

名古屋城天守台石垣の修復と形態，構造の変遷

森本 浩行¹・西田 一彦²・北垣 聰一郎³・西形 達明⁴

¹正会員 京都市立伏見工業高等学校定時制 教諭 (〒612-0011 京都市伏見区深草鈴塚町13)

E-mail: mh_kyoto@kyoto.zaq.ne.jp

²正会員 協同組合関西地盤環境研究センター 顧問 (〒566-0042 大阪府摂津市東別府1丁目3-3)

E-mail: nishida@ks-dositu.or.jp

³非会員 石川県金沢城調査研究所 名誉所長 (〒654-0151 神戸市須磨区北落合3-22-9)

E-mail: sokitagaki@aol.com

⁴正会員 関西大学環境都市工学部 教授 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail: nisigata@kansai-u.ac.jp

城郭石垣の修復については，原状の復帰を求められるが，原状の石垣形状を把握することは困難を伴う作業である．そこで，本研究では，これまでに筆者らが明らかとした，「石垣秘伝之書」ならびに「後藤家文書」の設計手法に加え，城郭石垣において，天端と根石を結んだ直線から石垣石までの最大距離 D_{max} の高さの位置で両者のどちらの設計手法で構築されたのかを判断することができることを明らかとした．さらに，名古屋城において宝暦年間に石垣の大修理が行われている．このときの絵図が発見されており，この絵図についての設計手法も明らかにした．

Key Words : masonry wall, construction technology, historical heritage, Nagoya Castle

1. はじめに

わが国において，現存する文化財としての城郭石垣を修復する場合，多くは積み直しによる方法が採用されている．文化財保存の立場からすると，修復は原状復帰という大原則に従うことが要求される．この場合，原状の形状や材質を事前に十分に調査しておく必要があるが，修復が必要とされる程度に変形した石垣から，その元の形状を想定し，設計の基準を定め，原状の石垣形状を把握することは困難を伴う作業である．しかしながら，城郭石垣の場合，構築当初は，その当時の伝統技術や技能を反映した設計基準に従っているはずであり，それが現存する石垣の一部に残っている可能性がある．筆者らは，現在までに発見されている古文書・古記録のうち，城郭石垣の設計手法に関する記述がある「後藤家文書¹⁾²⁾」や「石垣秘伝之書³⁾」の方法について明らかにするとともに，反り曲線勾配部分について数式化することを試みてきた⁴⁾．

一方，城郭石垣は構築当初から現在までの約400年間に地震，豪雨などの災害を受け，崩壊と修復を繰り返している可能性もある．このことより，現存する石垣が土木工学的には構築当初のものであるかどうかの判断が難しいため，原状復帰の場合，何を持って原状と考えるか



写真-1 名古屋城 (撮影: 森本, 2013)

が問題となる．現実的にはできるだけ変状の少ない箇所を元の形状と考えて，それに合うように修復の設計をするしか方法はないが，その場合でも指針がなければ単なるつじつまあわせとなる．さらには，石垣形状の安定性を評価する場合にも，設計基準が重要な要素となるので，この面からも断面形状の設計は重要なこととなる⁹⁾．

そこで，本研究は写真-1に示す名古屋城天守台石垣において検討を試みた．1610年(慶長15年)に加藤清正によって築造されたと考えられている天守台石垣は，

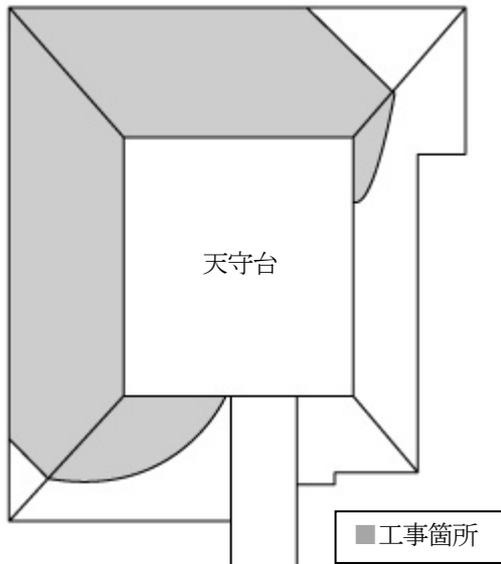


図-1 宝暦石垣解体修理工事箇所

孕み出しや大天守本体の傾斜が著しくなったため、約140年経過した1752～1755年（宝暦2～5年）に大修理が行われ、現在まで約260年が経過している。1610年に構築された石垣と1752年頃に修復された石垣、そして1752年（宝暦2年）頃の修復時に使用されたと考えられる石垣絵図（設計図）である「金城温古録付属天守閣図面」のうち遣方西方（名古屋城総合事務所蔵）について、それぞれの縦断面の形状の比較を行い、また「後藤家文書」ならびに「石垣秘伝之書」の設計手法との比較を行うことで修復における断面形状の適用についての検討を行った。

2. 天守台宝暦大修理における石垣の工事箇所

名古屋城大天守は1750年（寛延3年）頃には天守台石垣の孕みや大天守本体の傾斜が著しくなり、1752～1755年（宝暦2～5年）に大修理が行われている⁷⁾。麓らは宝暦大修理に関する一連の資料より、石垣に関する主な資料を解読し、天守台石垣の宝暦石垣解体修理工事工程説明図⁷⁾を完成させている。これらをまとめると大天守の修理箇所は図-1のようになる。

3. 石垣の形態の特徴と変化

筆者らはこれまでに「石垣秘伝之書」と「後藤家文書」による設計手法を明らかにしている。これらを以下で紹介する⁴⁾。

1) 「石垣秘伝之書」による設計

「石垣秘伝之書」による勾配のつけ方は、図-2の

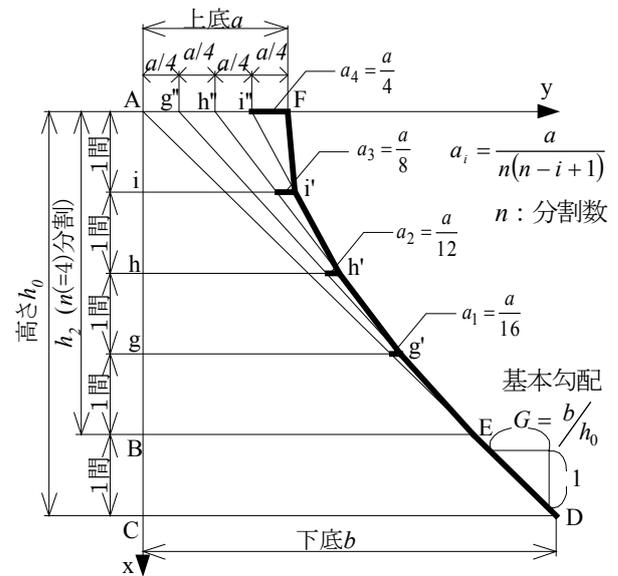


図-2 「石垣秘伝之書」による設計

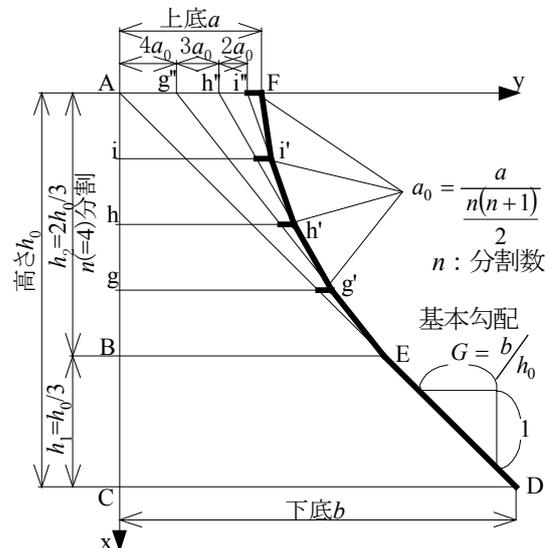


図-3 「後藤家文書」による設計

ように以下のような手順で定めていると考えられる。

高さ h_0 (AC) に応じて、下底 b (CD) と上底 a (AF) を定め、下から1間の部分は基本勾配 G で直線 DE を引く。次に上へ1間上がるごとにその前の勾配より次式で算出される a_i だけ石垣前面に張り出す。

$$a_i = \frac{a}{n(n-i+1)} \quad \text{ただし、} n: \text{分割数} \quad (1)$$

ここで、AB間の部分を無限に分割すると考えた場合、図-2のように座標軸をとると勾配の変化するEF間は次式であらわすことができる。

$$y = \left\{ \frac{a}{h_2} \left(\log_e \frac{x}{h_2} - 1 \right) + \frac{b}{h_0} \right\} x + a \quad (2)$$

2) 「後藤家文書」による設計

「後藤家文書」による勾配のつけ方は、図-3のよう

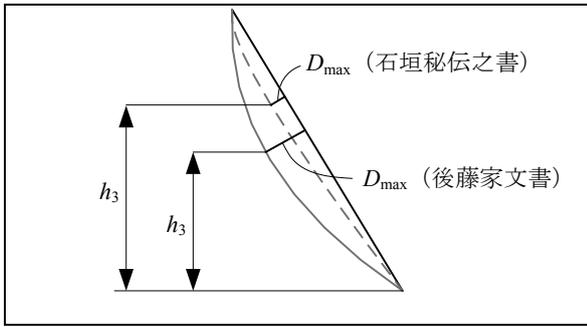


図-4 D_{max} の概念図

表-1 最大距離 D_{max} の位置 (高さ)

設計手法	D_{max} の位置 (高さ)
後藤家文書	$h_3 = 0.556h_0$
石垣秘伝之書	$h_3 = 0.658h_0$

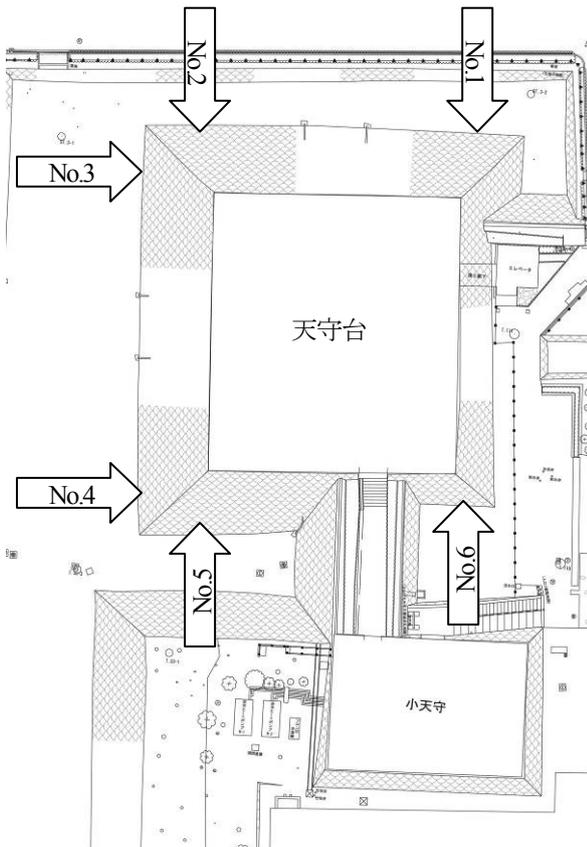


図-5 名古屋城天守台解析箇所
(基図：名古屋城総合事務所提供)

高さ h_0 (AC) に応じて、下底 b (CD) と上底 a (AF) を定め、下から $h_0/3$ ($=h_1$) の部分は、基本勾配 $G=b/h_0$ で直線 DE を引く。次に上から $2h_0/3$ ($=h_2$) の部分、すなわち AB 間は高さに応じて n 個に分割する（「後藤家文書」では高さに応じて 1~5 尺で分割している。なお、図-3 では 4 分割の事例を示している。）。上底 a を 1~ n までの自然数の和で除した値 a_0 を次式のように算出する。

$$a_0 = \frac{a}{\frac{n(n+1)}{2}} \quad (3)$$

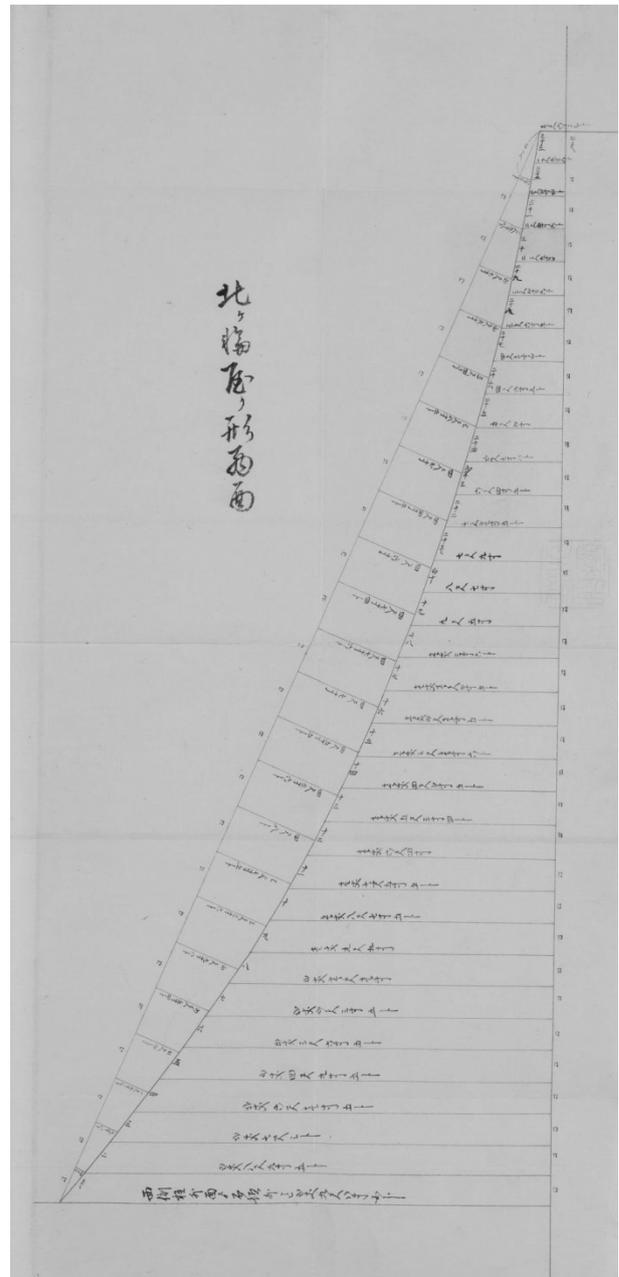


図-6 「金城温古録付属天守閣図面」のうち「遣方西方」
(名古屋城総合事務所蔵)

分割されたある一定の高さごとに下の勾配より a_0 だけ石垣前面に張り出す。

ここで AB 間を無限に分割すると考えた場合、図-3 のように座標軸を取ると、勾配の変化する部分 EF 間は次式で表すことができる。

$$y = a \left(1 - \frac{x}{h_2} \right)^2 + \frac{b}{h_0} x \quad (4)$$

これまでの事例では、城郭石垣の多くは上記のどちらかの設計手法で構築されたと考えられている。判別は、実際の形状に両手法による曲線のフィッティングを重ねることで、どちらの手法であるかを判断するのであるが、明確に判断できない石垣も存在した。

そこで、図-4に示しているように、「石垣秘伝之書」

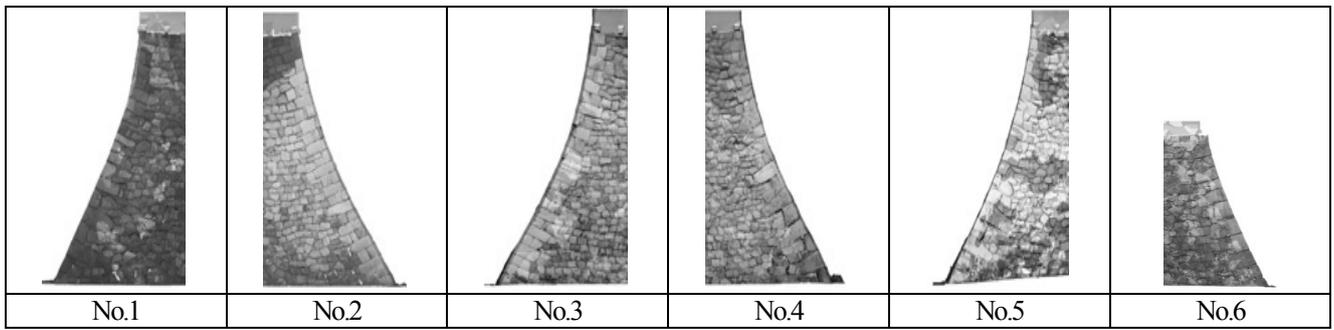


写真-2 天守台石垣解析箇所 (名古屋城総合事務所提供)

表-2 D_{max} の位置の高さ

解析箇所	D_{max} の高さ(m)			判別
	写真(基準)	後藤家文書	石垣秘伝之書	
No.1	12.849	10.866	12.860	石垣秘伝之書
No.2	10.985	10.980	12.994	後藤家文書
No.3	10.983	10.980	12.994	後藤家文書
No.4	10.618	11.007	13.026	後藤家文書
No.5	10.935	11.007	13.026	後藤家文書
No.6	7.712	6.726	7.960	石垣秘伝之書
絵図	10.302	11.119	13.159	後藤家文書

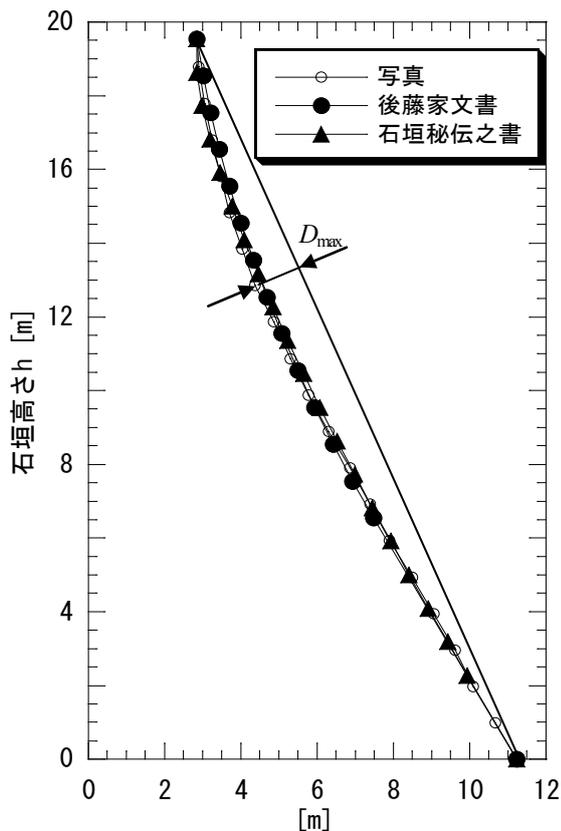


図-7 石垣形状の比較 (No.1)

と「後藤家文書」の構築手法の違いを天端と根石を結んだ直線から石垣石までの最大距離 D_{max} の高さの位置で判断することを考えた。天端と根石を結んだ直線と両石垣

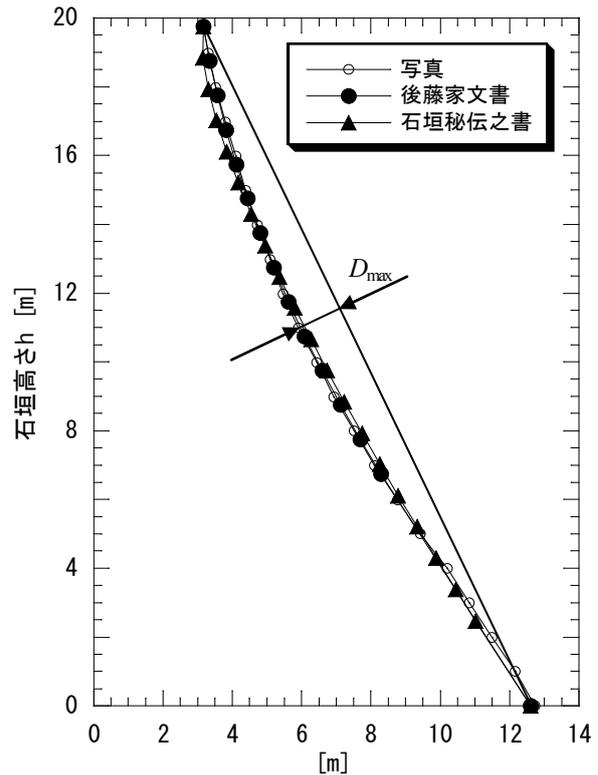


図-8 石垣形状の比較 (No.2)

曲線, 式 (2), 式 (4) との最大値 D_{max} の位置の高さ h_3 を計算すると表-1のようになる。

これらの適用を図-5に示す天守台石垣の6箇所ならびに絵図について行った。適用箇所の様子を写真-2, ならびに絵図を図-6に, 結果を図-7~図-13に示している。なお, 計測箇所No.1 (図-7), No.3 (図-9), No.5 (図-11), 絵図 (図-13) については, 比較のために左右反転して表示した。

ある城郭石垣が「石垣秘伝之書」で構築されたのか, あるいは「後藤家文書」で構築されたのか, 石垣形状に両曲線の係数を変化させ, フィッティングさせながら判断するのであるが, 高さが低い, あるいは反りがあり入っていない場合などは, どちらの手法で構築されたのか判断することが難しい場合もある。そこで, 今回新たに導き出した最大距離 D_{max} も判断材料の一つとして適用すると表-2のようになる。

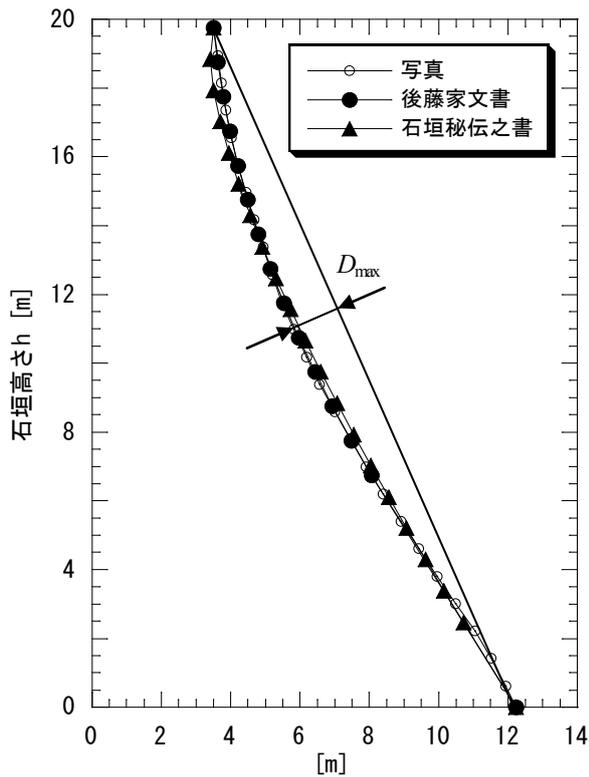


図-9 石垣形状の比較 (No.3)

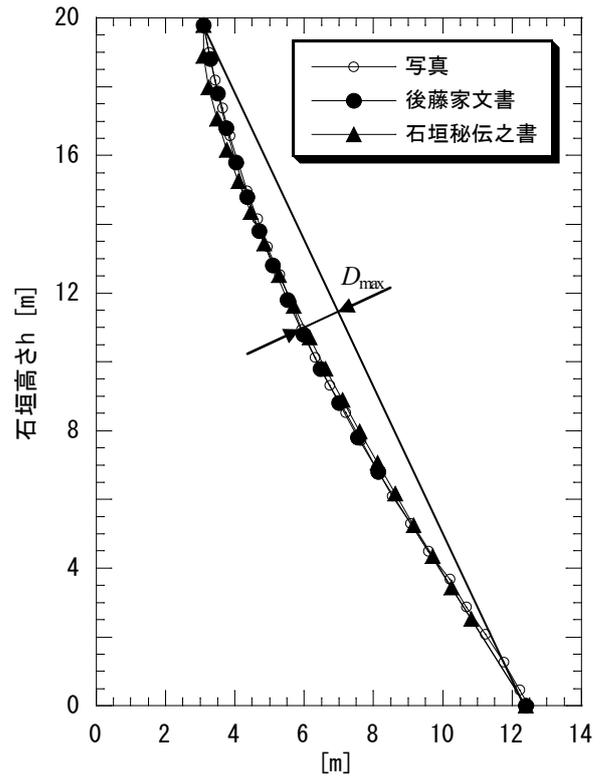


図-11 石垣形状の比較 (No.5)

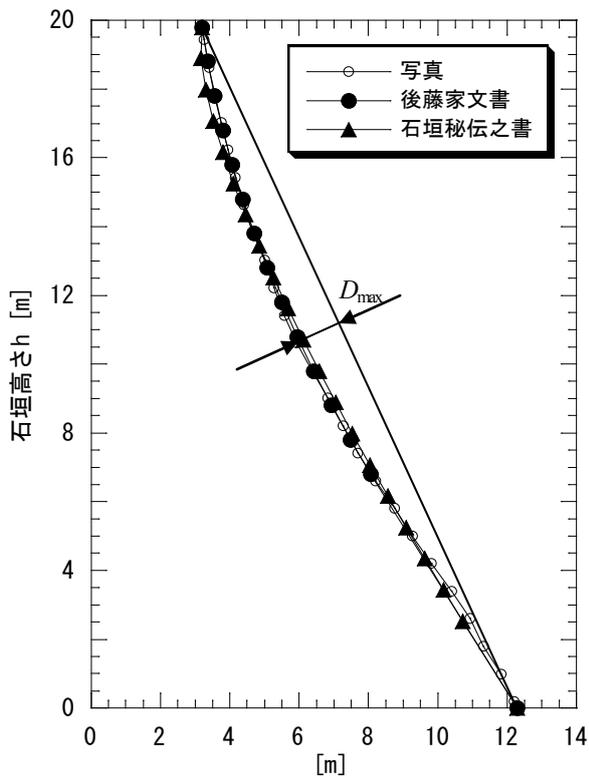


図-10 石垣形状の比較 (No.4)

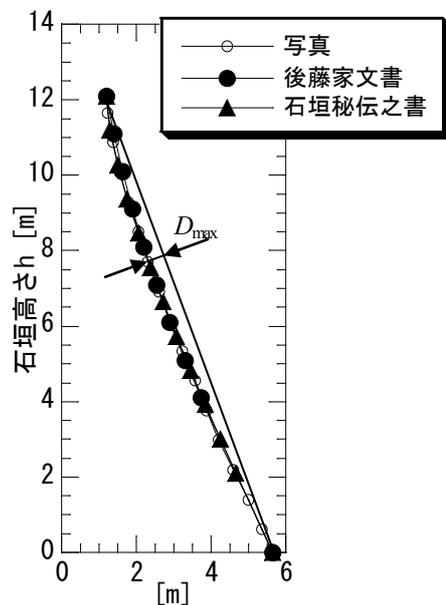


図-12 石垣形状の比較 (No.6)

写真による D_{max} の位置は、下部より高さ約1mごとに天端から根石を結んだ直線までの距離を求めたものの最大値である。このため、実際とは少しのズレが生じる。この写真による D_{max} を基準として、「後藤家文書」と「石

垣秘伝之書」のどちらに近いかを比較して判別すると表-2のようになる。

このように、1752年（宝暦2年）頃に修復されたNo.2, No.3, No.4, No.5の石垣と絵図が後藤家文書の手法であ

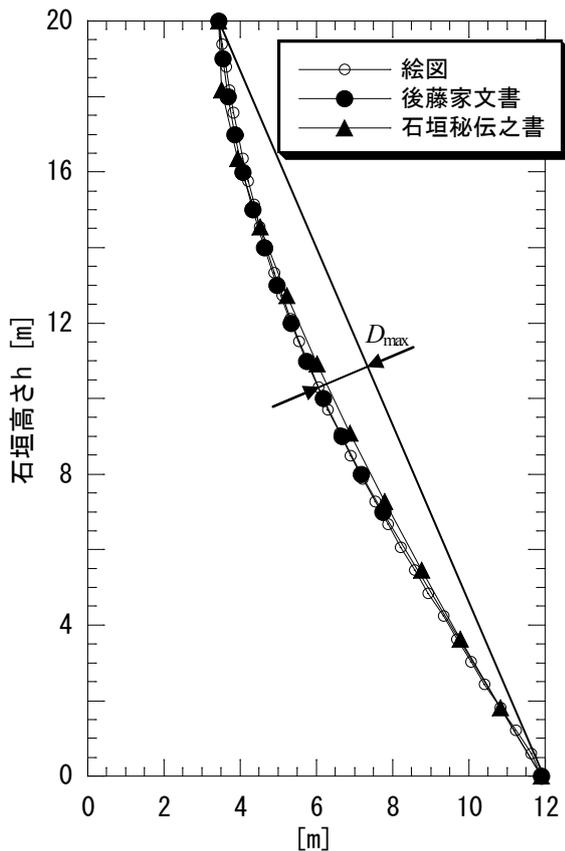


図-13 石垣形状の比較 (絵図)

り、No.1, No.6の修復されていない箇所は、石垣秘伝之書の手法で構築されたことが分かる。

なお、隅角部の石垣の写真を利用して検討を行っているため、石垣の形状は隅角と隅角の間に比べ、勾配が少しきつくなっている。

5. 石垣構造の特徴と変化

名古屋城天守台石垣の隅角部は写真-2より、石垣石の短辺に対する長辺の長さの比が2以上と算木積みの意図がはっきりと見られ、城郭石垣の完成の域に達した時期に構築されたことが分かる⁸⁾。石積みについては、1610年(慶長15年)頃に石垣秘伝之書の手法で構築された箇所No.1, No.6については乱積みであり、その後、1752年(宝暦2年)頃に大修理が施された後藤家文書での手法で構築されたNo.2, No.3, No.4の箇所については布積みとなっている。No.5については、乱積みの跡も見られる。

6. 結論

1610年(慶長15年)頃に築造された大天守台石垣について、1752年(宝暦2年)頃に修復された箇所と未修復の箇所ならびに宝暦大修理に関する絵図について検討した結果、以下のことが判明した。

- 築造当初である1610年(慶長15年)頃の石垣設計手法は石垣秘伝之書による方法で構築されていた。
- 1752年(宝暦2年)頃の大修理では、後藤家文書による方法で構築されていた。
- 築造当初からおおよそ140年後に大修理が施され、その後、260年ほど安定を保っているところから、石垣秘伝之書より後藤家文書による設計手法の方が安定していることがわかる。
- 孕み出しなどの変形が少ない場合は、最大距離 D_{max} を求めることで、設計手法を簡便に判断することができる。
- 宝暦大修理に関する絵図は、後藤家文書による設計手法であることから、修復のための設計図であったことが分かる。

謝辞：本研究において、現地視察および測量データの提供にご協力いただいた名古屋城総合事務所および関係各位に謝意を表す次第である。

参考文献

- 北垣聰一郎：『石垣普請』，法政大学出版局，pp.117-129，1987。
- 喜内敏 監修・解説：『金沢城郭史料-加賀藩穴生方後藤家文書』，日本海文化叢書，第3巻，石川県図書館協会，1976。
- 北垣聰一郎：『石垣普請』，法政大学出版局，pp.130-142，1987。
- 西田一彦・西形達明・玉野富雄・森本浩行：城郭石垣断面形状の設計法とその数式表示に関する考察，土木学会論文集，No.750/III-65，pp.89-98，2003。
- 森本浩行・西田一彦・北垣聰一郎・西形達明・玉野富雄：城郭石垣を修復する際の断面形状決定に関する考察，歴史的地盤構造物の構築技術および保存技術に関するシンポジウム発表論文集，地盤工学会，pp.119-124，2008。
- 森本浩行・西形達明・西田一彦・玉野富雄：城郭石垣の断面形状と石垣構築技術の変遷に関する考察，土木学会論文集，No.806/III-73，pp.45-54，2005。
- 麓和善・加藤由香：名古屋城大天守宝暦大修理における石垣工事について，日本建築学会計画系論文集，No.645，Vol.74，pp.2507-2513，2009。
- 森本浩行，西田一彦，西形達明，玉野富雄：城郭石垣の隅角部形状とその数値評価法，土木学会論文集，No.666/III-53，pp.159-168，2000。

(2014.4.7受付)