抜粋)

試錐結果および地耐力試験結果から、地耐力上問題になる地層は、各試錐箇所において見られる腐蝕土およびその下位の粘土混じりの礫層 (あるいは礫混じりの粘土

層)である。これらの下位は礫および砂からなり地耐力は大きく、工地上問題とはならない。

腐蝕土の下位の礫混じり粘土層は各所において礫に疎密があり、 $R_1 \cdot R_2 \cdot R_4$ は礫が多く、したがって地耐力は大である。 R_3 付近は礫が少なく粘土が主であるが、この粘土についてのせん断試験による支持力は 11.7 t/m^2 ($\approx 115 \text{ kN/m}^2$)となり考慮を要する^{註1)}。以上のことから R_3 付近の基礎は補強策を講ずるべきであり、他の部分ではその必要は認められない。

4. 筏地形³⁾

昭和の大修理の際に、天守台石垣も解体調査の上修復され、その結果堀際に立つ天守閣の石垣には今まで知られていなかった施工上の工夫がいくつか行われていたことが明らかになりました。そのうちの 하나가「筏地形」と呼ばれる工法です。

天守台はその南面と西面は堀に臨み、東面と北面は本丸側(陸側)に直面しています。東と北の陸側は、地表下約50 cmに「割栗地形」と呼ばれる施工によって根石を据え、その上に石垣が積まれました。これに対し南と西の堀側には、堀の底に「筏地形」が施されていたことが解体時に発見されました。

図-3に筏地形の概略図を示します。石垣前縁の線に対して直角方向に丸太材(直径約12 cm, 長さ約3 m)をほぼ50 cm間隔に敷き並べ、その上に根石前縁より約50 cm内側に横胴木(直径約18 cm, 長さ約4.5 m)を敷きます。この筏型に組まれた部材が直接の石垣の荷重を受け持つ機能を持ちます。その筏型部材の前方には「止め杭」が打ち込まれ、この止め杭が堀底のところどころに配置された「捨て石」と共に、天守の重みのために石垣全体が堀側へ滑るのを防ぎます(写真-1)。

さらに「地固め杭」2列が石垣の西側前方4 mから5 mに立て連ねられ、地盤の移動防止を強化しています。

以上のように筏地形は石垣を直接受け持つ筏状部材と、地盤の滑りを防ぐ地固め杭の二重構造により、石垣を支えています。

5. おわりに

松本城の昭和の大修理の地盤調査の結果と、石垣基礎で行われていた筏地形を紹介しました。

地盤調査からは R_3 付近の地盤は他の地点に比べ支持力が低いため補強の対策が必要であるという結果が得られたのに対し、実際に行われた石垣の改修では、その結果に対応するように堀側の R_3 地点を筏地形によって重点的に補強されているのがわかりました。

松本城天守閣は周囲を堀と陸で囲まれる非常に複雑な構造であるため、築城の際にはその地盤に対応し

^{註1)} 試験結果から以下の式により支持力を算出した²⁾。

$$P = \gamma h \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2} \right) e^{\pi \tan \theta} + \frac{c}{\tan \theta} \left[\tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2} \right) e^{\pi \tan \theta} - 1 \right]$$

R_1 地点での支持力は $P = 44 \text{ t/m}^2$ ($\approx 432 \text{ kN/m}^2$)

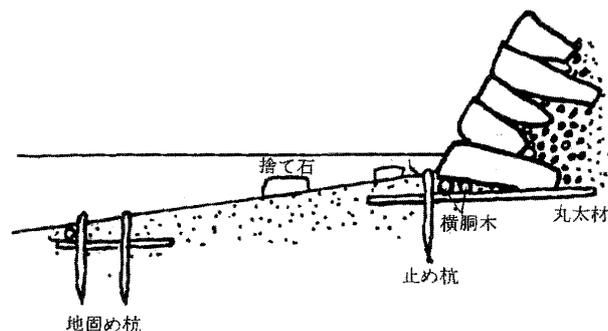


図-3 筏地形の概略図³⁾

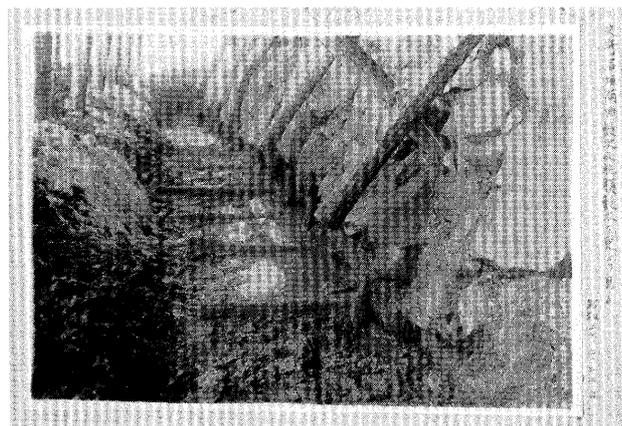


写真-1 天守台石垣の筏地形(松本城管理事務所より提供)

た適切な施工が求められたことが考えられます。支持力が小さい堀側に重点的に補強を行っていることから、松本城の筏地形は支持力増加のために適切に施工が選定されていたということがわかります。また補修の際に取り出された部材は築造数百年を経過しているにもかかわらず、腐敗することはなかったそうです。当時の職人の技術力の高さをうかがい知ることができます。

また平成11年に行われた松本城太鼓門の復元工事にも筏地形の工法が採用され、実際に施工が行われました。現代にも引き継がれる素晴らしい工法であると言えます。

本稿をまとめるにあたり、松本城管理事務所の青木教司氏には取材および資料提供にに応じていただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松本市教育委員会:「国宝松本城」, 松本市教育委員会, pp. 3~24, 1966.
- 2) 松本城保存工事事務所:「国宝松本城 解体・調査編」, 松本市教育委員会, pp. 14~17, 1954.
- 3) 住田 正・中川治雄・古川寿一:「定本 国宝松本城」, 国宝松本城刊行会, pp. 210~213, 1988.

(原稿受理 2010.7.13)