

I-496 兼六園にある日本武尊像石積みの修復による力学特性の向上

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝、同 宮島昌克、同 池本敏和

1. まえがき

明治記念之標「日本武尊」の銅像は、西南の役で戦死した郷土軍人の霊を祀り、記念するため、1880年(明治13年)に金沢の兼六園内に建てられたものである。銅像の身長は5.5m、重さは約5.5tfあり、屋外に建てられている人物銅像としては日本最古である。台座石は厚さ約60cm、重さ約8tfであり、下の石積みの高さは約6.5mで170数個の石から成っている。これらの石が石の重さだけで組み合わされている(図-1)。銅像は、左右の足を貫き台座石に定着させた2本の鉄柱により固定されているが、昭和63年の調査で台座石(地元の戸室石)に大きな亀裂が認められた。この亀裂は像の左右の足をつなぐ線と一致し、像の揺れ易い方向はこれと直角である。銅像はそよ風によっても振動し、この揺れによって新たな亀裂が発生し、また現存する亀裂がさらに成長することが考えられた。また石積みにもゆるみが目立った。もし地震動などの強い力が作用すると、台座石、石積みが一体となって力に抵抗できなくなる恐れがあった。そこでこの機会に銅像本体の欠陥部分の補修はもとより、台座石の取り替えと石積みの解体修理が実施された。本調査研究は、修復前後の台座石およびその下部の石積みに静的載荷実験を実施した結果について述べるものである。

2. 石積みの修復法

ここに用いられている石積みは自然石をほとんど加工せず元々の形のままで、一見乱雑に積み上げられたものである(図-1参照)。石積みの石になる前には、これらのうちの景石(しかも、力を負担している)は近くの玉泉院丸庭園の庭石として使われていたという記録があり、そのほとんどは石川県内から取って来られたものである。

石積みの修復工事は先人の工夫を何一つ見落とすことなく、解体することから始まった。その結果、石積み内側に間知石から成る堅固な石積みが3段積まれていること、裏込め用の玉石、栗石で十分締め固めたのち、庭石を景石として積み上げてあること、その際、景石が落下しないように合刃をそろえて積み上げてあることがわかった¹⁾。これらの情報を十分取り込み、岩石師が劣化した石を新しい石と取り替えながら、元のように積み上げていった。なお元の台座石は亀裂が入り、使いものにならないことから、10cmほど部厚い富山県の石を新しい台座石として据え、銅像の足付き支柱部分用の穴をあけ、銅像を固定した。

3. 静的載荷実験

主として地震時における石積みの抵抗強度を知るために、解体修復の前後に2通りずつ、計4通りの静的載荷実験を行なった。すなわち銅像の載っている場合と取り除かれている場合の2通りである。一般に石積みは、その上部に重い物体(銅像)が載っているほど、水平方向からの荷重への抵抗力が増す。従って銅像の載っている場合の実験のみで本実験の目的は達成されるが、石積みそのものの剛性を確認するために、銅像の載っていない場合の実験も実施した。実験には、台座石に静的荷重をかける場合と、石積みを構成する1つの石に荷重をかける場合とがあり、それぞれの高さにおける水平抵抗力を知ることができる。台座石に荷重をかける場合の荷重の位置と石の変位の計測点および計測方向の一例を図-2に、また石積みの石に荷重をかける場合のそれを図-3に示す。

図-4は縦軸に水平荷重の大きさを、横軸に載荷点に最も近い計測点の変位(台座石実験では台座石の、石積み載荷実験では石積みの変位)をとって描いた、言わゆる力-変位の関係の一例を示している。4tf前後の荷重をかけても変位は1mm程度であり、小さいと言えるが、若干(たとえば0.2mm程度)の永久変位が認められた。ちなみに、銅像と台座石の重さをそれぞれ5.5tf、8tfと予想すると、耐震設計における基本震度が0.2であるから、地震時に台座石には(5.5tf+8tf)x0.2=2.7tfの水平荷重がかかると考えられる。この荷重に対してこの程度の変位であると理解できる。

全てのケースにおける線形時の剛性を求め、表にまとめたものが表-1である。銅像ありの実験に注目すると、台座石載荷、石積み載荷ともに、その剛性は修復前より修復後の方が大きい。一方、像なしの石積み載荷の実験では、修復前より修復後の剛性の方がかえって小さくなっている。これは一見修復の効果が上がっていないような印象を与えるが、これは岩石師によると、「外力が加わるごとに、石が石積みの中の方へ、中の方へもたれ込むように、すなわち石積みが全体としてガッシリするように工夫されている。」からである。すなわちこのようにするために、核となる部分の修復直後の剛性は、やや小さいと解される。

以上のことから今回の修復により、石積みは全体として剛になり、しかも年月の経過とともにゆるむ要因もあるが同時に締め固まる工夫も凝らされており、修復の効果があったと判定できる。最後に、本調査研究を実施するに当たって種々配慮賜った兼六園管理事務所長下郷 稔氏、榑廣瀬与志雄建築設計事務所所長廣瀬与志雄氏、松井建設(株)、ならびに実験に協力していただいた金沢大学北浦研究室の学生諸氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献 1) 廣瀬与志雄建築設計事務所：兼六園明治記念之標調査・管理委託業務報告書、平3.9.

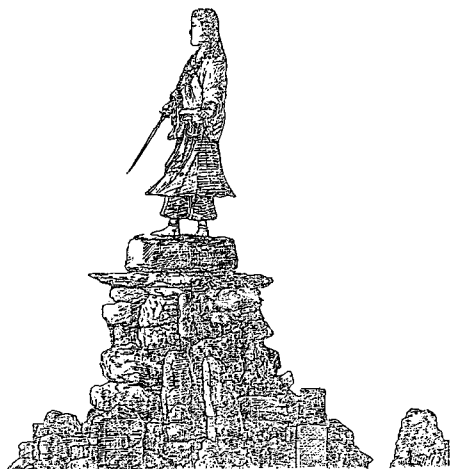


図1 日本武尊像

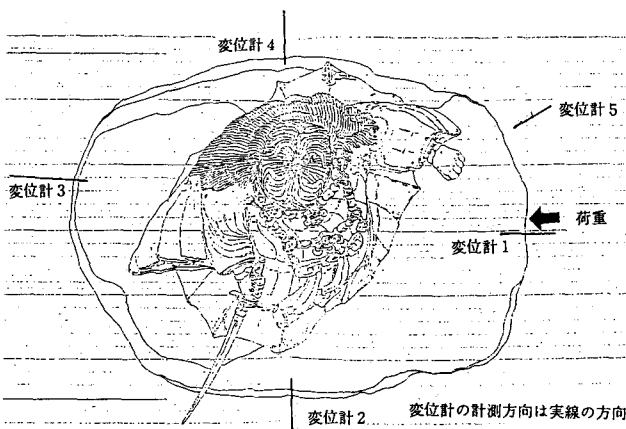


図2 荷重および変位の計測点と計測方向(台座石載荷実験)

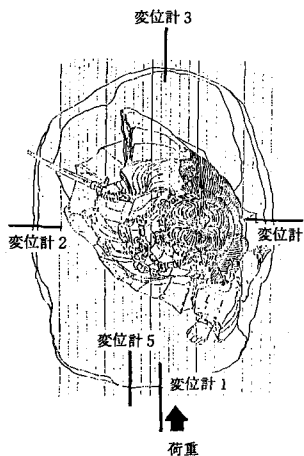


図3 荷重および変位の計測点と計測方向(石積石載荷実験)

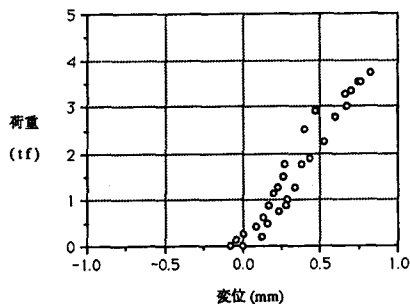


図4 載荷実験結果(石積載荷、修復前、像あり)

表1 剛性

台座載荷時の剛性 (tf/mm)		
像なし	修復前の剛性	1.2
	修復後の剛性	3.0
像あり	修復前の剛性	3.2
	修復後の剛性	41.0
石積み載荷時の剛性 (tf/mm)		
像なし	修復前の剛性	10.4
	修復後の剛性	2.5
像あり	修復前の剛性	4.1
	修復後の剛性	39.7