

関西大学工学部	正会員	西田一彦
関西大学工学部	正会員	西形達明
京都市立伏見工業高等学校	正会員	森本浩行
(株) ヨコタテック	正会員	○中間好信
(株) VANS		大河原倫亮

1. はじめに 日本に現存する城郭石垣には老朽化が進み、はらみ出しによる崩落の危険性が指摘されている箇所が少なくない。文化遺産として価値の高いこれら遺構の崩落を防止するために、比較的容易に石垣形状を測定する方法を考え、それをを用いていくつかの石垣の断面形状を測定し、その結果を報告する。

2. 測定装置および測定方法 石垣の測定は、図1に示すレーザー距離計をトランシットに取り付けた測定装置によって行った。レーザー距離計は測定対象までの距離を測定し、トランシットは測定対象の水平角および鉛直角を測定するものである。図2は、本研究において石垣を測定したときの測定手順を示す概略図である。測定はまず、測定装置を石垣下端側の測点aのほぼ正面である測定位置Iに設置して、測点a-Aおよび石垣隅角部の測点x-Xの間で6~8点の測点位置を測定する。以下同様にして測定位置IIから測点b-Bを測定し、測定位置IIIから測点d-Dおよび石垣隅角部の測点y-Yを測定する。

3. 石垣断面におけるはらみ出しの検討 本研究では大坂城、姫路城、彦根城、名古屋城において測定を行った。図3~図5に大坂城、姫路城、彦根城における測定から得られた石垣の断面形状と、石垣構築当時の断面形状を示すものと仮定した石垣の断面モデルとを比較した図である。

仮定された石垣断面モデルのうち「後藤家文書の標準モデル」とは、石垣構築の技術書として現存する「後藤家文書」に記載されているもので、石垣

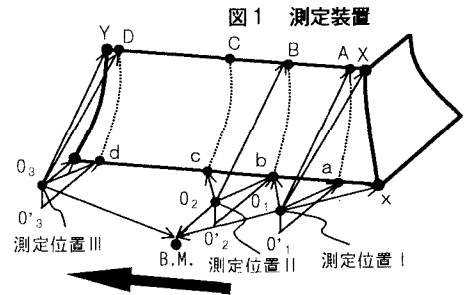
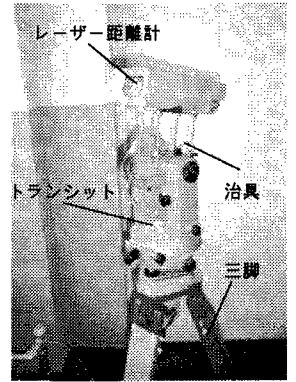


図2 測定手順の概略図

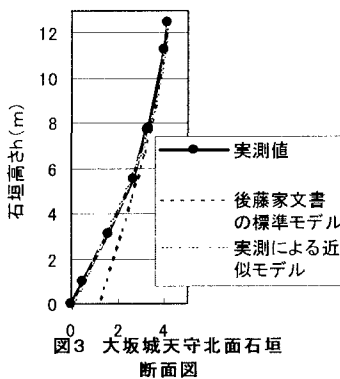


図3 大坂城天守北面石垣断面図

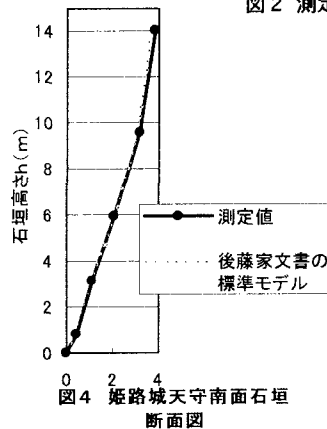


図4 姫路城天守南面石垣断面図

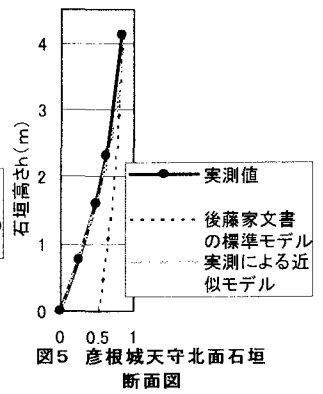


図5 彦根城天守北面石垣断面図

高さによって石垣の下から 1/3 の高さの初期勾配を決定し、残り 2/3 の石垣高さを「後藤家文書」記載の勾配に近似させた2次曲線¹⁾によって決定したものである。一方「実測による近似モデル」とは、石垣の立地条件によって「後藤家文書の標準モデル」の勾配で構築できなかった石垣に対応するために仮定された石垣断面モデルである。そして「実測による近似モデル」は、実測値から得られた石垣の形状から石垣の下から

1/3の高さの初期勾配を決定し、残り2/3の石垣高さを「後藤家文書の標準モデル」の場合と同様に2次曲線によって決定したものである。実測値とこれら石垣断面モデルを比較すると、大坂城および彦根城については、実測値の断面の勾配が、「後藤家文書の標準モデル」の勾配よりも緩く、「実測による近似モデル」によく一致することが明らかになった。また姫路城については、実測値の断面の勾配が、「後藤家文書の標準モデル」の勾配によく一致していることが明らかとなった。このことから大坂城および彦根城では「実測による近似モデル」が、姫路城では「後藤家文書の標準モデル」が石垣構築当時の断面形状を示すものと考えられる。

以上のようにして石垣構築当時の断面を決定することができると、現況の石垣に生じているはらみ

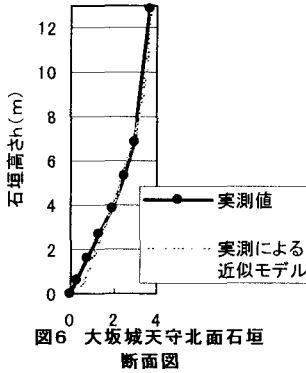


図6 大坂城天守北面石垣断面図

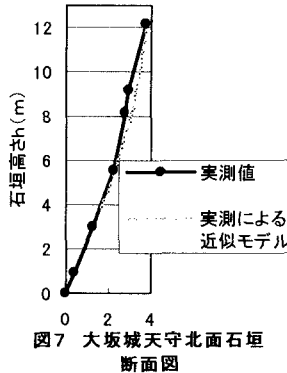


図7 大坂城天守北面石垣断面図

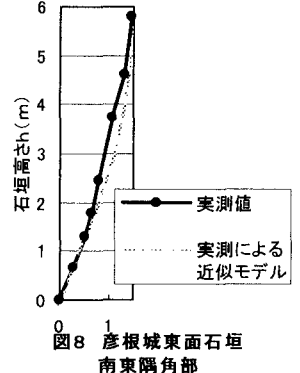


図8 彦根城東面石垣南東隅角部

出しを知ることが可能になる。図6～図8は、はらみ出しが生じた石垣の例として大坂城天守北面および彦根城天守東面石垣の実測値の断面と「実測による近似モデル」の断面との比較を示した図である。これらの図を見ると、図6では石垣高さ0～2m付近で、図7では石垣高さ6～12m付近で、図8では石垣高さ2～5m付近で石垣がはらみ出していることが確認できる。

図6～図8のようなはらみ出しが生じた石垣の安定性を検討するために、

本研究では図9に示されるようなはらみ出し指数を用いた。はらみ出し指数とは図7に示すように、「実測による近似モデル」を築造当時の石

垣断面形状として現況の石垣断面形状との差から最大のはらみ出し量 δ (cm)を求め、これを石垣はらみ出し高さH(m)で除した値である。そして図10は、石垣はらみ出し高さHと石垣はらみ出し指数 δ/H の関係を示したものであり、図中の過去の崩壊データとは、はらみ出し指数を求めた後で集中豪雨や地震などによって石垣が崩壊に至った事例である。これらの崩壊データをみると、崩壊前の石垣はらみ出し指数は6程度となっている。このことから、石垣はらみ出し指数6程度が、石垣の安定性に対する一つの目安になるものと考えられる¹⁾。

最後に、本研究における現地測量で便宜を図っていただいた、大阪城天守閣博物館、名古屋城管理事務所、姫路城管理事務所、彦根城観光課の方々に感謝する。

参考文献 1) 森本浩行, 西田一彦, 西形達明, 玉野富雄: 城郭石垣の遺存技術情報とその変遷, 土木史研究, 第19号, 土木学会, pp.302-303, 1999. 2) 西田一彦, 玉野富雄: 歴史遺産としての城郭石垣の安定性評価手法に関する工学的提案, 「地盤に係わる維持・補修・管理技術に関するシンポジウム」論文集, 土木学会, pp.31-32, 1998.

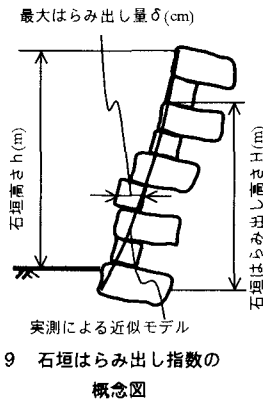


図9 石垣はらみ出し指数の概念図

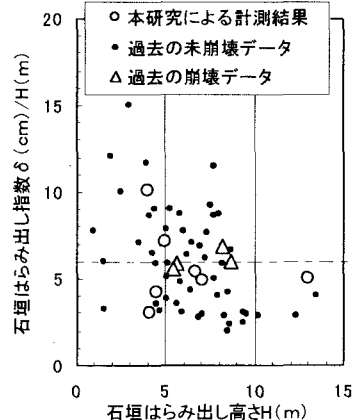


図10 石垣はらみ出し高さHと石垣はらみ出し指数の関係