

金属器（第5-109～5-113図）

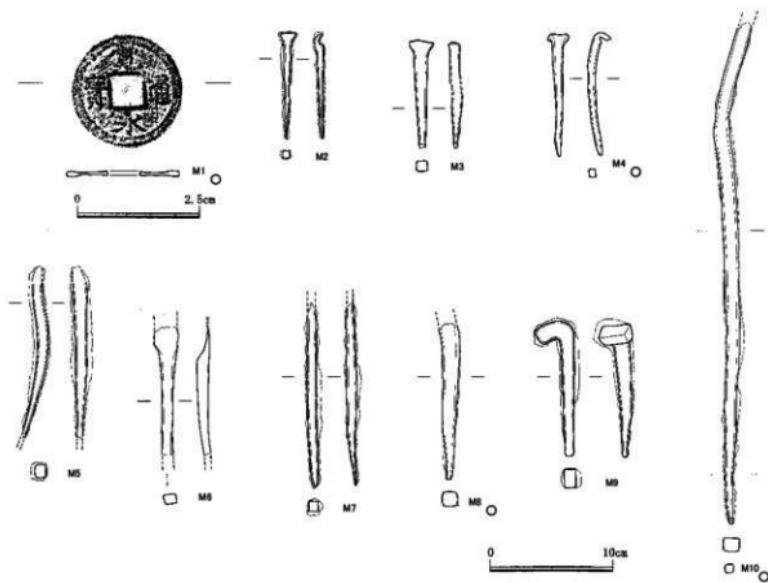
金属器も土器・瓦と同様の取り上げ区分に準じて報告することとする。M 1～10は天守台の1・2段目、天守台前面と中川櫓台の10・11段目、虎口の17段目の解体（グループ①）に伴う出土遺物である。M 11～42は天守台の5～9段目の解体（グループ③-1）に伴う出土遺物である。M 43～54は天守台の10～15段目、天守台前面と中川櫓台の12～15段目の解体（グループ③-2）に伴う出土遺物である。M 55～62は天守台と天守台前面、中川櫓台の16～20段目、虎口の18～20段目の解体（グループ③-3）に伴う出土遺物である。

M 1は天守台前面の盛土より出土した「寛永通寶」で、裏面は無文である。

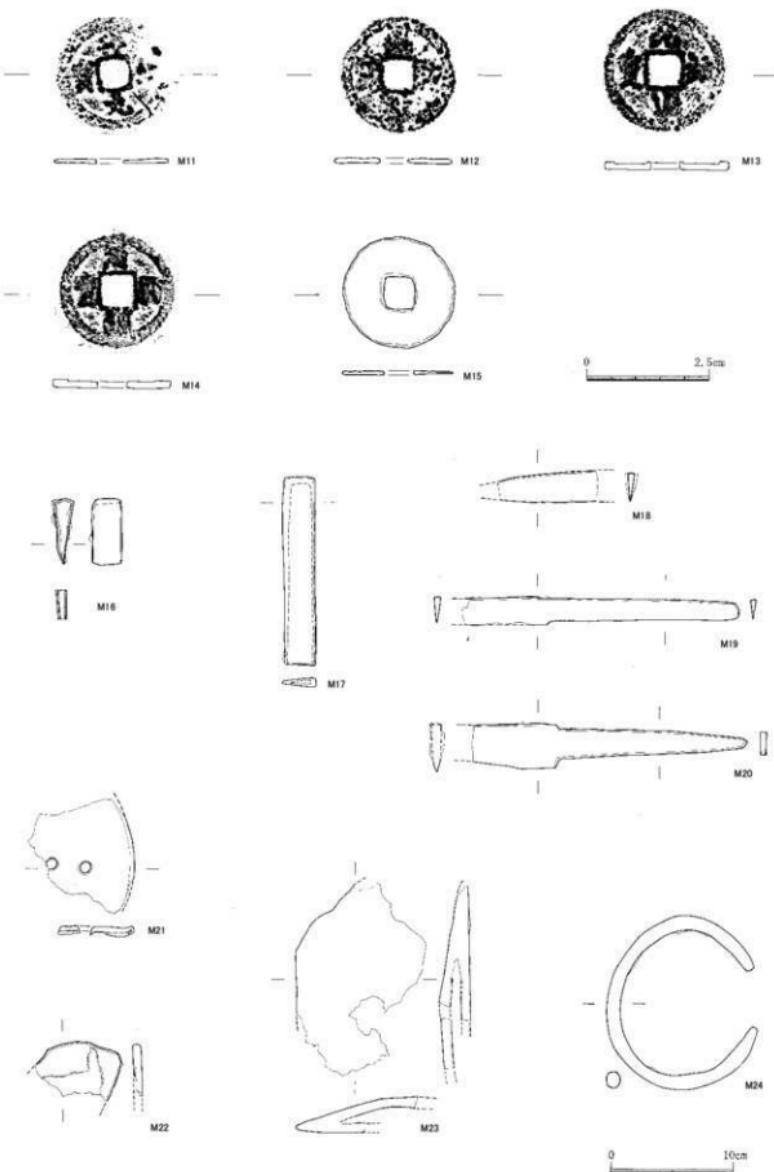
M 2～10は釘で、M 2・3・5～7・9は天守台の栗石より、M 4・8は天守台前面の栗石より、M 10は天守台前面の盛土より出土した。M 2～4は全長5cm以下の小型の頭巻釘で、頭部は薄く鍛打し屈曲する。M 5～8はやや大型の釘で、M 5は切釘、M 6は頭部を薄く鍛打する頭巻釘である。M 9は頭部を棒状のまま厚く折り曲げる。M 10は全長20.6cm以上の大型の釘で、瓦釘と考えられる。

M 11～15は北宗銭で、M 11・14・15は盛土より出土、M 12・13は出土層不明である。M 11は「祥符元寶」(1008年)、M 12は「嘉祐元寶」(1056年)、M 13は「元□(祐カ)通寶」(1086年カ)、M 14は「元□□寶」、M 15は解読不可能である。

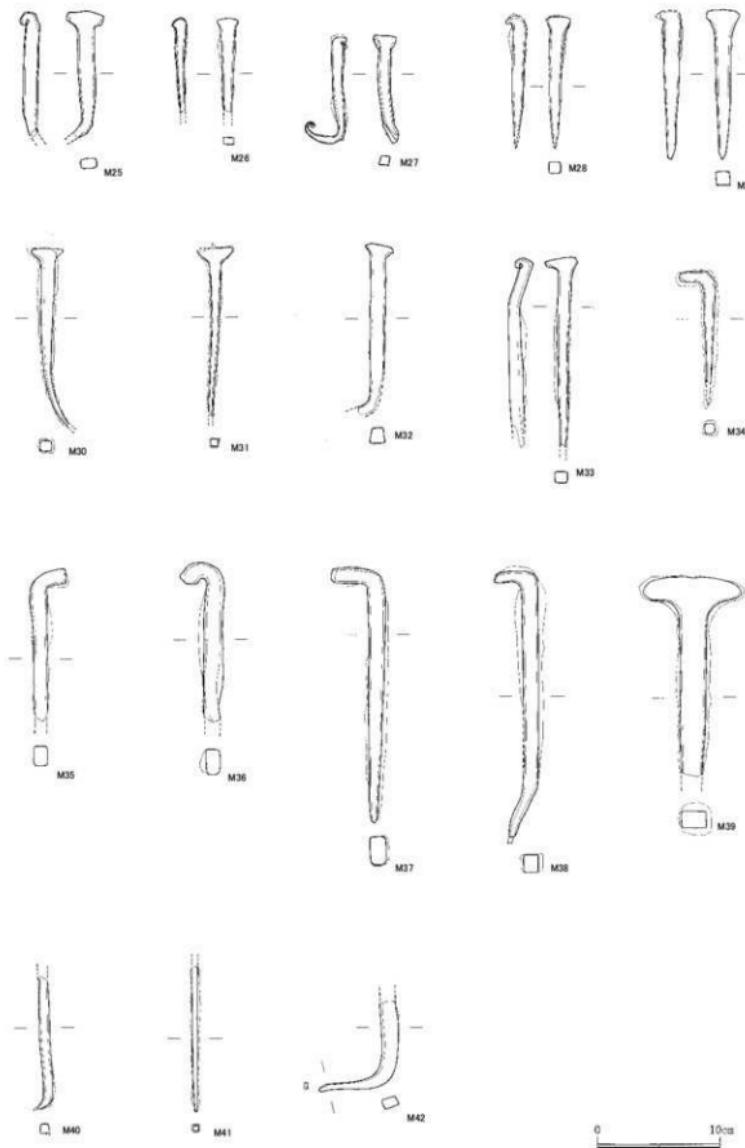
M 16は盛土より出土した銅製の錫で、側面に斜め方向の擦痕が見える。M 17は青銅製の小刀



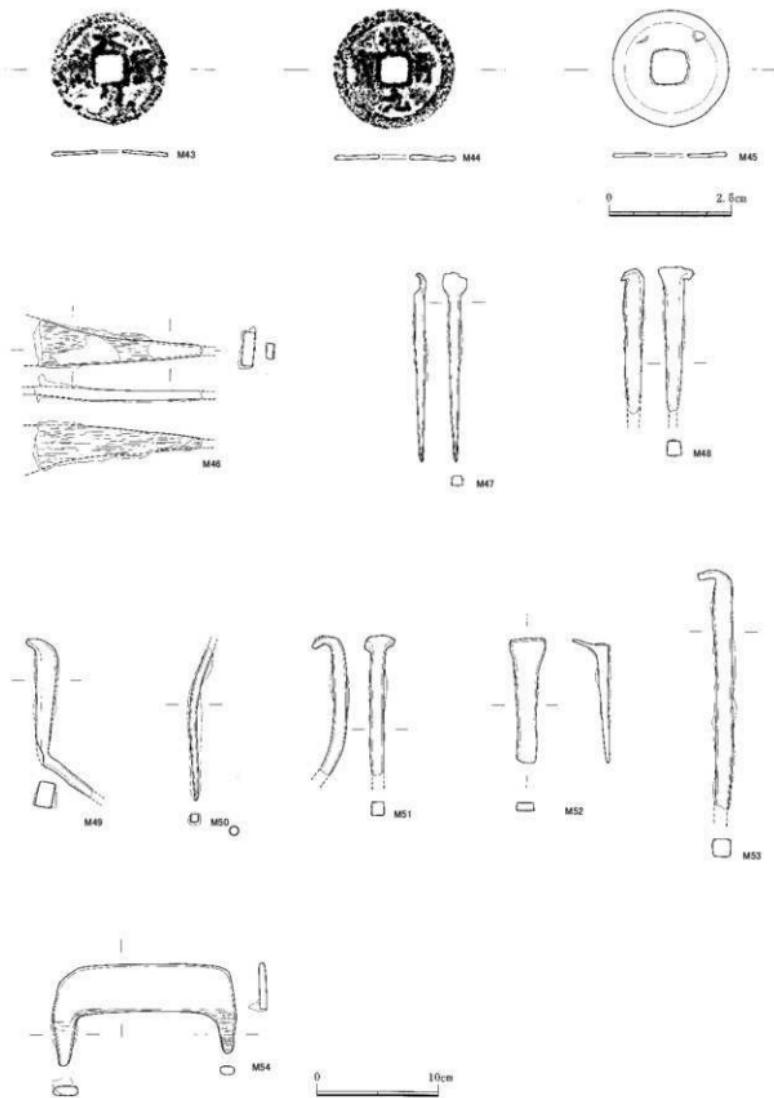
第5-109図 石垣解体に伴う出土金属器実測図(1)



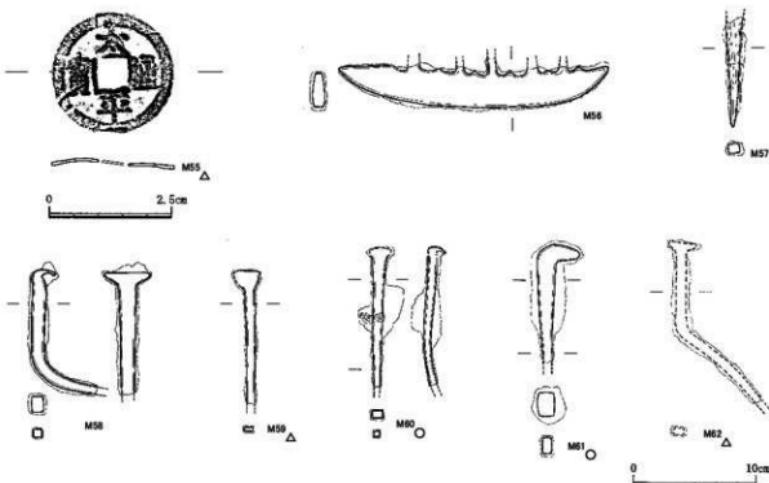
第5-110図 石垣解体に伴う出土金属器実測図(2)



第5-111図 石垣解体に伴う出土金属器実測図(3)



第5-112図 石壇解体に伴う出土金属器実測図(4)



第5-113図 石垣解体に伴う出土金属器実測図(5)

の鞘で、レントゲン写真によると断面は中空の三角形である。M 18 は鉄製の小刀で、断面は三角形である。M 19 は盛土より出土した鉄製の小刀で、身の茎部分が残存している。茎の幅は 0.8cm、刃は 1.1cm を測り、断面は三角形である。M 20 は盛土より出土した鉄製の刀で、身の茎部分が残存している。茎は茎先に向かってしだいに細くなり、幅は 0.4 ~ 1.3cm、刃は 1.8cm を測る。茎の断面は長方形である。

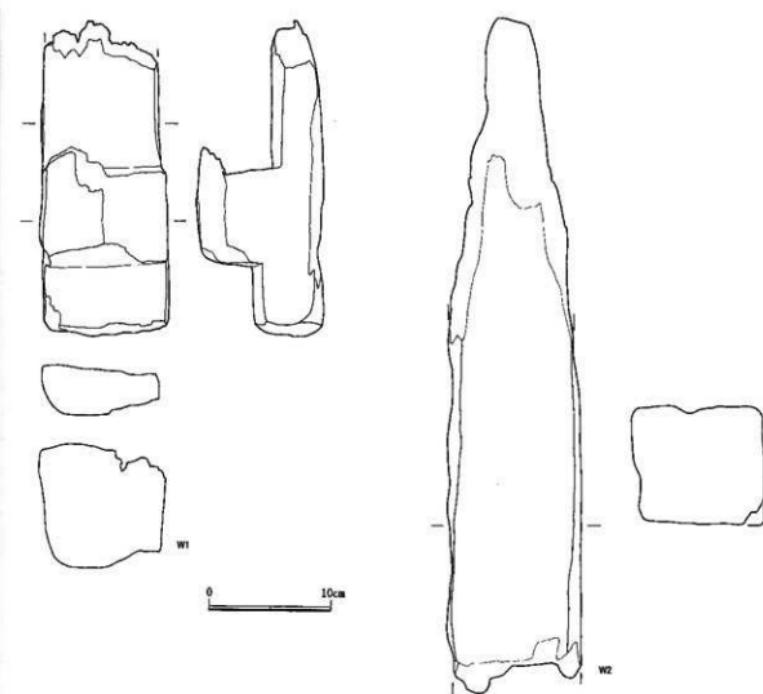
M 21・22 は用途不明の鉄板であり、M 21 は円形を呈する形態と考えられ、縁は鉄板を折り返して作っており、2 個の孔が残る。M 23 は盛土より出土する鉄製の鍔先である。M 24 は鉄製の輪であり、1ヶ所開いた「C」字形である。断面は円形で、用途は不明である。

M 25 ~ 42 は釘で、栗石より出土した M 25 を除いた釘は盛土より出土した。M 25 ~ 29 は小型の頭巻釘、M 30 ~ 33 はやや大型の頭巻釘である。M 34 ~ 38 は頭部を棒状のまま厚く折り曲げた折釘で、M 34 のみ小型である。M 37 は断面が扁平であり皆折釘の可能性もある。M 39 は頭部が大きく大型の釘である。

M 43・44 は盛土出土の北宗銭、M 45 は出土層不明の銭である。M 43 は「天□（聖カ）元寶」(1023 年)、M 44 は「祥符元寶」(1008 年) であり、M 45 は解説不可能である。

M 46 は盛土出土の小刀の茎で、茎先に向かってしだいに細くなり、幅は 0.4 ~ 1.9cm を測る。茎の断面は長方形で、木質が残る。

M 47 ~ 53 は釘である。M 47 ~ 49 は盛土出土、M 50 ~ 53 は出土層不明である。M 47 ~ 49・51 ~ 53 は基部上端を叩き潰し、折り返して頭部とする頭巻釘である。M 54 は盛土出土の平鎌で、基部の幅は 2.0cm を測る。両脚部には木質が残る。



第5-114図 石垣解体に伴う出土木製品実測図

M 55 は出土層不明の北宗銭で、「太平通寶」(978年)である。

M 56 は出土層不明の火打金で、装飾のあるねじり鎌形である。

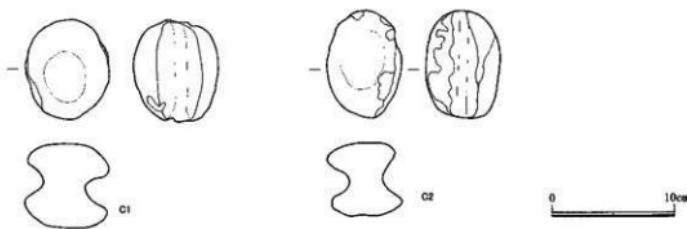
M 57 ~ 62 は出土層不明の釘で、M 58 ~ 60・61 は基部上端を叩き潰し、折り返して頭部とする頭巻釘、M 61 は頭部を棒状のまま厚く折り曲げた折釘である。M 57 は全面に木質が残存する。

木製品（第5-114図）

W 1・2 は建築材であり、C面盛土最下層より出土した。W 1 は残存長 25.9cm、幅 15.3cm、厚さ 10.5cm であり、一端部を欠損している。大きな切込みが 2箇所に入る。心持材を方形に加工されている。W 2 は残存長 55.5cm、幅 11.0cm、厚さ 9.9cm を測る柱材であり、両端部を欠損している。心持材を方形に加工されている。

土製品（第5-115～5-117図）

土製品も土器・瓦と同様の取り上げ区分に準じて報告することとする。C 1・2 は天守台の 1・2 段目の解体（グループ①）に伴う出土遺物である。C 3～30 は天守台の 5～9 段目の解体（グ



第5-115図 石垣解体に伴う出土土製品実測図(1)

ループ③-1)に伴う出土遺物である。C 31~35は天守台の10~15段目、天守台前面と中川檜台の12~15段目の解体(グループ③-2)に伴う出土遺物である。

C 1・2は天守台の栗石より出土した有溝土錘である。C 1は全長8.2cm、重量336.1g、C 2は全長8.9cm、重量269.9gである。

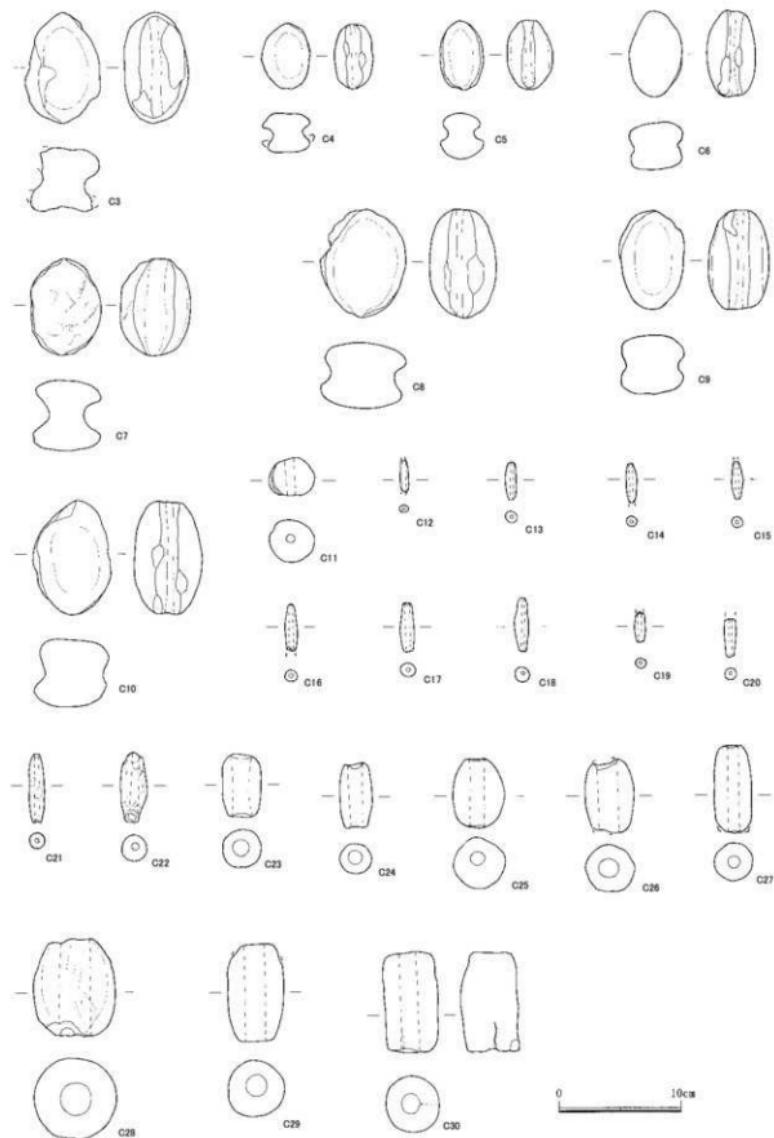
C 3は栗石より出土した有溝土錘で、上面と下面が僅かに凹む。全長は9.1cm、重量235.8gである。

C 3~10は有溝土錘で、C 3~8は盛土より出土し、C 9は出土層不明である。C 4・5は全長6cm未満、重量70g未満の小型の土錘である。C 6・7は全長7~8cm、重量120~230g、C 8~10は全長8~10cm、重量190~307gを測る中形の土錘である。C 8は長さに対して幅が広くやや丸みのある形で重量306.6gを測る。C 11は盛土より出土する丸玉状土錘で、直径3.7cm、重量40.3gである。C 12~30は管状土錘で、C 12~14・16~29は盛土より出土し、C 15~30は出土層不明である。C 13~20は細く小型の土錘で、全長2.6~4.5cm、重量1.0~5.3gであり、C 15~18は中央が太くなる。C 21~22は細長い中型の土錘で、全長6.0cm前後であり、C 23~27は長さに対して太い形を呈する中型の土錘で、全長5.2~7.2cm、重量35.0~96.0gである。C 25は中央部が太くやや丸い形である。C 28~30は大型の土錘で、全長8.0cm前後、重量147.5~321.3gである。C 28はやや丸い形をなし、C 29は表面に黒斑があり、C 30は接合痕が残る。

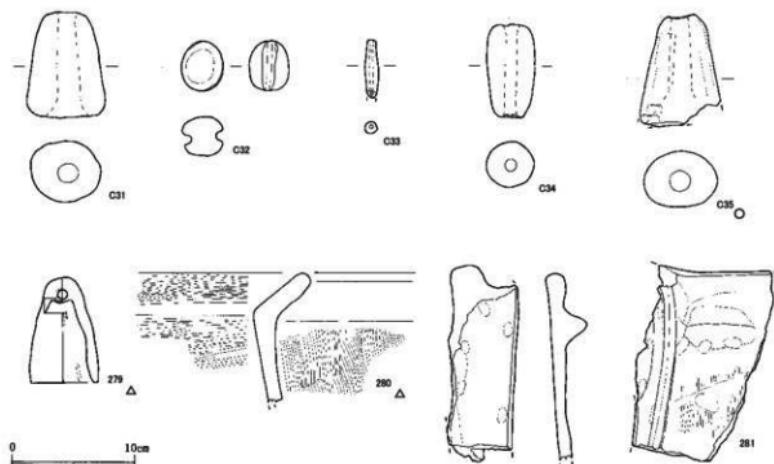
C 31は天守台栗石より出土した管状土錘で、上端に向かって細くなり、断面は台形を呈する。全長は8.7cm、重量は284.6gを測り、中央の孔は下側が広がる。

C 32~34は天守台盛土より出土した土錘である。C 32は小型の有溝土錘で、全長4.1cm、重量43.9gを測り、円形を呈する。C 33・34は管状土錘で、C 33は全長4.7cm以上、重量5.5g以上で、細長い形で表面に黒斑がある。C 34は全長7.6cm、重量117.2gを測る中型であり、上端部に黒斑がある。

C 35は天守台前面より出土した管状土錘であり、下端から上端に向かって急激に細くなり、断面は台形である。全長9.3cm、重量216.0gであり、中央の孔は下側で稜を持って広くなる。表面は非常に滑らかである。



第5-116図 石垣解体に伴う出土土製品実測図(2)



第5-117図 石垣解体に伴う出土土製品実測図(3)・土器実測図(16)

石製品（第5-118図）

石製品も土器・瓦と同様の取り上げ区分に準じて報告することとする。S 427は天守台の5～9段目の解体（グループ③-1）に伴う出土遺物である。S 428～430は天守台の10～15段目の解体（グループ③-2）に伴う出土遺物である。

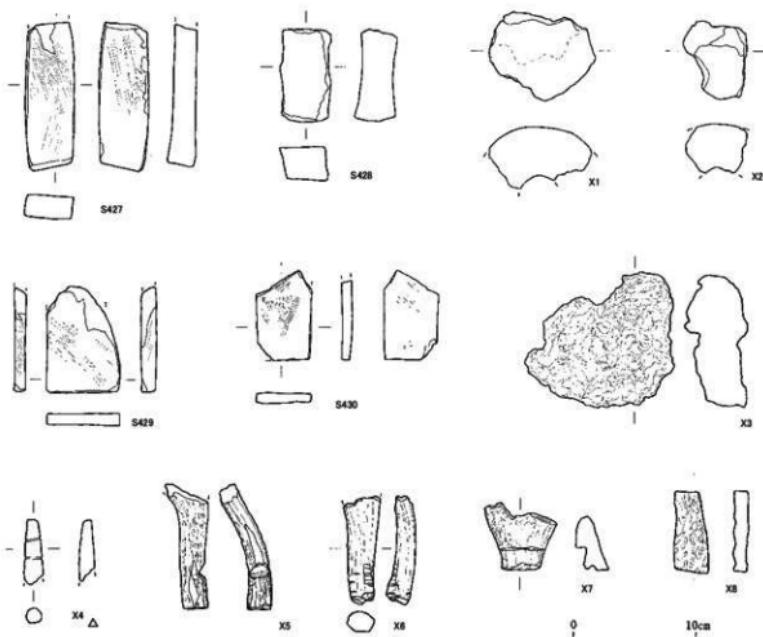
S 427は天守台の栗石より出土した花崗岩の砥石であり、上面と下面に使用痕が残るが、平坦である下面はあまり使用されなかつたと思われる。

S 428～430は天守台の盛土より出土した砥石である。S 428は花崗岩の砥石であり、上面と下面を使用しており中央が凹んでいる。S 429は頁岩の砥石であり、非常に薄い。上面のみ使用し、下面是自然面である。3面の側面は加工する。S 430は頁岩の砥石であり、非常に薄い。上・下面を使用し、3面の側面は加工する。

その他の遺物（第5-118図）

その他の遺物も土器・瓦と同様の取り上げ区分に準じて報告することとする。X 3・5・6は天守台の5～9段目の解体（グループ③-1）に伴う出土遺物である。X 1は天守台の10～15段目の解体（グループ③-2）に伴う出土遺物である。X 2・4・7・8は天守台と中川櫓台の16～20段目の解体（グループ③-3）に伴う出土遺物である。

X 3はスラグである。X 5・6は加工された鹿の角であり、X 5は一端が切断され、側面には加工痕が2箇所ある。加工は深く抉る部分と薄く削る部分がある。X 6は上端の一部と下端に切断痕が明確に残り、下方側面に薄く削った加工痕が明確に残る。これらの鹿の角は薬として使用された可能性が考えられる。



第5-118図 石垣解体に伴う出土石製品・その他の遺物実測図

X 1 は羽口の破片であり、表面が被熱により黒く変色しており接合部に近い部分の破片と考えられる。

X 2 は羽口の破片であり、表面が被熱により黒く変色しており接合部に近い部分の破片と考えられる。X 4 は蠟石で、混入したと考えられる。X 7・8 は加工された鹿の角である。X 7 は角の二つに分かれる部分であり、二つの上端と下端は切断され、側面は深く抉られる。X 8 は薄い断面で、上端と下端は切断されている。これらの鹿の角は薬として使用された可能性が考えられる。

動物遺存体・人骨（第5-119～5-123図）

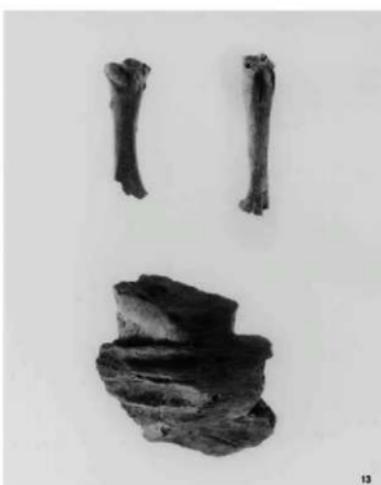
第5-119・5-120図の動物遺存体は、天守地下1階で検出した玉藻廟基礎の埋土と天守台前面、中川櫓台、虎口の包含層より出土した骨と天守地下1階で検出した遺構より出土した骨であり、本来は2012年刊行の『史跡高松城跡整備報告書第6集 史跡高松城跡（天守台）一発掘調査編一』に掲載すべきものである。専門家の分析を受けていないため、骨の細かな種類・部位を同定することはできなかった。本稿では出土位置のみ報告し、今後の課題とする。出土した骨は約400点以上であり、その種類は魚類・鳥類・哺乳類である。1～5は玉藻廟基礎の上層・第2層淡黄色粘質土より出土した。6～8は天守台前面の上層より、9は虎口の上層より出土した。



第5-119図 石垣解体に伴う出土動物遺存体(1)



12



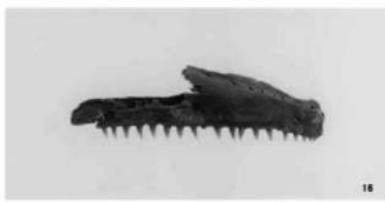
13



14

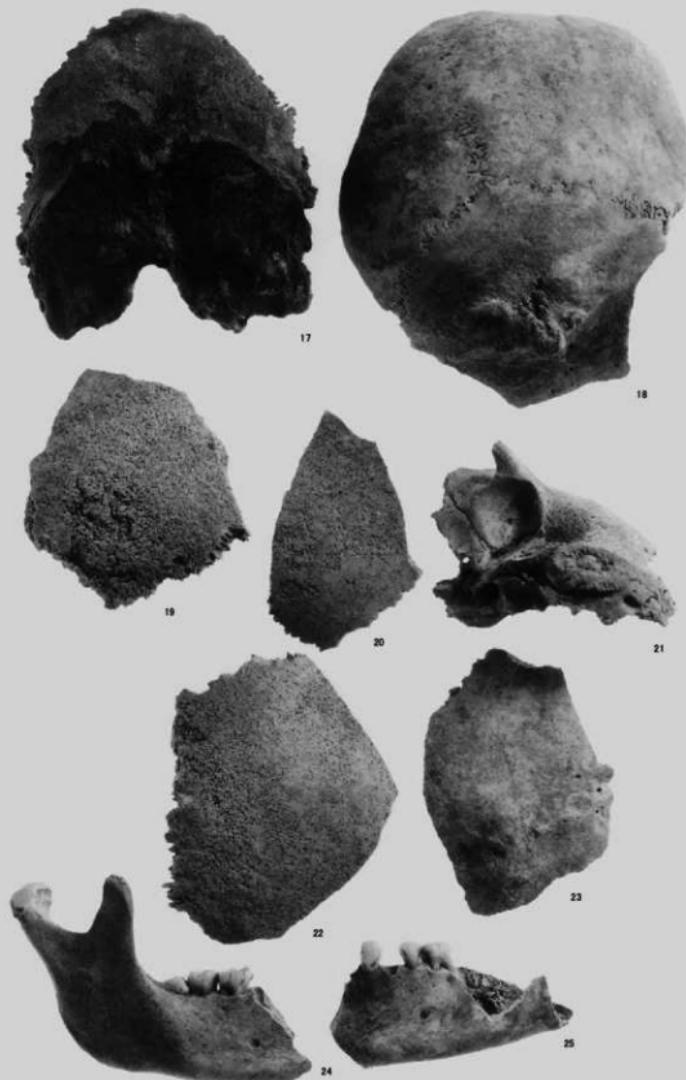


15

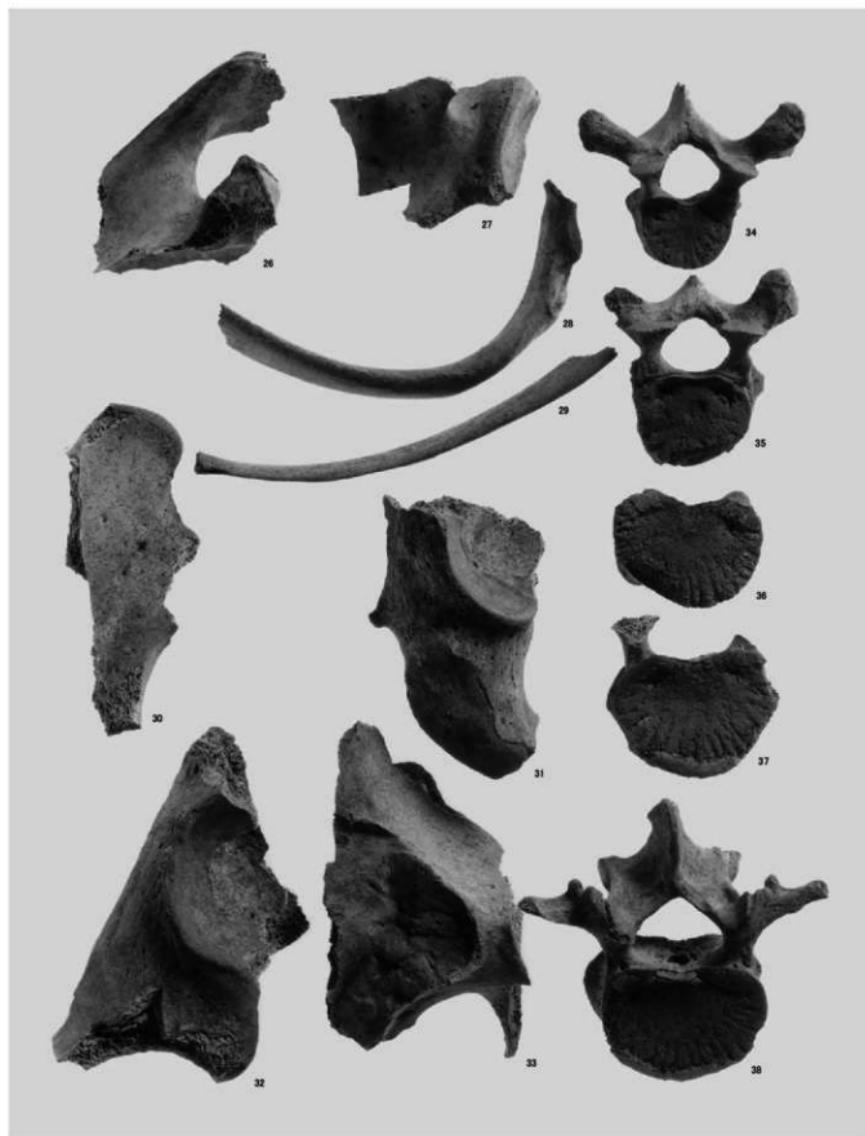


16

第5-120図 石垣解体に伴う出土動物遺存体(2)



第5-121図 石垣解体に伴う出土人骨(1)



第5-122図 石垣解体に伴う出土人骨（2）



第5-123図 石垣解体に伴う出土人骨(3)

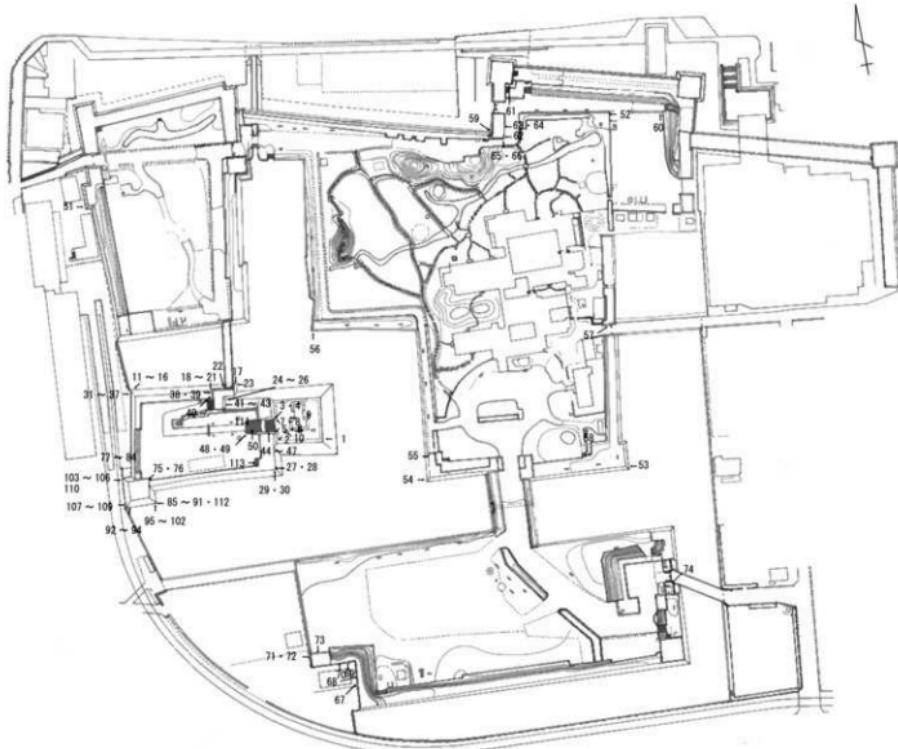
10～13は玉藻廟基礎の埋土より出土した。14はS P 9より出土し、15は掘立柱跡3の掘方埋土より出土した。16は玉藻廟へ上がる階段より出土した。

第5－121～5－123図の人骨片が天守台内部の盛土より出土した。人骨は盛土の上部から最下部のほぼ全域にわたって出土したが、しいて言えば中段部より下において人骨の出土が多いことが言える。出土した人骨は約500点以上にのぼり、写真図版に載せたのは遺存状態の良い人骨を選択しており、出土した人骨の一部である。完存するものではなく、いずれも破片である。部位などについて既述しておく。17～23は頭骨片で、18・21は後頭隆起、乳様突起が大きく、男性のものと考えられる。24・25は下頸骨片で、左の第1～3大臼歯、右の大歯、第2小白歯、第1大臼歯が残存している。26・27は右肩甲骨、28・29は左肋骨、30は左寛骨、31・32は右寛骨、33は左寛骨で女性、34・35は胸椎、36～38は腰椎である。39は左橈骨、40・41は同一個体で左上腕骨、42は右大腿骨、43は右大腿骨、44・45は大腿骨、46は脛骨、47は右脛骨、48は左脛骨、49は右中手骨、50は右第3基節骨、51は左中足骨である。

出土した人骨は2、3点を除いて火葬の痕跡を残しておらず、全て土葬されたものであると考えられる。第5章第1節第3項の石造物において前述したように、天守台石垣の栗石には多数の五輪塔や墓標、層塔が転用されていることが石垣の解体に伴う調査で判明している。さらに、高松城の北西付近に位置する鉄門の調査では小面積であるが29個の五輪塔と1個の石仏が出土し、三ノ丸南西部にある石垣3020面の前面の内堀には現在も五輪塔が多く散布している状況を見ることができる。また応永19年（1412）の『北野天満宮一切経』には野原の寺院として無量壽院・極樂寺・福正寺が記載され、その内の無量壽院が現在の高松城の西側に存在していたことが発掘調査で確認している。同寺は天平11年（739）に坂田郷室山の麓に創建された寺で、天文年間（1532～1555）に野原郷八輪島に移転しており、高松城築城に際して再度移転している。今回の発掘調査による五輪塔を中心とする多量の石造物や人骨の出土、鉄門からの石造物の出土、無量壽院跡の検出という考古学的な調査結果、高松城周辺の野原郷にいくつかの寺院の名が見られ、その一つの無量壽院が高松城築城に際して移転したという文献の記載から、天正16年（1588）の高松城築城に際して、周辺に所在する寺院や墓地の移転や整地が行われたと考えられる。

第4項 刻印

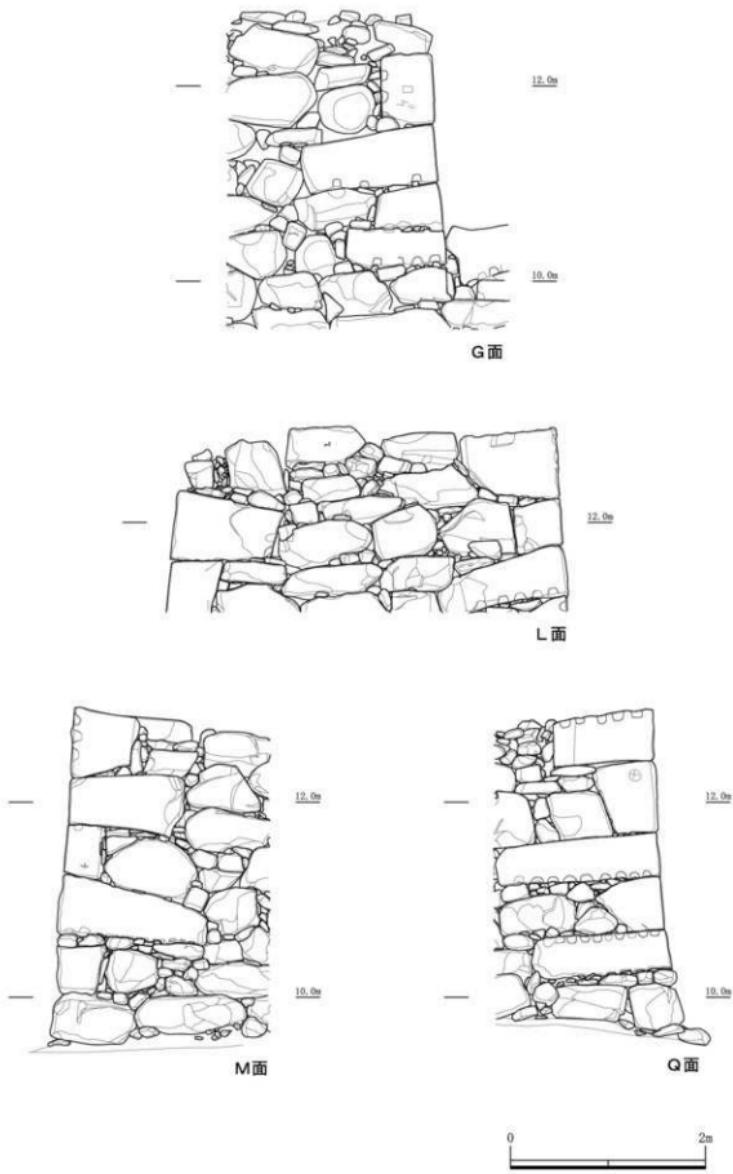
天守台の石垣において検出した刻印は、9石・10箇所である。1はC面・D面の隅角の天端から2石目の石材の上面の刻印で、本発掘調査により新たに検出した。刻印は「×」とするが、円形の一部と思われる沈線があることから「⊕」とも考えられる。2はD面・G面の隅角の天端から6石目の石材の上面の刻印で、本発掘調査により新たに検出した。刻印は生駒家の家紋である「波引車」と半円形である。「波引車」の刻印は史跡高松城跡の石垣において唯一であり、周辺では高松城跡（廃跡）の大型井戸の石垣で検出している。3はG面の地下1階の入口の左袖2石目にあり、刻印は長方形・「ち」・「り」である。4はG面の地下1階の入口の左袖3石目にあり、刻印は分銅形である。5はG面の地下1階の入口の右袖2石目にある刻印で、「○」・「×」



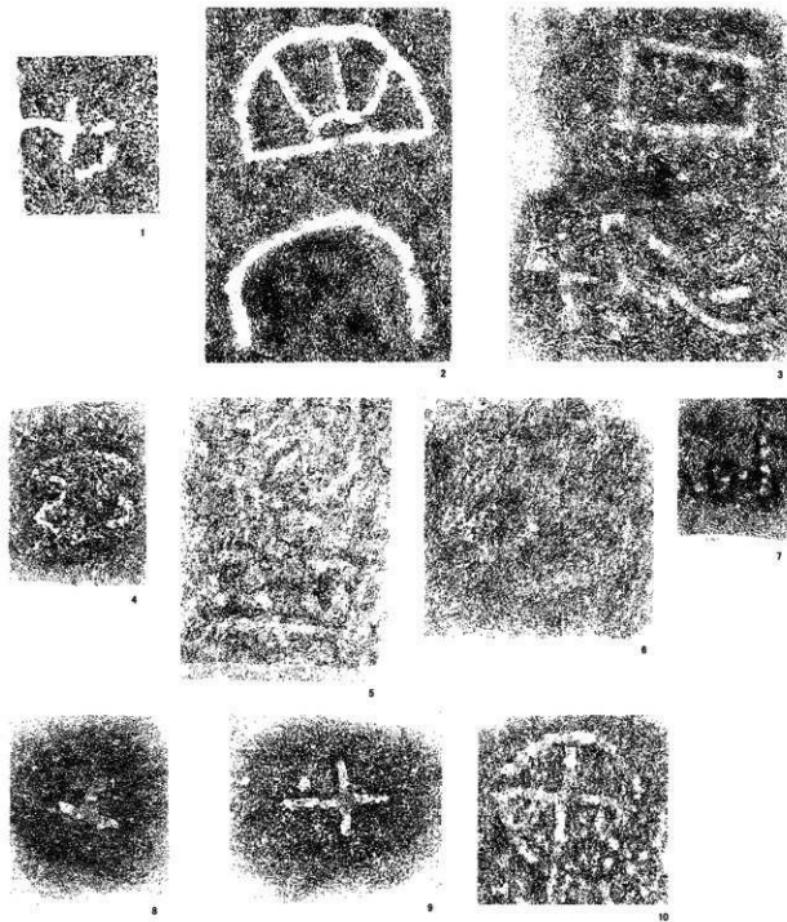
第5-124図 史跡高松城跡の刻印石分布図

である。6はG面の地下1階の入口の右袖4石目にある刻印で、「○」である。5, 6は刻印が非常に浅く不明瞭であり、天守台の石垣の積直し終了後の平成24年度に検出した。7はL面右隅角部1石目の左2石目の石材にあり、刻印は「上」である。8は7と同じ石材の上面にあり、刻印は「上」である。9はM面左隅角部3石目があり、刻印は「×」である。10はQ面右隅角部2石目にあり、刻印は「⊕」である。

天守台にある刻印の種類別の個数は、「⊕」が2個、「上」2個、長方形・「ち」・「り」1点、分銅形1点、「○」・「×」1点、「○」1点、「×」1点、「波引車」・「半円形」1点であり、その個数は均衡している。刻印のある石材の分布は、南東隅角部の1と南西隅角部の2を除いた3~10の刻印が天守地下1階の入口部分に集中しており、その刻印石の位置は天端中央にある7・8を除いて隅角部であり、算木積の小面に刻印を施している。刻印石は全て花崗岩である。このような隅角部の小面に刻印が多いことおよび石材が花崗岩であることは、天守台以外の石垣においても同様である。天守台の刻印で注目すべきは、生駒家の家紋である「波引車」が南西隅角部

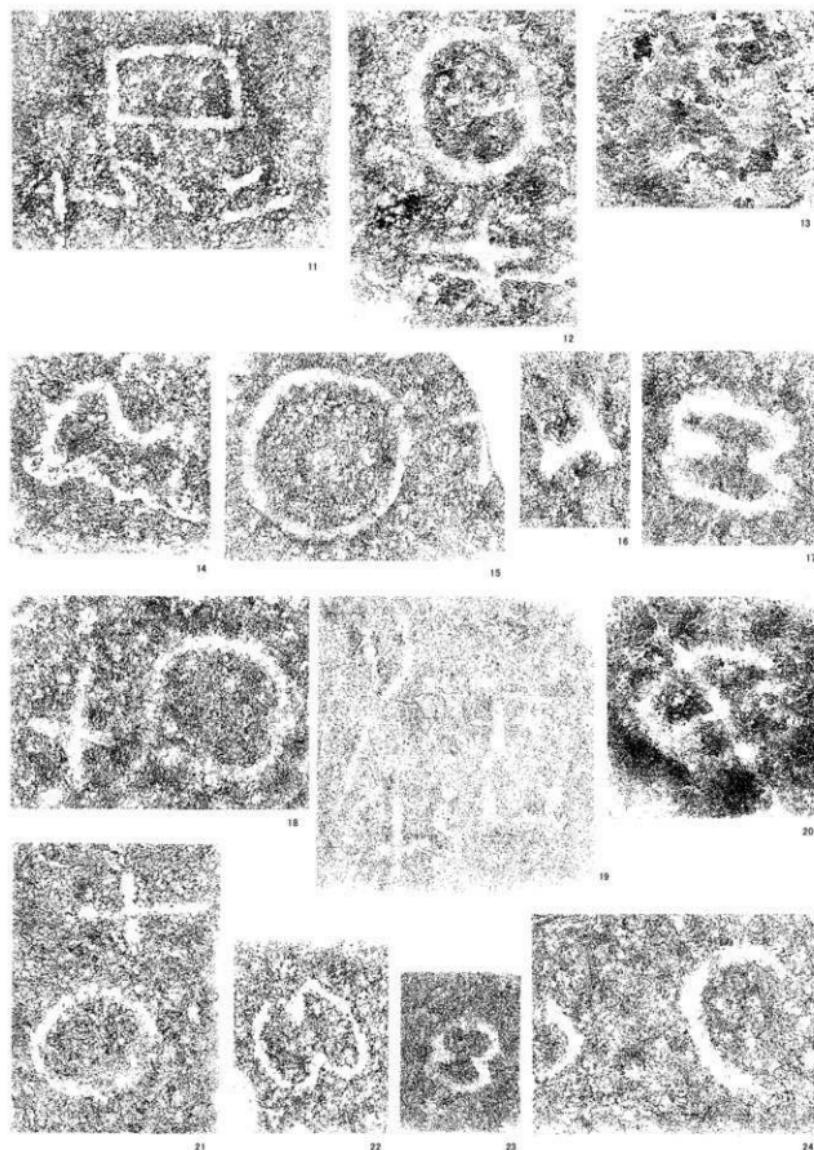


第5-125図 刻印立面図(1/50)

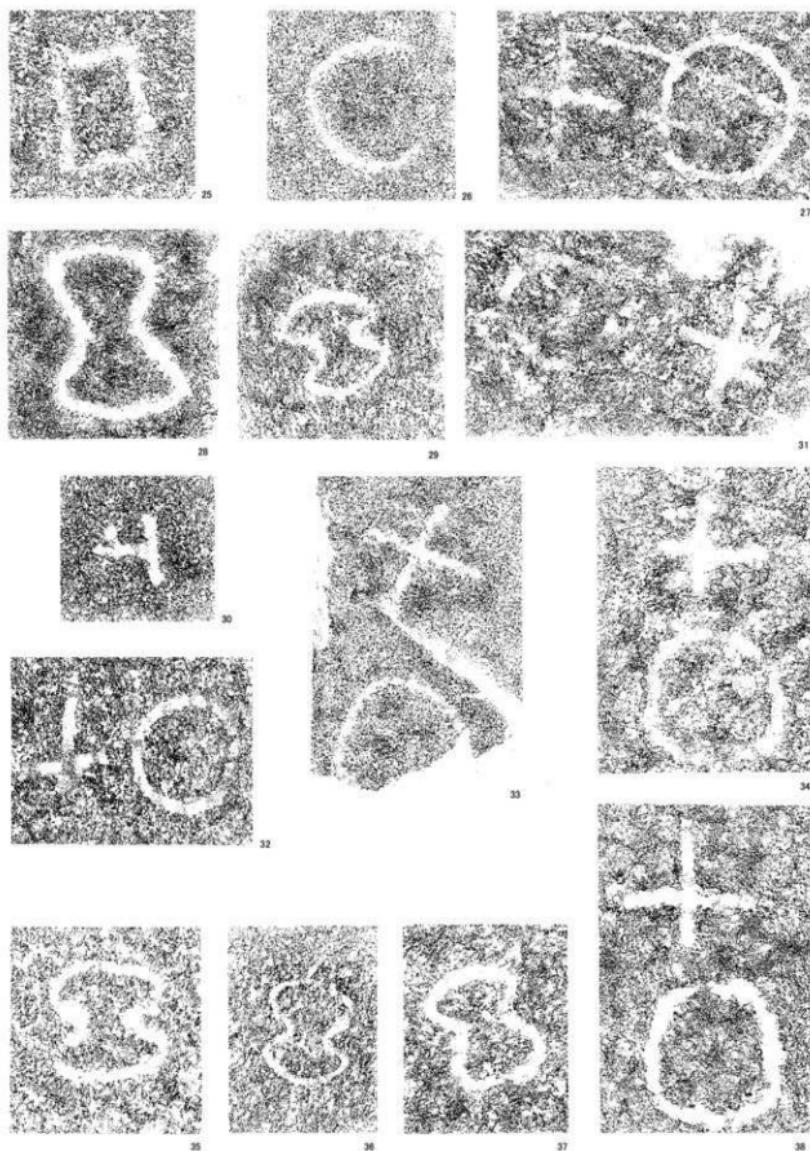


第5-126図 刻印拓本(1)(1/4)

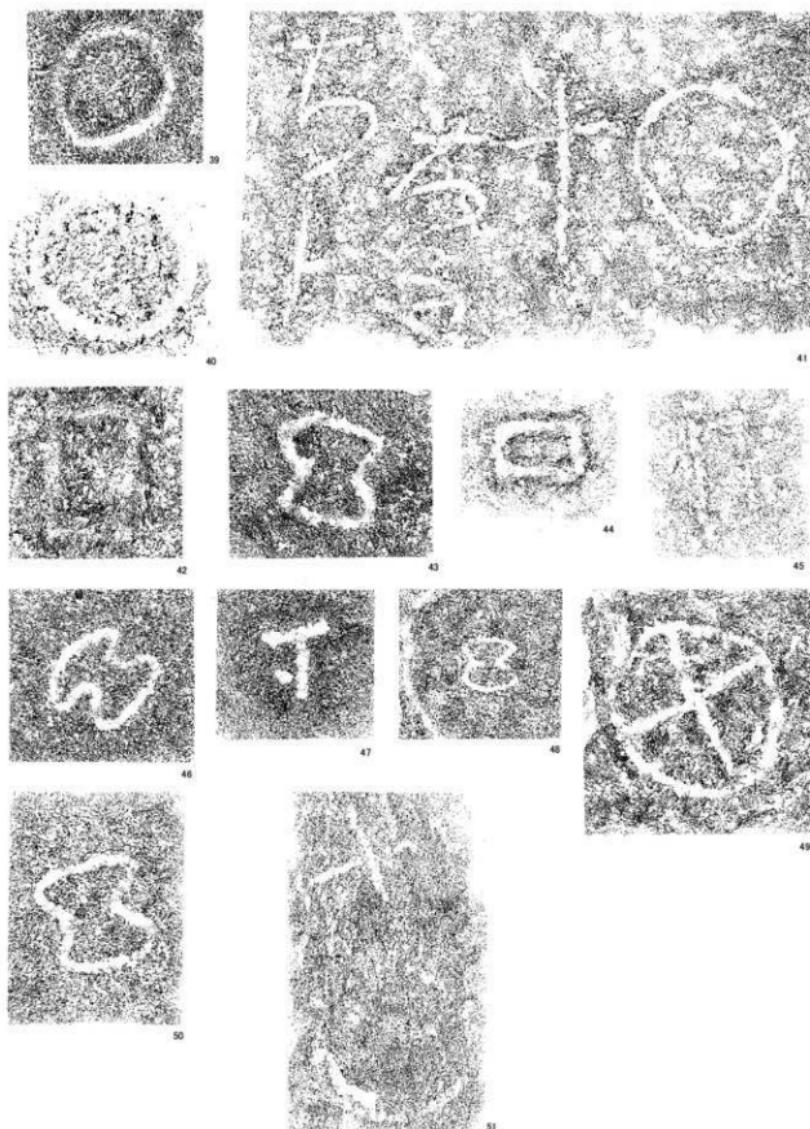
6石目の上面で検出したことである。天守台石垣は、隅角部を算木積みで構築しており、生駒親正が築城した天正年間ではあまり例を見ない積み方で、その完成度も高いことから、後に改修されたと想定していた。一方で、発掘調査では石垣改修の痕跡は認められておらず、築城年代と石垣構築技術との間に差異が認められる。『讚羽綴遺録』によると、生駒家は朝鮮出兵以後に家紋を「波引車」に変更したとされる。この「波引車」の刻印が天守台の石垣内部から発見されたことと、石垣改修の痕跡は認められないことから、『讚羽綴遺録』の記述が正しいとすれば、少なくとも最初に朝鮮半島へ渡った文禄元年（1592）以降に天守台が築造されたと考えられる。なお、「波引車」・「半円形」は第5-126図と別に第5-130図に2分の1の縮尺で再掲している。



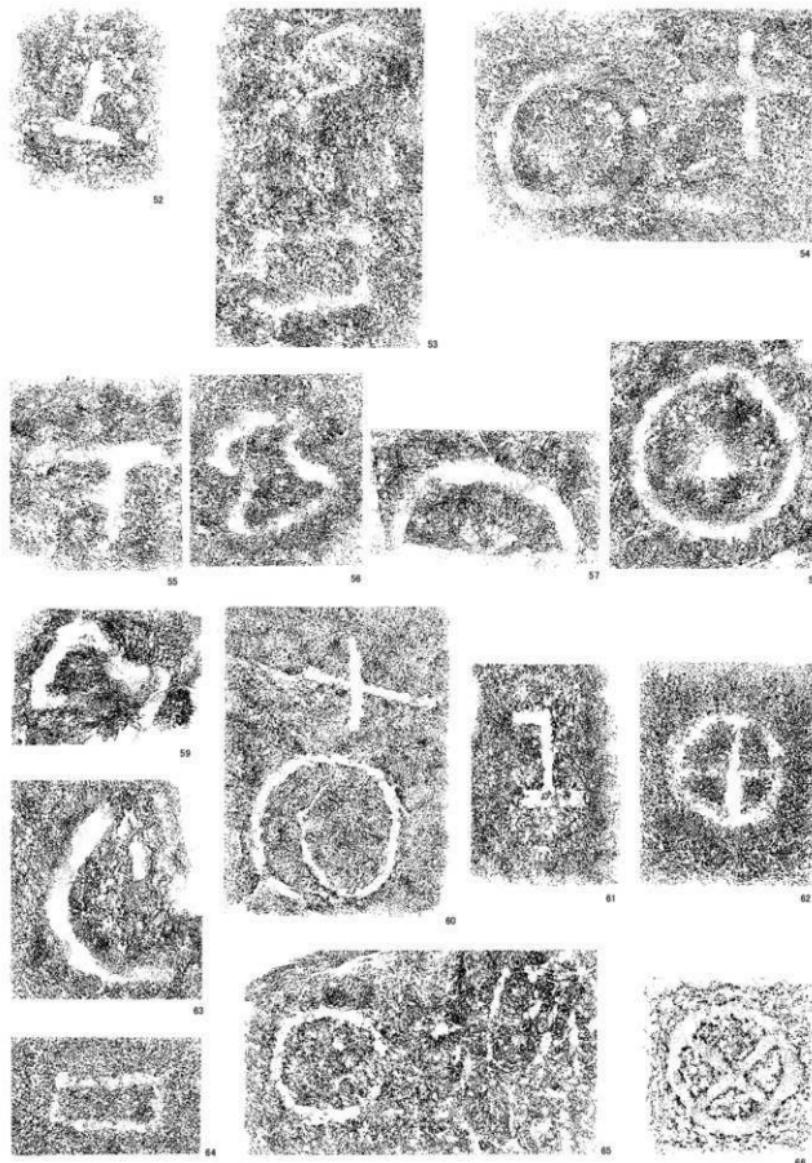
第5-127図 刻印拓本(2)(1/4)



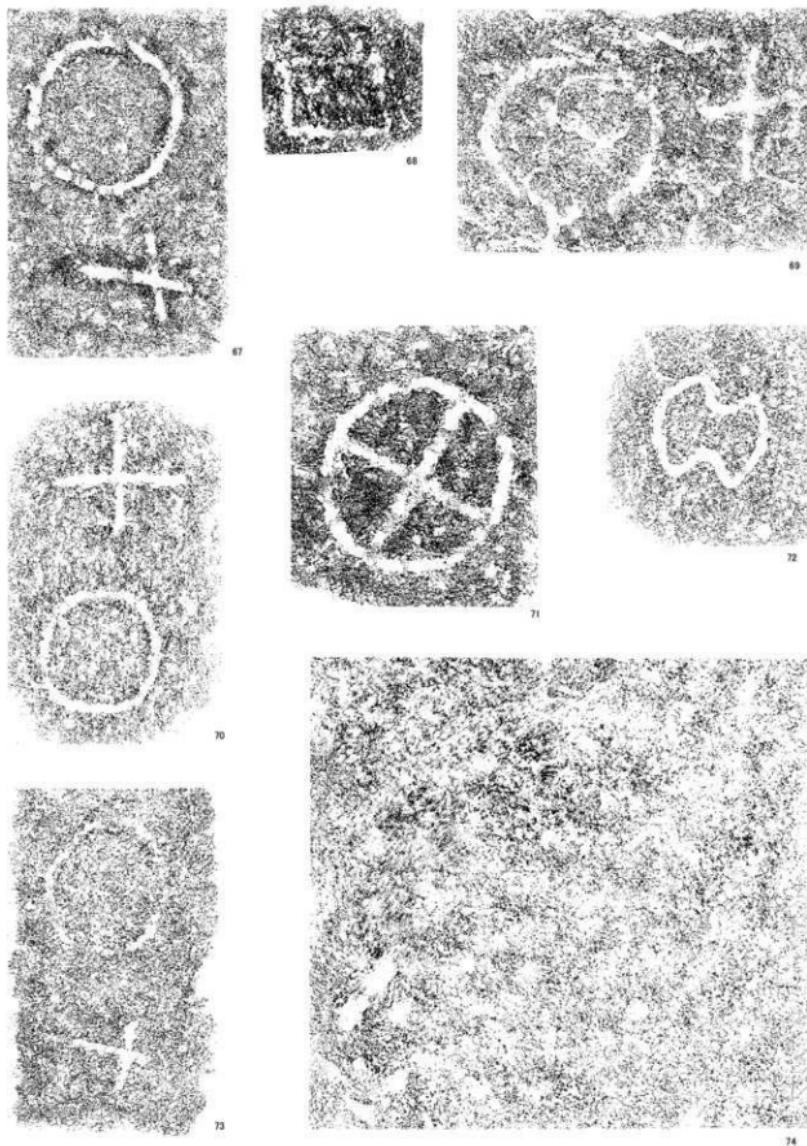
第5-128図 刻印拓本(3)(1/4)



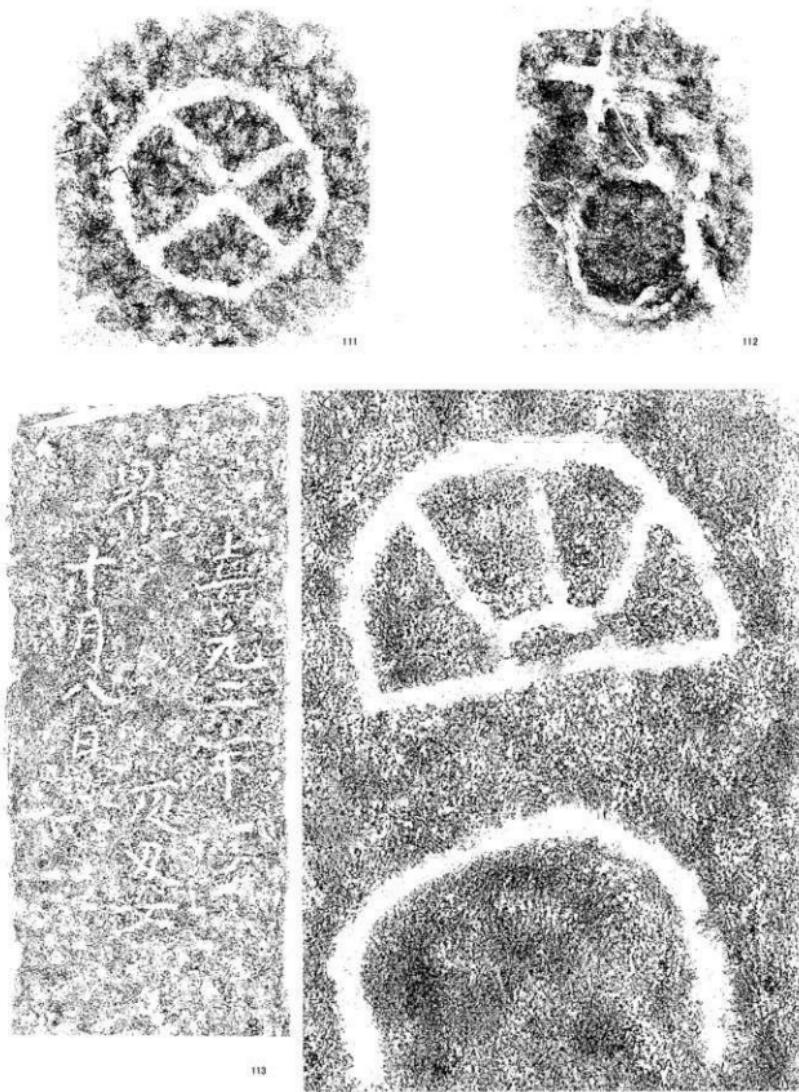
第5-129図 刻印拓本(4)(1/4)



第5-130図 刻印拓本(5)(1/4)



第5-131図 刻印拓本(6)(1/4)



第5-132図 刻印拓本(7)(1/4・1/2)

史跡高松城跡の石垣に見られる刻印に関しては、2008年に刊行した『史跡高松城跡整備報告書第2冊 石垣基礎調査報告書』に石垣別の刻印を報告しているが、本発掘調査により新たに検出した刻印や平成16～18年度に実施した石垣基礎調査以降に行った城内の石垣の調査で見つかった刻印が15石ある。天守台で検出した刻印を考える上でその他の石垣の刻印と比較することは重要であると考えられるので、本報告書に全ての刻印の拓本を掲載した。ただし、地久櫓台に検出された刻印の拓本は2004年刊行の『史跡高松城跡地久櫓台発掘調査概報 平成14・15年度調査』に掲載しているので省略するが、新たに1点検出されたので掲載する(111)。

史跡高松城跡に見られる刻印石は、前述した天守台も含めて総数110石であり、刻印は112点である。その内訳は、天守台9石、本丸77石、二ノ丸1石、三ノ丸7石、北ノ丸8石、桜ノ馬場8石である。その分布を図化したのが第5-124図である。刻印石の集中する部分が3箇所あることは明白である。それは天守台と本丸・渡櫓付近・生駒期の大手が所在した桜ノ馬場の南西隅である。二ノ丸と三ノ丸では刻印石が点在している。天守台と本丸の刻印石が全体の約78%を占めており、渡櫓付近と桜ノ馬場の南西隅はそれぞれ8%に過ぎず、刻印石の点在する三ノ丸は7%である。天守台・本丸は城内で最も多くの刻印が存在している。明らかに転用されたと考えられる石材にある刻印としては、玉藻廟の階段にある刻印48・49、天守地下1階への階段上面検出の石材にある刻印50、明治以降に築造された石垣にある刻印57、新郭造築期に築造された可能性がある石列の1石にある刻印60が挙げられる。刻印44～47は天守地下1階への階段の石材に見られる。これらの刻印を除き、石垣の築石に見られる刻印石は99石であり、その内の77石が角石である。角石に刻印が多いという傾向は城内のほぼ全域に見られるが、桜ノ馬場の南西隅では角石でない石垣の築石に刻印が見られる。渡櫓の石垣4040は生駒期の石垣に寛文11年(1671)～延宝5年(1677)の北ノ丸・東ノ丸造営に伴う石垣を継ぎ足した石垣であり、刻印は生駒期の石垣の角石に見られる。

112点の刻印の図柄は12種であり、種別の個数は第5-2表の通りである。最も多いのは25点の分銅形であり、次は23点の「○」・「×」、以下は16点の「上」、15点の「⊕」、12点の長方形、7点の「○」、5点の長方形・「ち」・「り」、4点の半円形、2点の「×」、最も少ないのは「○」・「ち」・「り」と「1」と「波引車」・「半円形」である。これらの刻印は、特定の図柄が一つの場所に集中することではなく、城内の曲輪別での刻印の割合はほぼ同一である。ただし、本丸における分銅形は他の曲輪と比較してかなり高い割合を示している。

第5-132図の113は、本丸の南東隅に設けられた石段(1017)の最上段の石材に見られる刻字である。石材は23cm角、現存する全長78cmを測る立方体の花崗岩であり、上端部を欠損する。文字は、上部に「界」、その右下に「嘉元二年」、同左下に「十月八日」、最下部に「夜叉女」と刻印される。欠損するが「界」の上には「法」があり、仏教用語の「法界」を表すと推測できる。文面や文字の配列から、嘉元二年(1304)十月八日に夜叉女という人が建立した石塔であると考えられる。この石段は明治以降の石段である可能性が高く、この石塔は転用石である。

第5-2表 刻印観察表

報告番号	石垣	位置	石目数	刻印の種類	備考
1	1004	左隅角	2石目	×あるいは○に×	D-2-1
2	1005	左隅角	6石目	生駒家紋・半円形	E-6-1
3	1028	入口左袖	2石目	長方形・ち・り	
4	〃	〃	3石目	分銅形	
5	〃	入口右袖	2石目	○・×	
6	〃	〃	4石目	○	
7	1041	天端中央	上		
8	〃	天端中央上面	上		
9	1042	左隅角	3石目	×	
10	1046	右隅角	2石目	○に×	
11	1001	右隅角	2石目	長方形・ち・り	
12	〃	〃	4石目	○・×	
13	〃	〃	6石目	分銅形	
14	〃	〃	8石目	分銅形	
15	〃	〃	12石目	○・×	
16	〃	〃	14石目	上	
17	〃	左隅角	2石目	分銅形	
18	〃	虎口の隅角	1石目	○・×	
19	〃	〃	3石目	長方形・ち・り	
20	〃	〃	5石目右面	○に×	
21	〃	〃	5石目右下の石材	○・×	
22	〃	A-1-4	左面	分銅形	
23	1002	右隅角	2石目	分銅形	
24	1003	右隅角	2石目	半円形	C-11-201
25	〃	〃	6石目	長方形	C-15-152
26	〃	〃	6石目左側の石材	半円形	
27	1006	左隅角	1石目	○・×	
28	〃	〃	3石目	分銅形	
29	1007	右隅角	3石目左側の石材	分銅形	
30	〃	〃	その約3m左側の石材	上	
31	1009	左隅角	1石目	○・×	
32	〃	〃	3石目	○・×	
33	〃	〃	5石目	○・×	
34	〃	〃	7石目	○・×	
35	〃	〃	9石目	分銅形	
36	〃	〃	1石目右側の石材	分銅形	
37	〃	〃	9石目右側の石材	分銅形	
38	1010	右隅角	2石目	○・×	
39	〃	〃	4石目	○	
40	〃	左隅角	6石目右側の石材	○	
41	1026	左隅角	3石目	○・×・ち	
42	〃	〃	5石目	長方形	
43	〃	〃	7石目	分銅形	
44	1048	8段目踏石右面	長方形		
45	〃	7段目踏石右面	長方形		
46	〃	T-6-2	分銅形		
47	〃	T-10-2	上		
48	1029	側面の石材の裏面	分銅形		
49	〃	〃	○に×		
50	1049	上面検出の石材	分銅形		CZ-3
51	2018	右隅角7石目左側3石目の石材	○・×		
52	3011	右隅角	1石目左側の石材	上	
53	3017	左隅角	3石目	長方形・ち・り	
54	3020	右隅角	11石目	○・×	
55	〃	橋台左隅角	4石目	上	
56	3021	左隅角	8石目	分銅形	

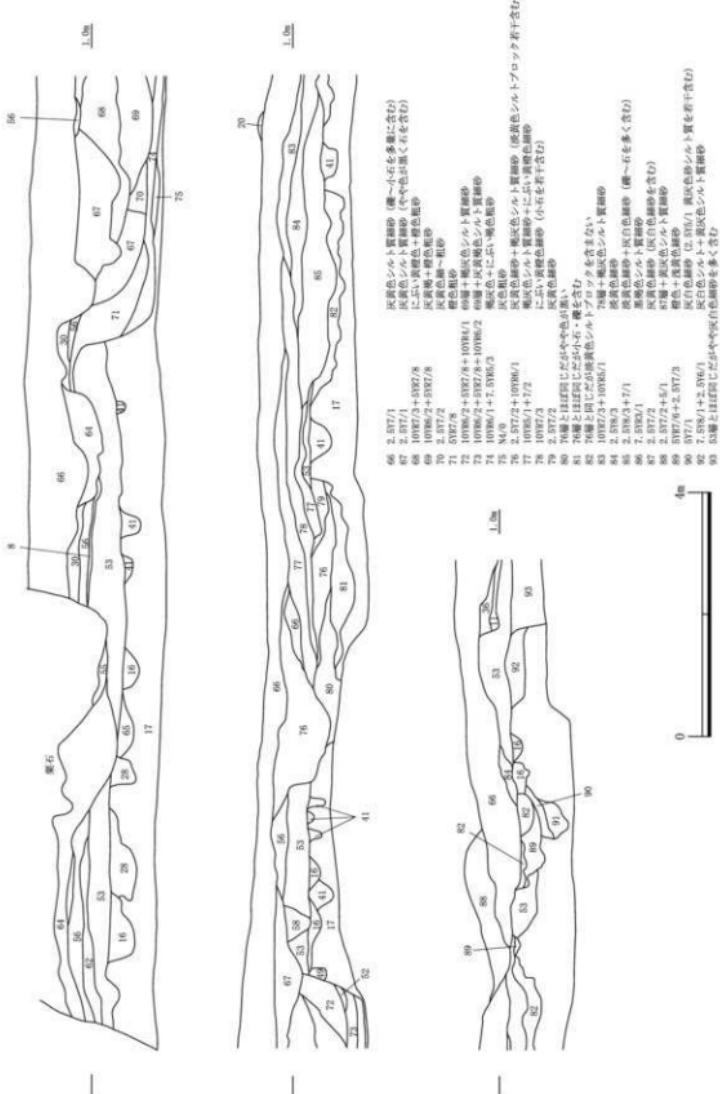
報告番号	石垣	位置	石目数	刻印の種類	備考
57	3070		左の上から 4 石目	○	
58	3075	右隅角	3 石目	○	
59	4001	右入角	1 石目	分銅形	
60	4027		石列北側	○・×	
61	4036		右隅角 3 石目左側の石材	1	
62	4040	左隅角	3 石目	○に×	
63	"	縫ぎ足し前の右隅角	4 石目	半円形	
64	"	"	4 石目左側の石材	長方形	
65	4041	右隅角	4 石目	○	
66	"	"	3 石目左面	○に×	
67	5007	天端中央	右隅角から 1 2 石目	○・×	
68	"		右隅角から 1 7 石目の下 4 石目	長方形	
69	5008		右隅角から約 3 m 左の最下段の石材	○・×	
70	"		右隅角から約 5 m 左の中段の石材	○・×	
71	5009	左隅角	1 石目	○に×	
72	"	"	3 石目右側の石材	分銅形	
73	5010	右隅角	5 石目の左側 2 石目の石材	○・×	
74	5035	左隅角	1 石目	○	
75	1008	左隅角	1 石目	分銅形	地久櫓
76	"	"	3 石目	分銅形	地久櫓
77	"	右隅角	3 石目	長方形	地久櫓
78	"	"	4 石目裏面	上	地久櫓
79	"	"	5 石目裏面	上	地久櫓
80	"	"	6 石目裏面	上	地久櫓
81	"	"	7 石目	上	地久櫓
82	"	"	11 石目	長方形	地久櫓
83	"	"	1 3 石目	分銅形	地久櫓
84	"	"	8 石目左側 5 石目の石材の左面	○・×	地久櫓
85	1030	左隅角	2 石目	○・×	地久櫓
86	"	"	4 石目	分銅形	地久櫓
87	"	"	8 石目	○・×	地久櫓
88	"	"	1 0 石目	長方形・ち・り	地久櫓
89	"	"	1 1 石目右面	上	地久櫓
90	"	"	1 4 石目	○・×	地久櫓
91	"	"	1 7 石目	○に×	地久櫓
92	1031	左隅角	6 石目	上	地久櫓
93	"	"	1 0 石目	○に×	地久櫓
94	"	"	4 石目右側 2 石目の石材	上	地久櫓
95	"	右隅角	1 石目	長方形	地久櫓
96	"	"	3 石目	分銅形	地久櫓
97	"	"	9 石目	長方形	地久櫓
98	"	"	1 3 石目	長方形	地久櫓
99	"	"	1 7 石目	○に×	地久櫓
100	"	"	1 1 石目裏面	上	地久櫓
101	"	"	1 7 石目裏面	○に×	地久櫓
102	"	"	5 石目左側 2 石目の石材	上	地久櫓
103	1032	左隅角	2 石目	○に×	地久櫓
104	"	"	8 石目	長方形	地久櫓
105	"	"	1 0 石目	分銅形	地久櫓
106	"	"	1 2 石目	分銅形	地久櫓
107	"	右隅角	5 石目裏面	半円形	地久櫓
108	"	"	7 石目裏面	○に×	地久櫓
109	"	"	9 石目	○に×	地久櫓
110	"	左隅角	3 石目裏面	○に×	地久櫓
111	1030	左隅角	1 8 石目	○に×	地久櫓
112	1026	左隅角	7 石目右側 2 石目の石材	○・×	地久櫓

第5項 築城以前の遺構

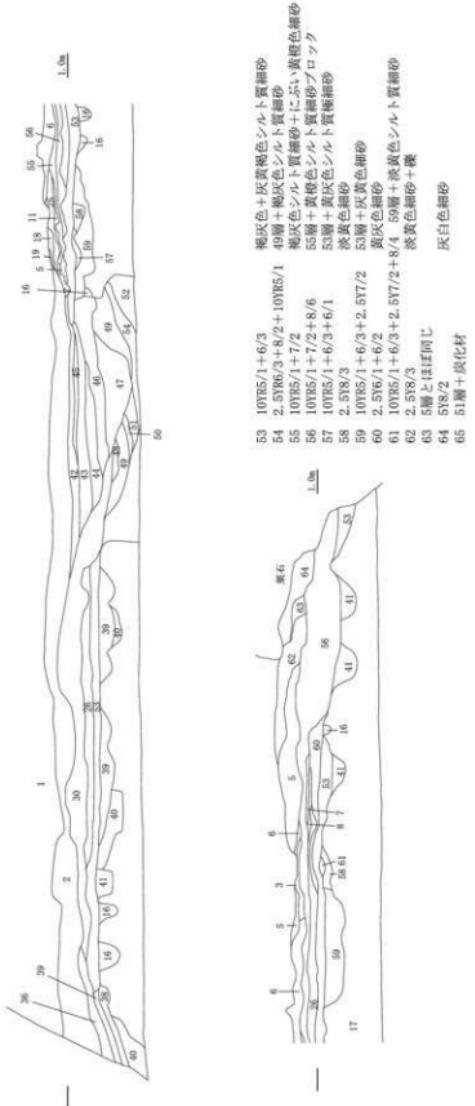
高松城は天正 16（1588）年に築城を開始したとされるが、それ以前の周辺の状況に関しては、享保 3（1718）年に奉納された『南海通記』が文字史料として最も詳しい。南海通記には、西側と東側に海が湾入しており、その間の砂洲（陸地）が海に向かって突き出す様子が、あたかも一筋の矢のようであることから笠原郷と称され、郷内には西浜、東浜という漁村があったと記載されている。この記述からそれまで寂れていた漁村に高松城が突然築城されたと最近まで考えられていた。しかし、高松城跡周辺で実施された近年の発掘調査では、寂れた漁村というイメージを覆すような遺構が検出されている。すなわち、12世紀～13世紀前半の港湾施設の検出や多量の搬入土器の出土、中世後半の区画溝を有する屋敷地や『北野天満宮一切経』の奥書に記載された寺院のひとつである無量壽院の存在が明らかになり、高松城築城以前の周辺は「経済基盤の整った港町」であったと考えられるようになっている。

高松城跡周辺の地形に関しても、周辺の発掘調査の成果を参考に復元できる。前述した遺構や遺物が検出されることから、現在のJR高松駅付近では中世前半には安定した地盤が面的に形成されたと考えられる。史跡高松城跡の南側に所在する松平大膳家上屋敷跡において最も古い時代の遺構として弥生時代終末期のピット群が検出されており、微高地の形成がさらにさかのぼる可能性がある。また、観跡と東町奉行所跡では中世前半の旧河道が検出されており、少なくとも中世前半には微高地と旧河道が存在している。このような低地に囲まれた微高地が点在することは、「八輪島」と呼ばれた景観を示唆する。

天守台の石垣解体に伴う調査では盛土の断面観察（第5-133～135図）をしており、石垣の最下段付近で高松城築城以前の基盤層を確認し、その上面から掘り込まれた遺構を検出している。石垣下段における盛土の掘削は幅狭い範囲であるため、遺構面の上面を面的に検出することは不可能であり、断面観察のみの調査となった。天守台の盛土は非常に薄い土層が何層も重なり合い、版築状の複雑な層序をなしているが、基盤層は淡黄色+浅黄色細砂の単一層である。基盤層の標高は0.40～0.90mであり、平坦ではなく場所により高低差があるが、全体的には西側から東側に向かって緩やかに下がっていることがわかる。土層観察の結果、C～E面の全面にかけてピット・土坑の遺構を検出し、D面とE面に旧河道と考えられる落ち込みを確認した。ピット・土坑は直径0.20～2.00m、深さ0.15～0.80mを測り、いろいろな規模の遺構がある。平面形は前述するように不明であり、断面形は「U」字状を呈する。埋土は遺構毎に異なるが、最も多い埋土は灰黄褐色シルト質細砂の単一層とぶい黄褐色シルト質細砂の単一層である。遺構内の埋土の違いや遺構の切り合い関係から、これらのピット・土坑は時期差があると考えられるが、出土遺物が全く無いのでその全様を明らかにすることはできない。しかし、少なくともこれらの遺構は高松城築城以前、言い換えれば中世以前のものであることは明らかである。また、これらの遺構をC～E面の断面全域にわたって広く検出していることから、今回調査が行われなかった天守台中央部にも同様に遺構が広がっていると考えられる。旧河道と考えられる落ち込みはE面東端とD面中央において確認している。確認位置から判断すると、旧河道は南西方向から北東方向に



第5—133図 天守台C面背面盛土層図 (1/80)



第5－134図 天守台D面背面盛土層図(1/50)



第5—135図 天守台E面背面盤土層図 (1/50)

流れていたと考えられる。土層断面が旧河道に直交していないので旧河道の正確な規模は不明であるが、幅は5m以上、深さは1m以上であると想定できる。埋土は緩やかな傾斜のレンズ状堆積を示している。出土遺物が無いので旧河道の時期を決定することはできないが、確認面がピット・土坑と同じ面であることから、旧河道も高松城築城以前のものであると考えられる。C面東端から約15m西側において幅約5.50mの落ち込みを検出しているが、盛土からの掘り込みであることと堆積状態が不規則であることから、この落ち込みは遺構でないと判断した。

第6項 石垣前面の堀内からの出土遺物

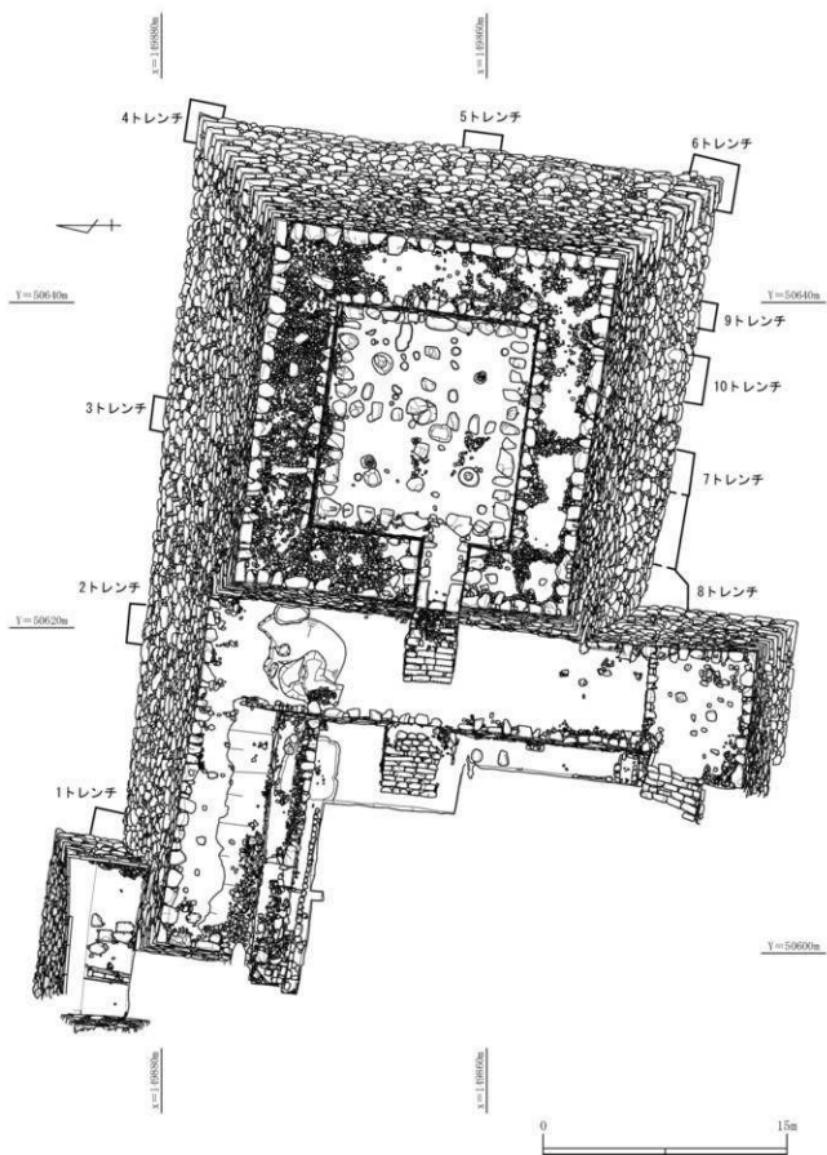
天守台と中川櫓台の石垣の根石を確認する目的で石垣前面においてトレンチを設定し調査を実施した（第5-136図）。石垣前面に対して3ないし4箇所のトレンチを設定した。天守台の北東隅と南東隅は「L」字形のトレンチであり、面は異なるが同一のトレンチ番号となる。最も全長の長いC面では、B面との入隅部分に長さ1.80m、幅1.80mの第1トレンチ、入隅から約12.00m東側に長さ2.50m、幅1.00mの第2トレンチ、さらに入隅から約25.50m東側に長さ2.00m、幅1.00mの第3トレンチ、C面東端に長さ2.00m、幅1.00mの第4トレンチを設定した。D面は、北端に長さ1.50m、幅1.00mの第4トレンチ、D面南端から約13.70m北側に長さ2.30m、幅1.00mの第5トレンチ、南端に長さ2.00m、幅1.00mの第6トレンチを設定した。E面は、東端に長さ2.00m、幅1.00mの第6トレンチ、E面東端から約17.00m西側に長さ2.50m、幅1.00mの第7トレンチ、F面との入隅部分に長さ2.50m、幅2.50mの第8トレンチを設定したが、石垣の19段目の築石の破損状況を確認する必要が生じたために、新たにE面東端から約7.50m西側に長さ1.60m、幅1.00mの第9トレンチ、約11.00m西側に長さ3.00m、幅1.00mの第10トレンチを設定し、さらに第7トレンチと第8トレンチの間を掘削した。

調査では海水と崩落しやすい砂の影響を受け、石垣の根石が確認できる深さまで掘削できたのは第4トレンチと第6トレンチのみである。掘削できたトレンチ底面の標高は、第1トレンチが-1.10m、第2トレンチが-1.50m、第3トレンチが-1.10m、第4トレンチが-1.60m、第5トレンチが-1.20m、第6トレンチが-1.60m、第7・8トレンチが-1.10m、第9トレンチが-0.90m、第10トレンチは-0.80mである。土層の堆積状態は前述したように海水と砂のために確認することができなかった。同様に遺物の出土状況も不明である。

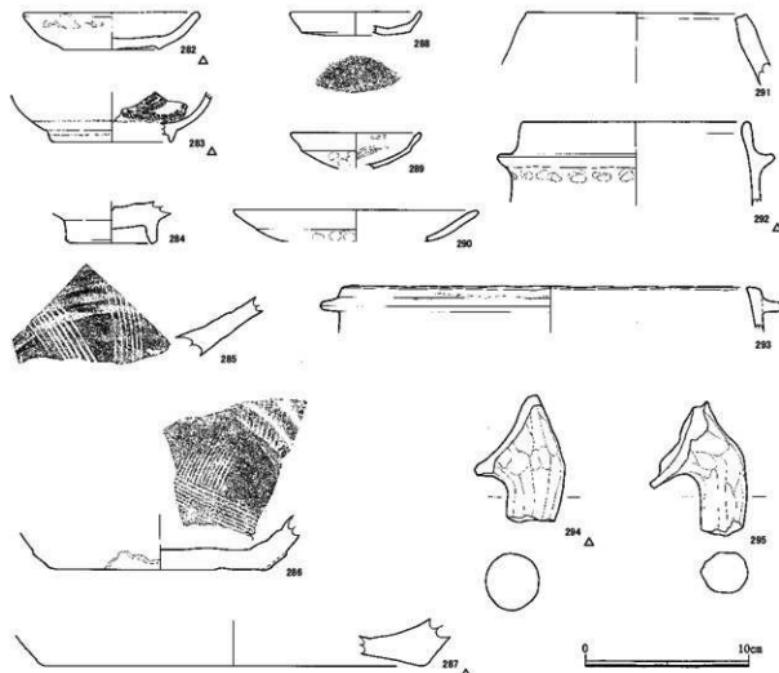
土器（第5-137～5-140図）

282～311は天守台石垣のC面前面の内堀より出土した土器である。個々の土器の出土層位は不明である。

282は陶器皿であり、低い削り出し高台であり、体部外面は部分的に露胎し、見込みは無釉である。283は磁器皿であり、外面に2条の圏線、内面に松が描かれる。284は陶器瓶であり、厚い底部に高い高台が付き、底部と見込みは無釉である。285・286は陶器擂鉢であり、285は9条1単位の鉢目が施される。286は明石焼の擂鉢であり、高台ではなく、見込みに7条1単位の崩れ



第5-136図 天守台石垣前面堀のトレンチ配置図 (1/300)



第5-137図 石垣前面堀出土土器実測図(1)

たウールマークの条溝がある。287は備前焼陶器大甕であり、底部は上げ底である。内面の調整はヘラナデ、外面はナデ、底部は板ナデである。288・289は土師質土器小皿である。288は底部と体部の境に稜を有し、底部の調整は板目・ナデが施される。289は口縁部と体部の境に僅かな稜を有し、内面はナデ・ヘラミガキ、外面は指頭圧が施される。290は土師質土器皿であり、器高が低く、体部の立ち上がりは非常に緩やかである。体部外面は指頭圧の後にナデが施される。291～293は土師質土器羽釜である。291の口縁部は内傾する。292はやや内傾気味の口縁部であり、口縁部の下側に鈎部が付く。内面はナデ、口縁部外面はヨコナデ、頸下に指頭圧が施され、煤が付着する。293は内傾する口縁部の直下に鈎部が付く。294・295は土師質土器足釜の脚部であり、全面に板ナデが施される。

296～298は弥生土器壺である。296は細頸壺で、外面に突帶1条を有する。297は長頸壺で、外面の調整は縦方向のハケ、内面は指頭圧・指ナデが施される。298は長頸壺で、外面に3条の貼付突帶が廻り、棒状突帶を有する。

299～305は弥生土器甕である。299は外反気味の口縁部で、口縁端部は丸い。300～302は頸部から「く」の字状に立ち上がり、口縁端部は角張り僅かにつまみあげられる。体部外面の調

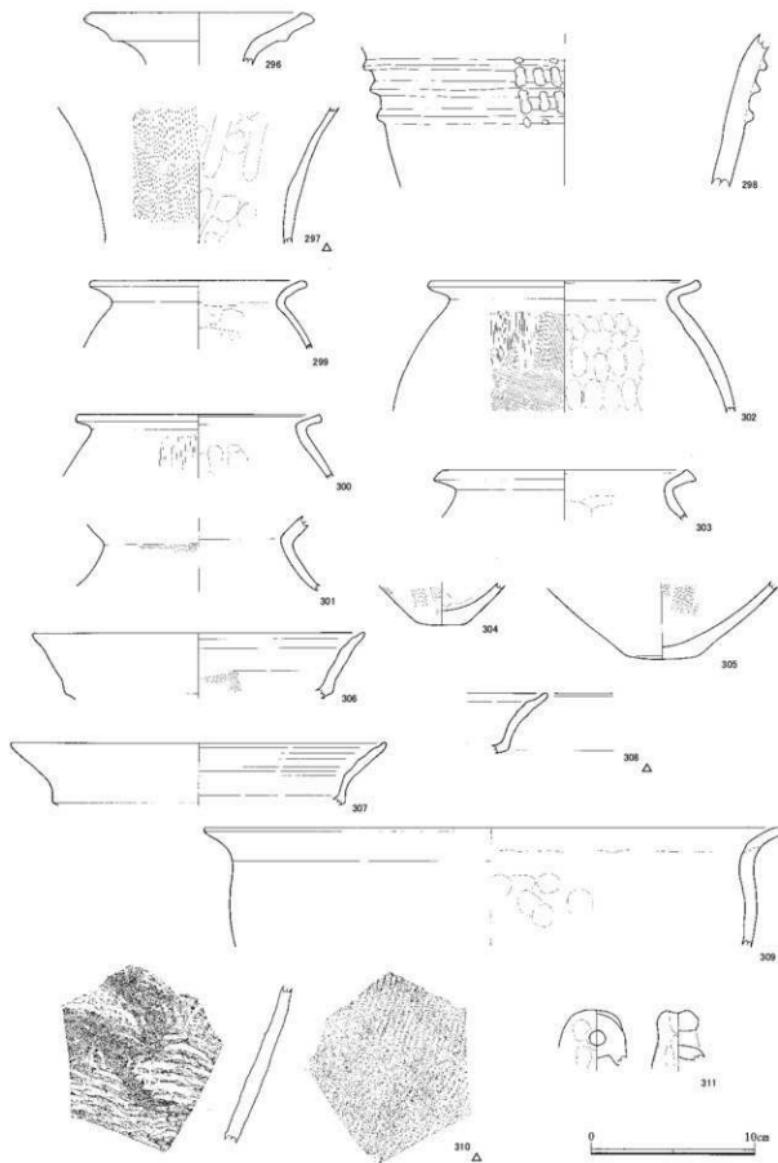
整は縦と斜め方向のハケ、内面は指頭圧が施される。303は口縁端部がやや上下に拡張し、体部外面の調整はナデ、内面はヘラナデが施される。304・305は平底で、304の外面は縦方向のハケ、内面はヘラナデが施され、305の外面は摩滅し、内面はハケ・ナデが施される。306～308は弥生土器高杯であり、外面に明確な稜線を境に口縁部が立ち上がる。口縁部は内面に僅かな凹凸を有し、口縁端部が細くなる。309は弥生土器鉢で、口縁部は体部から緩やかに外反する。内面の調整は指頭圧の後にナデが施され、輪積み痕が残る。310は須恵器甕の体部片であり、外面は平行タタキ後にハケ、内面は青海波状タタキが施される。311は飯蛸壺である。

312～344は天守台石垣のD面前面の内堀より出土した土器である。個々の土器の出土層位は不明である。

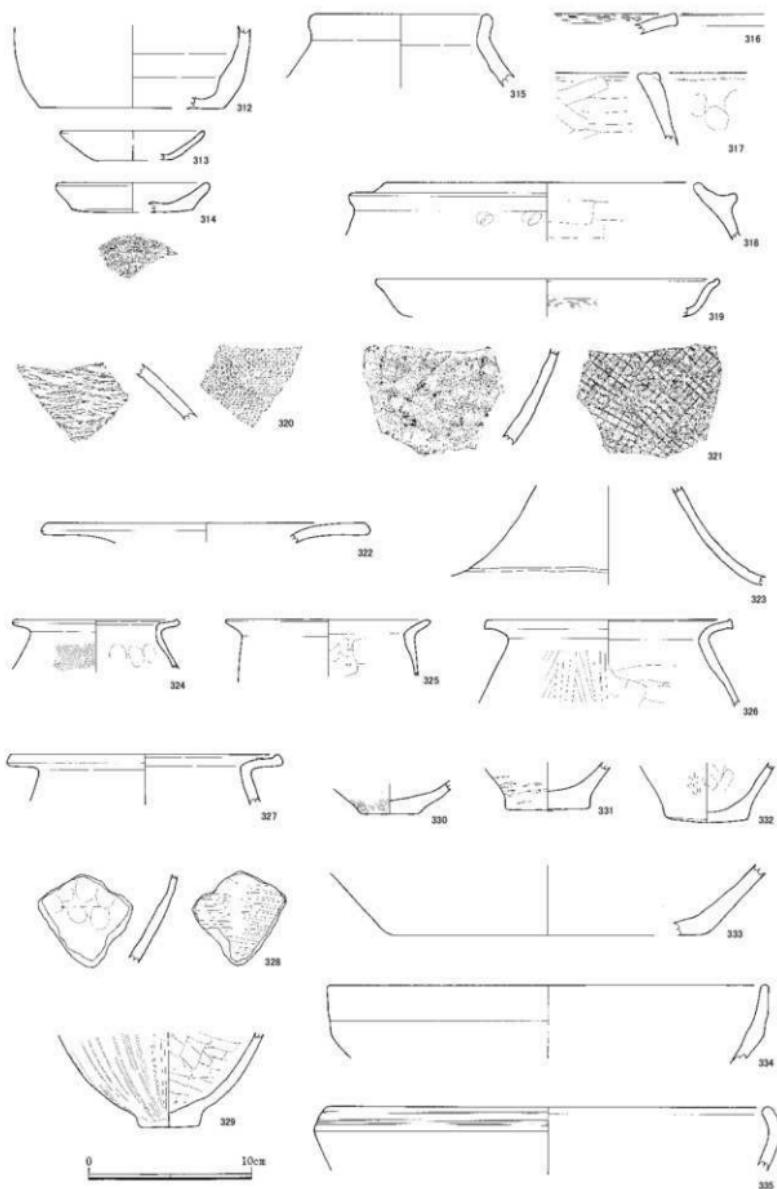
312は陶器壺の底部で、内面にロクロによる凹凸があり、外面全面に釉がかかる。313・314は土師質土器小皿である。313は全体的に薄い小皿で、314は器厚の厚い小皿で、底部に板目・回転ヘラナデが施される。315は土師質土器壺で、口縁部が短く直立する。316は土師質土器鍋の口縁部、317・318は土師質土器足釜で、317は外面に煤が付着し、318は内傾する口縁部に鈎部が付く。319は土師器皿で、器高の低い器形であり、口縁端部内面に僅かな段を有し、内面にはヘラミガキが施される。320・321は須恵器甕の体部で、外面に格子状タタキ、内面に青海波状タタキが施される。

322・323は弥生土器壺で、322の口縁部が大きく外反する。内外面ともに摩滅する。323は頸部であり外面に沈線1条を巡らす。324～333は弥生土器甕である。324は短く直立する頸部から口縁部が強く屈曲する。体部外面はハケ、内面は指頭圧が施される。325は肩の張らない体部から緩やかに屈曲する口縁部であり、内部はヘラケズリが施される。326は肩の張らない体部から強く屈曲する口縁部で、端部を上下に少し拡張する。外面は縦方向のヘラミガキ、内面はヘラケズリが施される。327は肩の張らない体部から「く」の字状に屈曲する口縁部で、端部を上方につまみ上げる。内外面ともナデが施される。328は体部下半の破片で、外面はタタキが施される。329は平底で、体部外面はヘラミガキ、内面は板ナデが施され、胎土に角閃石を含む。330～333は平底の底部であり、胎土に角閃石を含む。330の外面は縦方向のハケ、331の外面はヘラによる圧痕、332は外面ヘラミガキ、内面ヘラケズリが施される。333は底径18.8cmの大きな甕で、内外面ともナデが施される。334・335は弥生土器鉢で、334は半球状を呈し、胎土に角閃石を含む。335は口縁部が内傾し、外面に細い沈線を3条巡らす。336～344は弥生土器高杯である。336・337は円盤充填され、胎土に角閃石を含む。338は脚部外面にヘラによる沈線4条巡り、内面に絞り目、爪の圧痕、ヘラの圧痕が施される。339は内外面にヘラケズリが施される。340は内面に輪積み痕が残り、胎土に角閃石を含む。341は外面にヘラミガキが部分的に残り、内面に4条の輪積み痕が残る。342は脚部の裾であり、未貫通の孔を有する。外面はナデ、内面はヘラケズリが施される。胎土に角閃石を含む。343・344は穿孔が1個残り、胎土に角閃石を含み、343の内面はヘラケズリが施される。

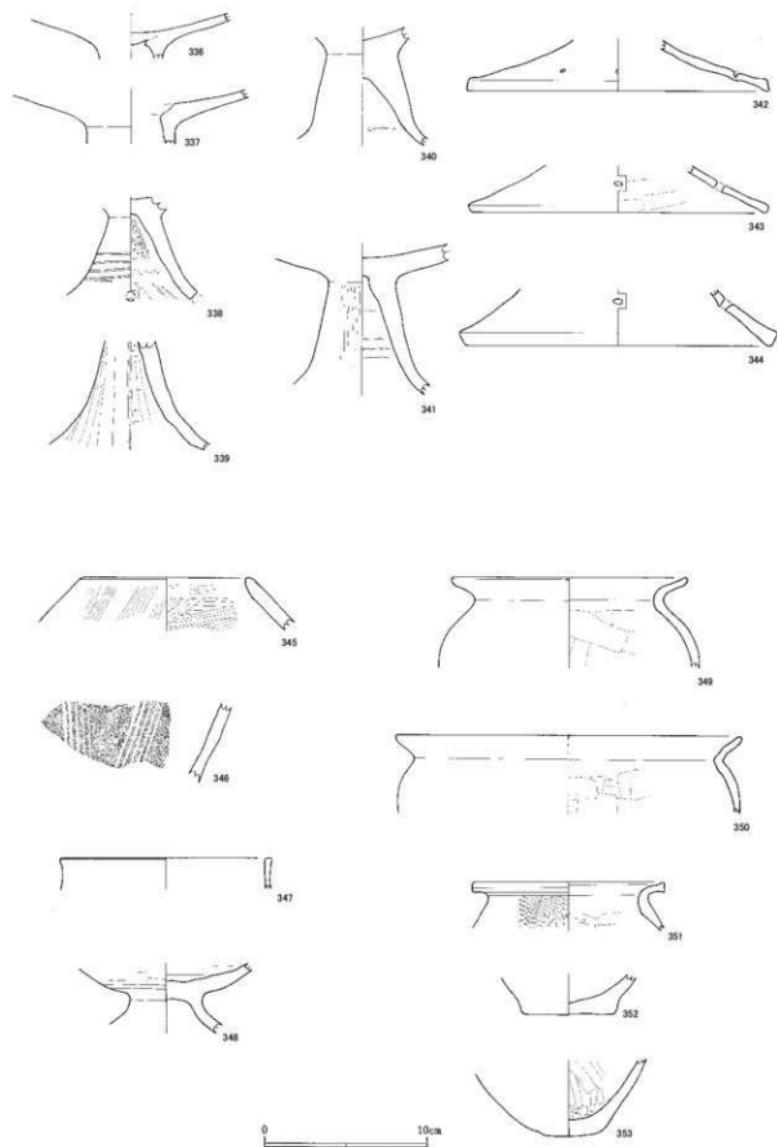
345～353は天守台石垣のE面前面の内堀より出土した土器である。個々の土器の出土層位は



第5-138図 石垣前面堀出土土器実測図(2)



第5-139図 石垣前面堀出土土器実測図(3)



第5-140図 石垣前面堀出土土器実測図(4)

不明である。

345は土師質土器壺壺で、口縁部は強く内傾し、外面はハケ、内面は粗いハケが施される。

346は須恵質土器擂鉢で、外面はナデが施される。347は須恵器壺で、口縁部が直立する。348は須恵器高杯で、杯部外面はヘラケズリが施される。

349・350は弥生土器壺であり、口縁部は球形の体部から屈曲する。349の体部外面はナデ、内面は指頭圧の後にヘラケズリ、350の内面はヘラケズリが施される。

351～353は弥生土器甕である。351の口縁部は体部から強く屈曲し、端部は上方向に拡張する。体部外面は縦方向のハケ、内面はヘラケズリが施される。胎土に角閃石を含む。352の平底は未調整であり、353はやや丸みのある平底で、外面はナデ、内面は縦方向のヘラナデが施される。

瓦（第5-141～5-143図）

T 88～92・95～97・100はC面前面の堀より、T 98・99・101・102はD面前面の堀より、T 93・94・103はE面前面の堀より出土した。

T 88・89は右巻き三巴文の軒丸瓦であり、鉤形の巴頭部から巴尾部が細長く延びて隣接する巴尾部と繋がり、全体として圓線状をなす。珠文は一定間隔にあり、径は小さい。佐藤分類II類2に類似する。T 90・91・92は右巻き三巴文の軒丸瓦である。T 90は鉤形の巴頭部で、巴尾部が長い。周縁にケズリがあり、凸面は縦方向の板ナデが施され、凹面はコビキBと布目が残存する。被熱により変色する。T 91は凸・凹面に縦方向の板ナデが施される。T 92は巴頭部が小さく丸く、対向する巴頭部の間隔が広い。佐藤分類IV類49に類似する。T 93は三巴文の軒丸瓦であり、釘孔2個有し、凸面に縦方向のミガキが施され、凹面にはコビキB・布目が残る。

T 94・95は軒平瓦で、中心飾りは珠文状の結束点から延びる太い劍頭形の三葉であり、T 94の唐草文は結束点から両側に子葉を伴う軸線状の蔓が延び、その上側に平行して3転する。瓦当面に砂粒が多量に付着し、凸・凹面にキラ粉が付着する。T 95の唐草文は子葉を伴わず、蔓が中心飾りの両側から延びる。佐藤分類V類7である。

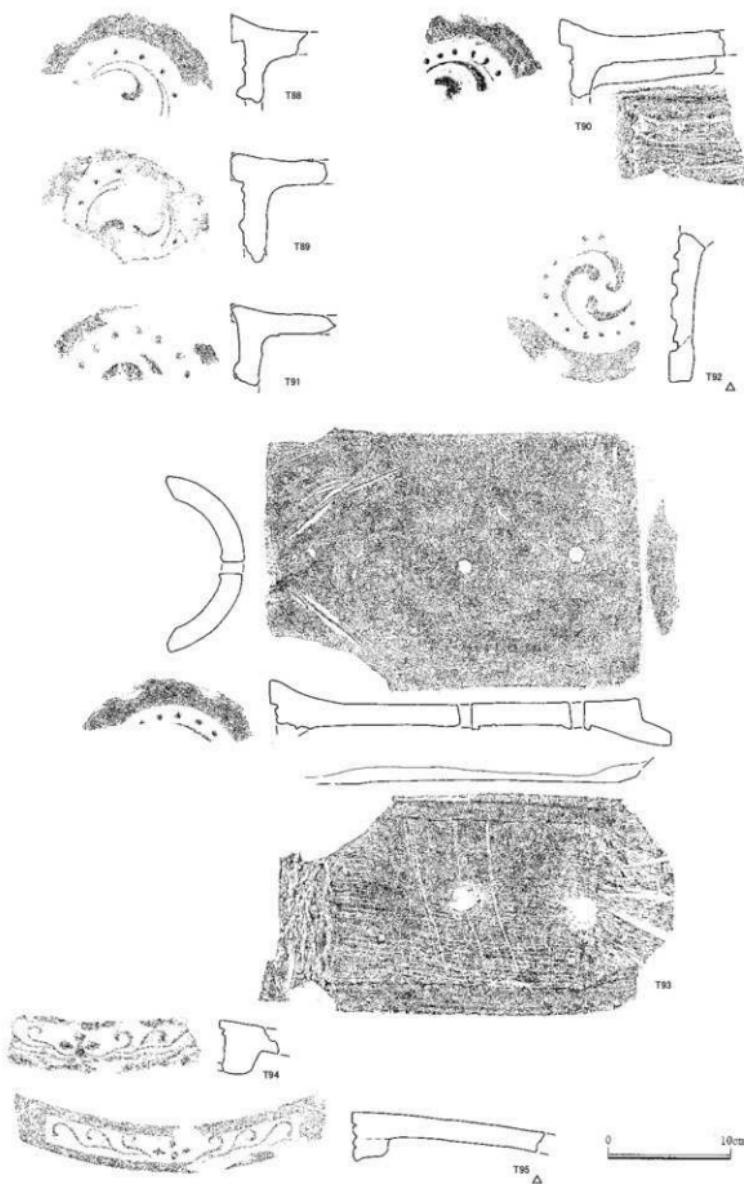
T 96・97は軒棧瓦である。T 96は上向きの半裁花菱文を平部文様区の中心飾りとし、唐草文は2重の陽刻線で表現し、下・上と2転する。小丸瓦当は剥離する。T 97は2条の陰刻弧線のある扁平な宝珠文を平部文様区の中心飾りとし、唐草文は2重の陽刻線で表現し、宝珠文の下から左右に延び、先端は短く2転する。小丸瓦当の中心飾りは右巻き三巴文である。凸・凹面は縦方向の板ナデが施される。

T 98は菊丸瓦で、花弁は陽刻線で表し、先端は尖り気味、中房は花弁先端より高い。佐藤分類I類1である。

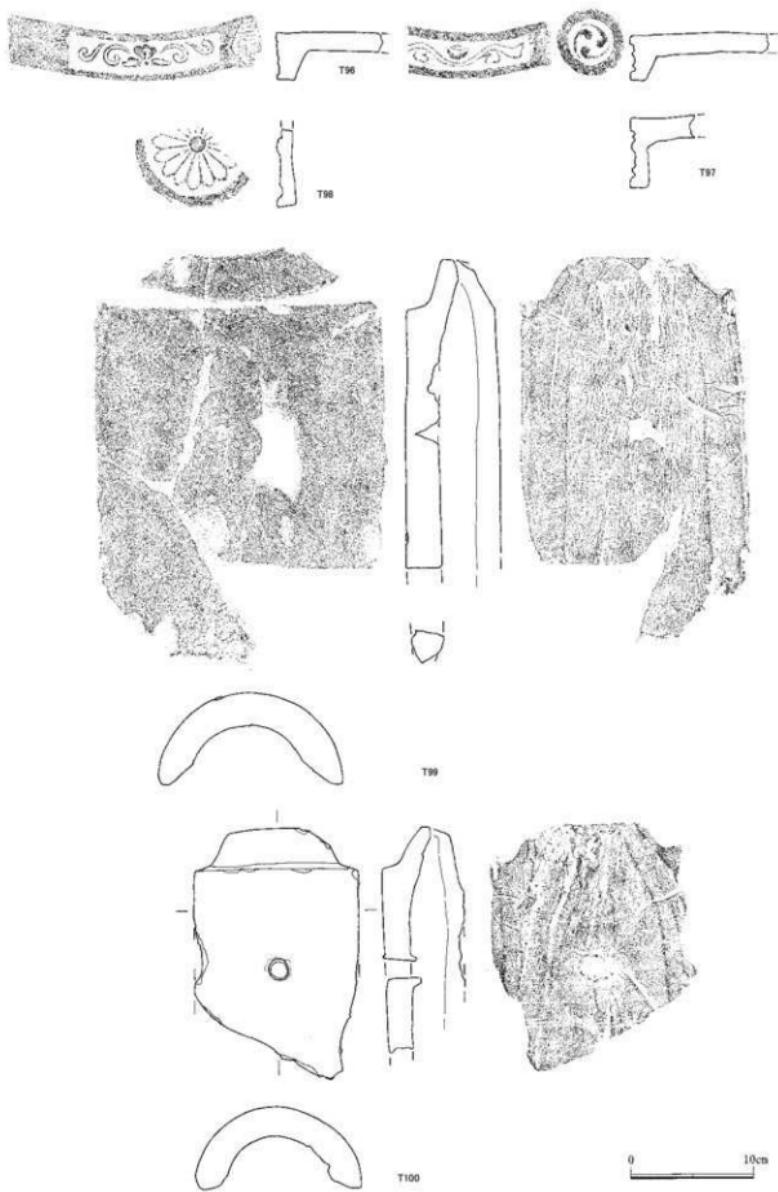
T 99は玉縁丸瓦で、凸面は縦方向のナデが施され、凹面はコビキB・布目が残る。凸面に塗喰が付着する。

T 100は釘孔を持つ玉縁丸瓦で、凸面は縦方向のナデが施され、凹面はコビキB・布目が残る。

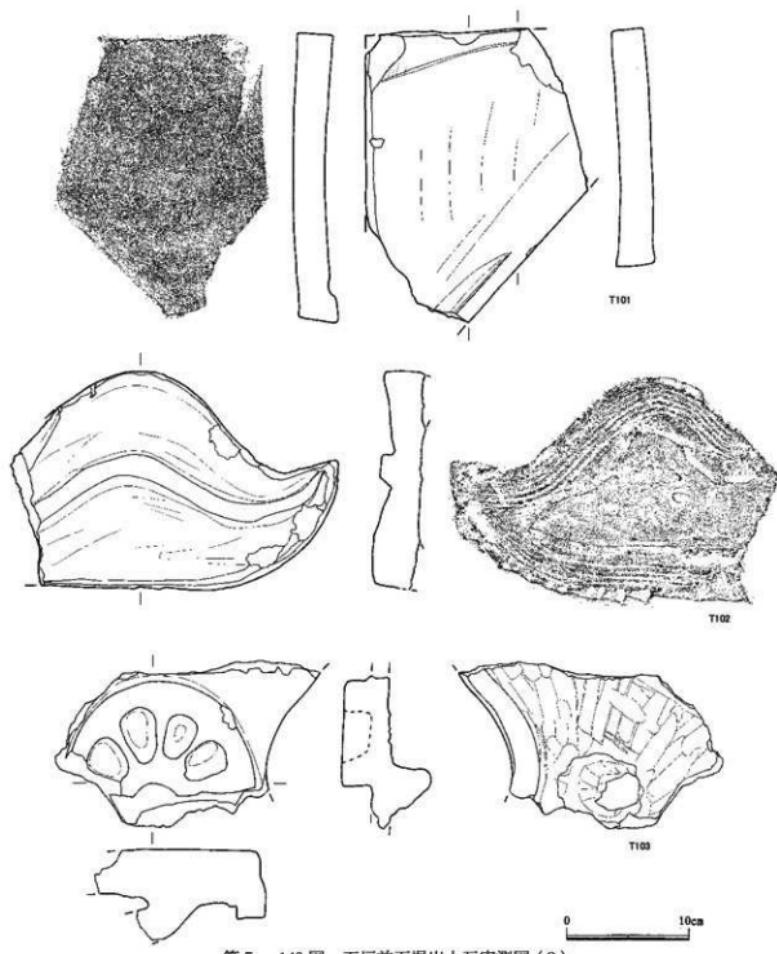
T 101は隅切平瓦で、凹面に僅かな突起とひもずれ痕を有する。



第5-141図 石垣前面堀出土瓦実測図(1)



第5-142図 石壇前面堀出土瓦実測図(2)



第5-143図 石垣前面堀出土瓦実測図(3)

石造物（第5－144図）

S 431はC面前面の内堀より出土した五輪塔空・風・火輪であり、火輪は遺存状態が悪い。それぞれの境に僅かな凹みがある。石材は凝灰岩である。S 432はC面前面の内堀より出土した五輪塔空・風輪である。石材は凝灰岩であり、風輪部の大半は欠損し、空輪と風輪との境を示す僅かな凹みの一部が見られる。S 433はC面前面の内堀より出土した五輪塔水輪である。上面はほぼ平坦であり、浅い加工痕が残り、下面は僅かに凹んでおり上面と同様に浅い加工痕が残る。石材は凝灰岩である。S 434はC面前面の内堀より出土した五輪塔水・地輪であり、上部が欠損する。地輪と水輪の堺に凹みがあり、水輪の上部にも凹みの一部が見られる。断面は方形を呈し、明確な稜線がある。石材は豊島産凝灰岩である。

S 435はC面前面の内堀より出土した五輪塔地輪である。石材は凝灰岩であり、方形を呈する地輪の一隅を欠損する。上面はほぼ平坦であり、水輪の痕跡が明確に見られる。下面是中央が大きく凹んでおり、不明瞭であるが加工痕が残る。

鉄製品（第5－145図）

M 63はC面前面の内堀より出土した真鍮製の煙管である。火皿を欠損するが雁首であり、脂返しは首部から緩やかに湾曲する。

M 64はD面前面の内堀より出土した石材加工用の鑿である。完形であり全長は17.2cm、直径2.5cmを測る。

木製品（第5－146～5－149図）

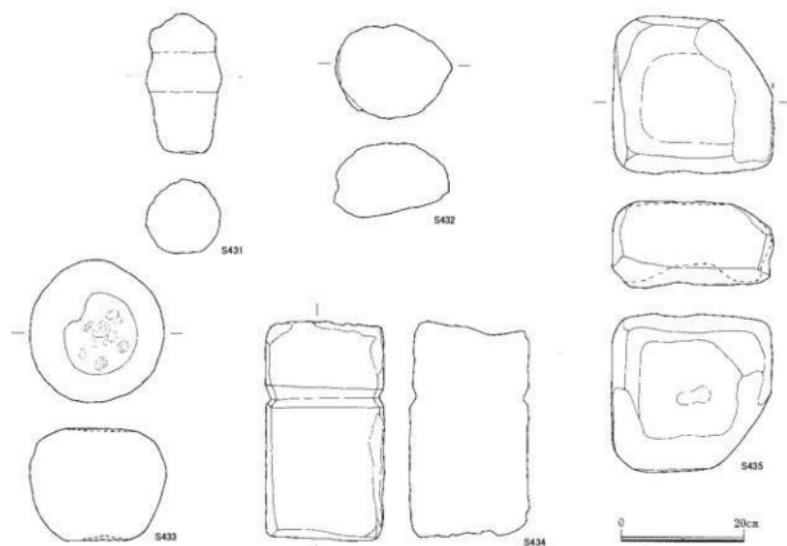
W 3はE面前面の内堀より出土した。木筒であり、一部を欠損するがほぼ完形である。全長は13.3cm、幅4.7cm、厚さ0.7cmを測り、一方向から穿孔した孔を2個有する。木取りは柾目である。

W 4はC前面の内堀より出土した柄であり、断面は楕円形である。

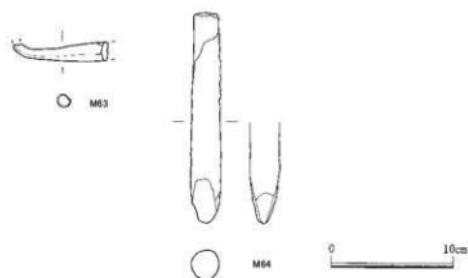
W 5～8は薄い板材であり、W 5・7・8はD面前面の内堀より、W 6はE面前面の内堀より出土した。木取りは、W 5～7が柾目、W 8は板目である。

W 9～15は加工材であり、W 9・11はD面前面の内堀より、W 10はC面前面の堀より、W 12・13・15はE面前面の堀より出土し、W 14は天守台南東隅の根石の下方において出土した。W 9は柾目の板であり、2辺の一部が残存する。W 10は幅1.9cm、厚さ0.9cmで両端を欠損する。木取りは板目である。W 11は厚さ3.4cmを測り、2辺の一部を残存する。上面に加工痕が見られる。木取りは板目である。W 12は断面正方形の加工材であり、一端を欠損する。木取りは板目である。W 13はミカン割りの加工材であり、一端に加工痕がある。W 14は全長60.3cm、幅7.3cm、厚さ3.5cmを測り、断面は長方形を呈する。両端には加工痕が明瞭に残存する。木取りは板目である。W 15は残存長65.0cm、厚さ4.1cmを測り、端部に1方向からの加工痕が明瞭に残存する。裏面は火を受け炭化している。木取りは柾目である。W 14・15は建築材である可能性も考えられる。

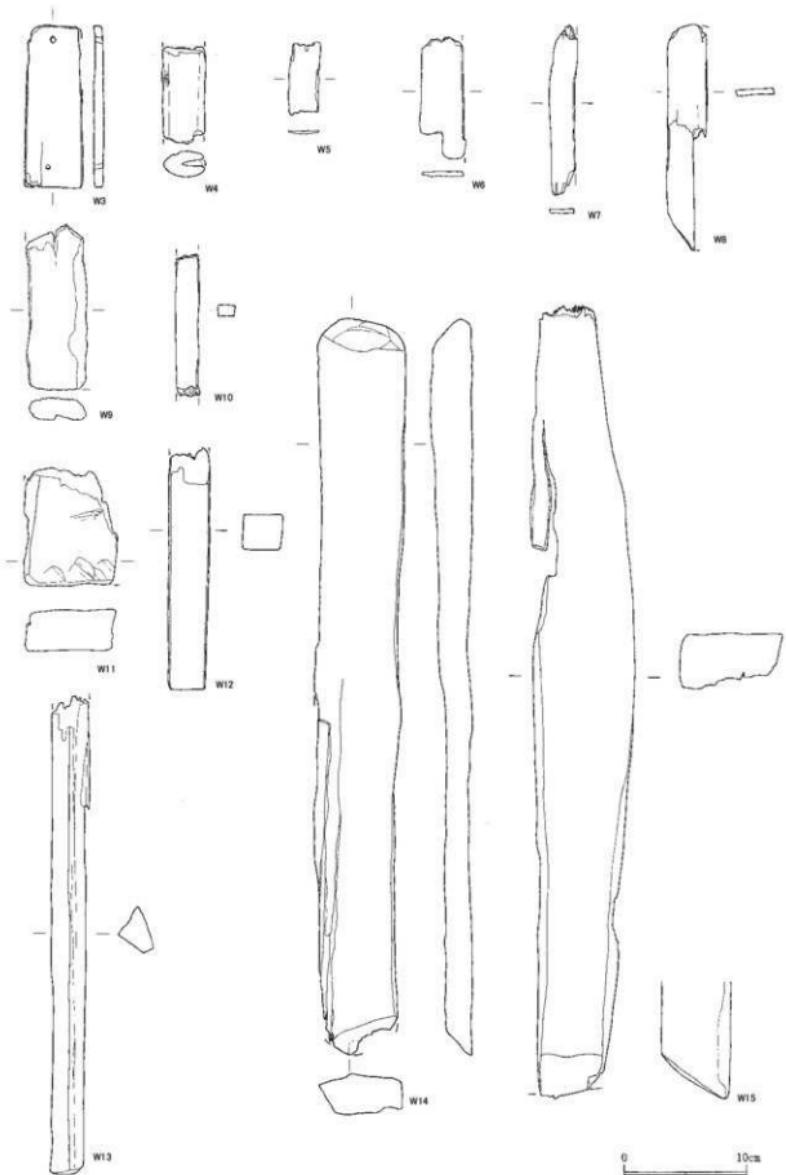
W 16～20は加工された板材であり、E面前面の内堀より出土した。W 16・17は上面と下面



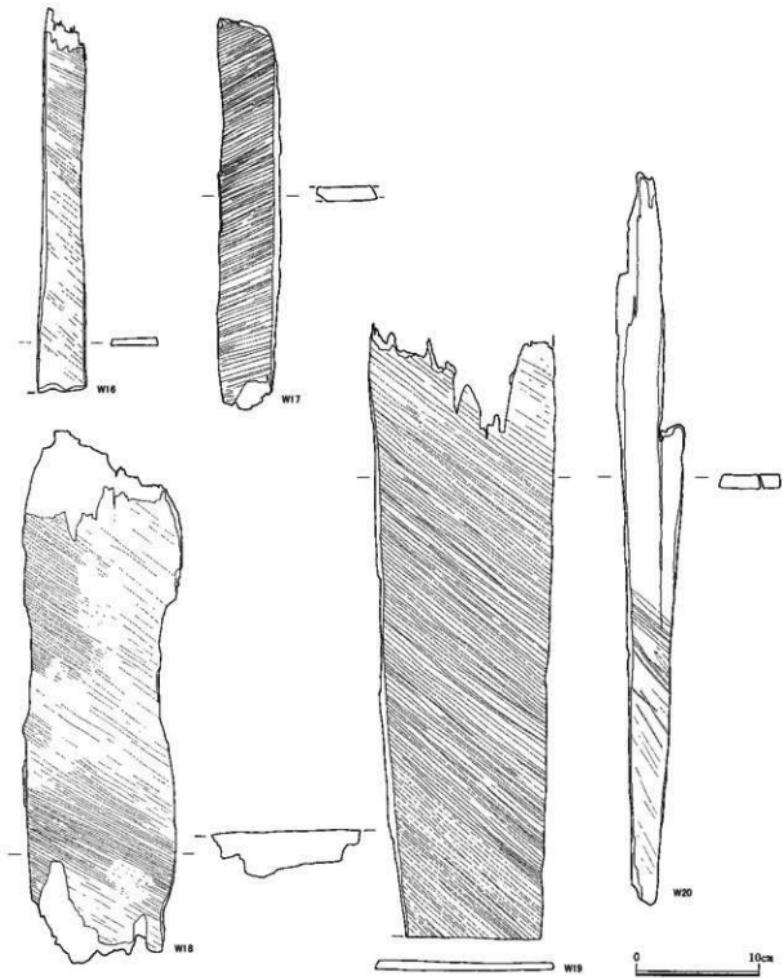
第5－144図 石垣前面堀出土石造物実測図



第5－145図 石垣前面堀出土金属器実測図

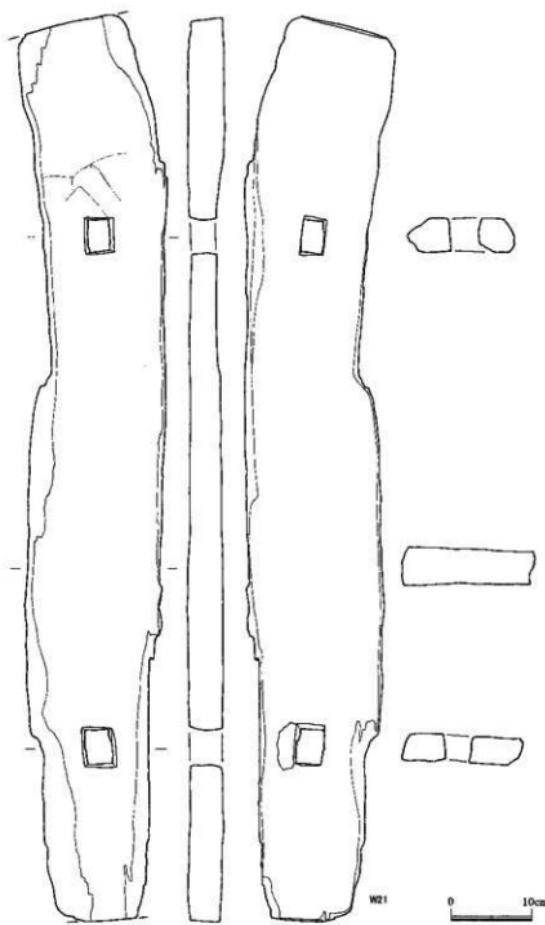


第5-146図 石垣前面掘出土木製品実測図(1)



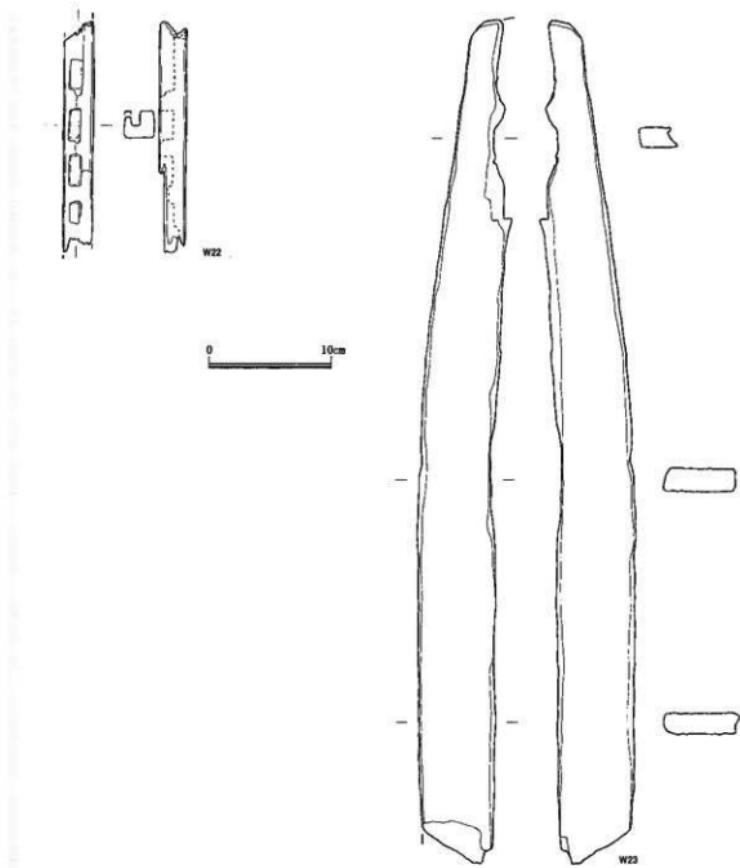
第5-147図 石垣前面堀出土木製品実測図(2)

にノコギリによると考えられる斜め方向の加工痕が無数に残存する。木取りは板目である。W18は上面にノコギリによると考えられる斜め方向の加工痕が無数に残存し、下面是火を受けて炭化している。木取りは柾目である。W19は残存長50.5cm、残存幅15.3cm、厚さ0.8cmを測り、2辺の一部を残存する。上面と下面にノコギリによると考えられる斜め方向の加工痕が無数に残存する。木取りは柾目である。W20は依存状態が悪いが上面にノコギリによると考えられる斜め方向の加工痕が残存する。木取りは柾目である。



第5-148図 石垣前面堀出土木製品実測図(3)

W 21～23は建築材であり、E面前面の内堀より出土した。W 21は全長110.5cm、残存幅16.7cm、厚さ4.6cmを測り、両端部は切断面である。両端部近くに僅かに規則の違う2個の長方形を呈するホゾ穴が貫通している。大きいホゾ穴は $5.0 \times 4.2\text{cm}$ 、小さいホゾ穴は $4.5 \times 3.6\text{cm}$ の規模である。ホゾ穴の間隔は中心間で63cmである。上面には加工痕が僅かに確認できる。木取りは板目である。W 22は断面正方形の加工材であり、両端を欠損する。4個のホゾ穴が残存し、ほぼ1.0cm間隔を保ちながら規則的に並んでいる。その規模は $2.6 \times 1.0\text{cm}$ 、深さは1.2cmである。木取りは板目である。W 23は残存長69.8cm、残存幅6.2cm、厚さ1.8cmの板状であり、残存する側面は湾曲している。木取りは柾目である。



第5-149図 石垣前面堀出土木製品実測図(4)

第7項 天守へ続く階段

1 概要

天守台石垣の解体修理以前には、天守台前面から本丸東端にかけて本丸から玉藻廟へ上がるための階段が設置されていた。この階段は明治35年の玉藻廟建設に伴い構築された。その階段を撤去すると本丸から天守地下1階に繋がる石段を検出した。石段は天守台前面から天守地下1階に上がる上段の石段と本丸から天守台前面に上がる下段の石段の二つの石段から構成されている。この石段の詳細は2012年刊行の『史跡高松城跡整備報告書第6冊史跡高松城跡（天守台）－発掘調査編－』に既述している。今回は、平成18年度に実施した石段の解体に伴う報告である。

2 調査結果

上段の石段の内側は盛土により構築されており、6層に細分することができる。第1層は小石や礫を多量に含むにぶい黄色シルト質細砂であり、石段の踏石直下にあり石段全面で検出した。第2層はにぶい黄色+灰黄色シルト質細砂、第3層は淡黄色+灰黄色シルト質細砂+淡黄色細砂であり、G面と接する中位に検出する。第4層はにぶい黄色+灰黄色+褐色シルト質細砂であり、石段下方の中位で検出した。第5層は淡黄色細砂+灰オリーブ色+灰黄色シルト質細砂であり、石段の下位全面で検出した。第6層は淡黄色細砂+灰黄色シルト質細砂であり、石段の最下位で検出した。これらの盛土は、構築状態や内容物から大別すると三つに分けられる。小石や礫を多量に含む第1層、中間に見られる第2～4層、下層にある第5・6層である。

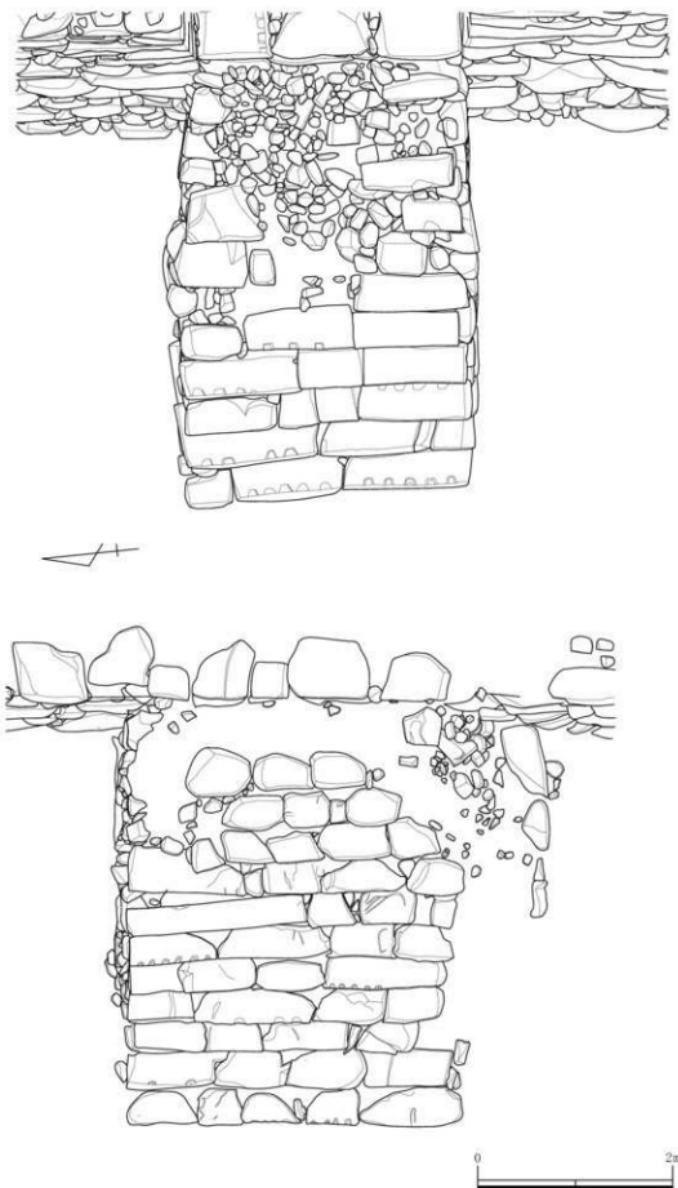
下段の石段は、側面における石の積み方の違いと踏石に残る豆矢から判断すると少なくとも1回の改修が行われ、遺存状態の良いV面ではH面に接する築石の最下位の石から上に3石目の石と前方へ5石目の石を囲む範囲は石段の原形を保っていると考えられる。このため今回の解体修理では改修を受けたと考えられる部分のみ解体を実施した。解体工程により土層断面を作成することができなかつたが、概略すると、改修を受けた部分は漆喰を含む浅黄色シルト質細砂が大半を占める盛土であり、本丸に堆積する土層とほぼ同じである。その下は栗石的な機能を持つ小石と礫を多量に含む細砂とシルト質細砂である。

3 出土遺物（第5－153～5－158）

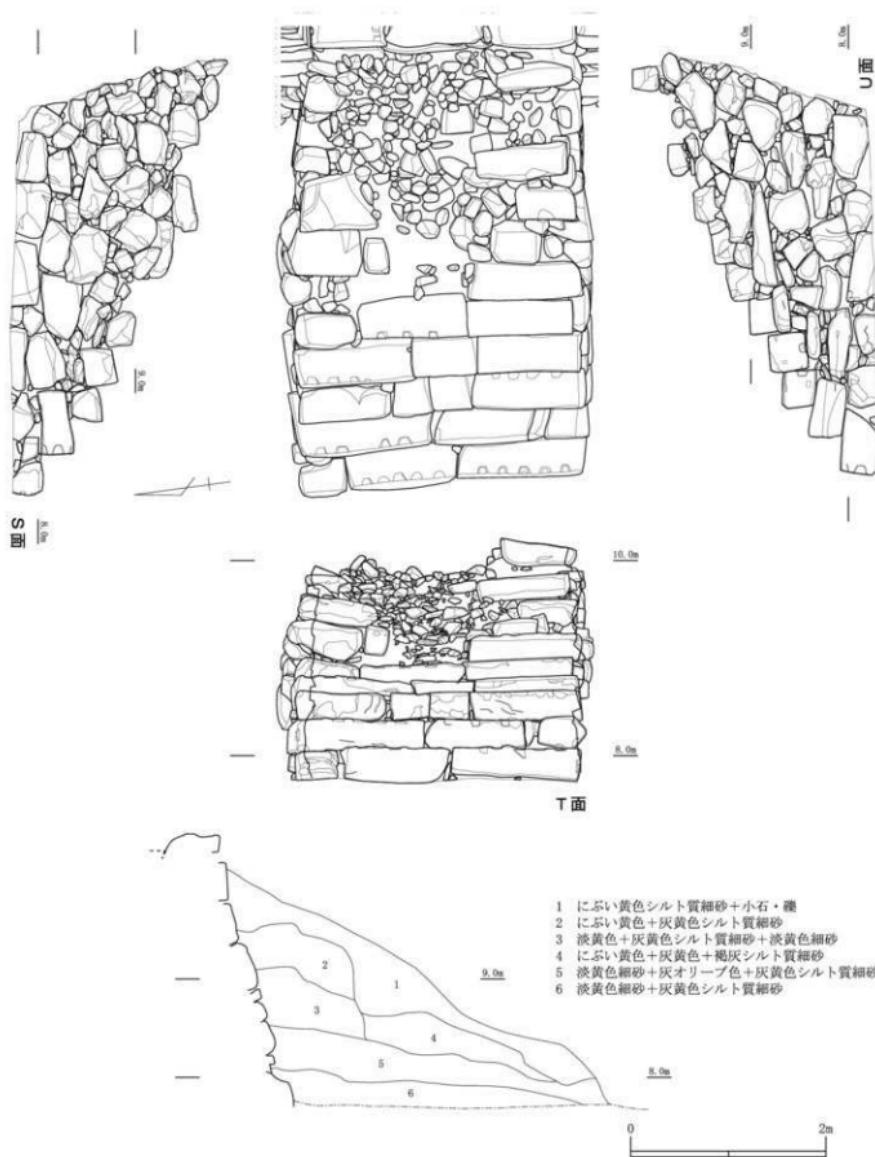
上段の石段の内側より出土した遺物は354・355、T 104～124、X－9・10、S 436であり、下段の石段の内側より出土した遺物はY 20－31～20－37、S 437～439である。

354は磁器皿である。355は軟質施釉陶器の蓋で、内面に隅丸方形開口に「屋島（やまかんむりに島）」の刻印が見られる。

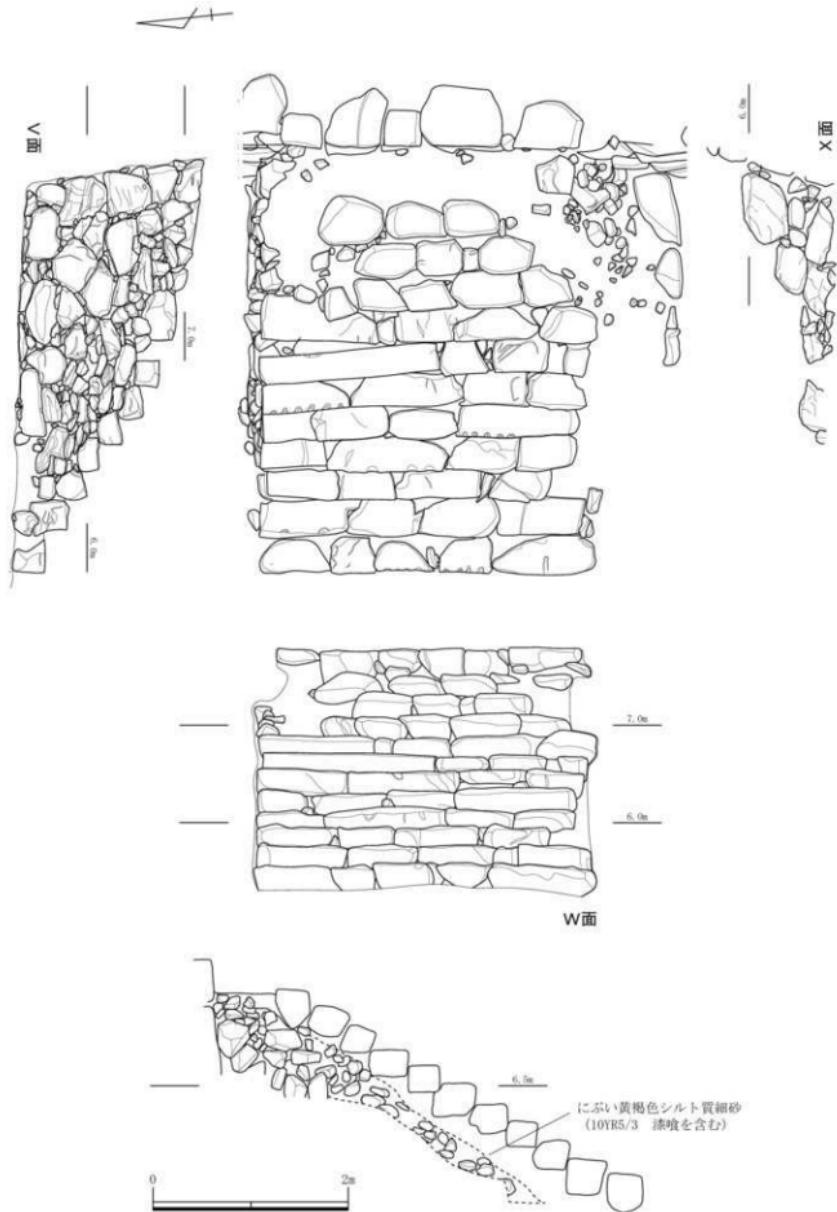
T 104～110は三巴文の軒丸瓦である。T 104・105は巴頭部が小さく丸く、基部と先端の幅が大差ない細長い巴尾部を持つ。T 104は巴頭部がやや屈曲し、珠文は14個を数える。佐藤分類47に類似する。T 105は巴尾基部の括れが不明瞭である。T 106・107は巴頭部がやや大振りで、巴尾部はやや長め、巻きが強く連続的に隣の巴尾部に近接する。周縁の幅が広い。佐藤分類165に類似する。T 108～110は巴頭部が大振りで、巴尾基部の括れが明瞭であり、巴尾部はやや長め、巻きが強く連続的に隣の巴尾部に近接する。周縁の幅が広く、T 108・109は刻印を持つ。



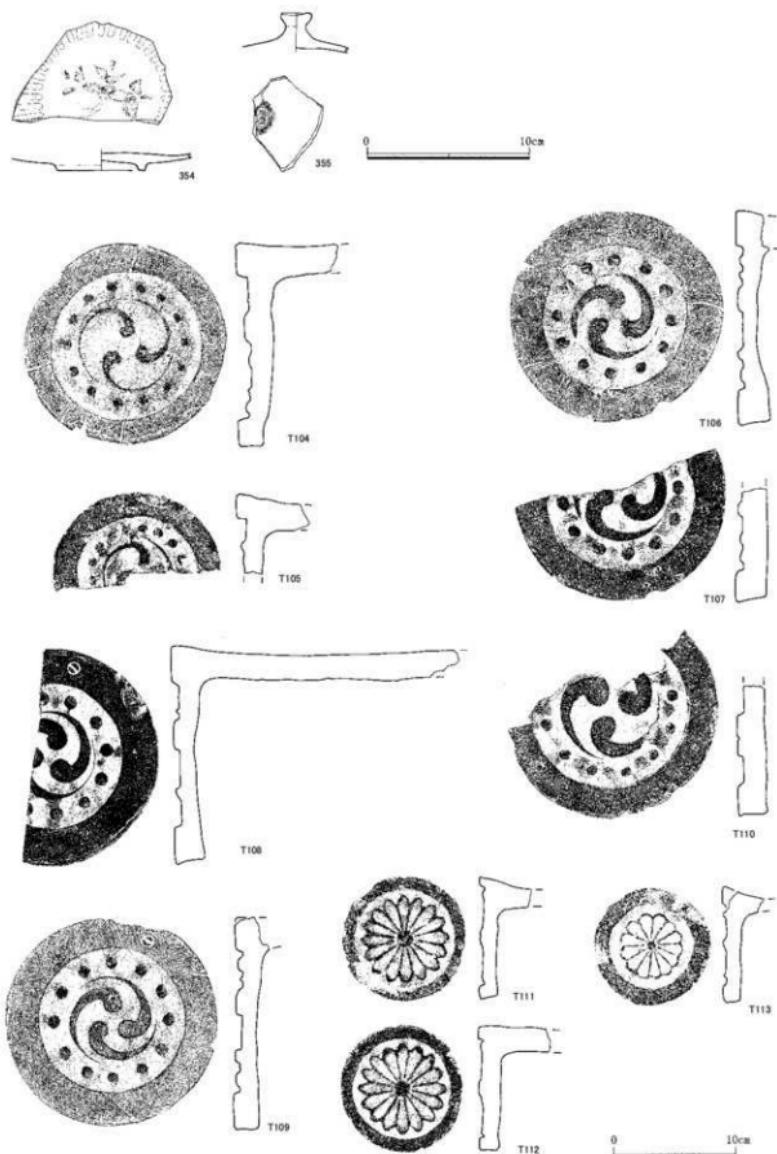
第5-150図 天守へ続く階段平面図(1/50)



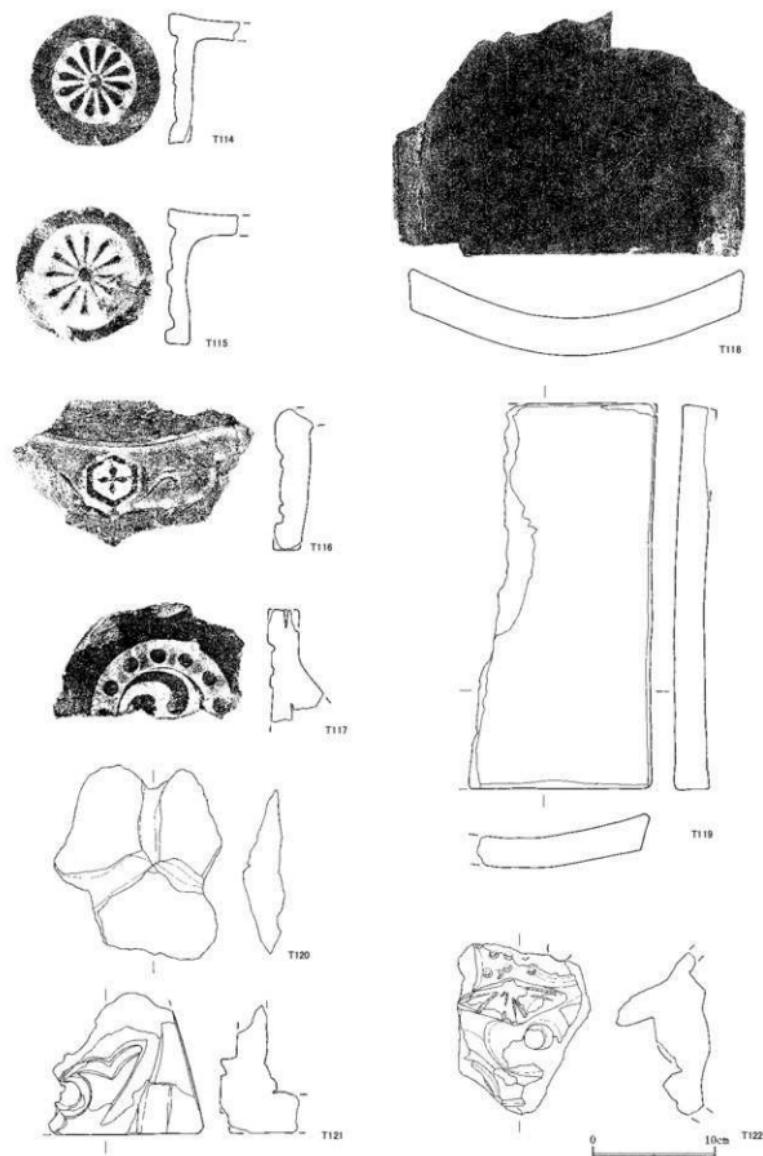
第5-151図 天守へ続く階段（上段）平・断・立面図（1/50）



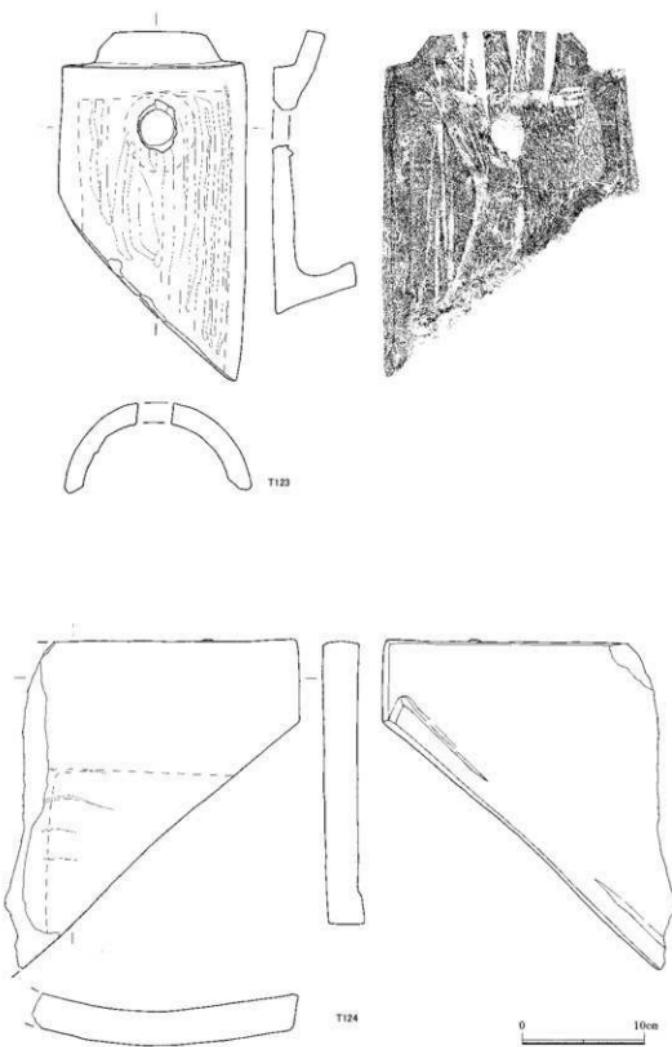
第5-152図 天守へ続く階段（下段）平・断・立面図（1/50）



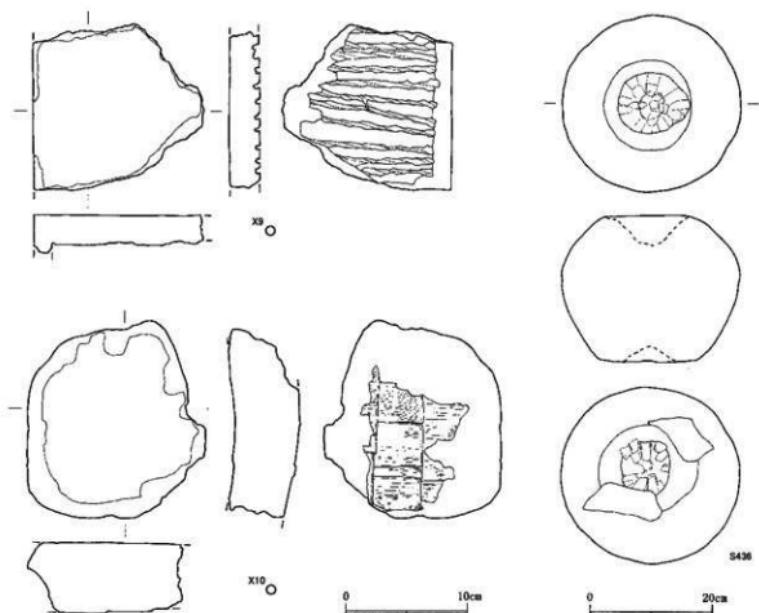
第5-153図 天守へ続く階段（上段）出土土器実測図・瓦実測図（1）



第5-154図 天守へ続く階段(上段)出土瓦実測図(2)



第5-155図 天守へ続く階段（上段）出土瓦実測図（3）



第5-156図 天守へ続く階段(上段)出土塗喰・石造物実測図

佐藤分類 164 に類似する。

T 111～115 は菊丸瓦である。T 111～113 は菊花文で花弁の輪郭を陽刻線で表現する。T 111・112 は 16 枚の花弁で、花弁先端の輪郭平面が尖り気味であり、中房は花弁より高い。T 113 は 13 枚の花弁で、先端の輪郭平面が丸くなる。瓦頭の直径が小さく、周縁の幅がやや広い。T 114・115 は 12 枚の花弁を有する陽刻菊花文である。T 114 は花弁の幅が広く、周縁の幅が広い。T 115 は花弁の幅が狭い。

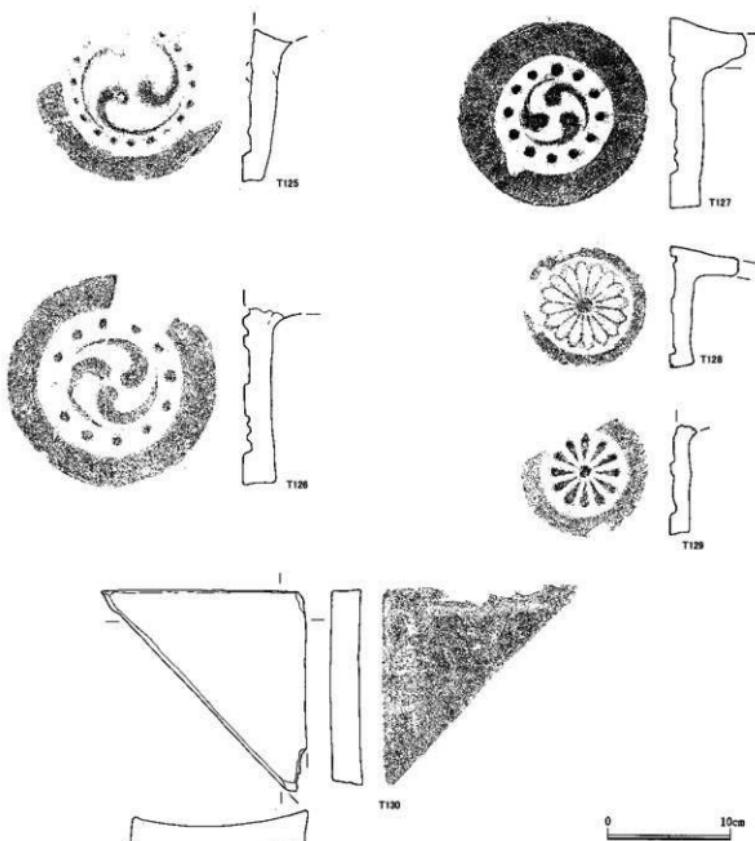
T 116 は滴水瓦であり、中心飾として一重の亀甲文の中心に十字形の四葉が描かれている。唐草文は細い陽刻線が使われ、先端は上下に逆転している。

T 117 は鳥食瓦であり、巴尾基部の括れが不明瞭なため、巴頭部と尾部が連続的に延びる。巴と珠文の断面が高く明瞭に隆起する。縁部の上部に細い釘孔を有する。

T 118・119 は平瓦である。T 119 は下端に○の刻印がある。

T 120～122 は鬼瓦である。T 120 は中央に松平家家紋「葵紋」を配する鬼瓦であるが、剥離が著しく葵の間の 3 本の沈線のみ残存する。T 121 はヒレ部の破片である。T 122 は鬼面文鬼瓦の破片で、左目付近である。

T 123 は隅切丸瓦であり、凸面は細かいヘラナデが施され、釘孔の周囲と体部の端部には漆喰

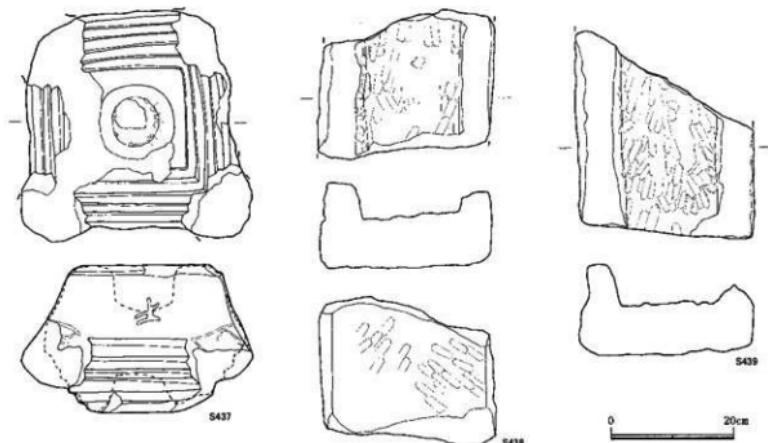


第5-157図 天守へ続く階段(下段)出土瓦実測図

の痕跡が残る。凹面はゴザ目とタタキが残存し、側縁は明確な面取りが行われている。T 124は隅切平瓦であり、凹面に使用痕が残り、凸面側の切隅の隅部を突出させ、その間はやや凸帯状に盛り上がる。

X 9・10は天守の壁に使用されていた漆喰である。X 9は厚さ2.5cmを測り、端部の一部が残存し「L」字形の断面である。表面は平坦で滑らかであり、裏面には平行に走る縄の圧痕が残る。X 10は厚さ5.7cmを測り、縦方向の断面がやや湾曲する。表面は滑らかであり、裏面には板の圧痕が残る。

S 436は五輪塔水輪で、やや規模の大きな水輪である。上面・下面共に中央部が凹んでおり、特に上面の凹みは深く、幅約2.0cmの鑿による加工痕が明瞭に残る。石材は豊島産凝灰岩である。



第5-158図 天守へ続く階段（下段）出土石造物実測図

T 125～127は三巴文の軒丸瓦である。T 125は右巻き三巴文で、巴頭部はやや鉤状を呈し、巴尾部は細長く、珠文の間隔が狭い。T 126は右巻き三巴文で、巴頭部はやや鉤状を呈し、巴尾部は基部の幅がやや広く、珠文は12個である。T 127は左巻き右巻き三巴文で、巴頭部は大きく丸い。巴尾部は短く、珠文は12個で、周縁の幅が広い。

T 128は花弁の輪郭を陽刻線で表す菊丸瓦で、佐藤分類I類1である。T 129は陽刻菊花文の菊丸瓦で、花弁基部が中房から分離する。佐藤分類III類23である。

T 130は隅切平瓦で、凸・凹面はナデが施される。

S 437宝篋印塔の笠で、隅飾突起は欠損している。上下面には円形で深い抉りがあり、上面の凹みの底部には漆喰が付着している。隅飾突起の間に6段を数える段を有する。側面の中央には梵字が刻印されているが摩滅のため解読不可能である。石材は凝灰岩である。S 438・439はV面築石のV-8-6であり、水路に使用されていた石を築石として再利用したものである。断面はU字形を呈し、石の幅は29.1cm、内側の幅は15.7cm、厚さは8.5cmである。側壁はやや内向き気味に立ち上がる。内外面ともに全面に鑿による幅約1.0～1.5cmの加工痕が明瞭に残存する。石材は豊島産凝灰岩である。

第8項 本丸

金属器（第5-159図）

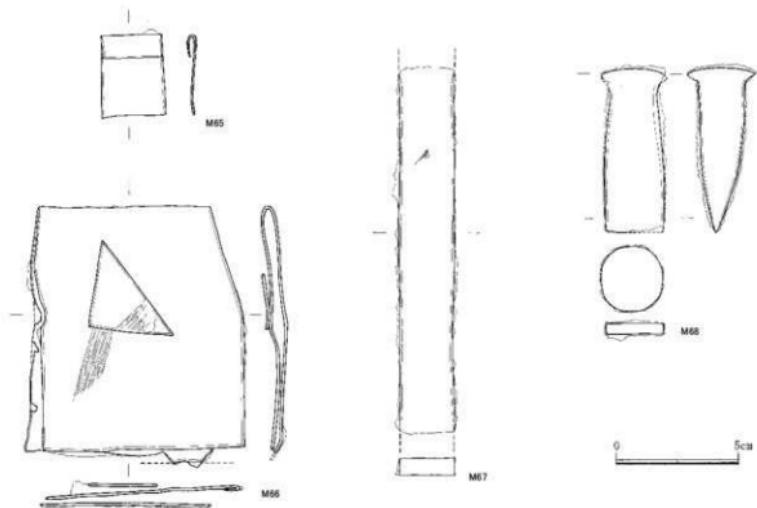
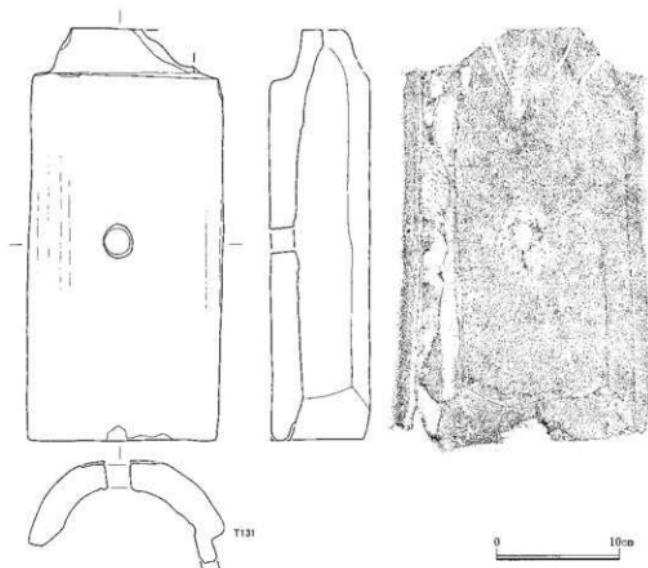
M 65 は方形で非常に薄い鉄板で、一端を折り返す。M 66 は二つ折りの鉄板で、全長 10.0cm、幅 8.7cm を測る。鉄板の厚さは 0.1cm で非常に薄い。表面に三角形の鉄板が付着し、その間に木質が残存している。M 67 は両端を欠損する鉄板で、現存長 14.8cm、幅 1.8cm、厚さ 0.7cm を測り、僅かであるが木質が付着している。M 68 は完形品の豆矢であり、全長 6.9cm、先端の幅 2.3cm、基部の厚さ 2.6cm を測る。

瓦（第5-159図）

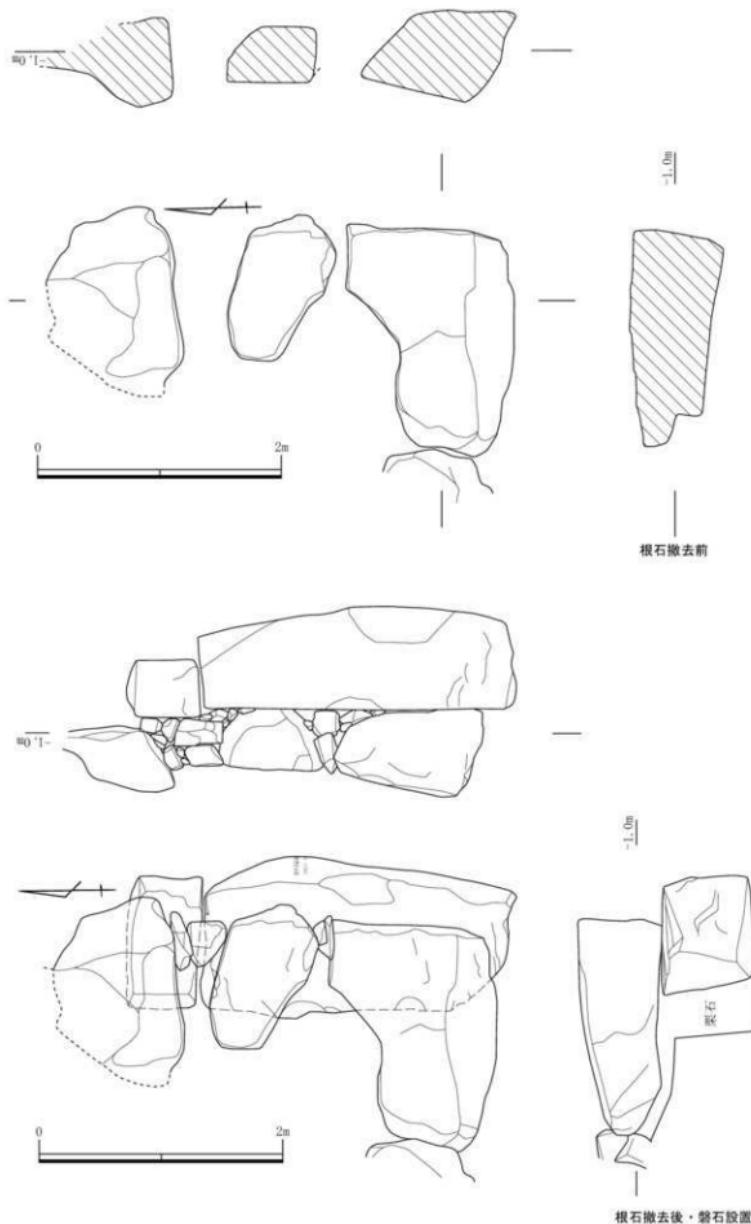
T 131 は玉縁丸瓦の右側側縁が下方に延びる特殊な形態の瓦である。釘孔を有し、凸面は縱方向のナデが施され、両側に漆喰が付着している。凹面は粗い布目が残る。

第9項 石垣根石の調査

天守台石垣は堀の水面よりやや上部において全体的に大きく孕み出しており、特にD面の孕みは最も大きく、さらに隅角部の下部の石材が南側にずれて築石との間に約 30cm の開きが認められ、D面がもっとも危険な状態であった。石垣の根石の状況を明らかにし、ハラミの原因を解明することと積直しに必要な復元勾配を算出することを目的として石垣前面にトレンチを設定し、調査を実施した（第5章第1節第6項参照）。その結果、天守台北東隅の第4トレンチと天守台南東隅の第6トレンチにおいて根石を確認することができた。根石の設置状況は上部の築石より約 15cm 前に張り出すように設置されている。第6トレンチの根石は3石確認した。石材は花崗岩である。隅角部の根石は「L」字形の平面形の切石であり、大きさは南北 1.40m、東西 1.73m、厚さ 0.73m を測る。東西方向の上面はほぼ水平であるが、南北方向は約 20cm の比高差で北側に下がっている。上面の最高位の標高は -0.58 m である。1石北側の根石は 1.17 × 0.77 m、厚さ 0.46m 以上を測る小規模の自然石であり、上面は標高 -0.73m である。2石目の根石は東西 1.55m 以上、南北 1.05 m 以上、厚さ 0.70m の自然石であり、上面は大きく北側が下がる。上面の最高位の標高は -0.55 m である。このような状況から隅角部と1石目の根石が旧河道状の落ち込みの方向に前転びになっていることが明らかになり、史跡高松城跡石垣整備会議での検討結果により根石の下に大きい盤石を設置し補強することになった。まず、検出した根石の平面図と断面図（第5-160図）を作成し、写真撮影を行った後に、根石を解体した。次に根石の下部を人力で掘り下げた。次に掘削した底面に割栗石を敷きならし、新補石材の盤石を設置した。なお、この盤石には「根石前転修正用下部新設材 平成二十一年三月 高松市」と刻印し、新補石材であることがわかるようにつとめた。最後に盤石の上に解体した根石を設置し、根石間に新補石材の間詰め石を入れた。設置後の平面図と立面図を作成した。根石の下部の掘削では、胴木等は検出されておらず、砂地に直接根石を設置する方法を探っていたと考えられる。



第5-159図 本丸出土瓦・金属器実測図



第5-160図 天守台南東隅根石検出状況・磐石設置状況図

第2節 高松市高松城天守台出土木製品の樹種調査結果

1. 試料 試料は、天守台から出土した建築材や板材などの木製品 18 点 (W3-4・8~23) である。いずれも保存処理実施済みであった。

2. 分析方法 各木製品の木取りを観察した上で、破損部等を利用して切片を採取する。該当箇所を水で湿らせ、剃刀で木口（横断面）・柾目（放射断面）・板目（接線断面）の 3 断面の徒手切片を作製する。切片をガム・クロラール（抱水クロラール、アラビアゴム粉末、グリセリン、蒸留水の混合液）で封入し、プレパラートを作製する。生物顕微鏡で木材組織の種類や配列を観察し、その特徴を現生標本および独立行政法人森林総合研究所の日本産木材識別データベースと比較して種類を同定する。

なお、木材組織の名称や特徴は、島地・伊東（1982）、Wheeler 他（1998）、Richter 他（2006）を参考にする。また、日本産木材の組織配列は、林（1991）や伊東（1995, 1996, 1997, 1998, 1999）を参考にする。

3. 結果 樹種同定結果を表に示す。木製品は、針葉樹 5 分類群（マツ属複維管東亜属・モミ属・ツガ属・スギ・ヒノキ科）と広葉樹 1 分類群（ヤナギ属）に同定された。各分類群の解剖学的特長等を記す。

・マツ属複維管東亜属 (*Pinus* subgen. *Diploxylon*) マツ科

軸方向組織は仮道管と垂直樹脂道で構成される。仮道管の早材部から晩材部への移行は急～やや緩やかで、晩材部の幅は広い。垂直樹脂道は晩材部に認められる。放射組織は、仮道管、柔細胞、水平樹脂道、エピセリウム細胞で構成される。分野壁孔は窓状となる。放射仮道管内壁には鋸歯状の突起が認められる。放射組織は単列、1～15 細胞高。

・モミ属 (*Abies*) マツ科

軸方向組織は仮道管のみで構成される。仮道管の早材部から晩材部への移行は比較的緩やかで、晩材部の幅は狭い。放射組織は柔細胞のみで構成される。柔細胞壁は粗く、垂直壁にはじゅず状の肥厚が認められる。分野壁孔はスギ型で 1 分野に 1～4 個。放射組織は 単列、1～20 細胞高。

・ツガ属 (*Tsuga*) マツ科

軸方向組織は仮道管と樹脂細胞で構成される。仮道管の早材部から晩材部への移行は急で、晩材部の幅は比較的広い。樹脂細胞は、年輪界近くに認められるが、数が少なく目立たない。放射組織は仮道管と柔細胞で構成される。柔細胞壁は滑らかで、垂直壁にはじゅず状の肥厚が認められる。分野壁孔はヒノキ型で、1 分野に 1～4 個。放射組織は単列、1～20 細胞高。

・スギ (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don) スギ科スギ属

軸方向組織は仮道管と樹脂細胞で構成される。仮道管の早材部から晩材部への移行はやや急で、晩材部の幅は比較的広い。樹脂細胞はほぼ晩材部に認められる。放射組織は柔細胞のみで構成さ

れる。分野壁孔はスギ型で、1分野に2~4個。放射組織は単列、1~10細胞高。

・ヒノキ科 (Cupressaceae)

軸方向組織は仮道管と樹脂細胞で構成される。仮道管の早材部から晚材部への移行は緩やか~やや急で、晚材部の幅は狭い。樹脂細胞は晚材部付近に認められる。放射組織は柔細胞のみで構成される。分野壁孔は保存が悪く観察できない。放射組織は単列、1~10細胞高。

・ヤナギ属 (Salix) ヤナギ科

散孔材で、道管は単独または2~3個が複合して散在し、年輪界付近で径を減少させる。道管は、單穿孔を有し、壁孔は交互状に配列する。放射組織は異性、単列、1~15細胞高。

遺物番号	出土位置	遺物名	形状	木取り	樹種	備考
W 3	E面前面縦	木簡	板状	極目	ヒノキ科	
W 4	C面前面縦	柄	丸棒状	芯持丸木 (楕円形)	ヤナギ属	
W 8	D面前面縦	加工板	板状	板目	スギ	
W 9	D面・E面前面縦	加工材	板状	極目	マツ属複維管束亜属	
W10	C面前面縦	加工材	板状	板目	マツ属複維管束亜属	
W11	D面前面縦	加工材	厚板状	板目	マツ属複維管束亜属	
W12	E面前面縦	加工材	角棒状	芯外分割材	マツ属複維管束亜属	
W13	E面前面縦	木簡	板状	極目	ヒノキ科	
W14	南東隅 根右下	加工材	板状	極目 (半裁)	スギ	
W15	E面前面縦	加工材	角材	芯外分割材	モミ属	一部炭化
W16	E面前面縦	板材	板状	極目	モミ属	
W17	E面前面縦	板材	板状	板目	ツガ属	
W18	E面前面縦	板材	板状	極目	モミ属	一方の面が炭化
W19	E面前面縦	板材	板状	板目	モミ属	
W20	E面前面縦	板材	板状	極目	モミ属	
W21	E面前面縦	建築材	板状	板目	マツ属複維管束亜属	四角穴2箇所
W22	E面前面縦	建築材	角材	芯外分割材	スギ	
W23	E面前面縦	建築材	板状	追柾	モミ属	

4. 考察 今回樹種同定を行った天守台から出土した木製品は、柄、木簡、建築材、板材、加工材、である。これらの木製品は、針葉樹のマツ属複維管束亜属・モミ属・ツガ属・スギ・ヒノキ科と、広葉樹のヤナギ属に同定された。この結果から、モミ属などの針葉樹が多用されている傾向がうかがえる。

各樹種の木材の性質をみると、針葉樹のモミ属・スギ・ヒノキ科は、木理が通直で割裂性が高く、加工は容易ではあるが、比較的耐水性が高いヒノキ科やスギに対し、モミ属は保存性が低いとされる。マツ属複維管束亜属は、軽軟であるが、比較的強度・保存性が高く、加工は容易である。ツガ属は、針葉樹としては重硬な部類に入り、割裂性は高いが、加工はやや困難である。ヤナギ属は、広葉樹としては軽軟な部類に入り、加工は容易であるが、強度・保存性は低い。

柄は、断面が楕円形の芯持丸木が利用されている。樹種はヤナギ属であり、上記の材質を考慮す

ると、強度を必要としないような用途の柄に利用された可能性がある。

木筒は板状加工が容易なヒノキ科が利用されている。近年の木筒の類については、東山崎・水田遺跡で呪符木筒にスギ類似種とモミ属、札にスギ類似種。木筒にスギが確認されている（パリノ・サーヴェイ株式会社、1992）。今回の結果から、ヒノキ科の木材も利用されていたことが推定される。

建築材は、角材状の資料と板状の資料がある。角材状の資料は、いずれも芯外しの分割角材であり、スギとモミ属が認められた。また、板状の資料は板目あるいは追柾となり、モミ属とマツ属複維管束亞属が認められた。この結果から、少なくとも3種類の木材が建築材として利用されていたことになる。香川県内のこれまでの調査事例を見ると、近年では柱を中心にマツ属複維管束亞属の多用されている傾向がうかがえる（パリノ・サーヴェイ株式会社、1992、1993；環境考古研究会、1999、2001）。今回の結果も同調的である。

加工材は、角棒状、ミカン割材、板状の資料がある。角棒状の資料にマツ属複維管束亞属、ミカン割材および板状の資料にスギが認められ、建築材と同様の木材利用が推定される。

板材は、板目の試料が多いが、柾目の資料も2点ある。スギ、マツ属複維管束亞属、モミ属、ツガ属が利用され、分割加工が容易な木材が利用されている。層位別に見ると、E面の資料がモミ属を中心にツガ属が混じる組成であるのに対し、C面の1点はマツ属複維管束亞属、D面の2点はスギとマツ属複維管束亞属、D・E面の1点はマツ属複維管束亞属であり、樹種構成に違いが認められる。こうした違いには、器種や時期の違いが考えられる。なお、高松城跡における板材の同定結果をみると、西の丸地区の漆塗りの板物にヒノキ、無量壽院跡の板材に複維管束亞属を中心にスギが混じる組成が確認されているが、モミ属やツガ属は確認されていない（北野、2003；吉田生物研究所、2005）。今回の結果から、モミ属やツガ属も利用されていたことになるが、時期別や器種別の利用状況については、今後の検討課題である。

引用文献

- 林 昭三, 1991, 日本産木材 顕微鏡写真集, 京都大学木質科学研究所.
- 伊東隆夫, 1995, 日本産広葉樹林の解剖学的記載Ⅰ. 木材研究・資料, 31, 京都大学木質科学研究所, 81 – 181.
- 伊東隆夫, 1996, 日本産広葉樹林の解剖学的記載Ⅱ. 木材研究・資料, 32, 京都大学木質科学研究所, 66 – 176.
- 伊東隆夫, 1997, 日本産広葉樹林の解剖学的記載Ⅲ. 木材研究・資料, 33, 京都大学木質科学研究所, 83 – 201.
- 伊東隆夫, 1998, 日本産広葉樹林の解剖学的記載Ⅳ. 木材研究・資料, 34, 京都大学木質科学研究所, 30 – 166.
- 伊東隆夫, 1999, 日本産広葉樹林の解剖学的記載Ⅴ. 木材研究・資料, 35, 京都大学木質科学研究所, 47 – 216.
- 株式会社吉田生物研究所, 2005, 高松市高松城跡出土木製品の樹種調査結果、「高松城跡（無量壽院跡）市街地

再開発関連街路事業（高松駅南線）に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第1冊」，高松市埋蔵文化財調査報告第81集，高松市教育委員会，80－85。

環境考古研究会，1999，川南・西遺跡出土木材及び炭化材の樹種同定「川南・西遺跡 都市計画道路室町新田線埋蔵文化財発掘調査報告書第一冊」，高松市埋蔵文化財調査報告第38集，高松市教育委員会，111－119。

環境考古研究会，2001，高松港頭地区再開発関連事業に伴う埋蔵文化財発掘調査事業鬼無藤井遺跡における樹種同定，「鬼無藤井遺跡 高松港頭地区再開発関連事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書」，高松市埋蔵文化財調査報告書第51集，高松市教育委員会，233－250。

北野信彦，2003，高松城城下町武家屋敷出土漆器資料の材質と製作技法，「高松城跡（西の丸町地区）II第1冊分，サンポート高松総合整理事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第4冊」，香川県埋蔵文化財調査センター・財団法人香川県教育委員会，175－186。

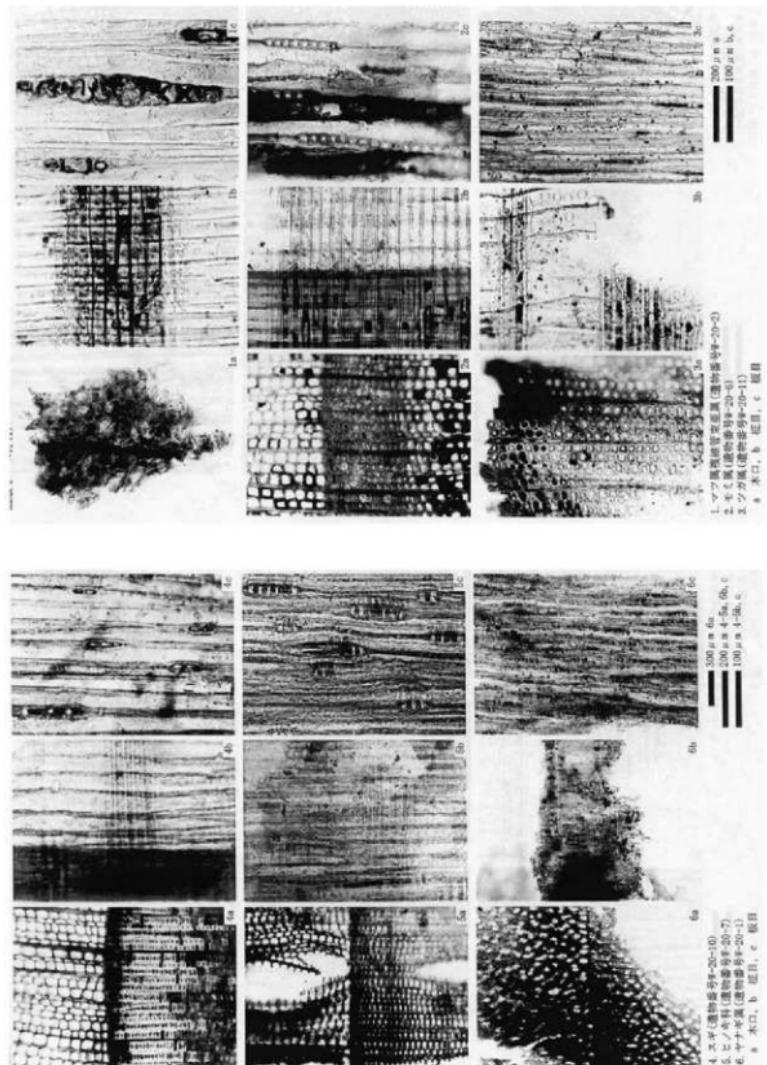
バリノ・サーヴェイ株式会社，1992，木製品の樹種，「東山崎・水田遺跡 高松東道路に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第1冊」，香川県教育委員会，財団法人香川県埋蔵文化財調査センター，建設省四国地方建設局，358－368。

バリノ・サーヴェイ株式会社，1993，郡家一里屋遺跡出土木製品の用材選択について，「郡家一里屋遺跡四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化発掘調査報告第12冊」，香川県教育委員会・財団法人香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公团，227－230。

Richter H.G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P.E. (編), 2006, 針葉樹林の識別 IAWAによる光学顕微鏡的特徴リスト, 伊東隆夫・藤井智之・佐野雄三・安部 久・内海泰弘(日本語版監修), 海青社, 70p. [Richter H.G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P.E. (2004) IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification].

島地 謙・伊東隆夫, 1982, 図説木材組織, 地球社, 176p.

Wheeler E.A., Bass P. and Gasson P.E. (編), 1998, 広葉樹林の識別 IAWAによる光学顕微鏡的特徴リスト, 伊東隆夫・藤井智之・佐伯 浩(日本語版監修), 海青社, 122p. [Wheeler E.A., Bass P. and Gasson P.E. (1989) IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification]



第3節 石材調査

石垣解体前および解体中に、石垣に用いた石材調査を実施し、石材カルテを作成した。挙大よりも大きな石材は全て対象としており、築石のみならず大振りな間詰め石もカルテを作成した。カルテ作成にあたっては、石垣の各面に名称を与え、天端を1段目とした段数と各段の中での番号を作成し、石材番号とした。例えば石材番号「A-1-1」は、A面の1段目の1石目の石材であることを表す。カルテの記載項目は、①計測値（面縦長、面横長、控え長、重量）②石材名称③配石状況④加工状況⑤積み方⑥配置位置⑦矢穴形状⑧各種痕跡⑨所見⑩石材利用判別⑪写真記録（石垣積正面・石垣積上面・解体計測状況）の11項目である。以下それぞれの記載内容について詳述する。なお、作成したカルテは本書付属のDVDに収録した。

- ①計測値では、石材の石垣を形成する面の法量と、控えの長さ、重量（t）を記録した。隅角部の石材は、各面ごとにカルテを作成しているため、各石2枚のカルテを作成している。
- ②石材名称は、花崗岩・安山岩・凝灰岩の種別を肉眼判定し、記載した。
- ③配石状況は、石材の積み方を調査したもので、積まれた状態での石材の長辺方向を縦・横・斜に区分して記載した。
- ④加工状況では、石材の加工の程度について、5段階に区分して記載した。野面は全く加工がなされていないものとした。この野面石を数回程度叩き割ることで成形したもの割石（粗）とし、矢などを用いて石材を割ることにより成形したもの割石（精）とした。割石をさらに再分割し、形を整えるために加工したものを加工（粗）とした。さらに、加工が全面における自然面や割面を全く残さないものを加工（精）とした。
- ⑤積み方は、築石については、乱積み、布積み、谷積み等に区分し、隅角部については算木積みの有無で区分した。
- ⑥配置位置は、隅角部、築石部、間詰めに区分した。
- ⑦矢穴形状は、矢穴の位置・法量（縦×横×穴の厚み）・個数を記録し、成功したか途中で放棄したものかを区分して記載した。
- ⑧各種痕跡では、加工（矢穴、ノミ切り）・傷み（ワレ・ヒビ）・付着物（貝殻、モルタル等）の有無と、確認できる範囲について記載した。
- ⑨所見では石材の石垣面を正面とし、⑧で確認した各種痕跡の範囲や数について略図を作成した。
- ⑩石材利用判別では、まず石材の破損区分を調査した。石材にほとんど傷みがないものは良好とし、石材が割れているものはワレとし、完全に割れてはいないがヒビが見えるものおよび節理が見えるものはヒビとした。また、石材全体が風化などにより傷んでいるものは劣化とした。なお、石材自体の破損ではないが、控えが極端に短いものについては控短とした。また、破損理由についても調査したうえで、再利用の可否を判別した。再利用を行う場合は、再利用区分に原位置と記載した。再利用を行わない場合は、再利用区分を転用とし、転用先と転用先の理由について記載を行った。

①写真記録では、解体中の石材に墨で石材番号を書きし、正面・上面・側面の3方向からの写真撮影を基本とした。石材の位置によって3方向からの撮影が困難であった石材もいくつか存在する。

石材調査カード		高松市教育委員会		
石材番号	A-1-1	記入者		
①計測値(計測最大値)		②石材名称 花崗岩		
面縦長	0.52 m	③配石状況	横	
面横長	1.63 m	④加工状況	割石(精)	
控え長	0.57 m	⑤積み方	算木	
重量	1.30 t			
⑥配置位置	隅角部			
1.	上面	11 × 7 × 1 cm	11 個	成功
2.	面	× × cm	個	成功・途中放棄
3.	面	× × cm	個	成功・途中放棄
4.	面	× × cm	個	成功・途中放棄
5.	面	× × cm	個	成功・途中放棄
⑦矢穴形状				
⑧各種痕跡	矢穴(上) ノミ切り(正・左)			
⑨所見(略図：各種痕跡・加工範囲・加工具等記載)				
⑩石材利用判別		可		(修正の場合は朱書きとする)
破損区分	良好			
破損理由				
再利用区分	原位置			
再利用理由				
転用先				
転用先理由				
備考				

第5-161図 石垣カルテ見本(1)

なお、石材については割れ石からサンプルを抽出し、薄片プレパラートを作成して分析を行った。顕微鏡観察により、高松城周辺の岩石サンプルと比較した結果、花崗岩については屋島～庵治にかけての花崗岩に近いことが判明した。安山岩については、産地の特定にはいたらなかった。凝灰岩についてはサンプルを作成していないが、石工等の目視により、豊島産の可能性が高いと考えられる。

A-1-1

(1)写真記録3枚(石垣積正面・石垣積上面・解体計測状況)



コメント:



コメント:



コメント:

第5-162図 石垣カルテ見本(2)

石材調査カード

高松市教育委員会

石材番号	A-2-29	記入者						
①計測値(計測最大値)		②石材名称 安山岩						
面縦長 面横長 控え長 重量	0.29 m 0.26 m 0.50 m 0.10 t	③配石状況 縦 ④加工状況 野面 ⑤積み方 乱						
⑥配置位置	間詰め							
⑦矢穴形状	1. 面	×	×	cm	個	成功	・	途中放棄
	2. 面	×	×	cm	個	成功	・	途中放棄
	3. 面	×	×	cm	個	成功	・	途中放棄
	4. 面	×	×	cm	個	成功	・	途中放棄
	5. 面	×	×	cm	個	成功	・	途中放棄
	⑧各種痕跡							
⑨所見(略図：各種痕跡・加工範囲・加工工具等記載)								
⑩石材利用判別		可	(修正の場合は朱書きとする)					
破損区分	良好							
破損理由								
再利用区分	原位置							
再利用理由								
転用先								
転用先理由								
備考								

A-2-29

⑪写真記録3枚(石垣積正面・石垣積上面・解体計測状況)



コメント:



コメント:



コメント:

第5-164図 石垣カルテ見本(4)

第4節 工学的調査

第1項 ポーリング調査

本調査は、石垣足下のハラミが広範囲で生じた原因を探るため、天守台周辺地盤の現状把握を目的とした。調査は、石垣解体工事の実施設計を行った、株式会社空間文化開発機構に委託した。調査期間は平成18年11月2~8日。

調査内容 ポーリング調査 4箇所 L=28m

原位置試験（標準貫入試験） 28回

第5-3表 地質調査一覧表

孔番号	地盤高 (m)	機械ポーリング (φ 66mm)				標準貫入試験(回)				水 上 場 (箇所)	備 考		
		調査深度(m)		標準貫入試験(回)									
		粘土 シルト	砂 砂質土	礫混り 土 砂	計	粘土 シルト	砂 砂質土	礫混り 土 砂	計				
BNo. 1	-0.03	0.00	4.30	2.70	7.00	0	5	2	7	1			
BNo. 2	-0.18	0.00	4.30	2.70	7.00	0	5	2	7	1			
BNo. 3	-0.48	0.20	4.80	2.00	7.00	1	5	1	7	1			
BNo. 4	-0.43	0.00	5.00	2.00	7.00	0	6	1	7	1			
合 計		0.20	18.40	9.40	28.00	1	21	6	28	4			

※調査位置は第5-167図に示す。

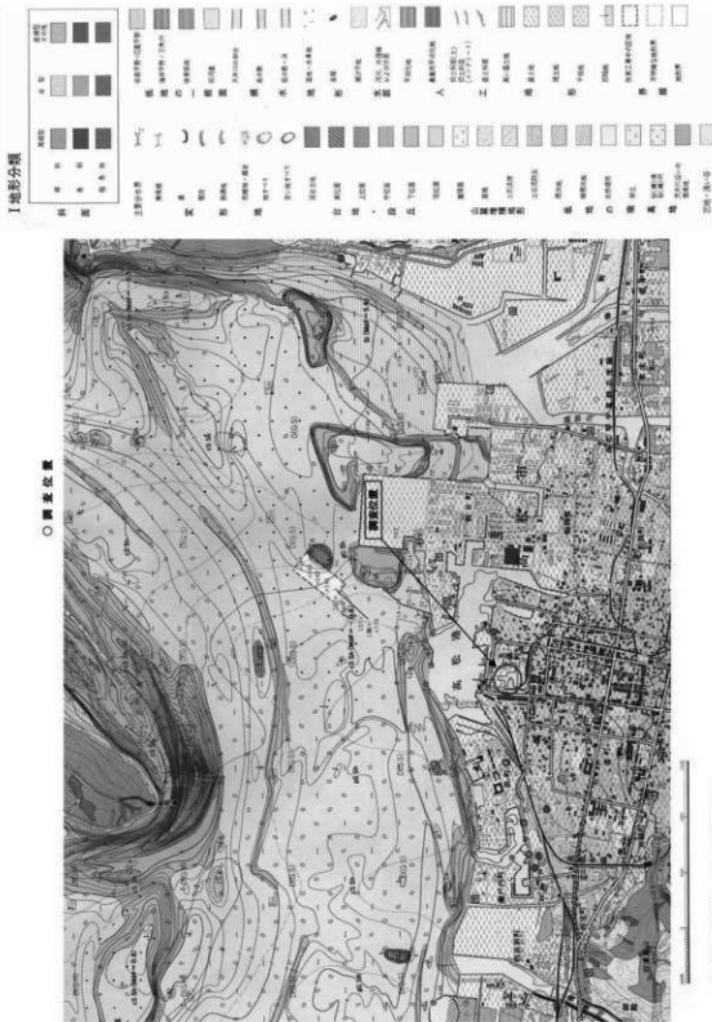
調査地周辺の地質概要

調査地は、高松低地の北端沿岸部に位置する。西方には紫雲山地（紫雲山 200.0 m, 石清尾山 232.6 m）が、東方には屋島山地（南嶺 292.1 m）が控えている。天正16年（1588）に生駒親正が旧香東川河口の八輪島付近を埋立て、高松城を築城した。以来、人工的に埋め立てられた地域が広がっている。旧香東川は、紫雲山の東側を流れ、調査地周辺で分流して三角州を形成した。東方に流下する現在の御坊川や高松港の入り江は、分流によって形成された流路の一つと考えられる。周辺は商業経済の中心として、中・高層ビルが立ち並ぶ臨海都市となっている。

地質は、周辺の丘陵を構成する中生代白亜紀の領家花崗岩類を基盤岩とし、同岩上に下位より、新生代新第三紀鮮新世の三豊層群、第四紀更新世の洪積層、完新世の沖積層と成層する。山頂部の溶岩は、第三紀中新世の讃岐層群で花崗岩類を貫いている。沿岸部の沖積平野は、地形発達史から大まかに見れば、洪積世末期の古期扇状地が沖積世初期の海進で海底に沈み、その後の海退にともない再び海岸平野としてあらわれた。そこへ河川によって運ばれた砂礫が被覆して新期扇状地を形成している。臨海部の沖積層は、下位から沖積下部層（旧扇状地層）、沖積上部層（海成層）、沖積最上部層（扇状地～三角州性）と成層しているが、今回の調査深度は、沖積層の上部にとどまっている。高松城跡がある沖積層は、扇状地性であるが臨海部では三角州性を呈している。したがって、本地区の盛土直下には、扇状地性の砂礫質な粗粒土や三角州性の砂・シルトおよび粘土などの細粒物質が互層状態に分布している。粗粒土は、上流山地の和泉砂岩泥岩および花崗岩類の礫を含み、拳～人頭大の砂岩が混入する場合もある。次頁以降に、「香川県の地質層序表」および周辺の「土地条件図」と「地質図」を示す。

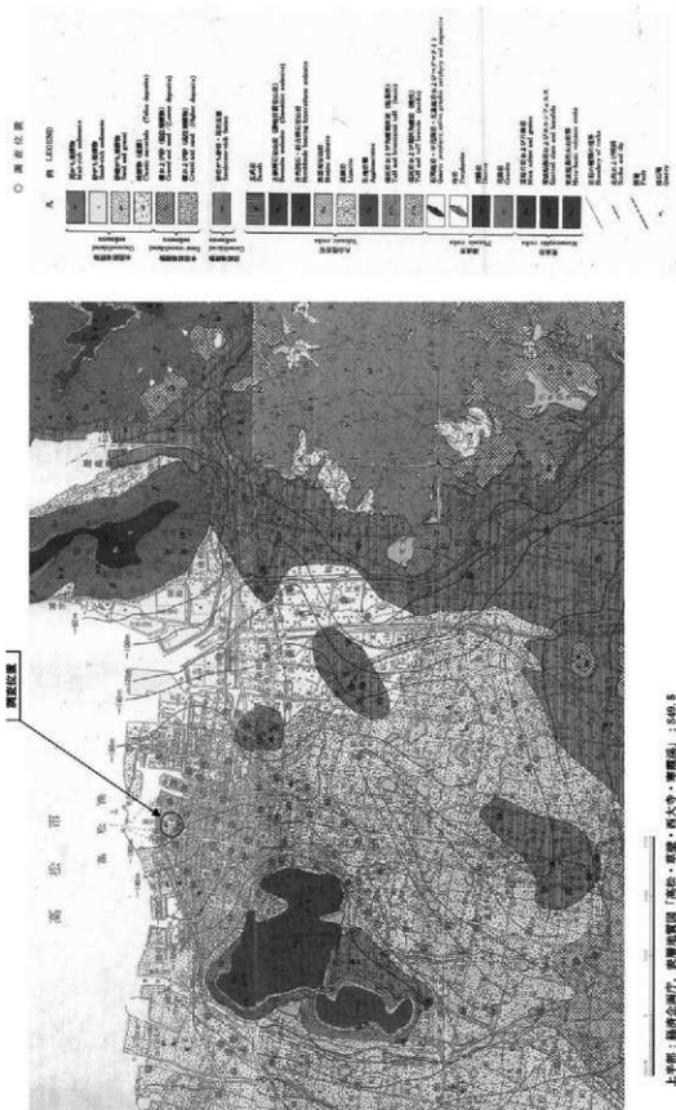
第5-4表 香川県の地質層序表

地質時代		地層名	記号	層相		
新生代	第四紀	沖積世 (完新世)	沖積層 (完新統)	Al	河口 海岸平野	新期河川堆積物： dta 粘土 c, 砂 s, 磨 g
					河谷平野 氾濫原	河川氾濫堆積物： rd 粘土 c, 砂 s, 磨 g
					扇状地 平野	扇状地堆積物： fan 粘土 c, 砂 s, 磨 g
					崖錐 : Tl	碎屑物 : cls
					低位段丘 : L	河成段丘堆積物： rtr 粘土 c, 砂 s, 磨 g
	紀	洪積世 (更新世)	洪積層 (更新統)	Dl	中位段丘 : M	河成段丘堆積物： rtr 粘土 c, 砂 s, 磨 g
					高位段丘 : H	旧期扇状地堆積物： ofan 粘土 c, 砂 s, 磨 g
					(更新世) ~ 鮮新世	三豊層群
	第三紀	中新世	讃岐層群	M	丘陵前縁 平野伏在	湖沼性堆積物 : アルコース 砂岩 ark, シルト岩 sls
					熔岩 火山	各種火山岩類 An : 讃岐岩 S
			土庄層群	Sa	碎屑岩 (キャップ ロック)	讃岐岩質安山岩 As, 黒雲母 安山岩 Ab, 角閃石安山岩 Ah 古銅輝石安山岩 Ap, 流紋岩 Ry 集塊岩 Ag, 凝灰角礫岩 Tb 等
					To	小豆島北西部 ~ 豊島北部	海成層 : 花崗質砂岩 ark 礁岩 Cg, 亜炭 lign 等
中生代	白堊紀	先和泉	ヘトナイ世	Iz	讃岐山脈	海成層 : 砂岩 Ss, 泥岩 Ms 互層
			斑岩・ ヒン岩類	Pb	貫入岩 (岩株・ 岩脈)	石英斑岩 Qp, 花崗斑岩 Gp 閃綠岩 Dr, ヒン岩 Po 変輝綠岩 Ed 等
			領家花 崗岩類	Gr	深成 進入岩	黒雲母花崗岩 Gb 花崗閃綠岩 Gd, 角閃石黒雲母花崗岩 Gh, 閃綠岩 Dr 等
			領家変 成岩類	Ge	接触變成 (バッチ状)	山口層群變成層 : 雲母片岩 Msh, ホルンフェルス Hr 片麻岩 Gn, 变成輝綠岩 Ed



第5—165圖 土地條件圖

土地条件圖「嵩松」；國土地理院，S58.1



第5—166図 地質図

調査結果

ボーリング調査の結果は、柱状図（第5-168～171図）ならびに推定地質断面図（第5-172～175図）のとおりであるが、概略を以下に示す。

第5-5表 BNo. 1 GH=-0.03m I=7.50m

深 度 (m)	土 質 名	N 値	地質 記号	観 察 記 事
2.70	砂 磨	8～12	Ag	沖積礫質土 礫は ϕ 5～20mm の亜円礫を主体に 40～50% 混入する 砂は中～粗粒砂主体も粗粒砂多い 含水非常に多い 相対密度は「緩い～中位の」である
7.50	砂	8～20	As	沖積砂質土 細～中粒砂主体 4.0～4.5m, 7.0～7.5m 間はシルト質～シルト混り 5.5m 付近、微粒砂層挟在 相対密度は「緩い～中位の」である

第5-6表 BNo. 2 GH=-0.18m I=7.50m

深 度 (m)	土 質 名	N 値	地質 記号	観 察 記 事
2.70	砂 磨	5～8	Ag	沖積礫質土 礫は ϕ 5～10mm の亜円礫を主体に 30～40% 混入する max ϕ 20mm 砂は中～粗粒砂主体も粗粒砂多い 含水非常に多い 相対密度は「緩い」である
7.50	砂	9～20	As	沖積砂質土 細～中粒砂主体 5.0～5.5m 間、シルト質 6.2m 付近、貝殻片混入 6.0m 以深、シルト質砂の薄層混在 相対密度は「中位の～緩い」である

第5-7表 BNo. 3 GH=-0.48m I=7.50m

深度 (m)	土質名	N値	地質記号	観察記事
2.00	砂礫	15	Ag	沖積礫質土 礫はφ 5～20mmの亜円礫を主体に40～60%混入する 砂は中～粗粒砂主体も粗粒砂多い 含水非常に多い 相対密度は「中位の」である
6.80	砂	15～28	As	沖積砂質土 細～中粒砂主体 6.0m以深、少量のシルト分混入 相対密度は「中位の」である
7.50	砂混りシルト	6	Ac	沖積粘性土 砂は微～細粒で30～40%混入する シルトの粘性は小さい コンシスティンシーは「中位の」である

第5-8表 BNo. 4 GH=-0.43m I=7.50m

深度 (m)	土質名	N値	地質記号	観察記事
2.00	砂礫	12	Ag	沖積礫質土 礫はφ 5～20mmの亜円礫を主体に40～50%混入する max φ 50mm 砂は中～粗粒砂主体も粗粒砂多い 含水非常に多い 相対密度は「中位の」である
7.50	砂	12～28	As	沖積砂質土 細～中粒砂主体 2.0～2.5m間に、φ 10mm程度の亜円礫点在 7.0～7.5m間、微～細粒砂に少量のシルト分混入する 相対密度は「中位の」である

地質構成

本調査地に分布する地層および層相（特徴）を以下にまとめる。

第5-9表 調査地の層相

時代	地層名	層相および特徴	記号
現世	盛土	築城時の盛土	Bs
新生代 第四紀 完新世	沖積層	最上部を占める扇状地性の礫質土。砂岩・泥岩礫を主体に細～中粒の亜円礫が30～60%の確率で混入する。基質の砂は中～粗粒砂で含水が非常に多い。層厚は2.0～2.7m程度で、締まりは緩い～中位程度である。	Ag
		三角州性の砂質土。上層の砂より細粒となり、細～中粒砂が主体。所々、シルト質～シルト混りであり微粒砂の薄層も含まれる。また、わずかに貝殻片の混入も見られる。締まりは礫質土同様、緩い～中位程度である。	As
		BNo.3の砂質土直下のみに認められ、上層の砂質土より細粒化し粒度構成は漸移する。砂は微～細粒砂となり、細粒分全体の粘性は小さい。硬さは中位程度である。	Ac

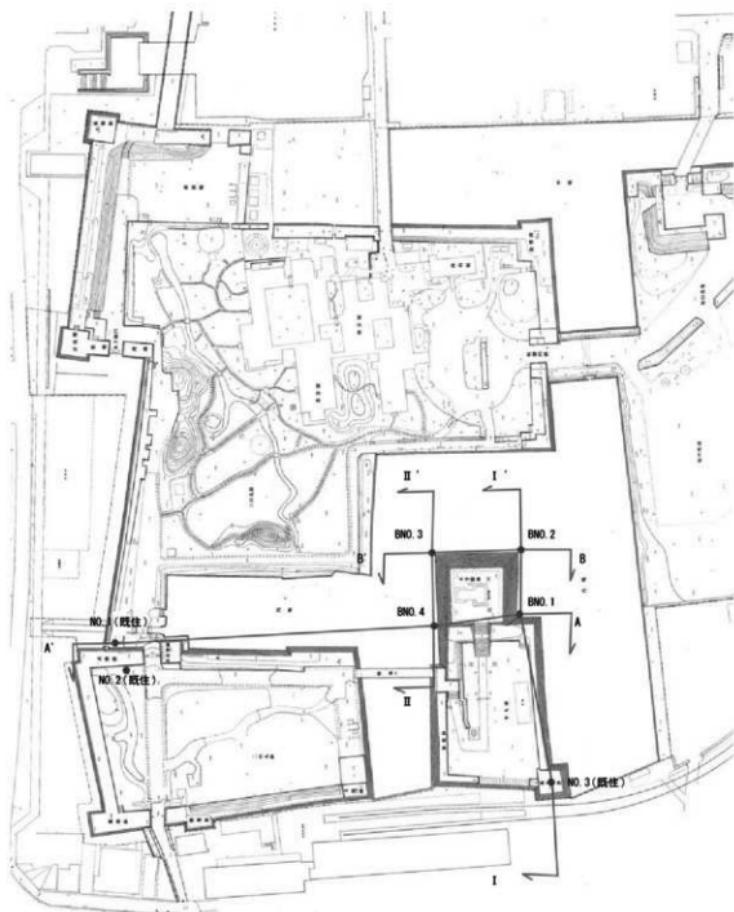
まとめ

調査結果を踏まえ、調査地の地層区分（地質記号）を以下のとおりとした。

盛 土	(Bs)
沖積礫質土	(Ag)
沖積砂質土	(As)
沖積粘性土	(Ac)

各調査地点から沖積層の最上部が確認された。深度7.5mにおける地質構成は、上位より沖積礫質土(Ag)、沖積砂質土(As)、沖積粘性土(Ac)が成層している。各層は、上位から下位に向かって粗粒土から細粒土へ細粒化していることから、三角州性から扇状地性へと水深が次第に浅くなつていったものと考えられる。

各層の締まりは、一部緩い(N 値<10)部分を挟みながら、その他は中位程度(N 値=10～28)の締まりを有している。BNO.2の相対密度が他と比べて低い理由は、旧河道上を調査したためということが、後の発掘調査で明らかとなった。地下水位は、堀に海水を引き込んでいることから、海面潮汐と同調している。天守台は、緩い～中位の締まりを有する沖積礫質土の上に築かれている。これにより石垣足下のハラミが広範囲で生じたのか、それとも石垣背面土圧等の別要因があるのか、本調査結果だけでは結論に至らなかった。いずれにしても、天守台周辺地盤の締まりは十分(N 値30以上)とは言えず、地盤改良などにより地耐力の向上、もしくは石垣基礎の支持力を増加する補強(杭や基礎拡大等)を検討する必要があると判断した。なお、推定地質断面図については、城内の既往調査結果を加えて示す。



第5-167図 調査位置図

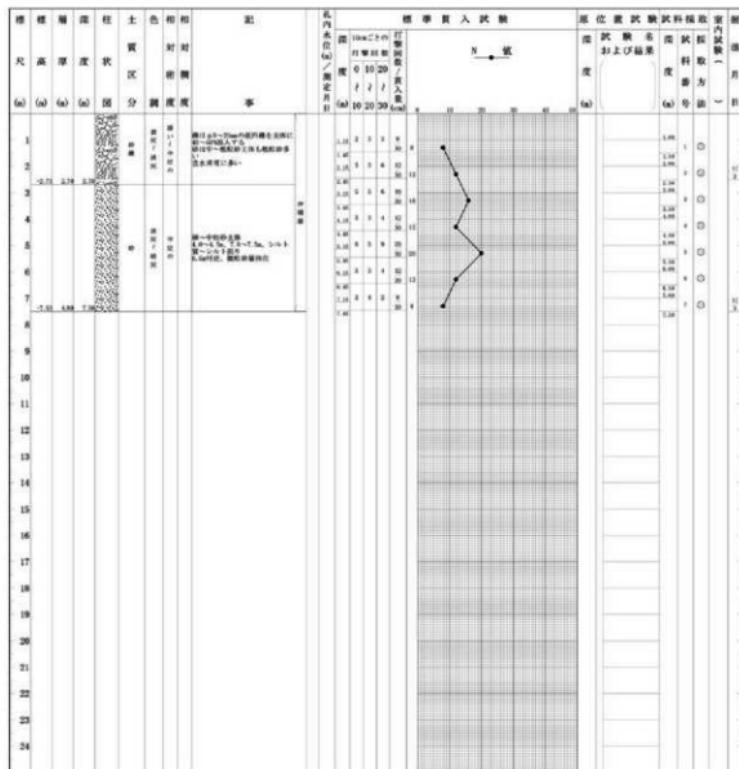
ボーリング柱状図

調査名 安藤高松被略天守台石垣解体工事実施設計委員会、地耐力調査

ボーリング場

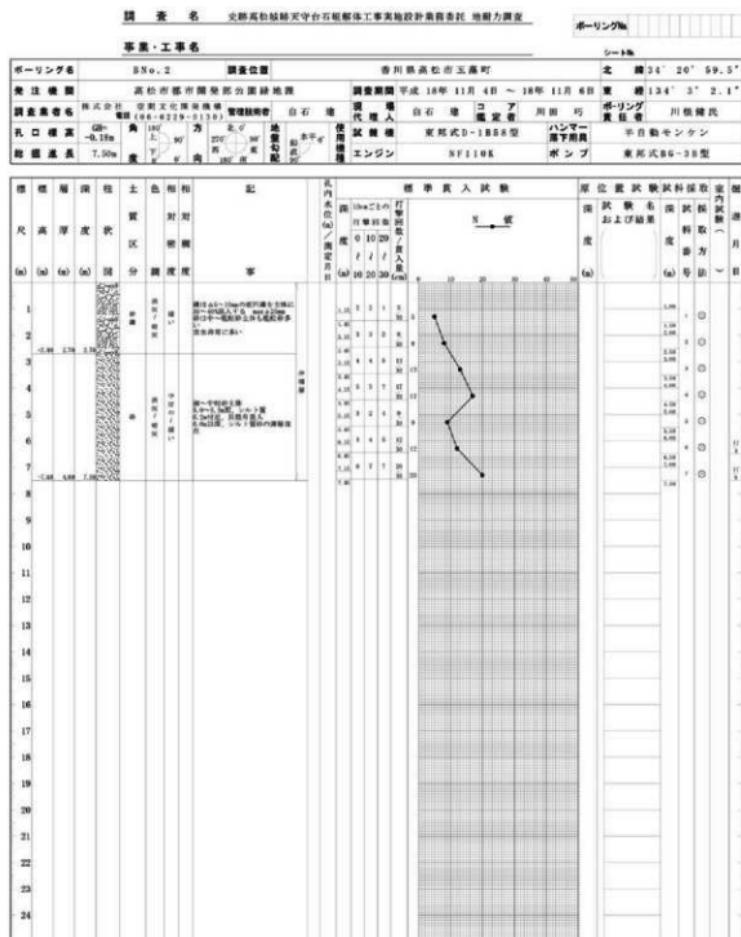
專題·工藝名

ボーリング名	B6-1	調査位置	香川県高松市玉藻町	北緯 34° 20' 59.7"
発生種別	高松市都市開発部公園緑地課		震度 震度 104.3° 3' 1.0"	
調査責任者名	吉元氏 田中文化園場所 電話 (08-6228-9128)		震度 震度 104.3° 3' 1.0"	
孔口標高	GSI=6.0 -0.03m	方位 北 30° 東 230°	震度 震度 104.3° 3' 1.0"	
探査深度	7.50m	地盤 土質 上部 下部	震度 震度 104.3° 3' 1.0"	
エンジン	NFI16K	ポンプ	震度 震度 104.3° 3' 1.0"	



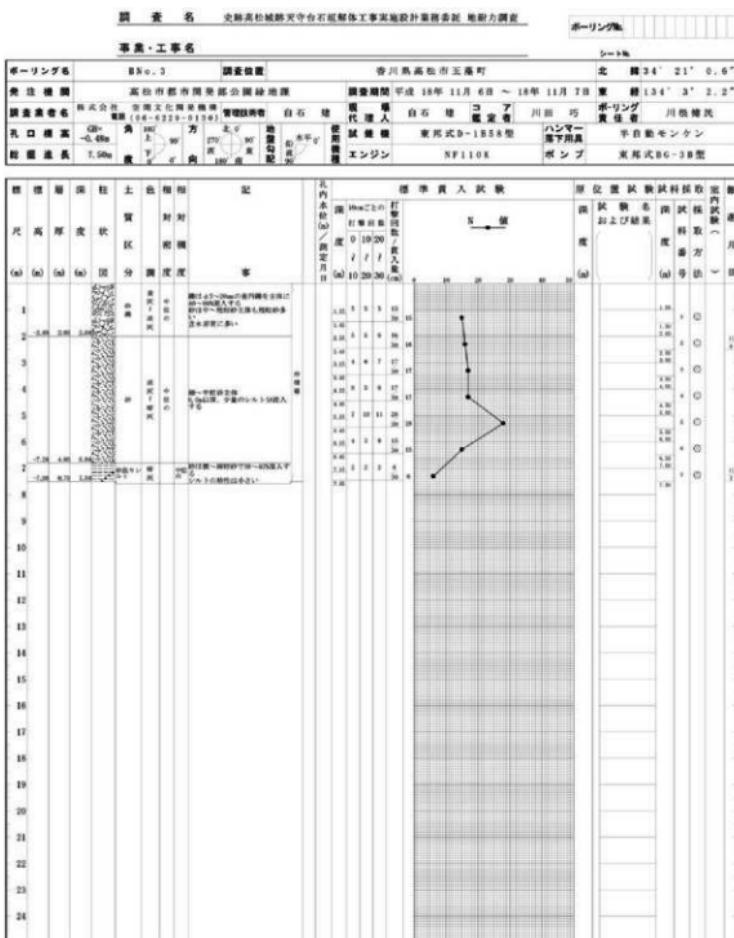
第5-168図 BN₀1ボーリング柱状図

ボーリング柱状図



第5-169図 BNo. 2 ボーリング柱状図

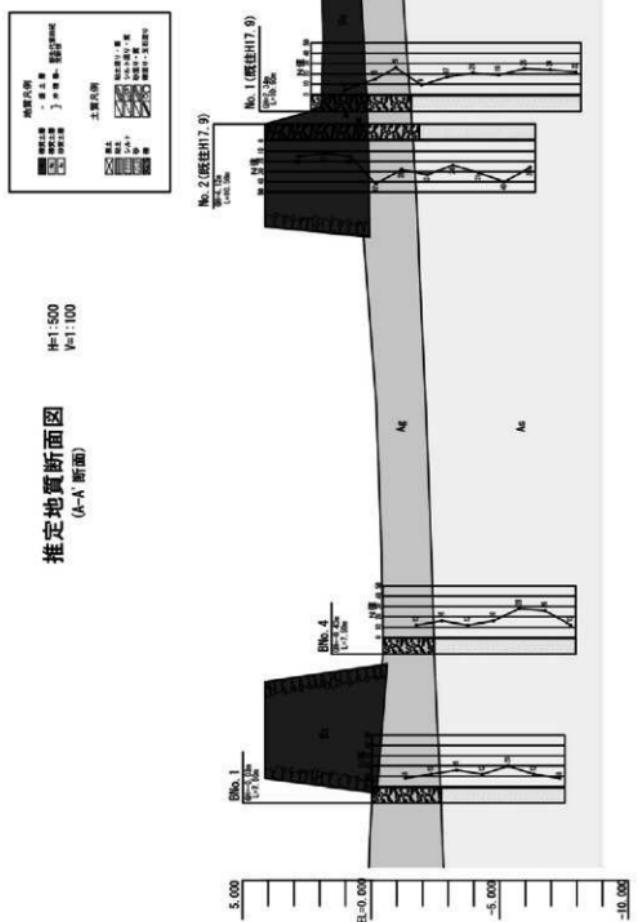
ボーリング柱状図



第5-170図 BNo. 3 ボーリング柱状図

ボーリング柱状図

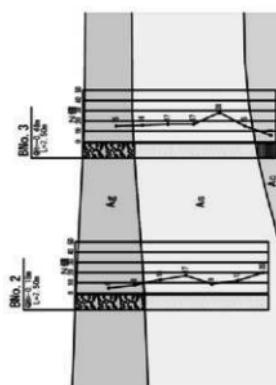
第5-171図 BN₂ 4ボーリング柱状図



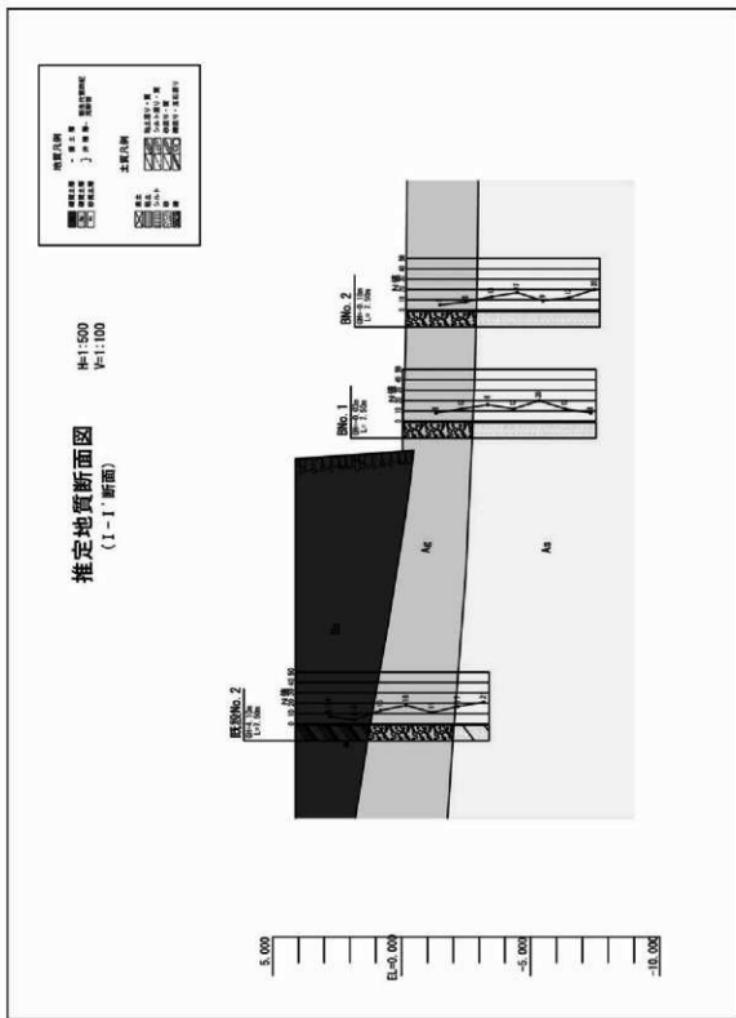
第5—172回 推定地質断面図 $A-A'$ 断面

推定地質断面図
(B-B'断面)

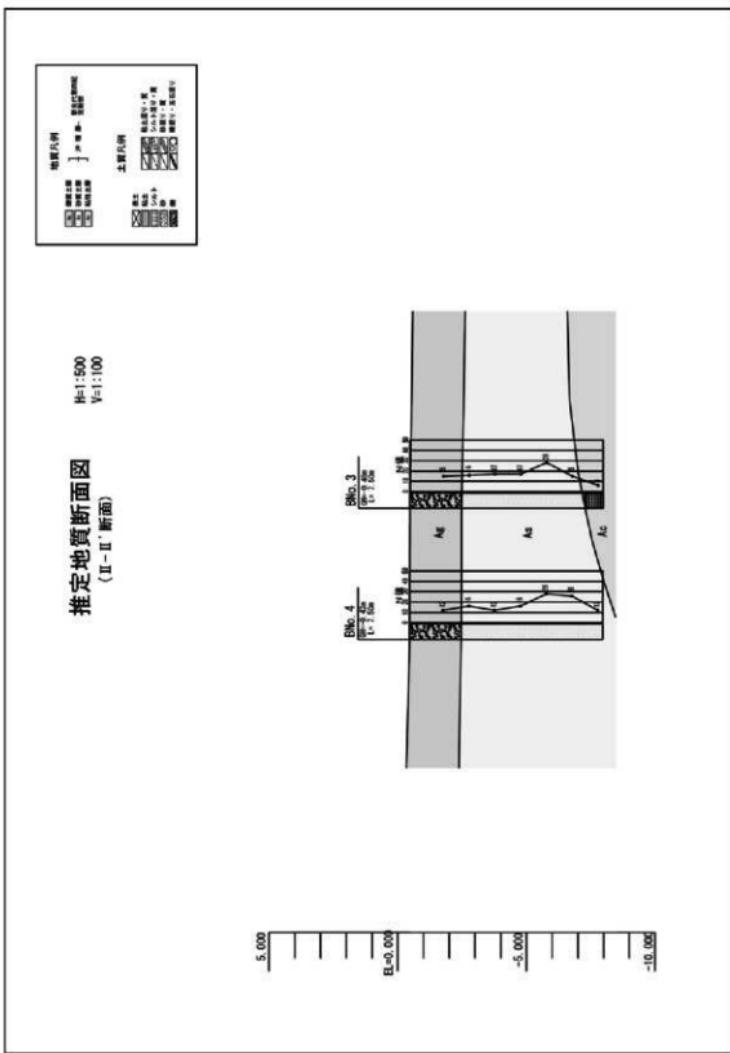
H=1:500
V=1:100



第5-173 図 推定地質断面図 B-B' 断面



第5—174圖 推定地質斷面圖 I—I' 斷面



第5-175図 推定地質断面図 II-II' 断面

第2項 土質試験

石垣背面盛土の掘削勾配および掘削土の再利用について検討するため、土質試験にて盛土の強度を調べた。ここでは土質試験結果および切土法面の安定化についてまとめる。盛土の評価および掘削土の再利用については、第6章の盛土対策にまとめる。

試験内容 土粒子の密度試験

土の含水比試験

土の粒度試験

土の液性限界試験および塑性限界試験

土の潤滑密度試験

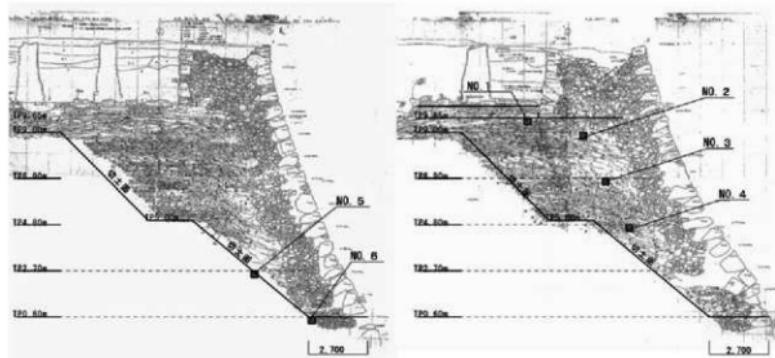
突き固めによる土の締固め試験

土の一軸圧縮試験

改良型一面せん断試験（不搅乱および搅乱）

採取箇所

石垣解体作業に合わせて、天守地下1階直下と裏込め栗石層の背後から高さ約2m毎に試料を採取した。全て同じ面から試料を採取する予定としていたが、NO.1～4までを採取した石垣D面は、盛土下部に多量の礫を含み、不搅乱の状態で採取することが困難となった。そこでT.P.2.70m以下は、隣のC面から採取した。盛土は非常に柔らかかったが、ネイルサンプラーにて不搅乱の状態で採取することができた。



第5-176図 試料採取箇所図（左：C面・右：D面）

試験結果

土質試験結果を以下にまとめる。なお、各試験のデータシートは第5-179~283図に添付する。

第5-10表 土質試験結果一覧

	細粒分 (%)	含水比 (%)	間隙比	ρ_d (g/cm ³)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	C u (kN/m ²)	ϕ_u (°)	C' (kN/m ²)	ϕ' (°)	
NO. 1	不攪乱	10.9	8.5	0.868	1.408	1.729	57	22.8	6	37.4
	攪乱						43	53.8	0	41.0
NO. 2	不攪乱	10.5	7.1	0.845	1.424	1.682	89	31.6	3	42.7
	攪乱						75	43.4	0	39.8
NO. 3	不攪乱	13.1	10.5	0.661	1.587	1.816	76	45.3	16	38.9
	攪乱						285	28.3	0	42.4
NO. 4	不攪乱	29.4	13.6	0.552	1.703	1.868	181	51.1	50	39.1
	攪乱						186	29.2	0	41.5
NO. 5	不攪乱	16.8	9.8	0.519	1.740	1.913	228	34.0	171	22.1
	攪乱						311	64.9	131	34.9
NO. 6	不攪乱	24.2	18.4	0.552	1.741	1.947	89	34.0	0	45.6
	攪乱						146	28.0	0	41.2

ρ_d : 乾燥密度, ρ_{dmax} : 最大乾燥密度, C' : 粘着力, ϕ' :せん断抵抗角

掘削勾配

天守台を画する石垣C~E面は、いずれの面も足下でハラミが広範囲に生じていることから、T.P. 0.6 m付近まで解体する予定としていた。天守地下1階の地盤高がT.P. 10.4 mであることから、切土高は約10 mとなる。日本道路協会の『道路土工、法面工・斜面安定工指針』によると、土質が砂質土で密実な場合、切土高が10 m以下の勾配(割)は1:1.0を標準値としている。しかも、切土高5~10 mの間隔で小段を設ける必要があり、安定した地盤でも大規模な掘削が必要となる。背面盛土は、栗石と同様に裏込め材の一部であり、可能な限り残すことが望ましい。しかし、解体作業に従事する作業員の安全を第一に考え、安全勾配で掘削しなければならない。そこで、解体作業を進めながら常に最新データを基に掘削勾配の見直しを行い、法面の安定を保った上で掘削規模の縮小に努めることとした。

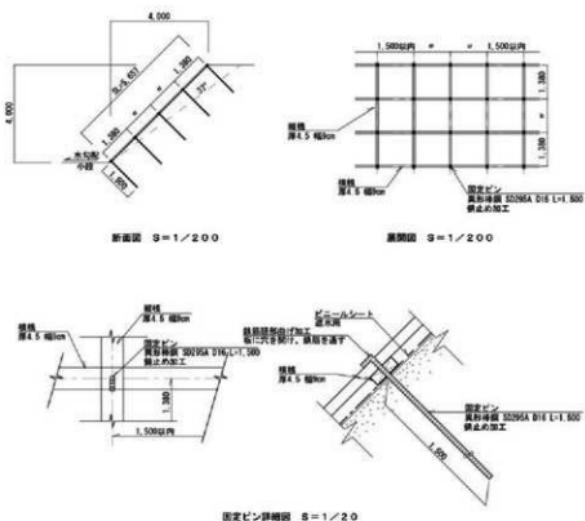
第5-11表 切土法面勾配の基準

地山の土質及び地質	土工 振 鉤		標 準 値
	切土高(m)	勾配(割)	
硬 岩	硬岩		0.3
	中硬岩	1:0.3~1:0.8	0.6
軟 岩	軟岩Ⅱ		0.7
	軟岩Ⅰ	1:0.5~1:1.2	1.0
砂		1:1.5~	1.8
	密実なもの	5m以下 1:0.8~1:1.0 5m~10m 1:1.0~1:1.2	1.0
砂 質 土	密 実 で ない も の	5m以下 1:1.0~1:1.2 5m~10m 1:1.2~1:1.5	1.2
	密 実 な も の 又は粒度分布の良いもの	10m以下 1:0.8~1:1.0 10m~15m 1:1.0~1:1.2	1.0
砂利 又は 岩塊混り砂質土	密 実 で ない も の 又は粒度分布の悪いもの	10m以下 1:1.0~1:1.2 10m~15m 1:1.2~1:1.5	1.2
	粘 性 土 等	10m以下 1:0.8~1:1.2	1.2
岩塊混入玉石 混りの粘性土	5m以下 1:1.0~1:1.2		
	5m~10m 1:1.2~1:1.5	1.2	

設計は、背面盛土を密実なものと想定して、掘削勾配を1:1.0(45度)として中段に幅2mの小段を設けた。しかし、天守地下1階直下の盛土は非常に柔らかく、T.P. 9.7 m付近から採取した試料N.O.1の内部摩擦角(安定勾配)は37.4度であった。解体完了から積直しを始めるまでにある程度の時間を要することから、遮水シートで覆うだけで法面の安定を保つには難しい数値であった。それでも盛土下部は、盛土から長期間を経ていることから、それなりの強度を期待した。しかし、その後の土質試験結果も数値が上がらず法面安定化の対応に迫られた。

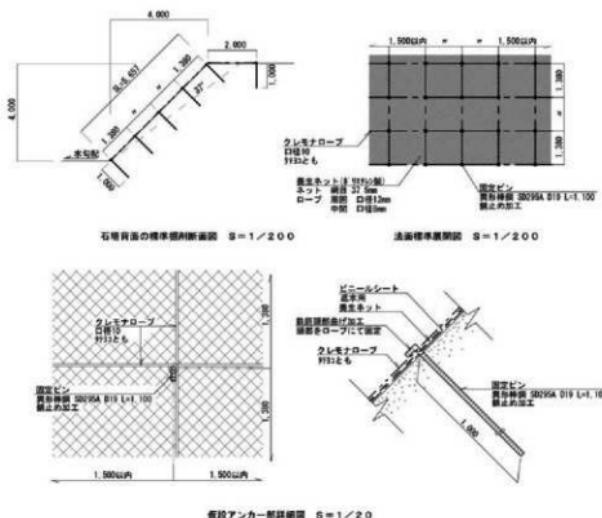
法面安定化

安全勾配まで倒すという選択肢もあったが、可能な限り背面盛土を残すという考え方を尊重して、法面を補強することで安定化を図ることとした。工法を検討する上で、法面に対する影響が少ないこと、背面盛土を行う際に補強材が容易に除去できることを条件とし、2つの工法を考案した。



第5-177図 木枠養生案

第5-177図の工法は、切土法面を遮水シートで覆い、1.5 m間隔の格子状に組んだ木枠でシートを押さえる。木枠の交点に銷止め加工した鉄筋棒(φ 16mm・異形棒鋼)を法面が安定する深さまで打ち込むものである。



底盤アンカーボルト詳説図 S=1/20

第5-178図 ネット養生案

第5-178図の工法は、切土法面を遮水シートで覆い、ポリエチレン製のネットで押さえる。1.5 m間隔で鉄筋棒（ $\phi 16\text{mm}$ ・異形棒鋼）を法面が安定する深さまで打ち込み、ロープにて鉄筋棒の頭部を格子状に連結するもの。本丸南西隅にある地久櫓台石垣の背面盛土に施し、成果を上げている。

両案とも法面への影響を考慮して鉄筋棒（以降「固定ピン」とする）の径を細くしたため、打ち込みによる地盤の締固めは望めない。しかし、固定ピンを連結することで、背面盛土の拘束一体化が期待できる。砂質土層に対して杭を打ち込み地盤の一体化を図る場合、1.4 m間隔が最も効果的であることが土木工学における研究で証明されている。2案を比較した場合、後者は前者に比べて施工性が優れている。しかし、固定ピンをロープで連結していることから、張力（杭の間隔が開くときに生じる）が働いた場合に一体化が維持できる。もっとも、格子状にロープを張ることから、逆の収縮の場合でも多少の一体化は期待できる。これに対して前者は、木材で連結していることから、張力と収縮のいずれにも適応する。今回は地久櫓台よりも規模が大きく、掘削後の切土法面が多面体となることから、法面の安定をより確実なものとするため木枠養生案を採用した。

JIS M 0302		岩石の一輪圧縮試験		結果用紙	
測定料名	測定場所	試験料名	試験場所	標本番号	
試験年月日	平成20年4月3日	試験者	標本番号	No.3	
試験機種形式	開き直通型製作所	No.1	No.2	No.3	
孔 号	試験番号	測定状態	測定状態	測定状態	
面	度	自然状態	自然状態	自然状態	
供 試 体 状 態	度 d (cm)	5.10	5.09	5.11	
断 面 高 度 Aa 高 度 H 体 体	度 H (cm)	20.43	20.35	20.51	
高 度 H 高 度 H 体 体	度 V (cm)	10.00	9.96	9.96	
質 量 W 密 度 ρ 無 構 造 P0 無 構 造 P0	量 W (g)	204.28	202.87	202.21	
質 量 W 密 度 ρ 無 構 造 P0 無 構 造 P0	度 ρ (g/cm ³)	53.72	52.43	56.84	
無 構 造 σ ₀ 無 構 造 σ ₀	度 ρ (MN)	2.29E+01	2.36E+01	2.29E+01	
無 構 造 σ ₀ 無 構 造 σ ₀	度 σ ₀ (MN/m ²)	112	64.0	112	
無 構 造 ε 無 構 造 σ	度 ε (×10 ⁻³)	657.4	1877.1	405.4	
無 構 造 σ 無 構 造 σ	度 σ (MN/m ²)	28.7	20.9	41.1	
無 構 造 σ ₀ 無 構 造 σ ₀	度 σ ₀ (MN/m ²)	4.38E+04	1.20E+04	1.01E+05	
無 構 造 ε 1 無 構 造 ε 2	度 ε 1 (×10 ⁻³)	697.4	1877.1	405.4	
無 構 造 ε 2 無 構 造 ε 2	度 ε 2 (×10 ⁻³)	168.3	566.7	111.4	
無 構 造 ε 2 無 構 造 ε 2	度 ε 2 (×10 ⁻³)	0.258	0.359	0.275	
速送式試験のスケッチ					
標示					

第5-180図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (2)

第5-179図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (1)

件名 岩石の一輪圧縮試験		機会用紙		実施高松城跡天守台石垣解体工事 土質試験													
調査件名	実施高松城跡天守台石垣解体工事 土質試験	No.1	No.2	試験番号		試験日		試験場所		試験機形式		試験機番号		試験機		機会用紙	
測定項目	測定範囲	測定値	単位	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日
試験年月日	平成20年4月3日																
試験機形式	関西機器製作所																
孔番号・試験番号	No.4			No.5		No.6											
深 床 長 度	床 底 長 度	自然状態	自然状態														
供 試 体 体 細 度	供 試 体 体 細 度																
直 斜 面 傾 角 α (°)	直 斜 面 傾 角 α (°)	5.10	5.09	5.10													
断面面積 A_0 (cm^2)	断面面積 A_0 (cm^2)	20.43	20.35	20.43													
高さ H (cm)	高さ H (cm)	10.05	10.06	10.04													
体積 V (cm^3)	体積 V (cm^3)	205.30	204.70	205.10													
質量 m (g)	質量 m (g)	569.10	561.69	569.10													
前傾角 ρ (deg/m^2)	前傾角 ρ (deg/m^2)	2.897	2.598	2.726													
压壊荷重 P_c (MN)	压壊荷重 P_c (MN)	6.0E-01	3.24E-01	2.70E-01													
圧縮強度 σ_c (MN/m^2)	圧縮強度 σ_c (MN/m^2)	202	158	137													
保有重量 E ($\times 10^4$)	保有重量 E ($\times 10^4$)	1289.1	1497.1	334.0													
保有強度 σ (MN/m^2)	保有強度 σ (MN/m^2)	123	51.7	50.0													
持続性系数 E_S (MN/m^2)	持続性系数 E_S (MN/m^2)	9.9E-04	3.9E-04	1.5E-05													
保有限差 ε_1 ($\times 10^{-3}$)	保有限差 ε_1 ($\times 10^{-3}$)	1268.1	1407.1	334.0													
保用限差 ε_2 ($\times 10^{-4}$)	保用限差 ε_2 ($\times 10^{-4}$)	352.6	464.6	712													
静的アソシ比 H/m	静的アソシ比 H/m	0.278	0.310	0.231													
被検査岩のスケッチ																	
様子																	

第5—182 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—181 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

JIS M 0302		岩石の一輪圧縮試験		機会用紙		実施高松城跡天守台石垣解体工事 土質試験											
測定番号	測定値	No.1	No.2	試験番号	試験日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日	測定番号	測定日
試験年月日	平成20年4月3日																
試験機形式	関西機器製作所																
孔番号・試験番号	No.4			No.5		No.6											
深 床 長 度	床 底 長 度	自然状態	自然状態														
供 試 体 体 細 度	供 試 体 体 細 度																
直 斜 面 傾 角 α (°)	直 斜 面 傾 角 α (°)	5.10	5.09	5.10													
断面面積 A_0 (cm^2)	断面面積 A_0 (cm^2)	20.43	20.35	20.43													
高さ H (cm)	高さ H (cm)	10.05	10.06	10.04													
体積 V (cm^3)	体積 V (cm^3)	205.30	204.70	205.10													
質量 m (g)	質量 m (g)	569.10	561.69	569.10													
前傾角 ρ (deg/m^2)	前傾角 ρ (deg/m^2)	2.897	2.598	2.726													
压壊荷重 P_c (MN)	压壊荷重 P_c (MN)	6.0E-01	3.24E-01	2.70E-01													
圧縮強度 σ_c (MN/m^2)	圧縮強度 σ_c (MN/m^2)	202	158	137													
保有重量 E ($\times 10^4$)	保有重量 E ($\times 10^4$)	1289.1	1497.1	334.0													
保有強度 σ (MN/m^2)	保有強度 σ (MN/m^2)	123	51.7	50.0													
持続性系数 E_S (MN/m^2)	持続性系数 E_S (MN/m^2)	9.9E-04	3.9E-04	1.5E-05													
保有限差 ε_1 ($\times 10^{-3}$)	保有限差 ε_1 ($\times 10^{-3}$)	1268.1	1407.1	334.0													
保用限差 ε_2 ($\times 10^{-4}$)	保用限差 ε_2 ($\times 10^{-4}$)	352.6	464.6	712													
静的アソシ比 H/m	静的アソシ比 H/m	0.278	0.310	0.231													
被検査岩のスケッチ																	
様子																	

第5—181 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—182 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—183 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—184 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—185 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—186 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—187 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—188 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—189 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—190 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—191 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—192 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—193 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—194 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—195 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—196 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—197 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—198 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—199 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—200 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—201 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—202 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—203 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—204 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—205 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—206 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—207 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—208 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—209 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—210 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—211 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—212 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—213 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—214 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—215 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—216 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—217 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—218 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—219 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—220 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—221 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—222 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—223 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—224 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—225 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—226 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—227 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—228 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—229 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—230 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—231 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—232 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—233 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—234 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—235 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—236 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—237 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—238 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—239 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—240 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—241 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—242 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—243 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—244 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—245 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—246 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—247 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—248 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—249 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—250 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—251 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—252 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—253 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—254 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—255 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—256 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—257 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—258 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

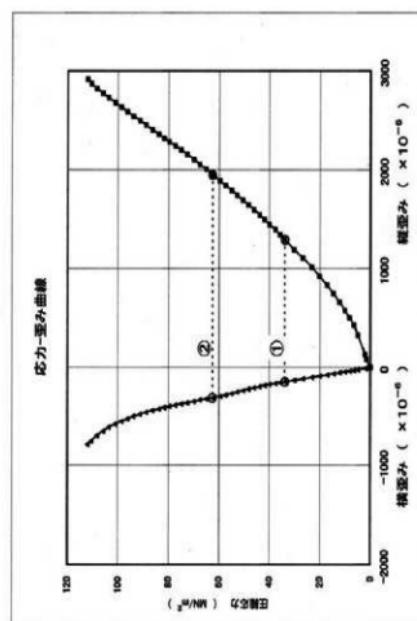
第5—259 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (3)

第5—260 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (4)

第5—261 図 石垣解体工事に

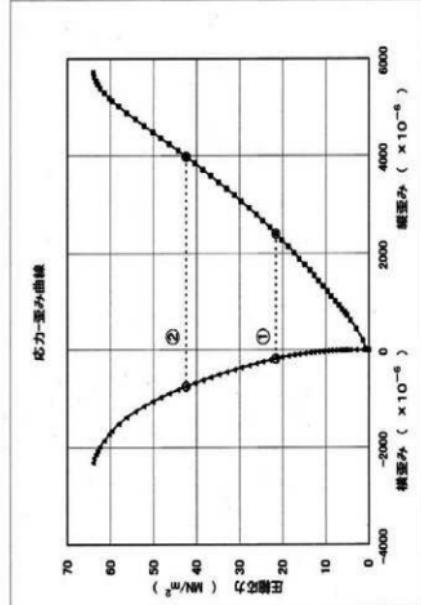
No.	名	尖端密松燃燒失火石道體工事 壓縮試驗		直徑(cm)	長度(cm)	壓縮力(kN/cm ²)	壓縮率(%)	標示值(kN/cm ²)	容積(kN/cm ³)	密度(g/cm ³)
		厚度(mm)	寬度(mm)							
No.2	尖端密松燃燒失火石道體工事 壓縮試驗	20.25	寬度 (mm)	5323.43	直徑 (mm)	1.267±0.01	1.267±0.01	1.267±0.01	1.267±0.01	1.267±0.01
No.	名	厚度 mm	寬度 mm	壓縮力 $\times 10^{-4}$	壓縮率 $\times 10^{-4}$	壓縮力 $\times 10^{-4}$	壓縮率 $\times 10^{-4}$	壓縮力 $\times 10^{-4}$	壓縮率 $\times 10^{-4}$	壓縮力 $\times 10^{-4}$
1	1.00E+03	0.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.37E+03	1.35	195.3	-1.6	12.38	22.66	-0.95	-0.95	-0.95	-0.95
3	2.74E+03	2.86	435.5	-3.2	205.82	181.00	-1.50	-1.80	-1.80	-1.80
4	5.87E+03	4.21	617.6	-4.7	440.00	411.00	-2.00	-3.30	-3.30	-3.30
5	1.03E+02	5.06	781.1	-5.3	608.32	625.71	-4.30	-5.10	-5.10	-5.10
6	1.19E+02	5.56	781.1	-7.1	593.24	748.57	-5.90	-6.40	-6.40	-6.40
7	1.27E+02	6.23	781.1	-10.3	746.74	781.50	-6.90	-7.40	-7.40	-7.40
8	1.34E+02	6.8	820.0	-10.3	784.00	820.00	-6.90	-7.40	-7.40	-7.40
9	1.55E+02	7.75	1017.1	-11.6	831.10	892.10	-11.00	-11.50	-11.50	-11.50
10	1.58E+02	8.76	1115.2	-18.4	1012.30	1218.00	-11.50	-12.30	-12.30	-12.30
11	1.78E+02	8.60	1214.1	-24.9	979.17	1132.20	-11.90	-12.90	-12.90	-12.90
12	1.85E+02	10.6	1321.4	-32.4	1188.60	1464.20	-25.10	-30.70	-30.70	-30.70
13	2.18E+02	11.6	1432.9	-41.2	1288.67	1579.00	-31.00	-40.60	-40.60	-40.60
14	2.38E+02	12.6	1544.8	-49.5	1385.72	1703.81	-38.30	-50.80	-50.80	-50.80
15	2.70E+02	13.6	1654.8	-59.5	1486.87	1827.00	-48.60	-72.80	-72.80	-72.80
16	2.78E+02	14.6	1764.8	-72.9	1594.29	1947.62	-56.10	-89.80	-89.80	-89.80
17	3.02E+02	17.7	1770.1	-88.0	1768.47	2071.43	-68.80	-110.80	-110.80	-110.80
18	3.39E+02	18.2	1889.0	-100.5	1822.96	2033.81	-82.20	-129.30	-129.30	-129.30
19	3.39E+02	17.3	2013.5	-122.3	1848.20	2323.28	-98.40	-170.80	-170.80	-170.80
20	3.40E+02	18.7	2140.5	-122.3	1916.10	2070.40	-101.00	-192.00	-192.00	-192.00
21	4.11E+02	22.0	2273.3	-19.0	2202.00	2523.00	-11.50	-14.50	-14.50	-14.50
①	2.25	4.83E+02	23.5	2452.0	-14.5	2480.00	2733.00	-11.50	-14.50	-14.50
22	2.55	5.05E+02	23.5	2452.0	-14.5	2480.00	2733.00	-11.50	-14.50	-14.50
23	2.55	5.13E+02	24.6	2481.6	-145.2	2588.47	3008.57	-20.00	-320.00	-320.00
24	2.55	5.13E+02	24.6	2481.6	-145.2	2580.48	3146.87	-20.00	-320.00	-320.00
25	2.55	5.13E+02	26.1	2582.3	-121.4	2720.00	3273.00	-20.00	-320.00	-320.00
26	2.55	5.13E+02	27.6	2607.9	-184.5	2720.00	3273.00	-20.00	-320.00	-320.00
27	2.55	5.13E+02	27.6	2607.9	-184.5	2720.00	3273.00	-20.00	-320.00	-320.00
28	2.55	5.13E+02	31.2	3169.7	-456.7	3273.00	3418.10	-300.00	-493.00	-493.00
29	2.55	5.13E+02	31.2	3169.7	-456.7	3273.00	3458.29	-300.00	-497.15	-497.15
30	2.55	5.13E+02	34.9	3459.7	-507.1	3231.43	3687.62	-451.45	-562.86	-562.86
31	3.17E+02	36.7	3591.4	-682.4	3380.60	3628.77	-551.00	-682.00	-682.00	-682.00
32	3.17E+02	38.6	3718.6	-681.0	3483.81	3853.53	-553.33	-683.81	-683.81	-683.81
33	3.18E+02	40.4	3845.0	-681.0	3612.80	4060.87	-610.47	-714.93	-714.93	-714.93
34	3.18E+02	42.4	3849.5	-746.7	3739.00	4221.00	-670.47	-822.98	-822.98	-822.98
35	3.18E+02	44.3	4106.8	-615.7	3881.00	4305.80	-722.86	-899.00	-899.00	-899.00
36	3.18E+02	44.3	4106.8	-615.7	3881.00	4305.80	-722.86	-899.00	-899.00	-899.00
37	3.18E+02	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
38	3.18E+02	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
39	3.18E+02	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
40	3.18E+02	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
41	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
42	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
43	4.11E+01	59.6	5183.0	-172.9	4899.00	5404.00	-1454.00	-1859.00	-1859.00	-1859.00
44	4.11E+01	59.6	5183.0	-172.9	4899.00	5404.00	-1454.00	-1859.00	-1859.00	-1859.00
45	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
46	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
47	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
48	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
49	4.11E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00
50	3.18E+01	61.4	5288.0	-873.0	4377.00	4845.24	-890.47	-1189.00	-1189.00	-1189.00

第5-184図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (6)



第5章 土質試験結果 (5)

件名 史跡高松城跡天守台石垣解体工事 土質試験									
試験報告書 No.3		No.3		No.3		No.3		No.3	
測定箇所(m ²)	20.51	測定(e)	500.04	測定箇所(m ²)	5.11	測定(cm)	5.11	測定(m ²)	9.06
No.	番号	試験	試験	No.	番号	試験	試験	No.	番号
1	0.00E+00	N/m ²	$\times 10^{-4}$	1	0.00E+00	N/m ²	$\times 10^{-4}$	1	0.00E+00
2	1.71E-03	0.084		2	-0.24	0.0		2	0.0
3	3.09E-03	0.150		3	-7.3	20.0		3	-0.7
4	5.10E-03	0.317		4	-15.2	1.0		4	-15.8
5	1.03E-02	0.501		5	-15.3	37.1		5	-25.7
6	1.44E-02	0.702		6	-17.6	83.8		6	-38.3
7	1.88E-02	0.919		7	-22.4	124.8		7	-76.0
8	2.43E-02	1.127		8	-26.6	174.3		8	-48.7
9	3.02E-02	1.435		9	-30.5	223.8		9	-56.2
10	4.18E-02	1.743		10	-34.9	270.5		10	-62.7
11	4.32E-02	2.014		11	-38.0	328.0		11	-74.8
12	4.67E-02	2.211		12	-40.7	388.0		12	-84.3
13	4.72E-02	2.155		13	-43.0	435.0		13	-90.8
14	5.00E-02	2.452		14	-46.4	484.4		14	-104.7
15	5.65E-02	2.769		15	-51.1	531.4		15	-117.1
16	5.85E-02	2.960		16	-55.7	580.5		16	-132.1
17	6.48E-02	31.6		17	-60.1	630.4		17	-148.0
18	6.92E-02	33.8		18	-64.8	687.6		18	-164.9
19	7.40E-02	36.1		19	-69.0	735.2		19	-180.8
20	7.91E-02	39.0		20	-73.0	783.0		20	-196.7
21	8.39E-02	40.9		21	-76.0	830.5		21	-212.6
22	8.87E-02	43.3		22	-80.2	878.5		22	-228.5
23	9.38E-02	45.8		23	-84.8	926.5		23	-244.4
24	9.90E-02	48.3		24	-89.0	974.5		24	-260.3
25	1.09E-01	50.8		25	-93.3	1022.5		25	-276.2
26	1.09E-01	53.3		26	-97.6	1070.5		26	-292.1
27	1.14E-01	55.5		27	-101.7	1118.5		27	-308.0
28	1.14E-01	57.9		28	-105.8	1166.5		28	-323.9
29	1.18E-01	60.2		29	-110.0	1214.5		29	-339.8
30	1.23E-01	62.5		30	-114.2	1262.5		30	-355.7
31	1.30E-01	63.2		31	-118.4	1310.5		31	-371.6
32	1.35E-01	65.7		32	-122.7	1358.5		32	-387.5
33	1.39E-01	67.7		33	-127.0	1406.5		33	-403.4
34	1.44E-01	70.2		34	-131.3	1454.5		34	-419.3
35	1.49E-01	72.7		35	-135.6	1502.5		35	-435.2
36	1.55E-01	74.7		36	-140.0	1550.5		36	-451.1
37	1.59E-01	76.9		37	-144.2	1598.5		37	-467.0
38	1.62E-01	79.2		38	-148.4	1646.5		38	-482.9
39	1.68E-01	81.9		39	-152.6	1694.5		39	-501.8
40	1.74E-01	84.7		40	-156.8	1742.5		40	-517.7
41	1.79E-01	87.4		41	-161.0	1790.5		41	-533.6
42	1.85E-01	90.4		42	-165.2	1838.5		42	-549.5
43	1.89E-01	92.9		43	-169.4	1886.5		43	-565.4
44	1.95E-01	95.0		44	-173.6	1934.5		44	-581.3
45	2.02E-01	98.1		45	-177.8	1982.5		45	-597.2
46	2.08E-01	100.0		46	-182.0	2030.5		46	-613.1
47	2.12E-01	102.3		47	-186.2	2078.5		47	-629.0
48	2.18E-01	106.0		48	-190.4	2126.5		48	-644.9
49	2.23E-01	109.0		49	-194.6	2174.5		49	-660.8
50	2.29E-01	112.0		50	-198.8	2222.5		50	-676.7



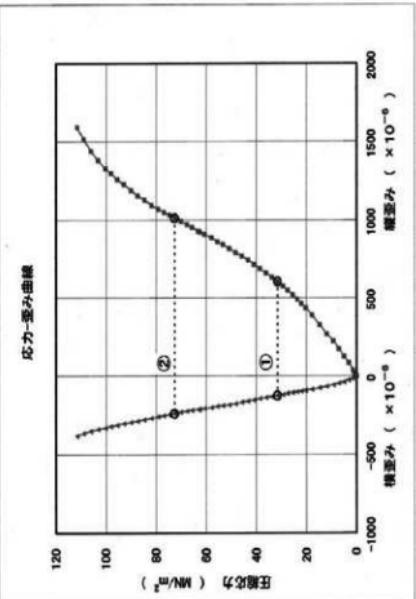
第5—185 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (7)

第5—186 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (8)

試験報告書 No.2		静弾性係数・静木アリ比測定結果		補合用紙	
件名	史跡高松城跡天守台石垣解体工事 土質試験	試験箇所	No.2	測定箇所(m ²)	20.51
測定箇所(m ²)	20.51	測定(e)	500.04	測定箇所(m ²)	5.11
測定箇所(m ²)	5.11	測定(cm)	5.11	測定(m ²)	9.06
測定箇所(m ²)	9.06	測定(e)	500.04	測定箇所(m ²)	112

件名	史密斯高松機械天守台石垣鋼構件工事 土壘試験										10.05 (E=2.05 GPa)
	試験番号	No.4	2.04.3	重量 (kg)	594.79	供試範囲 (mm)	直徑 (cm)	5.110	高さ (cm)	10.05 (E=2.05 GPa)	
No.	荷重	F _c 力 MN	M _n MN/m ²	偏心 mm × 10 ⁻³	偏心 mm	偏心 mm × 10^{-3}	偏心 mm	偏心 mm × 10^{-3}	偏心 mm	偏心 mm × 10^{-3}	偏心 mm
1	0.008~0.00	1.34	0.00	0.0	0.0	-3.9	21.9	1.9	-8.7	-2.0	0.0
2	2.74E+03	1.34	11.9	-3.9	-3.9	-8.7	45.7	27.6	-11.4	-4.0	0.0
3	8.22E+02	0.03	38.7	-1.6	-1.6	-4.0	165.1	60.0	-21.0	-8.3	0.0
4	3.43E+02	0.03	18.0	-1.6	-1.6	-4.0	139.0	50.0	-20.5	-8.7	0.0
5	3.21E+02	0.03	17.2	-1.6	-1.6	-4.0	124.4	44.0	-20.0	-8.7	0.0
6	5.211E-02	0.03	16.3	-1.6	-1.6	-4.0	112.4	40.0	-20.0	-8.7	0.0
7	7.58E-02	0.03	15.5	-1.6	-1.6	-4.0	101.6	36.0	-20.0	-8.7	0.0
8	8.48E-02	0.03	14.7	-1.6	-1.6	-4.0	91.7	32.0	-20.0	-8.7	0.0
9	1.03E-01	0.03	14.1	-1.6	-1.6	-4.0	81.8	28.0	-20.0	-8.7	0.0
10	1.24E-01	0.03	10.7	-152.0	-152.0	-152.0	506.7	455.2	-148.7	-10.4	-26.0
11	1.48E-01	71.3	885.7	-176.6	-176.6	-176.6	711.4	660.0	-148.7	-17.7	-26.0
12	1.68E-01	82.2	795.7	-237.0	-237.0	-237.0	773.3	723.0	-141.0	-17.2	-26.0
13	1.91E-01	93.6	910.5	-287.0	-287.0	-287.0	882.6	892.4	-275.2	-19.7	-26.0
14	2.03E-01	99.5	1070.0	-327.0	-327.0	-327.0	988.7	983.3	-293.3	-23.7	-26.0
15	2.18E-01	105.0	1093.0	-387.0	-387.0	-387.0	1043.5	1016.0	-310.5	-25.3	-26.0
16	2.28E-01	112.0	1081.0	-384.4	-384.4	-384.4	1102.0	1081.0	-329.3	-23.9	-26.0
17	2.41E-01	118.0	1159.4	-301.0	-301.0	-301.0	1162.0	1146.0	-348.6	-23.3	-26.0
18	2.52E-01	124.0	1151.4	-311.4	-311.4	-311.4	1182.4	1167.0	-369.0	-22.7	-26.0
19	2.52E-01	131.0	1151.1	-311.4	-311.4	-311.4	1202.4	1187.0	-389.0	-22.7	-26.0
20	2.65E-01	137.0	1347.1	-352.0	-352.0	-352.0	1344.6	1349.0	-400.7	-22.7	-26.0
21	2.68E-01	144.0	1414.8	-370.5	-370.5	-370.5	1410.5	1427.3	-413.3	-22.7	-26.0
22	3.307E-01	150.0	1481.9	-390.0	-390.0	-390.0	1538.6	1538.6	-460.5	-341.3	-26.0
23	3.20E-01	157.0	1551.9	-408.4	-408.4	-408.4	1602.5	1637.1	-491.4	-363.7	-26.0
24	3.34E-01	164.0	1620.5	-428.0	-428.0	-428.0	1670.5	1707.5	-512.4	-383.7	-26.0
25	3.48E-01	171.0	1691.9	-447.9	-447.9	-447.9	1747.5	1774.2	-533.5	-402.0	-26.0
26	3.62E-01	177.0	1764.8	-468.6	-468.6	-468.6	1739.0	1790.5	-558.6	-422.7	-26.0
27	3.79E-01	184.0	1806.0	-480.4	-480.4	-480.4	1836.8	1868.6	-558.6	-443.3	-26.0
28	3.96E-01	191.0	1898.1	-535.5	-535.5	-535.5	1870.5	1847.6	-589.1	-463.3	-26.0
29	4.04E-01	198.0	1898.1	-559.0	-559.0	-559.0	1935.5	194.0	-605.7	-483.3	-26.0
30	4.18E-01	205.0	2093.8	-559.0	-559.0	-559.0	2007.6	2120.0	-622.9	-493.9	-26.0
31	4.33E-01	212.0	2121.0	-686.0	-686.0	-686.0	2076.6	2208.6	-658.6	-516.7	-26.0
32	4.48E-01	219.0	2121.0	-686.0	-686.0	-686.0	2141.0	2201.2	-686.0	-546.7	-26.0
33	4.48E-01	226.0	2120.5	-637.0	-637.0	-637.0	2141.0	2201.2	-686.0	-546.7	-26.0
34	4.77E-01	233.0	2289.0	-628.6	-628.6	-628.6	2287.6	2480.5	-734.6	-592.3	-26.0
35	4.81E-01	240.0	2407.5	-689.9	-689.9	-689.9	2405.2	2482.9	-781.9	-650.7	-26.0
36	5.08E-01	247.0	2537.1	-748.7	-748.7	-748.7	2403.7	2480.5	-811.4	-686.0	-26.0
37	5.20E-01	254.0	2621.9	-783.7	-783.7	-783.7	2558.6	2673.8	-844.6	-722.7	-26.0
38	5.34E-01	261.0	2711.0	-804.5	-804.5	-804.5	2633.2	2737.1	-877.3	-757.3	-26.0
39	5.48E-01	268.0	2804.5	-872.7	-872.7	-872.7	2708.6	2811.2	-909.6	-834.7	-26.0
40	5.63E-01	275.0	2910.5	-916.1	-916.1	-916.1	2840.0	2942.9	-942.9	-893.3	-26.0
41	5.77E-01	283.0	3014.0	-916.1	-916.1	-916.1	2880.2	2980.2	-971.4	-952.0	-26.0
42	5.91E-01	289.0	3110.1	-1048.2	-1048.2	-1048.2	2910.5	3014.3	-1083.2	-1010.7	-26.0
43	6.08E-01	296.0	3212.4	-1086.2	-1086.2	-1086.2	3014.3	-	-	-1083.2	-1083.2
44	6.18E-01	303.0	3312.7	-1083.2	-1083.2	-1083.2	-	-	-	-1083.2	-1083.2

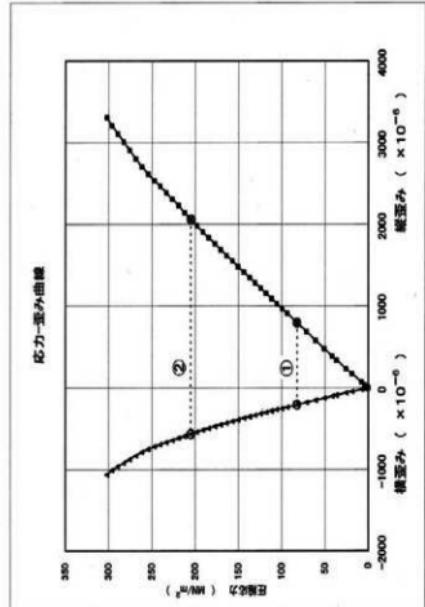
第5-188図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (10)



第5-187図 石垣解体工事に伴う土質試験結果(9)

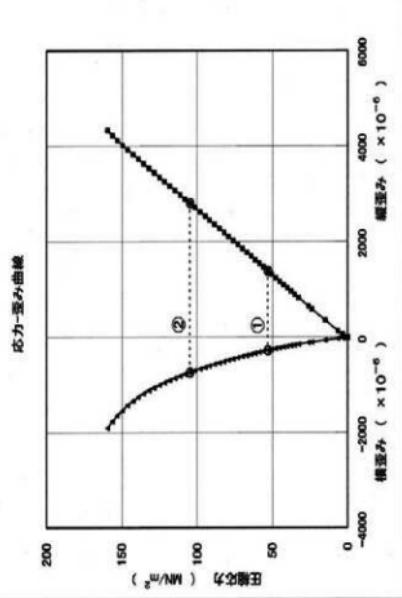
件名	史密斯高松地盤天守台石垣解体工事・土質試験									
	試験番号	No.	高さ (m)	底面 (cm)	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0
試験番号	No.	高さ	底面	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0	3.24M-0
1	1.0HE-00	0.51	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.61E-03	3.29	66.0	-16.7	7.8	6.7	-2.4	-2.9	-2.0	-0.7
5	2.79E-02	0.51	185.5	-27.3	186.0	44.0	-18.2	-24.8	-16.5	-8.7
6	3.23E-02	0.51	366.5	-58.2	63.0	-38.0	-106.3	-120.0	-90.3	-50.3
7	4.87E-02	0.51	589.5	-106.0	765.0	-128.0	-112.0	-132.0	-102.0	-62.0
8	6.31E-02	0.51	842.8	-106.0	877.0	448.6	-141.0	-184.8	-107.1	-77.1
9	6.68E-02	0.51	827.7	-145.2	827.7	118.4	-184.8	-105.7	-105.7	-77.1
10	7.18E-02	0.51	803.8	-158.6	1158.4	651.4	-184.8	-116.2	-116.2	-77.1
11	7.64E-02	0.51	27.6	97.0	123.3	706.7	-217.0	-128.6	-128.6	-77.1
12	8.15E-02	40.1	1036.7	-187.7	1309.7	763.8	-234.3	-153.3	-153.3	-141.0
13	8.87E-02	42.6	1105.2	-202.4	1388.7	823.8	-251.6	-186.7	-186.7	-186.7
14	9.18E-02	45.1	1175.2	-218.5	1485.7	884.8	-280.5	-189.5	-189.5	-189.5
15	9.73E-02	47.6	1247.8	-235.7	1484.7	948.6	-306.6	-191.7	-191.7	-191.7
16	1.03E-01	50.5	1321.4	-265.9	1627.8	1015.2	-321.4	-214.3	-214.3	-214.3
①	1.05E-01	53.0	1393.3	-271.5	1707.8	1018.0	-321.4	-214.3	-214.3	-214.3
17	1.14E-01	53.0	1393.3	-271.5	1707.8	1018.0	-321.4	-214.3	-214.3	-214.3
18	1.18E-01	58.5	1472.9	-311.4	1879.4	1153.3	-321.4	-214.3	-214.3	-214.3
19	1.21E-01	61.5	1662.4	-311.4	1879.4	1153.3	-321.4	-214.3	-214.3	-214.3
20	1.21E-01	61.5	1662.4	-311.4	1879.4	1153.3	-321.4	-214.3	-214.3	-214.3
21	1.23E-01	67.0	1778.6	-374.5	2120.0	1427.1	-434.3	-326.6	-326.6	-286.8
22	1.42E-01	69.9	1867.5	-389.0	2203.0	1511.4	-468.6	-359.5	-359.5	-359.5
23	1.48E-01	72.9	1940.5	-424.3	2287.4	1589.5	-485.6	-353.3	-353.3	-353.3
24	1.58E-01	76.1	2023.8	-450.0	2379.7	1688.6	-522.4	-376.2	-376.2	-376.2
25	1.61E-01	77.1	2107.0	-477.1	2476.7	1747.6	-522.4	-401.9	-401.9	-401.9
26	1.67E-01	82.0	2180.0	-504.0	2583.0	1826.7	-522.4	-401.9	-401.9	-401.9
27	1.73E-01	85.2	2276.7	-534.3	2653.8	1906.6	-515.2	-453.3	-453.3	-453.3
28	1.80E-01	88.4	2260.0	-563.3	2731.4	1988.6	-484.7	-481.0	-481.0	-481.0
29	1.87E-01	91.8	2448.1	-596.2	2823.2	2072.4	-581.0	-510.5	-510.5	-510.5
30	1.93E-01	94.6	2532.9	-627.5	2912.4	2153.3	-571.0	-539.5	-539.5	-539.5
31	1.98E-01	98.0	2651.3	-662.4	3004.8	2208.1	-573.3	-571.4	-571.4	-571.4
32	2.07E-01	102.0	2711.2	-698.6	3102.4	2282.5	-573.3	-603.8	-603.8	-603.8
②	2.03E-01	102.0	2705.0	-700.0	2791.8	1818.4	-584.3	-612.0	-612.0	-612.0
33	2.25E-01	111.0	2805.0	-727.0	2849.3	2045.5	-584.3	-612.0	-612.0	-612.0
34	2.28E-01	111.0	2978.5	-815.9	3270.9	2121.0	-612.0	-612.0	-612.0	-612.0
35	2.28E-01	111.0	3071.4	-815.9	3270.9	2121.0	-612.0	-612.0	-612.0	-612.0
36	2.34E-01	112.0	3161.4	-827.0	3264.5	2136.9	-612.0	-612.0	-612.0	-612.0
37	2.41E-01	112.0	3254.8	-855.3	3268.7	2156.2	-612.0	-612.0	-612.0	-612.0
38	2.47E-01	125.0	3345.2	-1065.0	3756.1	2282.4	-1126.7	-943.3	-943.3	-943.3
40	2.62E-01	132.0	3353.8	-1120.5	3813.7	2302.5	-1126.7	-943.3	-943.3	-943.3
41	2.68E-01	136.0	3830.0	-1187.1	4054.3	3206.5	-1210.5	-1082.4	-1082.4	-1082.4
42	2.76E-01	136.0	393.0	-1237.8	4129.1	4152.4	-1210.5	-1121.9	-1121.9	-1121.9
43	4.83E-01	143.0	3821.9	-1336.0	4152.4	3838.6	-1478.2	-1201.9	-1201.9	-1201.9
44	4.84E-01	146.0	3819.4	-1420.0	4180.0	3848.9	-1478.2	-1201.9	-1201.9	-1201.9
45	4.97E-01	150.0	4019.5	-1453.4	4165.8	3879.5	-1480.7	-1181.9	-1181.9	-1181.9
47	4.98E-01	153.0	4232.3	-1642.7	4073.9	3777.3	-1480.7	-1173.3	-1173.3	-1173.3
48	5.11E-01	158.0	4323.3	-1703.0	4073.9	3777.3	-1480.7	-1173.3	-1173.3	-1173.3
49	5.24E-01	159.0	4334.8	-1899.4	4719.1	-1899.4	-2022.9	-1770.0	-1770.0	-1770.0

第5-189図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (11)



第5-190図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (12)

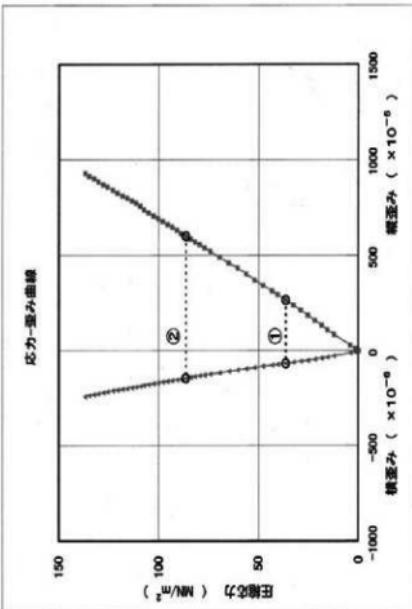
件名		物理性係数・静水アリ比測定結果		報告用紙	
試験番号	No.5	史跡高松城跡天守台石垣解体工事・土質試験	No.6	史跡高松城跡天守台石垣解体工事・土質試験	
測定箇所(m ²)	20.43	測定(g)	550.10	測定時間(min)	直徑(cm) 5.10 高さ(cm) 10.04 圧縮応力(MPa/m ²) 137
試験体種類		荷重	応力		
供試体形状	d (cm)	試験	試用	試用	
供試体密度	ρ (g/cm ³)	1.3	1.3	1.3	
供試体強度	P_c (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体表面	σ_s (MPa/m ²)	1.3	1.3	1.3	
供試体強度	E_s (MPa)	1.3	1.3	1.3	
供試体強度	E_u (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_u (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u2} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u3} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u4} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u5} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u6} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u7} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u8} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u9} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u10} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u11} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u12} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u13} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u14} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u15} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u16} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u17} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u18} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u19} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u20} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u21} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u22} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u23} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u24} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u25} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u26} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u27} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u28} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u29} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u30} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u31} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u32} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u33} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u34} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u35} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u36} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u37} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u38} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u39} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u40} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u41} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u42} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u43} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u44} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u45} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u46} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u47} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u48} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u49} (MPa)	20.43	550.10	550.10	
供試体強度	σ_{u50} (MPa)	20.43	550.10	550.10	



第5-191図 石垣解体工事に伴う土質試験結果(13)

第5-192図 石垣解体工事に伴う土質試験結果(14)

JTS M 0002		静弾性係数・静ボアソン比測定結果		報告用紙	
件名	実験系:高強度天然石質地盤工事・土質試験	試験年月日	平成20年4月1日	監査年月日	平成20年4月1日
試験場所	No.3	試験機	機種	検査室	実験室
測定機器	TDS-202(PO-40)	データフロータイプ	2.13	使用ノード	PFO-10-11-11.
供試体形状	d	φ 100	試用重量 σ ($\times 10^4$)	33.0	
供試体直徑	d	φ 10	適用力 P (MN/m^2)	50.0	
供試体高さ	H	10.04	静弾性係数 E_s (MN/m^2)	1.50E+05	
供試体幅	V	200.10	試用重量 σ ($\times 10^4$)	77.1	
供試体高さ	H	59.10	静弾性係数 E_s (MN/m^2)	0.231	
供試体幅	V	118.20	試用重量 σ ($\times 10^4$)	1.00E+05	
供試体高さ	H	2.728	静弾性係数 E_s (MN/m^2)	6.0	
供試体直徑	D	2.76E-01	試用重量 σ (MN/m^2)	53	
供試体高さ	H	5.37	試用重量 σ (MN/m^2)	10.8	



土質試験結果一覧表(材料)

調査件名	実験系:高強度天然石質地盤工事・土質試験	監査年月日	実験年月日	報告用紙	総合評価
試験記号	No.3	試験機	機種	検査室	実験室
測定機器	TDS-202(PO-40)	データフロータイプ	2.13	使用ノード	PFO-10-11-11.
供試体直徑	d	φ 100	試用重量 σ ($\times 10^4$)	33.0	
供試体直徑	d	φ 10	適用力 P (MN/m^2)	50.0	
供試体高さ	H	10.04	静弾性係数 E_s (MN/m^2)	1.50E+05	
供試体幅	V	200.10	試用重量 σ ($\times 10^4$)	77.1	
供試体高さ	H	59.10	静弾性係数 E_s (MN/m^2)	0.231	
供試体幅	V	118.20	試用重量 σ ($\times 10^4$)	1.00E+05	
供試体高さ	H	2.728	静弾性係数 E_s (MN/m^2)	6.0	
供試体直徑	D	2.76E-01	試用重量 σ (MN/m^2)	53	
供試体高さ	H	5.37	試用重量 σ (MN/m^2)	10.8	

(1) 测定エラー6.6%

(2) 試験結果

(3) 試験結果

(4) 試験結果

(5) 試験結果

(6) 試験結果

(7) 試験結果

(8) 試験結果

(9) 試験結果

(10) 試験結果

(11) 試験結果

(12) 試験結果

(13) 試験結果

(14) 試験結果

(15) 試験結果

(16) 試験結果

(17) 試験結果

(18) 試験結果

(19) 試験結果

(20) 試験結果

(21) 試験結果

(22) 試験結果

(23) 試験結果

(24) 試験結果

(25) 試験結果

(26) 試験結果

(27) 試験結果

(28) 試験結果

(29) 試験結果

(30) 試験結果

(31) 試験結果

(32) 試験結果

(33) 試験結果

(34) 試験結果

(35) 試験結果

(36) 試験結果

(37) 試験結果

(38) 試験結果

(39) 試験結果

(40) 試験結果

(41) 試験結果

(42) 試験結果

(43) 試験結果

(44) 試験結果

(45) 試験結果

(46) 試験結果

(47) 試験結果

(48) 試験結果

(49) 試験結果

(50) 試験結果

(51) 試験結果

(52) 試験結果

(53) 試験結果

(54) 試験結果

(55) 試験結果

(56) 試験結果

(57) 試験結果

(58) 試験結果

(59) 試験結果

(60) 試験結果

(61) 試験結果

(62) 試験結果

(63) 試験結果

(64) 試験結果

(65) 試験結果

(66) 試験結果

(67) 試験結果

(68) 試験結果

(69) 試験結果

(70) 試験結果

(71) 試験結果

(72) 試験結果

(73) 試験結果

(74) 試験結果

(75) 試験結果

(76) 試験結果

(77) 試験結果

(78) 試験結果

(79) 試験結果

(80) 試験結果

(81) 試験結果

(82) 試験結果

(83) 試験結果

(84) 試験結果

(85) 試験結果

(86) 試験結果

(87) 試験結果

(88) 試験結果

(89) 試験結果

(90) 試験結果

(91) 試験結果

(92) 試験結果

(93) 試験結果

(94) 試験結果

(95) 試験結果

(96) 試験結果

(97) 試験結果

(98) 試験結果

(99) 試験結果

(100) 試験結果

(101) 試験結果

(102) 試験結果

(103) 試験結果

(104) 試験結果

(105) 試験結果

(106) 試験結果

(107) 試験結果

(108) 試験結果

(109) 試験結果

(110) 試験結果

(111) 試験結果

(112) 試験結果

(113) 試験結果

(114) 試験結果

(115) 試験結果

(116) 試験結果

(117) 試験結果

(118) 試験結果

(119) 試験結果

(120) 試験結果

(121) 試験結果

(122) 試験結果

(123) 試験結果

(124) 試験結果

(125) 試験結果

(126) 試験結果

(127) 試験結果

(128) 試験結果

(129) 試験結果

(130) 試験結果

(131) 試験結果

(132) 試験結果

(133) 試験結果

(134) 試験結果

(135) 試験結果

(136) 試験結果

(137) 試験結果

(138) 試験結果

(139) 試験結果

(140) 試験結果

(141) 試験結果

(142) 試験結果

(143) 試験結果

(144) 試験結果

(145) 試験結果

(146) 試験結果

(147) 試験結果

(148) 試験結果

(149) 試験結果

(150) 試験結果

(151) 試験結果

(152) 試験結果

(153) 試験結果

(154) 試験結果

(155) 試験結果

(156) 試験結果

(157) 試験結果

(158) 試験結果

(159) 試験結果

(160) 試験結果

(161) 試験結果

(162) 試験結果

(163) 試験結果

(164) 試験結果

(165) 試験結果

(166) 試験結果

(167) 試験結果

(168) 試験結果

(169) 試験結果

(170) 試験結果

(171) 試験結果

(172) 試験結果

(173) 試験結果

(174) 試験結果

(175) 試験結果

(176) 試験結果

(177) 試験結果

(178) 試験結果

(179) 試験結果

(180) 試験結果

(181) 試験結果

(182) 試験結果

(183) 試験結果

(184) 試験結果

(185) 試験結果

(186) 試験結果

(187) 試験結果

(188) 試験結果

(189) 試験結果

(190) 試験結果

(191) 試験結果

(192) 試験結果

(193) 試験結果

(194) 試験結果

(195) 試験結果

(196) 試験結果

(197) 試験結果

(198) 試験結果

(199) 試験結果

(200) 試験結果

(201) 試験結果

(202) 試験結果

(203) 試験結果

(204) 試験結果

(205) 試験結果

(206) 試験結果

(207) 試験結果

(208) 試験結果

(209) 試験結果

(210) 試験結果

(211) 試験結果

(212) 試験結果

(213) 試験結果

(214) 試験結果

(215) 試験結果

(216) 試験結果

(217) 試験結果

(218) 試験結果

(219) 試験結果

(220) 試験結果

(221) 試験結果

(222) 試験結果

(223) 試験結果

(224) 試験結果

(225) 試験結果

(226) 試験結果

(227) 試験結果

(228) 試験結果

(229) 試験結果

(230) 試験結果

(231) 試験結果

(232) 試験結果

(233) 試験結果

(234) 試験結果

(235) 試験結果

(236) 試験結果

(237) 試験結果

(238) 試験結果

(239) 試験結果

(240) 試験結果

(241) 試験結果

(242) 試験結果

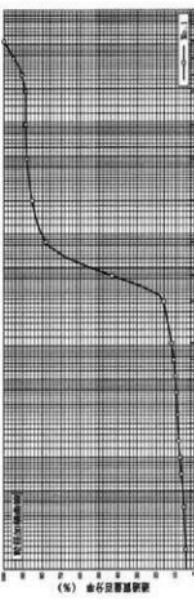
第5-196図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (18)

第

第5-195図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (17)

試験件名	920番高松城天守台石造解体工事 土質試験	試験年月	平成 19年 12月 13日
試験番号	115 A 1204 115 B 013	土の粒度試験 (粒径加積曲線)	

被験者 No. 1 (性別)		被験者 No. 2 (性別)		被験者 No. 3 (性別)		被験者 No. 4 (性別)	
年齢	性別	年齢	性別	年齢	性別	年齢	性別
46	男	75	男	75	男	75	男
53	女	100.0	女	53	女	53	女
37.5	男	95.0	男	26.5	男	7.7	男
26.5	女	90.0	女	100.0	女	97.7	女
19	男	82.8	男	100.0	女	97.7	女
9.5	女	86.8	女	9.5	女	9.5	女
4.75	男	89.0	男	4.75	女	4.75	女
2	女	85.2	女	2	女	2	女
0.625	男	75.0	男	0.625	女	0.625	女
0.437	女	63.2	女	0.437	男	0.437	男
0.250	男	16.2	男	0.250	女	0.250	女
0.125	女	12.0	女	0.125	男	0.125	男
0.0625	男	10.0	男	0.0625	女	0.0625	女
0.03125	女	9.5	女	0.03125	男	0.03125	男
0.015625	男	8.1	男	0.015625	女	0.015625	女
0.0078125	女	7.4	女	0.0078125	男	0.0078125	男
0.00390625	男	6.7	男	0.00390625	女	0.00390625	女
0.001953125	女	4.4	女	0.001953125	男	0.001953125	男

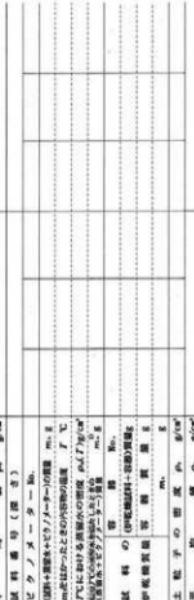


1) ピクノメーターの検定結果から求めめる。

第5-197図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (19)

第5章 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (20)

JIS A 1202 土 粒 子 の 密 度 試 験 (簡定)
規格番号: JGS 0111 標準実験法 天守台石用試験土質試験
実施年月日 平成 18年 12月 13日



1) ピクノメーターの検定結果から求めめる。

卷之三

(上)地質工學會 6922

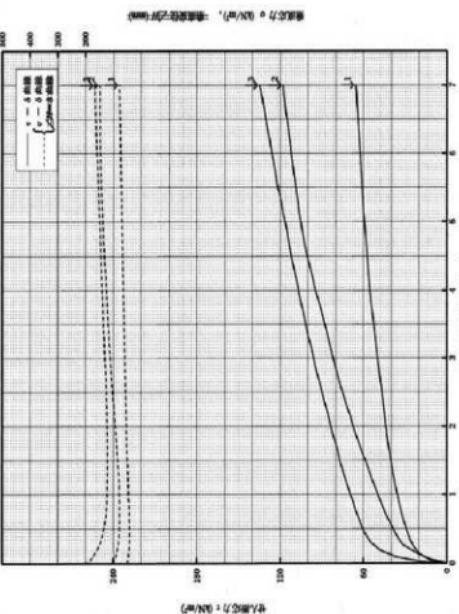
石垣解体工事に伴う土質試験結果 (22)

第5-199図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (21)

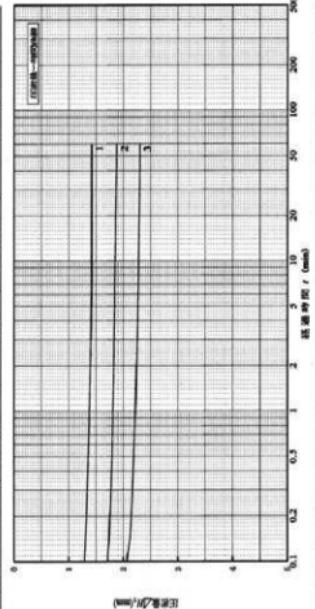
(社)日本工学会 6521

石垣解体工事における土質試験結果 (23)

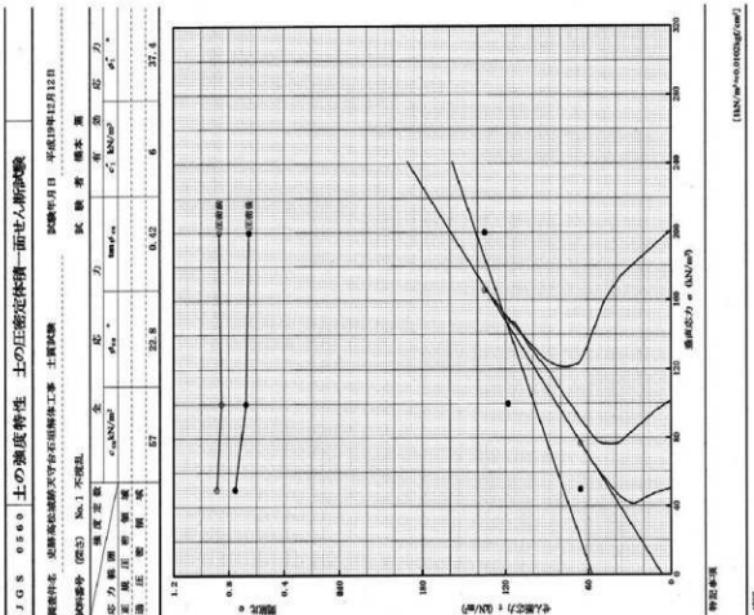
第5-202図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (24)



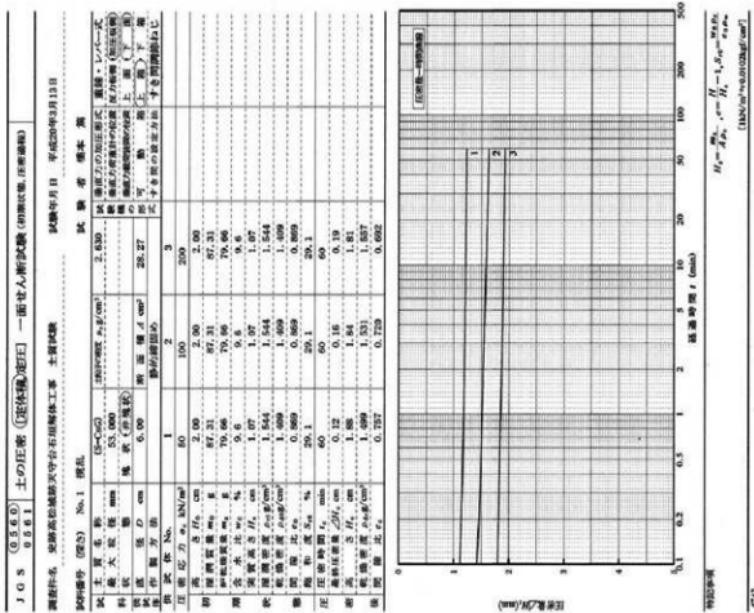
1) 定期清掃のときの記入欄とする。
2) 定期清掃のときの記入欄とする。



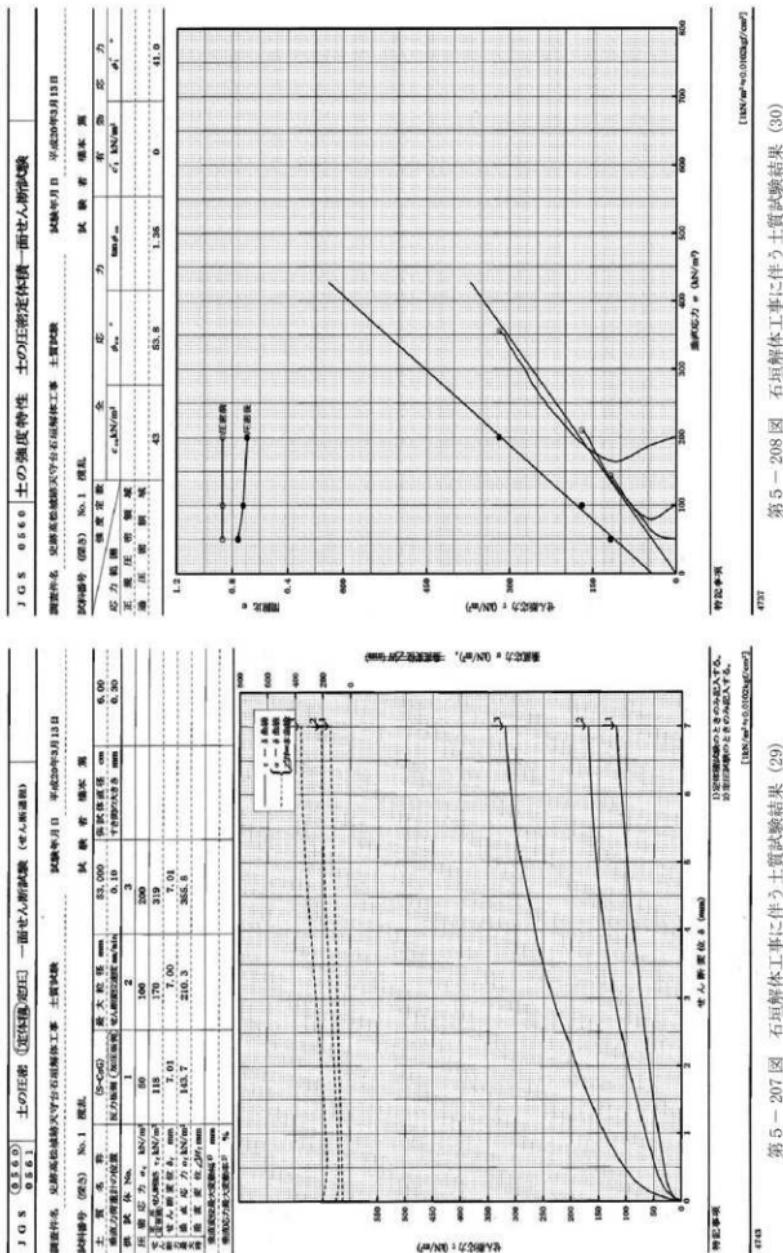
$$E_1 = \frac{e^2}{4\pi r_1} \cdot \epsilon^2 = \frac{H_1}{r_1} - \frac{1}{r_1^2} \epsilon^2 = \frac{\epsilon^2}{r_1^2}$$



第5—205図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (27)



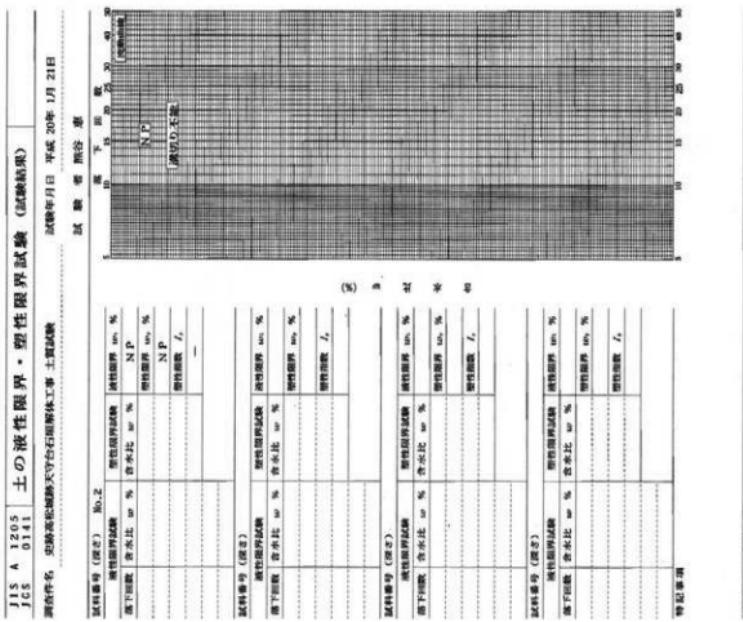
第5－206 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (28)



5-209 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (31)

JIS A 1703		土の含水比試験		試験年月日 平成 20.1.21		試験年月日 平成 20.1.22	
試験番号		試験名		試験者		試験者	
調査番号 実験高松市建設課石田樹木工事 土質試験							
No. 2	No. 2	試験番号 (別記)	試験番号 (別記)	No. 2	No. 2	No. 2	No. 2
m ₁	m ₂	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	m ₁	m ₂	m ₁	m ₂
356.86	309.75	119.0	119.0	356.86	309.75	119.0	119.0
m ₃	m ₄	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	m ₃	m ₄	m ₃	m ₄
362.06	297.71	205.06	205.06	362.06	297.71	205.06	205.06
m ₅	m ₆	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	m ₅	m ₆	m ₅	m ₆
129.77	130.26	128.51	128.51	129.77	130.26	128.51	128.51
m ₇	m ₈	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	m ₇	m ₈	m ₇	m ₈
1.0	7.2	7.0	7.0	1.0	7.2	7.0	7.0
平均含水率 %	平均含水率 %	平均含水率 %	平均含水率 %	平均含水率 %	平均含水率 %	平均含水率 %	平均含水率 %
試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)	試験用土 (kg)
m ₉	m ₁₀	m ₁₁	m ₁₂	m ₉	m ₁₀	m ₁₁	m ₁₂
m ₁₃	m ₁₄	m ₁₅	m ₁₆	m ₁₃	m ₁₄	m ₁₅	m ₁₆
m ₁₇	m ₁₈	m ₁₉	m ₂₀	m ₁₇	m ₁₈	m ₁₉	m ₂₀
m ₂₁	m ₂₂	m ₂₃	m ₂₄	m ₂₁	m ₂₂	m ₂₃	m ₂₄
m ₂₅	m ₂₆	m ₂₇	m ₂₈	m ₂₅	m ₂₆	m ₂₇	m ₂₈
m ₂₉	m ₃₀	m ₃₁	m ₃₂	m ₂₉	m ₃₀	m ₃₁	m ₃₂
m ₃₃	m ₃₄	m ₃₅	m ₃₆	m ₃₃	m ₃₄	m ₃₅	m ₃₆
m ₃₇	m ₃₈	m ₃₉	m ₄₀	m ₃₇	m ₃₈	m ₃₉	m ₄₀
m ₄₁	m ₄₂	m ₄₃	m ₄₄	m ₄₁	m ₄₂	m ₄₃	m ₄₄
m ₄₅	m ₄₆	m ₄₇	m ₄₈	m ₄₅	m ₄₆	m ₄₇	m ₄₈
m ₄₉	m ₅₀	m ₅₁	m ₅₂	m ₄₉	m ₅₀	m ₅₁	m ₅₂
m ₅₃	m ₅₄	m ₅₅	m ₅₆	m ₅₃	m ₅₄	m ₅₅	m ₅₆
m ₅₇	m ₅₈	m ₅₉	m ₆₀	m ₅₇	m ₅₈	m ₅₉	m ₆₀
m ₆₁	m ₆₂	m ₆₃	m ₆₄	m ₆₁	m ₆₂	m ₆₃	m ₆₄
m ₆₅	m ₆₆	m ₆₇	m ₆₈	m ₆₅	m ₆₆	m ₆₇	m ₆₈
m ₆₉	m ₇₀	m ₇₁	m ₇₂	m ₆₉	m ₇₀	m ₇₁	m ₇₂
m ₇₃	m ₇₄	m ₇₅	m ₇₆	m ₇₃	m ₇₄	m ₇₅	m ₇₆
m ₇₇	m ₇₈	m ₇₉	m ₈₀	m ₇₇	m ₇₈	m ₇₉	m ₈₀
m ₈₁	m ₈₂	m ₈₃	m ₈₄	m ₈₁	m ₈₂	m ₈₃	m ₈₄
m ₈₅	m ₈₆	m ₈₇	m ₈₈	m ₈₅	m ₈₆	m ₈₇	m ₈₈
m ₈₉	m ₉₀	m ₉₁	m ₉₂	m ₈₉	m ₉₀	m ₉₁	m ₉₂
m ₉₃	m ₉₄	m ₉₅	m ₉₆	m ₉₃	m ₉₄	m ₉₅	m ₉₆
m ₉₇	m ₉₈	m ₉₉	m ₁₀₀	m ₉₇	m ₉₈	m ₉₉	m ₁₀₀
m ₁₀₁	m ₁₀₂	m ₁₀₃	m ₁₀₄	m ₁₀₁	m ₁₀₂	m ₁₀₃	m ₁₀₄
m ₁₀₅	m ₁₀₆	m ₁₀₇	m ₁₀₈	m ₁₀₅	m ₁₀₆	m ₁₀₇	m ₁₀₈
m ₁₀₉	m ₁₁₀	m ₁₁₁	m ₁₁₂	m ₁₀₉	m ₁₁₀	m ₁₁₁	m ₁₁₂
m ₁₁₃	m ₁₁₄	m ₁₁₅	m ₁₁₆	m ₁₁₃	m ₁₁₄	m ₁₁₅	m ₁₁₆
m ₁₁₇	m ₁₁₈	m ₁₁₉	m ₁₂₀	m ₁₁₇	m ₁₁₈	m ₁₁₉	m ₁₂₀
m ₁₂₁	m ₁₂₂	m ₁₂₃	m ₁₂₄	m ₁₂₁	m ₁₂₂	m ₁₂₃	m ₁₂₄
m ₁₂₅	m ₁₂₆	m ₁₂₇	m ₁₂₈	m ₁₂₅	m ₁₂₆	m ₁₂₇	m ₁₂₈
m ₁₂₉	m ₁₃₀	m ₁₃₁	m ₁₃₂	m ₁₂₉	m ₁₃₀	m ₁₃₁	m ₁₃₂
m ₁₃₃	m ₁₃₄	m ₁₃₅	m ₁₃₆	m ₁₃₃	m ₁₃₄	m ₁₃₅	m ₁₃₆
m ₁₃₇	m ₁₃₈	m ₁₃₉	m ₁₄₀	m ₁₃₇	m ₁₃₈	m ₁₃₉	m ₁₄₀
m ₁₄₁	m ₁₄₂	m ₁₄₃	m ₁₄₄	m ₁₄₁	m ₁₄₂	m ₁₄₃	m ₁₄₄
m ₁₄₅	m ₁₄₆	m ₁₄₇	m ₁₄₈	m ₁₄₅	m ₁₄₆	m ₁₄₇	m ₁₄₈
m ₁₄₉	m ₁₅₀	m ₁₅₁	m ₁₅₂	m ₁₄₉	m ₁₅₀	m ₁₅₁	m ₁₅₂
m ₁₅₃	m ₁₅₄	m ₁₅₅	m ₁₅₆	m ₁₅₃	m ₁₅₄	m ₁₅₅	m ₁₅₆
m ₁₅₇	m ₁₅₈	m ₁₅₉	m ₁₆₀	m ₁₅₇	m ₁₅₈	m ₁₅₉	m ₁₆₀
m ₁₆₁	m ₁₆₂	m ₁₆₃	m ₁₆₄	m ₁₆₁	m ₁₆₂	m ₁₆₃	m ₁₆₄
m ₁₆₅	m ₁₆₆	m ₁₆₇	m ₁₆₈	m ₁₆₅	m ₁₆₆	m ₁₆₇	m ₁₆₈
m ₁₆₉	m ₁₇₀	m ₁₇₁	m ₁₇₂	m ₁₆₉	m ₁₇₀	m ₁₇₁	m ₁₇₂
m ₁₇₃	m ₁₇₄	m ₁₇₅	m ₁₇₆	m ₁₇₃	m ₁₇₄	m ₁₇₅	m ₁₇₆
m ₁₇₇	m ₁₇₈	m ₁₇₉	m ₁₈₀	m ₁₇₇	m ₁₇₈	m ₁₇₉	m ₁₈₀
m ₁₈₁	m ₁₈₂	m ₁₈₃	m ₁₈₄	m ₁₈₁	m ₁₈₂	m ₁₈₃	m ₁₈₄
m ₁₈₅	m ₁₈₆	m ₁₈₇	m ₁₈₈	m ₁₈₅	m ₁₈₆	m ₁₈₇	m ₁₈₈
m ₁₈₉	m ₁₉₀	m ₁₉₁	m ₁₉₂	m ₁₈₉	m ₁₉₀	m ₁₉₁	m ₁₉₂
m ₁₉₃	m ₁₉₄	m ₁₉₅	m ₁₉₆	m ₁₉₃	m ₁₉₄	m ₁₉₅	m ₁₉₆
m ₁₉₇	m ₁₉₈	m ₁₉₉	m ₂₀₀	m ₁₉₇	m ₁₉₈	m ₁₉₉	m ₂₀₀
m ₂₀₁	m ₂₀₂	m ₂₀₃	m ₂₀₄	m ₂₀₁	m ₂₀₂	m ₂₀₃	m ₂₀₄
m ₂₀₅	m ₂₀₆	m ₂₀₇	m ₂₀₈	m ₂₀₅	m ₂₀₆	m ₂₀₇	m ₂₀₈
m ₂₀₉	m ₂₁₀	m ₂₁₁	m ₂₁₂	m ₂₀₉	m ₂₁₀	m ₂₁₁	m ₂₁₂
m ₂₁₃	m ₂₁₄	m ₂₁₅	m ₂₁₆	m ₂₁₃	m ₂₁₄	m ₂₁₅	m ₂₁₆
m ₂₁₇	m ₂₁₈	m ₂₁₉	m ₂₂₀	m ₂₁₇	m ₂₁₈	m ₂₁₉	m ₂₂₀
m ₂₂₁	m ₂₂₂	m ₂₂₃	m ₂₂₄	m ₂₂₁	m ₂₂₂	m ₂₂₃	m ₂₂₄
m ₂₂₅	m ₂₂₆	m ₂₂₇	m ₂₂₈	m ₂₂₅	m ₂₂₆	m ₂₂₇	m ₂₂₈
m ₂₂₉	m ₂₃₀	m ₂₃₁	m ₂₃₂	m ₂₂₉	m ₂₃₀	m ₂₃₁	m ₂₃₂
m ₂₃₃	m ₂₃₄	m ₂₃₅	m ₂₃₆	m ₂₃₃	m ₂₃₄	m ₂₃₅	m ₂₃₆
m ₂₃₇	m ₂₃₈	m ₂₃₉	m ₂₄₀	m ₂₃₇	m ₂₃₈	m ₂₃₉	m ₂₄₀
m ₂₄₁	m ₂₄₂	m ₂₄₃	m ₂₄₄	m ₂₄₁	m ₂₄₂	m ₂₄₃	m ₂₄₄
m ₂₄₅	m ₂₄₆	m ₂₄₇	m ₂₄₈	m ₂₄₅	m ₂₄₆	m ₂₄₇	m ₂₄₈
m ₂₄₉	m ₂₅₀	m ₂₅₁	m ₂₅₂	m ₂₄₉	m ₂₅₀	m ₂₅₁	m ₂₅₂
m ₂₅₃	m ₂₅₄	m ₂₅₅	m ₂₅₆	m ₂₅₃	m ₂₅₄	m ₂₅₅	m ₂₅₆
m ₂₅₇	m ₂₅₈	m ₂₅₉	m ₂₆₀	m ₂₅₇	m ₂₅₈	m ₂₅₉	m ₂₆₀
m ₂₆₁	m ₂₆₂	m ₂₆₃	m ₂₆₄	m ₂₆₁	m ₂₆₂	m ₂₆₃	m ₂₆₄
m ₂₆₅	m ₂₆₆	m ₂₆₇	m ₂₆₈	m ₂₆₅	m ₂₆₆	m ₂₆₇	m ₂₆₈
m ₂₆₉	m ₂₇₀	m ₂₇₁	m ₂₇₂	m ₂₆₉	m ₂₇₀	m ₂₇₁	m ₂₇₂
m ₂₇₃	m ₂₇₄	m ₂₇₅	m ₂₇₆	m ₂₇₃	m ₂₇₄	m ₂₇₅	m ₂₇₆
m ₂₇₇	m ₂₇₈	m ₂₇₉	m ₂₈₀	m ₂₇₇	m ₂₇₈	m ₂₇₉	m ₂₈₀
m ₂₈₁	m ₂₈₂	m ₂₈₃	m ₂₈₄	m ₂₈₁	m ₂₈₂	m ₂₈₃	m ₂₈₄
m ₂₈₅	m ₂₈₆	m ₂₈₇	m ₂₈₈	m ₂₈₅	m ₂₈₆	m ₂₈₇	m ₂₈₈
m ₂₈₉	m ₂₉₀	m ₂₉₁	m ₂₉₂	m ₂₈₉	m ₂₉₀	m ₂₉₁	m ₂₉₂
m ₂₉₃	m ₂₉₄	m ₂₉₅	m ₂₉₆	m ₂₉₃	m ₂₉₄	m ₂₉₅	m ₂₉₆
m ₂₉₇	m ₂₉₈	m ₂₉₉	m ₃₀₀	m ₂₉₇	m ₂₉₈	m ₂₉₉	m ₃₀₀
m ₃₀₁	m ₃₀₂	m ₃₀₃	m ₃₀₄	m ₃₀₁	m ₃₀₂	m ₃₀₃	m ₃₀₄
m ₃₀₅	m ₃₀₆	m ₃₀₇	m ₃₀₈	m ₃₀₅	m ₃₀₆	m ₃₀₇	m ₃₀₈
m ₃₀₉	m ₃₁₀	m ₃₁₁	m ₃₁₂	m ₃₀₉	m ₃₁₀	m ₃₁₁	m ₃₁₂
m ₃₁₃	m ₃₁₄	m ₃₁₅	m ₃₁₆	m ₃₁₃	m ₃₁₄	m ₃₁₅	m ₃₁₆
m ₃₁₇	m ₃₁₈	m ₃₁₉	m ₃₂₀	m ₃₁₇	m ₃₁₈	m ₃₁₉	m ₃₂₀
m ₃₂₁	m ₃₂₂	m ₃₂₃	m ₃₂₄	m ₃₂₁	m ₃₂₂	m ₃₂₃	m ₃₂₄
m ₃₂₅	m ₃₂₆	m ₃₂₇	m ₃₂₈	m ₃₂₅	m ₃₂₆	m ₃₂₇	m ₃₂₈
m ₃₂₉	m ₃₃₀	m ₃₃₁	m ₃₃₂	m ₃₂₉	m ₃₃₀	m ₃₃₁	m ₃₃₂
m ₃₃₃	m ₃₃₄	m ₃₃₅	m ₃₃₆	m ₃₃₃	m ₃₃₄	m ₃₃₅	m ₃₃₆
m ₃₃₇	m ₃₃₈	m ₃₃₉	m ₃₄₀	m ₃₃₇	m ₃₃₈	m ₃₃₉	m ₃₄₀
m ₃₄₁	m ₃₄₂	m ₃₄₃	m ₃₄₄	m ₃₄₁	m ₃₄₂	m ₃₄₃	m ₃₄₄
m ₃₄₅	m ₃₄₆	m ₃₄₇	m ₃₄₈	m ₃₄₅	m ₃₄₆	m ₃₄₇	m ₃₄₈
m ₃₄₉	m ₃₅₀	m ₃₅₁	m ₃₅₂	m ₃₄₉	m ₃₅₀	m ₃₅₁	m ₃₅₂
m ₃₅₃	m ₃₅₄	m ₃₅₅	m ₃₅₆	m ₃₅₃	m ₃₅₄	m ₃₅₅	m ₃₅₆
m ₃₅₇	m ₃₅₈	m ₃₅₉	m ₃₆₀	m ₃₅₇	m ₃₅₈	m ₃₅₉	m ₃₆₀
m ₃₆₁	m ₃₆₂	m ₃₆₃	m ₃₆₄	m ₃₆₁	m ₃₆₂	m ₃₆₃	m ₃₆₄
m ₃₆₅	m ₃₆₆	m ₃₆₇	m ₃₆₈	m ₃₆₅	m ₃₆₆	m ₃₆₇	m ₃₆₈
m ₃₆₉	m ₃₇₀	m ₃₇₁	m ₃₇₂	m ₃₆₉	m ₃₇₀	m ₃₇₁	m ₃₇₂
m ₃₇₃	m ₃₇₄	m ₃₇₅	m ₃₇₆	m ₃₇₃	m ₃₇₄	m ₃₇₅	m ₃₇₆
m ₃₇₇	m ₃₇₈	m ₃₇₉	m ₃₈₀	m ₃₇₇	m ₃₇₈	m ₃₇₉	m ₃₈₀
m ₃₈₁	m ₃₈₂	m ₃₈₃	m ₃₈₄	m ₃₈₁	m ₃₈₂	m ₃₈₃	m ₃₈₄
m ₃₈₅	m ₃₈₆	m ₃₈₇	m ₃₈₈	m ₃₈₅	m ₃₈₆	m ₃₈₇	m ₃₈₈
m ₃₈₉	m ₃₉₀	m ₃₉₁	m ₃₉₂	m ₃₈₉	m ₃₉₀	m ₃₉₁	m ₃₉₂
m ₃₉₃	m ₃₉₄	m ₃₉₅	m ₃₉₆	m ₃₉₃	m ₃₉₄	m ₃₉₅	m ₃₉₆
m ₃₉₇	m ₃₉₈	m ₃₉₉	m ₄₀₀	m ₃₉₇	m ₃₉₈	m ₃₉₉	m ₄₀₀
m ₄₀₁	m ₄₀₂	m ₄₀₃	m ₄₀₄	m ₄₀₁	m ₄₀₂	m ₄₀₃	m ₄₀₄
m ₄₀₅	m ₄₀₆	m ₄₀₇	m ₄₀₈	m ₄₀₅	m ₄₀₆	m ₄₀₇	m ₄₀₈
m ₄₀₉	m ₄₁₀	m ₄₁₁	m ₄₁₂	m ₄₀₉ </			

第5-212図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (34)



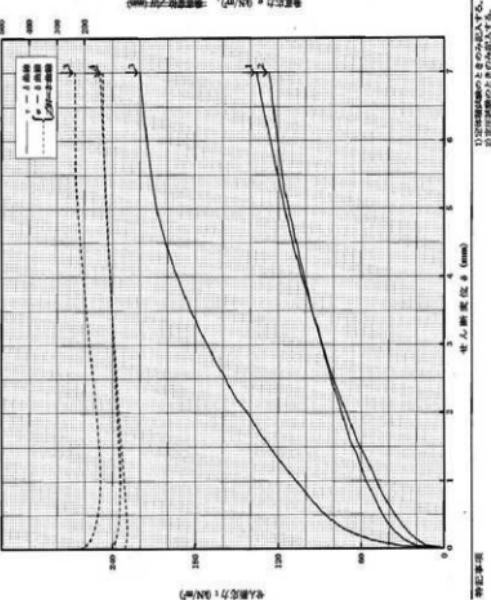
第5-213図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (35)

石垣解体工事に伴う土質試験結果 (36)

① PMSのモード切替スイッチ
② ディスクモード切替スイッチ
③ モードの選択スイッチ
 $P_1 = \frac{P}{P_{\text{max}}}$

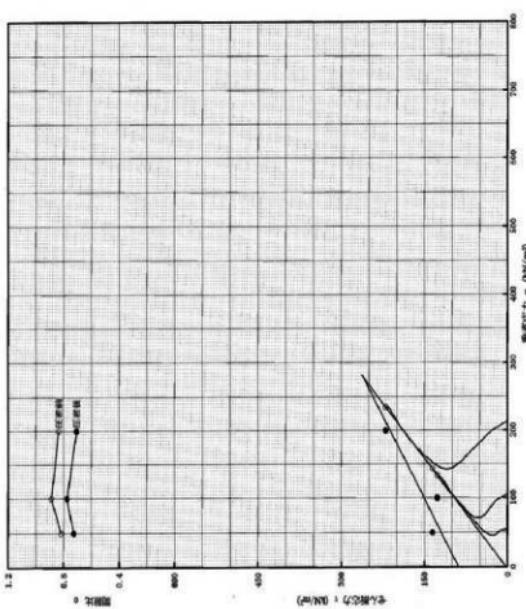
第5-216図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (38)

第5-217図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (39)

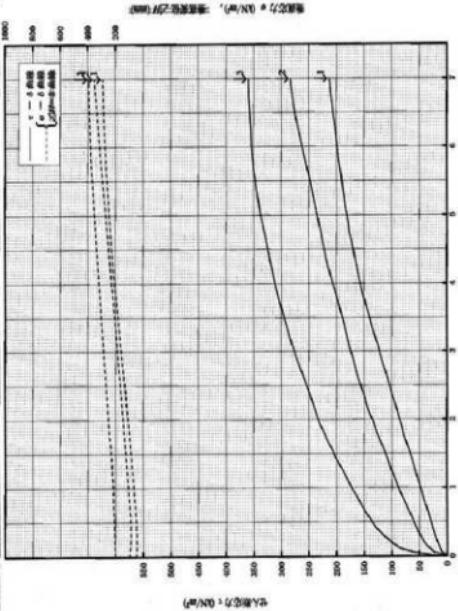


第5章 土質試験結果 (41)

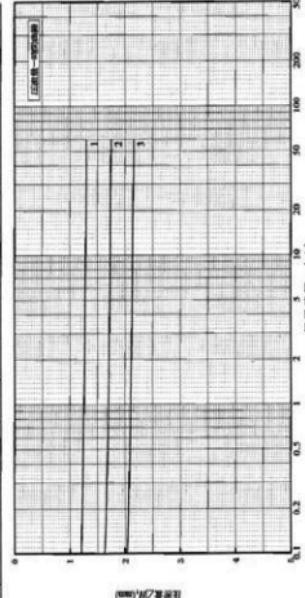
J G S 0 6 6 0 土の強度特性 土の正規化体積 面せん筋筋強度					
地盤改良実験室試験用石炭粉体工事 土質試験					
測定年月日 平成16年4月30日					
測定番号(回)	No. 2 不揮発	全 強度定義	全 応 力	有 効 応 力	e'_1 kN/m ²
充 分 壓 積	$c_{10}(\text{N/mm}^2)$	kg	kg	kg	kg
正 常 地 域	89	31.6	0.62	3	42.7



第5-220図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (42)



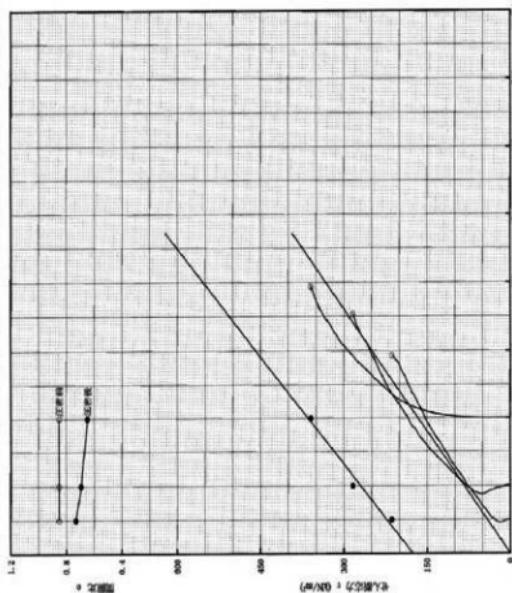
セん断変位 δ (mm) 物記事項
1) 試験機種等、各の仕様を記入。
2) 試験機種等、各の仕様を記入。
「試験機種等」の欄に記入。Q.



$$H_1 = -\frac{B_{11}}{A_{11}} \rho_{11}, \quad S_{11} = \frac{H_1}{H_{11}}, \quad S_{21} = \frac{\partial H_1}{\partial \rho_{11}}, \quad S_{31} = \frac{\partial H_1}{\partial \rho_{21}},$$

土質試驗結果一覽表(材料)

J G S 0 5 6 6 士の強度特性 士の圧密体積一面せん断試験		試験年日 昭和20年6月14日	試験者 植木 周		c'_1 KN/m ²	ϕ_1^{\prime} °	応力 σ_{max} kN/m ²
試験番号 (2次) No.	試験品		力 F	位変 δ			
175	正方形 土質試験 用土質 標準	43.4	0.94	0	39.8		



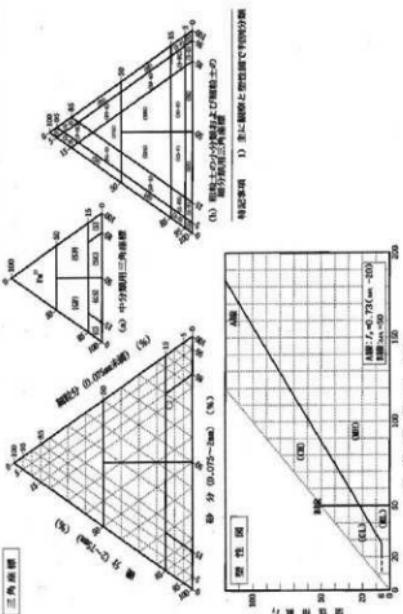
石垣解体工事に伴う土質試験結果(4)

第5-224 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (46)

26

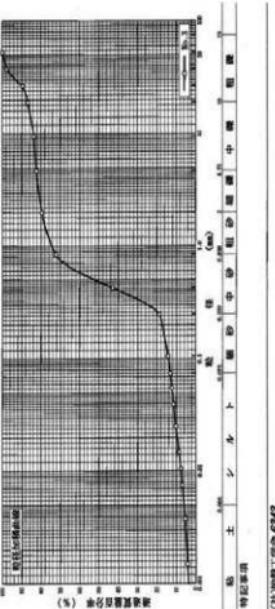
第5-226図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (48)

第5-225図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (47)



新亞書院

JCS A 1202		土粒子の粒度試験(簡便)		試験者 岩谷 進		試験年月日 平成20年2月18日		測定者名 安藤宗弘・鶴見天台石細体工事 土質試験		試験料番号 No.3		試験料番号 No.3		試験料番号 No.3	
M. 科	種	名(記さ)	No.	No.	試験	試験	試験	試験	試験	(No.)	(No.)	(No.)	(No.)	(No.)	
V. カノメーター No.		25	97	27											
0.00040 メタカルボン酸ナトリウム水溶液 m.e. 5	171.040	175.041	175.720												
0.00040 ナトリウムクレジン水溶液 m.e. 5	12.0	12.0	12.0												
0.00040 ナトリウムクレジン水溶液 $\rho_e = 1.07$ g/cm ³	0.00040	0.00040	0.00040												
0.00040 ナトリウムクレジン水溶液 $\rho_e = 1.07$ g/cm ³	152.825	155.210	154.210												
試験 No.	25	97	27												
M. 科の試験結果	77.382	81.154	83.206												
平均粒径質量 粒度 質量	46.632	49.444	46.006												
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	29.350	31.710	36.300												
土粒子の粒度 ρ_s g/cm ³	2.640	2.613	2.635												
M. 科の試験 No.	26.686														
V. カノメーター No.															
0.00040 メタカルボン酸ナトリウム水溶液 m.e. 5															
0.00040 ナトリウムクレジン水溶液 m.e. 5															
0.00040 ナトリウムクレジン水溶液 $\rho_e = 1.07$ g/cm ³															
試験 No.															
試験結果	10.7	10.7	10.7												
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³															
土粒子の粒度 ρ_s g/cm ³															
M. 科の試験結果															
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³															
土粒子の粒度 ρ_s g/cm ³															
試験結果															



第5-228図 石垣軽体工事に伴う土質試験結果(49)

(社)地盤工学会 6367

特記事項

1) ピクチャーベーの実験結果を示す。

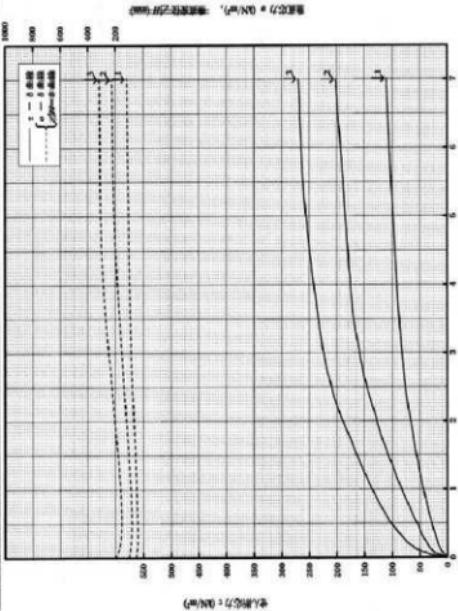
$$\rho_s = \frac{m}{V} + \left(\frac{m}{V} - m_e \right) \times C(T)$$

第4節 工学的調査

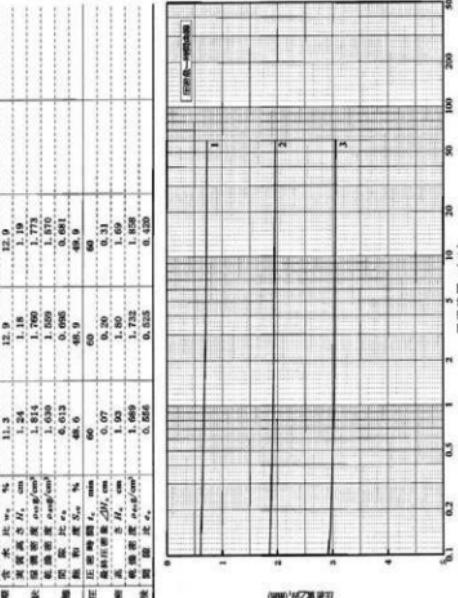
第5－229図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (51)

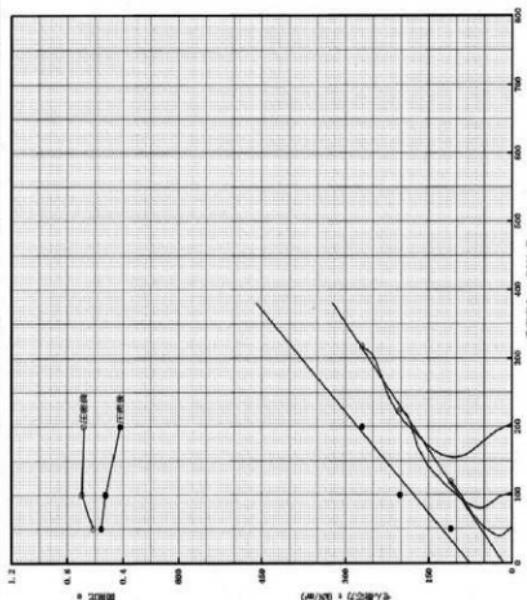
第5-230図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (52)

THE JOURNAL OF
PHYSICAL CHEMISTRY



お問い合わせ
株式会社アーティスティック・ソリューションズ
TEL:03-5533-0500
FAX:03-5533-0501
E-mail:info@artistic-solutions.com
【ISBN番号】www.artistic-solutions.com

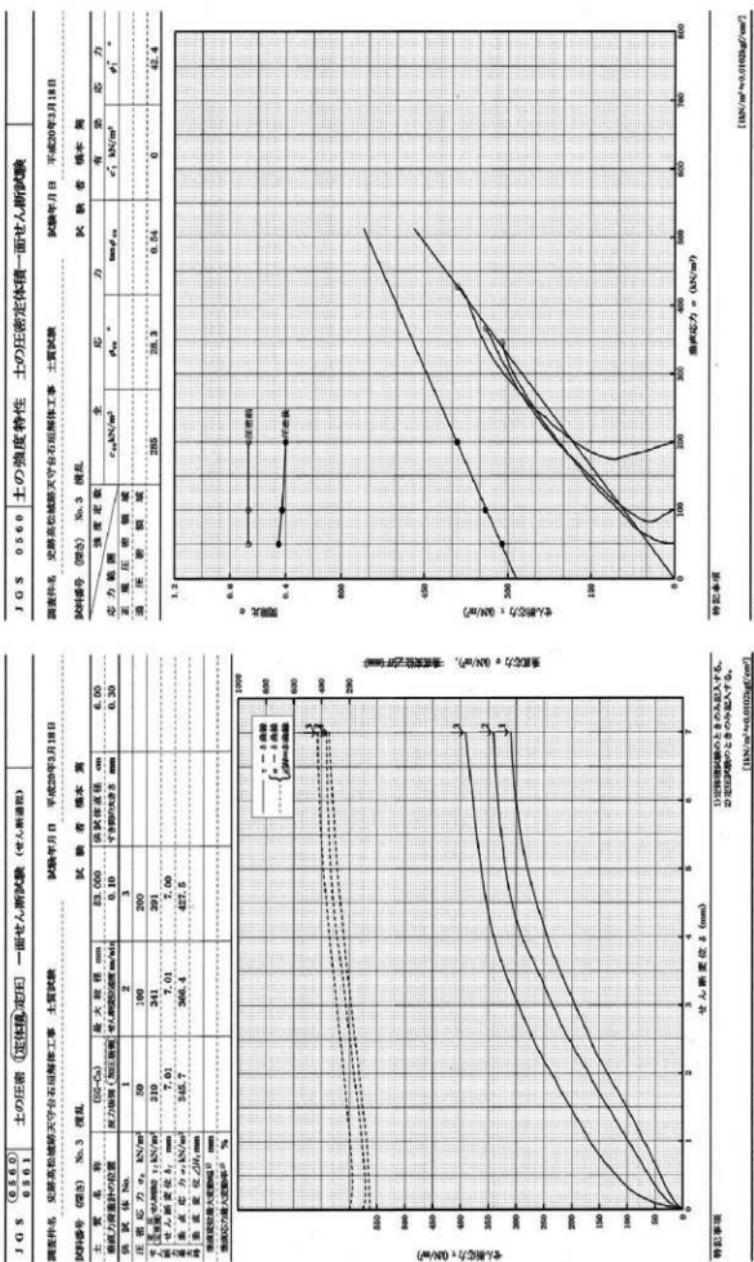




第5—236 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (58)

$$H_2 = \frac{m_2}{d_{\text{sp}}}, \quad e = H_1 - 1, \quad S_0 = \frac{m_2}{e + p_0}.$$

第5－235図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (57)



第5—237図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (59)
第5—238図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (60)

實驗結果一覽表(材料)

D) 石灰分を標準とした土壤の上級肥料
（石灰分を標準とした肥料）

地盤材料の工学的分類

JGS 0051 地盤材料の工学的分類

調査件名 実測高さ(地盤) 天然地盤構成体 土質試験 平成20年 3月 5日

No.	試験番号	試験日	場所
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			
131			
132			
133			
134			
135			
136			
137			
138			
139			
140			
141			
142			
143			
144			
145			
146			
147			
148			
149			
150			
151			
152			
153			
154			
155			
156			
157			
158			
159			
160			
161			
162			
163			
164			
165			
166			
167			
168			
169			
170			
171			
172			
173			
174			
175			
176			
177			
178			
179			
180			
181			
182			
183			
184			
185			
186			
187			
188			
189			
190			
191			
192			
193			
194			
195			
196			
197			
198			
199			
200			
201			
202			
203			
204			
205			
206			
207			
208			
209			
210			
211			
212			
213			
214			
215			
216			
217			
218			
219			
220			
221			
222			
223			
224			
225			
226			
227			
228			
229			
230			
231			
232			
233			
234			
235			
236			
237			
238			
239			
240			
241			
242			
243			
244			
245			
246			
247			
248			
249			
250			
251			
252			
253			
254			
255			
256			
257			
258			
259			
260			
261			
262			
263			
264			
265			
266			
267			
268			
269			
270			
271			
272			
273			
274			
275			
276			
277			
278			
279			
280			
281			
282			
283			
284			
285			
286			
287			
288			
289			
290			
291			
292			
293			
294			
295			
296			
297			
298			
299			
300			
301			
302			
303			
304			
305			
306			
307			
308			
309			
310			
311			
312			
313			
314			
315			
316			
317			
318			
319			
320			
321			
322			
323			
324			
325			
326			
327			
328			
329			
330			
331			
332			
333			
334			
335			
336			
337			
338			
339			
340			
341			
342			
343			
344			
345			
346			
347			
348			
349			
350			
351			
352			
353			
354			
355			
356			
357			
358			
359			
360			
361			
362			
363			
364			
365			
366			
367			
368			
369			
370			
371			
372			
373			
374			
375			
376			
377			
378			
379			
380			
381			
382			
383			
384			
385			
386			
387			
388			
389			
390			
391			
392			
393			
394			
395			
396			
397			
398			
399			
400			
401			
402			
403			
404			
405			
406			
407			
408			
409			
410			
411			
412			
413			
414			
415			
416			
417			
418			
419			
420			
421			
422			
423			
424			
425			
426			
427			
428			
429			
430			
431			
432			
433			
434			
435			
436			
437			
438			
439			
440			
441			
442			
443			
444			
445			
446			
447			
448			
449			
450			
451			
452			
453			
454			
455			
456			
457			
458			
459			
460			
461			
462			
463			
464			
465			
466			
467			
468			
469			
470			
471			
472			
473			
474			
475			
476			
477			
478			
479			
480			
481			
482			
483			
484			
485			
486			
487			
488			
489			
490			
491			
492			
493			
494			

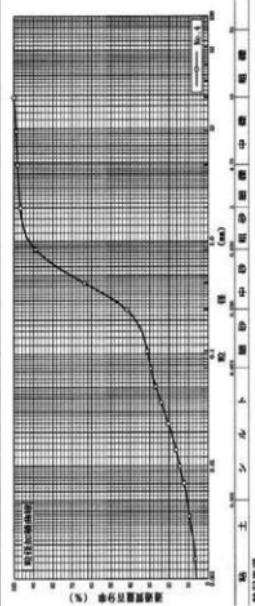
(社)日本建築学会 第5-240図 石灰凝結体工事に伴う土質試験結果 (62)

第5-241図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (63)

第5章 土質試験結果 (64)
石垣解体工事に伴う土質試験結果

物理學

JIS A 1204 土の粒度試験(粒径加積曲線)									
地盤試験機関名: 天守台石工事 土質試験									
結果年月日 平成 20年 2月 28日									
	No.4	試験番号	No.4	試験番号	試験番号	試験番号	試験番号	試験番号	試験番号
	粒径 mm	通過割合%	粒径 mm	通過割合%	粒径 mm	通過割合%	粒径 mm	通過割合%	粒径 mm
千	75.0	75.0	53.0	53.0	30.0	30.0	10.0	10.0	2.0
千	53.0	53.0	30.0	30.0	10.0	10.0	7.7	7.7	1.4
千	37.5	37.5	20.0	20.0	7.0	7.0	0.0	0.0	0.0
千	26.5	26.5	16.0	16.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0
千	19.0	100.0	10.0	100.0	5.0	95.0	0.0	0.0	12.5
千	6.5	99.5	3.0	99.5	1.0	99.5	0.0	0.0	19.7
千	4.75	99.0	2.0	99.0	0.5	99.0	0.0	0.0	10.7
千	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
千	0.650	88.9	0.660	88.9	0.650	88.9	0.650	88.9	88.9
千	0.425	63.6	0.425	63.6	0.425	63.6	0.425	63.6	63.6
千	0.250	41.9	0.250	41.9	0.250	41.9	0.250	41.9	41.9
千	0.100	31.2	0.100	31.2	0.100	31.2	0.100	31.2	31.2
千	0.075	29.4	0.075	29.4	0.075	29.4	0.075	29.4	29.4
千	0.0514	27.0	0.0514	27.0	0.0514	27.0	0.0514	27.0	27.0
千	0.03039	24.1	0.03039	24.1	0.03039	24.1	0.03039	24.1	24.1
千	0.02258	22.4	0.02258	22.4	0.02258	22.4	0.02258	22.4	22.4
千	0.01440	19.3	0.01440	19.3	0.01440	19.3	0.01440	19.3	19.3
千	0.01000	14.6	0.01000	14.6	0.01000	14.6	0.01000	14.6	14.6
千	0.00771	12.4	0.00771	12.4	0.00771	12.4	0.00771	12.4	12.4
千	0.00536	9.5	0.00536	9.5	0.00536	9.5	0.00536	9.5	9.5
千	0.00315	6.6	0.00315	6.6	0.00315	6.6	0.00315	6.6	6.6



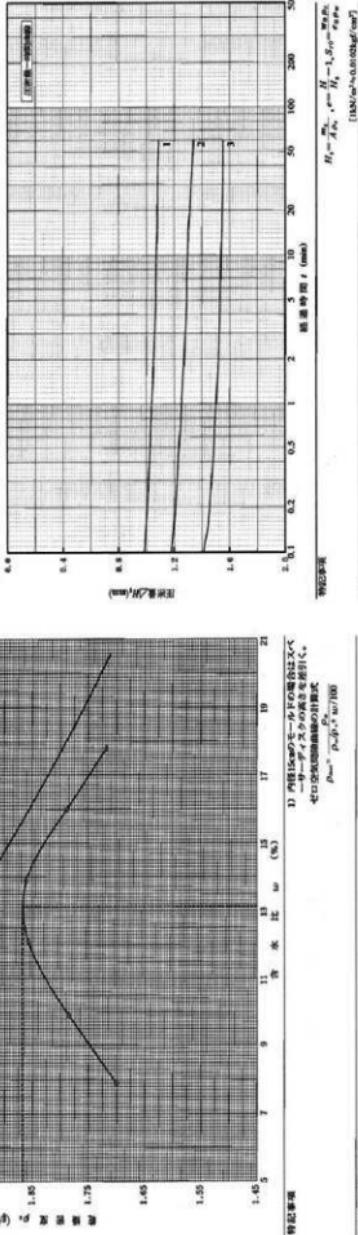
第5-243図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (65)

第5—244 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (66)

卷之三

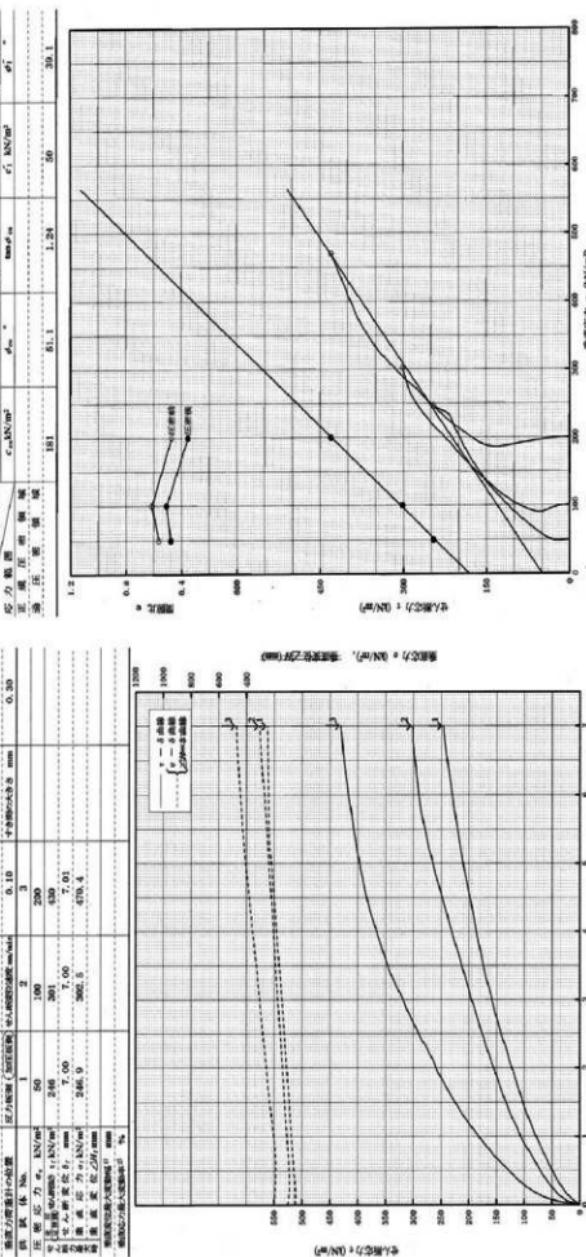
(1) モールドの質量は底板を含む。

第5=246図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (68)



第5章 土質試験結果 (69)

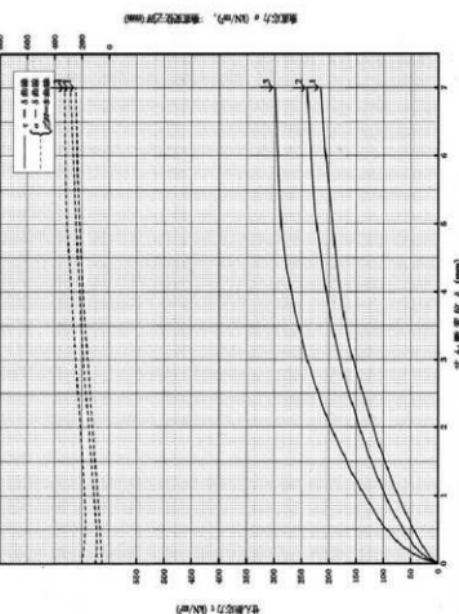
第5-248図 石垣解体工事に伴う土質試験結果(70)



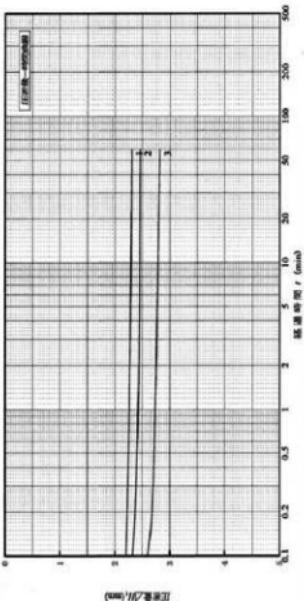
□記入欄
□記入欄
□記入欄

[$\text{EBN}/\text{m}^2 \cdot \text{deg}$] 0.0102567/ cm^2]

4777



1) 実施に際のときのみ記入する。
2) 違反歴のときのみ記入する。



$$H_s = \frac{m_s}{A(B_s)} e^{C_m} \frac{H}{H_s} - 1, S_{\text{eff}} = \frac{w_s B_s}{\theta_s \mu_s}$$

土質試験結果一覧表(材料)		調査件名: 宇治市高架橋天台石側壁体 土質試験		測定日月: 平成 20年 4月 18日	
試験項目	試験方法	試験結果	不規則	規則	検査担当者
試験項目 試験方法	試験結果				
一 試験番号	No.5				
1. 土被り厚さ	cm	2.03			
2. 土被り強度	kg/cm ²	1.74			
3. 土被りの貫通性	kg/cm ²	0.63			
4. 自然含水比	%	9.8			
5. 含水比	%	0.39			
6. 土被り強度	kg/cm ²	82.1			
7. 土被り強度	kg/cm ²	16.0			
8. 土被り強度	kg/cm ²	65.5			
9. 分子分母	(0.01~100)倍	7.4			
10. 分子分母	(0.01~100)倍	9.4			
11. 粒子分母	mm	26.5			
12. 粒子分母	mm	92.4			
13. 湿潤強度	%	N.P.			
14. 干燥強度	%	N.P.			
15. 剥離強度	kg/cm ²	—			
16. 2200/22-10強度	kg/cm ²	—			
17. 分子分母	kg/cm ²	—			
18. 粒子分母	kg/cm ²	—			
19. 摩擦抵抗力	kg/cm ²	—			
20. 大きさ	cm ²	12.4			
21. 組合せ水比	%	—			
C	強	1.7			
D	中	1.0			
E	弱	0.3			
R	中	0.5			
S	弱	0.1			
22. 順応性	kg/cm ²	—			
23. ローリング強度	kg/cm ²	—			
24. 硬度	kg/cm ²	—			

三

JGSS 0560 土の強度特性 士のJIS常定体積一面せん断試験

実施場所: 熊本県天守台地盤試験
実施機関名: 実施機関名略
試験年月日: 平成20年9月19日

試験番号	試験No.	地盤	密度 (kg/m³)	せん断強度 (kN/m²)	せん断ひずみ (1/kN)
4	4	砂質土	165	200.2	0.56
5	5	砂質土	165	200.2	0.56

卷之三

第5-253図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (75)

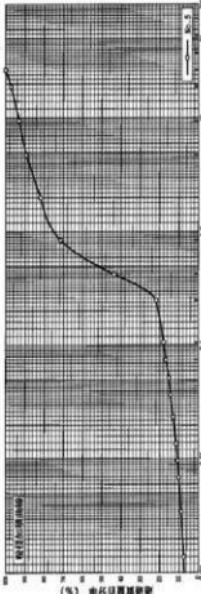
第5-254図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (76)

第5-256図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (78)

四

第5章 土質試験結果 (77)

土の粒度試験(粒径加算曲線)									
試験年月日 平成20年3月26日									
測定条件: 地点:高松市鴨居六丁目石田所付工事 土質概要:									
(試験番号)	No.5	(試験番号)	No.5	(試験番号)	No.5	(試験番号)	No.5	(試験番号)	No.5
(試験番号)	粒径 mm	過剰含水比(%)	粒径 mm	過剰含水比(%)	粒径 mm	過剰含水比(%)	粒径 mm	過剰含水比(%)	粒径 mm
5	75.0	.....	75.0	.....	75.0	.....	75.0	.....	75.0
5	63.0	.....	63.0	.....	63.0	.....	63.0	.....	63.0
5	57.5	.....	57.5	.....	57.5	.....	57.5	.....	57.5
6	50.0	100.0	50.0	27.5	50.0	.....	50.0	.....	50.0
6	36.5	.....	36.5	.....	36.5	.....	36.5	.....	36.5
6	21.9	97.3	21.9	19.0	21.9	.....	21.9	.....	21.9
6	16.0	.....	16.0	8.5	16.0	.....	16.0	.....	16.0
6	11.7	.....	11.7	8.5	11.7	.....	11.7	.....	11.7
6	8.0	.....	8.0	4.75	8.0	.....	8.0	.....	8.0
6	5.6	.....	5.6	2.0	5.6	.....	5.6	.....	5.6
6	4.0	.....	4.0	0.850	4.0	.....	4.0	.....	4.0
6	2.7	.....	2.7	0.438	2.7	.....	2.7	.....	2.7
6	1.9	.....	1.9	0.250	1.9	.....	1.9	.....	1.9
6	1.4	.....	1.4	0.106	1.4	.....	1.4	.....	1.4
6	1.0	.....	1.0	0.075	1.0	.....	1.0	.....	1.0
6	0.6522	15.2	0.6522	15.2	0.6522	15.2	0.6522	15.2	0.6522
6	0.6371	14.3	0.6371	14.3	0.6371	14.3	0.6371	14.3	0.6371
6	0.6226	12.9	0.6226	12.9	0.6226	12.9	0.6226	12.9	0.6226
6	0.6137	11.4	0.6137	11.4	0.6137	11.4	0.6137	11.4	0.6137
6	0.6007	10.7	0.6007	10.7	0.6007	10.7	0.6007	10.7	0.6007
6	0.5869	10.1	0.5869	10.1	0.5869	10.1	0.5869	10.1	0.5869
6	0.5635	8.6	0.5635	8.6	0.5635	8.6	0.5635	8.6	0.5635
6	0.5314	7.4	0.5314	7.4	0.5314	7.4	0.5314	7.4	0.5314



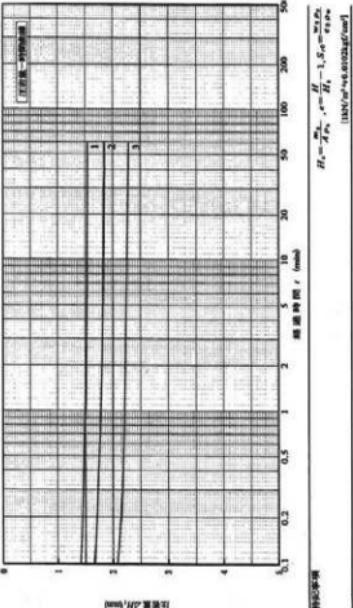
第5-258図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (80)

第5－257図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (79)

卷之三

第5-260図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (82)

第5-259図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (81)



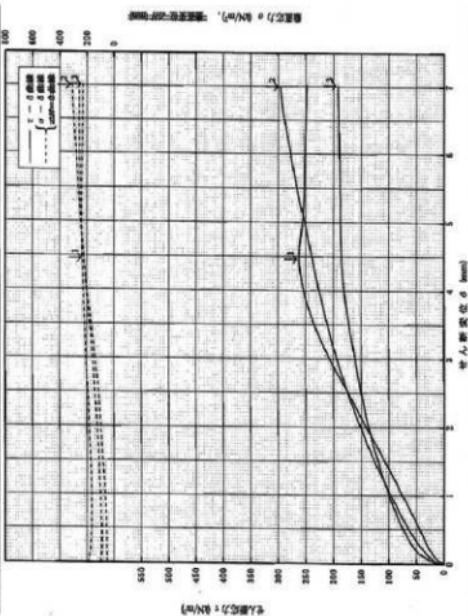
第5章 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (85)

JGS (Q.S.D) 0.511 土の定密 (密度修正法) 一面せん断試験 (せん断強度)

測定番号: 安藤高松地盤工事部石川耕作一平 土質試験

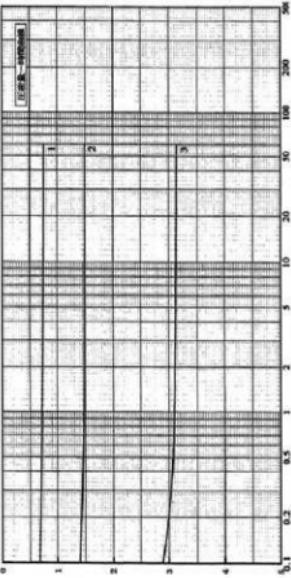
試験日付 (西暦) No. 不規則

A. 物 質 様 式		B. 長 度 幅 厚		C. 組 成	
試験番号	No.	長さ mm	幅 mm	厚さ mm	組成
1	1	100	100	3	砂質粘土
2	2	350	100	10	砂質粘土
3	3	400	100	10	砂質粘土
4	4	300	100	10	砂質粘土
5	5	300	100	10	砂質粘土
6	6	300	100	10	砂質粘土
7	7	300	100	10	砂質粘土
8	8	300	100	10	砂質粘土
9	9	300	100	10	砂質粘土
10	10	300	100	10	砂質粘土
11	11	300	100	10	砂質粘土
12	12	300	100	10	砂質粘土
13	13	300	100	10	砂質粘土
14	14	300	100	10	砂質粘土
15	15	300	100	10	砂質粘土
16	16	300	100	10	砂質粘土
17	17	300	100	10	砂質粘土
18	18	300	100	10	砂質粘土
19	19	300	100	10	砂質粘土
20	20	300	100	10	砂質粘土
21	21	300	100	10	砂質粘土
22	22	300	100	10	砂質粘土
23	23	300	100	10	砂質粘土
24	24	300	100	10	砂質粘土
25	25	300	100	10	砂質粘土
26	26	300	100	10	砂質粘土
27	27	300	100	10	砂質粘土
28	28	300	100	10	砂質粘土
29	29	300	100	10	砂質粘土
30	30	300	100	10	砂質粘土
31	31	300	100	10	砂質粘土
32	32	300	100	10	砂質粘土
33	33	300	100	10	砂質粘土
34	34	300	100	10	砂質粘土
35	35	300	100	10	砂質粘土
36	36	300	100	10	砂質粘土
37	37	300	100	10	砂質粘土
38	38	300	100	10	砂質粘土
39	39	300	100	10	砂質粘土
40	40	300	100	10	砂質粘土
41	41	300	100	10	砂質粘土
42	42	300	100	10	砂質粘土
43	43	300	100	10	砂質粘土
44	44	300	100	10	砂質粘土
45	45	300	100	10	砂質粘土
46	46	300	100	10	砂質粘土
47	47	300	100	10	砂質粘土
48	48	300	100	10	砂質粘土
49	49	300	100	10	砂質粘土
50	50	300	100	10	砂質粘土
51	51	300	100	10	砂質粘土
52	52	300	100	10	砂質粘土
53	53	300	100	10	砂質粘土
54	54	300	100	10	砂質粘土
55	55	300	100	10	砂質粘土
56	56	300	100	10	砂質粘土
57	57	300	100	10	砂質粘土
58	58	300	100	10	砂質粘土
59	59	300	100	10	砂質粘土
60	60	300	100	10	砂質粘土
61	61	300	100	10	砂質粘土
62	62	300	100	10	砂質粘土
63	63	300	100	10	砂質粘土
64	64	300	100	10	砂質粘土
65	65	300	100	10	砂質粘土
66	66	300	100	10	砂質粘土
67	67	300	100	10	砂質粘土
68	68	300	100	10	砂質粘土
69	69	300	100	10	砂質粘土
70	70	300	100	10	砂質粘土
71	71	300	100	10	砂質粘土
72	72	300	100	10	砂質粘土
73	73	300	100	10	砂質粘土
74	74	300	100	10	砂質粘土
75	75	300	100	10	砂質粘土
76	76	300	100	10	砂質粘土
77	77	300	100	10	砂質粘土
78	78	300	100	10	砂質粘土
79	79	300	100	10	砂質粘土
80	80	300	100	10	砂質粘土
81	81	300	100	10	砂質粘土
82	82	300	100	10	砂質粘土
83	83	300	100	10	砂質粘土
84	84	300	100	10	砂質粘土
85	85	300	100	10	砂質粘土
86	86	300	100	10	砂質粘土
87	87	300	100	10	砂質粘土
88	88	300	100	10	砂質粘土
89	89	300	100	10	砂質粘土
90	90	300	100	10	砂質粘土
91	91	300	100	10	砂質粘土
92	92	300	100	10	砂質粘土
93	93	300	100	10	砂質粘土
94	94	300	100	10	砂質粘土
95	95	300	100	10	砂質粘土
96	96	300	100	10	砂質粘土
97	97	300	100	10	砂質粘土
98	98	300	100	10	砂質粘土
99	99	300	100	10	砂質粘土
100	100	300	100	10	砂質粘土



石垣解体工事に伴う土質試験結果 (86)

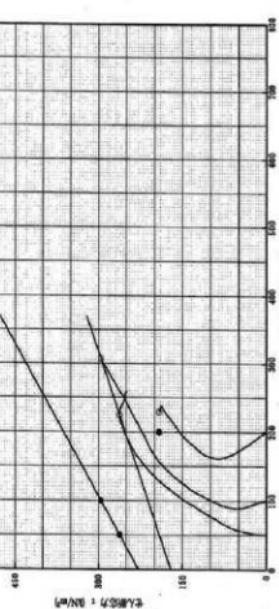
J O S (5.5.6) 土の圧縮 (定圧荷重法) [実験地盤は天守台地盤工事 土質試験]		試験年月日 平成20年6月16日	
試験番号 (略記) No. 5 掘削		試験者 梶本 勝	
試験 土 壤 名 称	砂質粘土	試験力 (kgf)	2,643
試験 特 性	液 性 程 度	土壤構造	粗粒構造
試験 試料	6.00 cm	所 定 面 積	4 cm ²
試験 作業	手 動	静的荷重範囲	3
試験 供試料	No. 1	荷重	2
試験 荷重 方 向	N/m ²	荷重	200
試験 荷重	10	荷重	100
試験 荷重	5	荷重	50
試験 荷重	2.5	荷重	25
試験 荷重	1.25	荷重	12.5
試験 荷重	0.625	荷重	6.25
試験 荷重	0.3125	荷重	3.125
試験 荷重	0.15625	荷重	1.5625
試験 荷重	0.078125	荷重	0.78125
試験 荷重	0.0390625	荷重	0.390625
試験 荷重	0.01953125	荷重	0.1953125
試験 荷重	0.009765625	荷重	0.09765625
試験 荷重	0.0048828125	荷重	0.048828125
試験 荷重	0.00244140625	荷重	0.0244140625
試験 荷重	0.001220703125	荷重	0.01220703125
試験 荷重	0.0006103515625	荷重	0.006103515625
試験 荷重	0.00030517578125	荷重	0.0030517578125
試験 荷重	0.000152587890625	荷重	0.00152587890625
試験 荷重	0.0000762939453125	荷重	0.000762939453125
試験 荷重	0.00003814697265625	荷重	0.0003814697265625
試験 荷重	0.000019073486328125	荷重	0.00019073486328125
試験 荷重	0.0000095367431640625	荷重	0.000095367431640625
試験 荷重	0.00000476837158203125	荷重	0.0000476837158203125
試験 荷重	0.000002384185791015625	荷重	0.00002384185791015625
試験 荷重	0.0000012020928955078125	荷重	0.000012020928955078125
試験 荷重	0.00000060104644775390625	荷重	0.0000060104644775390625
試験 荷重	0.000000300523223876953125	荷重	0.00000300523223876953125
試験 荷重	0.0000001502616119384765625	荷重	0.000001502616119384765625
試験 荷重	0.00000007513080596923828125	荷重	0.0000007513080596923828125
試験 荷重	0.000000037565402984619140625	荷重	0.00000037565402984619140625
試験 荷重	0.0000000187827014923095703125	荷重	0.000000187827014923095703125
試験 荷重	0.00000000939135074615478515625	荷重	0.0000000939135074615478515625
試験 荷重	0.000000004695675373077392578125	荷重	0.00000004695675373077392578125
試験 荷重	0.0000000023478376865386962890625	荷重	0.000000023478376865386962890625
試験 荷重	0.00000000117391884326934814453125	荷重	0.0000000117391884326934814453125
試験 荷重	0.000000000586959421634674072265625	荷重	0.0000000586959421634674072265625
試験 荷重	0.00000000029347971081733703613125	荷重	0.000000029347971081733703613125
試験 荷重	0.000000000146739855408668518065625	荷重	0.0000000146739855408668518065625
試験 荷重	0.00000000007336992770433425903125	荷重	0.00000007336992770433425903125
試験 荷重	0.000000000036684963852167129515625	荷重	0.000000036684963852167129515625
試験 荷重	0.0000000000183424819260835597578125	荷重	0.0000000183424819260835597578125
試験 荷重	0.00000000000917124096300477987890625	荷重	0.00000000917124096300477987890625
試験 荷重	0.000000000004585620481502389939453125	荷重	0.000000004585620481502389939453125
試験 荷重	0.0000000000022928102407511949697265625	荷重	0.0000000022928102407511949697265625
試験 荷重	0.0000000000011464051203755974848890625	荷重	0.0000000011464051203755974848890625
試験 荷重	0.00000000000057320256018879874244453125	荷重	0.00000000057320256018879874244453125
試験 荷重	0.000000000000286601280094399371222265625	荷重	0.000000000286601280094399371222265625
試験 荷重	0.00000000000014330064004719968561113125	荷重	0.00000000014330064004719968561113125
試験 荷重	0.000000000000071650320023599842805565625	荷重	0.000000000071650320023599842805565625
試験 荷重	0.000000000000035825160011799921402778125	荷重	0.000000000035825160011799921402778125
試験 荷重	0.0000000000000179125800058999607013890625	荷重	0.0000000000179125800058999607013890625
試験 荷重	0.00000000000000895629000294998035069453125	荷重	0.0000000000895629000294998035069453125
試験 荷重	0.000000000000004478145001474990175347265625	荷重	0.00000000004478145001474990175347265625
試験 荷重	0.00000000000000223907250073749508767863125	荷重	0.0000000000223907250073749508767863125
試験 荷重	0.0000000000000011195362503687475438393125	荷重	0.00000000011195362503687475438393125
試験 荷重	0.00000000000000055976812518437377191965625	荷重	0.000000000055976812518437377191965625
試験 荷重	0.0000000000000002798840625922186859598265625	荷重	0.00000000002798840625922186859598265625
試験 荷重	0.000000000000000139942031296109342979913125	荷重	0.000000000139942031296109342979913125
試験 荷重	0.0000000000000000699710156480546724899565625	荷重	0.0000000000699710156480546724899565625
試験 荷重	0.000000000000000034985507824027336244978125	荷重	0.000000000034985507824027336244978125
試験 荷重	0.00000000000000001749275391201366812249890625	荷重	0.0000000001749275391201366812249890625
試験 荷重	0.000000000000000008746376956006834061249453125	荷重	0.00000000008746376956006834061249453125
試験 荷重	0.00000000000000000437318847800341703062473125	荷重	0.0000000000437318847800341703062473125
試験 荷重	0.000000000000000002186594239001708515312365625	荷重	0.00000000002186594239001708515312365625
試験 荷重	0.00000000000000000109329711950085425765688125	荷重	0.000000000109329711950085425765688125
試験 荷重	0.0000000000000000005466485597500427128828453125	荷重	0.00000000005466485597500427128828453125
試験 荷重	0.00000000000000000027332427987500213644422265625	荷重	0.000000000027332427987500213644422265625
試験 荷重	0.0000000000000000001366621399375001067221113125	荷重	0.0000000001366621399375001067221113125
試験 荷重	0.000000000000000000068331069968750053361055625	荷重	0.000000000068331069968750053361055625
試験 荷重	0.0000000000000000000341655349843750026685278125	荷重	0.0000000000341655349843750026685278125
試験 荷重	0.000000000000000000017082767492187500133426365625	荷重	0.00000000017082767492187500133426365625
試験 荷重	0.000000000000000000008541383746093750006671318125	荷重	0.00000000008541383746093750006671318125
試験 荷重	0.00000000000000000000427069187304687500033356593125	荷重	0.0000000000427069187304687500033356593125
試験 荷重	0.0000000000000000000021353459365234375000166782965625	荷重	0.000000000021353459365234375000166782965625
試験 荷重	0.0000000000000000000010676729682617187500008339148125	荷重	0.000000000010676729682617187500008339148125
試験 荷重	0.000000000000000000000533836484130859375000041695740625	荷重	0.0000000000533836484130859375000041695740625
試験 荷重	0.00000000000000000000026691824206542968750000208478703125	荷重	0.00000000002669182420654296875000208478703125
試験 荷重	0.0000000000000000000001334591210327148437500010423935265625	荷重	0.000000000133459121032714843750010423935265625
試験 荷重	0.000000000000000000000066729560516357421875000521196773125	荷重	0.00000000006672956051635742187500521196773125
試験 荷重	0.000000000000000000000033364780258178710937500026059838453125	荷重	0.00000000003336478025817871093750026059838453125
試験 荷重	0.0000000000000000000000166823901290893554375000130299192265625	荷重	0.00000000016682390129089355437500130299192265625
試験 荷重	0.000000000000000000000008341195064544677718750006514959613125	荷重	0.0000000000834119506454467771875006514959613125
試験 荷重	0.0000000000000000000000041705975322723388562500032574798093125	荷重	0.00000000004170597532272338856250032574798093125
試験 荷重	0.0000000000000000000000020852987661361694437500021287499078125	荷重	0.00000000002085298766136169443750021287499078125
試験 荷重	0.000000000000000000000001042649383068084721875000106437495393125	荷重	0.000000000104264938306808472187500106437495393125
試験 荷重	0.00000000000000000000000052132469153340421093750000532187476965625	荷重	0.0000000000521324691533404210937500532187476965625
試験 荷重	0.0000000000000000000000002606623457667021054375000026109373898125	荷重	0.000000000026066234576670210543750026109373898125
試験 荷重	0.00000000000000000000000013033117288335105271875000130446869493125	荷重	0.0000000001303311728833510527187500130446869493125
試験 荷重	0.00000000000000000000000006516558644167552635625000065223434748125	荷重	0.000000000065165586441675526356250065223434748125
試験 荷重	0.000000000000000000000000032582793220837763178750000325917173740625	荷重	0.0000000000325827932208377631787500325917173740625
試験 荷重	0.00000000000000000000000001629139661041888158937500001630085868703125	荷重	0.00000000016291396610418881589375001630085868703125
試験 荷重	0.00000000000000000000000000814569830520944079456250000814792934378125	荷重	0.0000000000814569830520944079456250814792934378125
試験 荷重	0.000000000000000000000000004072849152604720397187500004073949671965625	荷重	0.00000000004072849152604720397187504073949671965625
試験 荷重	0.00000000000000000000000000203642457630236019856250000203697483593125	荷重	0.0000000000203642457630236019856250203697483593125
試験 荷重	0.000000000000000000000000001018212288151180099218750001018487417965625	荷重	0.00000000010182122881511800992187501018487417965625
試験 荷重	0.000000000000000000000000000509106144075590049695625000050925370898125	荷重	0.0000000000509106144075590049695625050925370898125
試験 荷重	0.000000000000000000000000000254553072037795024843750000254576854493125	荷重	0.0000000000254553072037795024843750254576854493125
試験 荷重	0.000000000000000000000000000127276536018897512421875000127288427248125	荷重	0.0000000001272765360188975124218750127288427248125
試験 荷重	0.00000000000000000000000000006363826800944975621875000063644213623125	荷重	0.000000000063638268009449756218750063644213623125
試験 荷重	0.0000000000000000000000000000318191340047248781093750000318221068113125	荷重	0.0000000000318191340047248781093750318221068113125
試験 荷重	0.0000000000000000000000000000159095670023622439543750000159110534058125	荷重	0.000000000159095670023622439543750159110534058125
試験 荷重	0.000000000000000000000000000007954783501181122197818750000795552670293125	荷重	0.00000000007954783501181122197818750795552670293125
試験 荷重	0.000000000000000000000000000003977391750590561098956250000397779335148125	荷重	0.00000000003977391750590561098956250397779335148125
試験 荷重	0.0000000000000000000000000000019886958752952805494562500001988896675740625	荷重	0.00000000019886958752952805494562501988896675740625
試験 荷重	0.00000000000000000000000000000099434793751474027471875000009944733378703125	荷重	0.00000000009943479375147402747187509944733378703125
試験 荷重	0.0000000000000000000000000000004971739687573701373437500000497236668938125	荷重	0.0000000000497173968757370137343750497236668938125
試験 荷重	0.00000000000000000000000000000024		



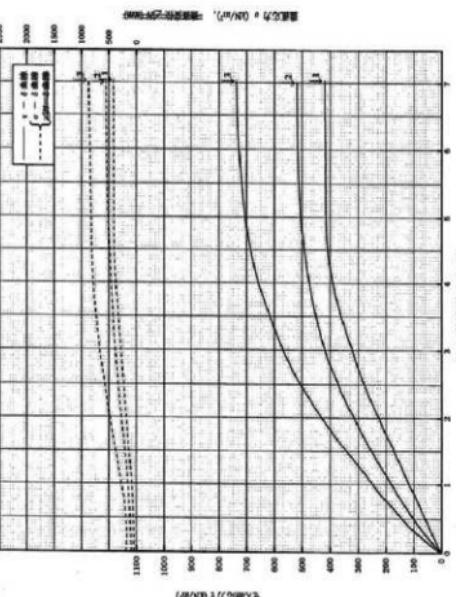
200



第5-265図 石垣解体工事に伴う主質試験結果 (87)



104



石垣解体工事に伴う土質試験結果 (89)

J G S 0 6 0 土の強度特性 土の圧縮定荷重 一面せん断試験

調査件名: 実験地盤試験(水田地盤) 土質試験
試験日: No. 5 1960. 6. 15

測定項目 (単位) No. 5 土質
密度定数 (kg/m³) $\gamma = 16.5$
含水率 (%) $w_s = 31.1$
干土重 (kg/m³) $\gamma_d = 16.9$
孔隙比 $e = 2.13$
液限 (w_L) $w_L = 13.1$
粘限 (w_C) $w_C = 13.1$
塑限 (w_P) $w_P = 13.1$

剪断応力 σ (kg/cm ²)	乾燥状態 (dry)	飽和状態 (sat.)	湿潤状態 (wet)	液限状態 (w_L)
0.6	0.6	0.4	0.2	0.1
0.4	0.4	0.2	0.1	0.05
0.2	0.2	0.1	0.05	0.02
0.1	0.1	0.05	0.02	0.01

試験結果 (kg/cm²)

試験結果 (kg/cm²)



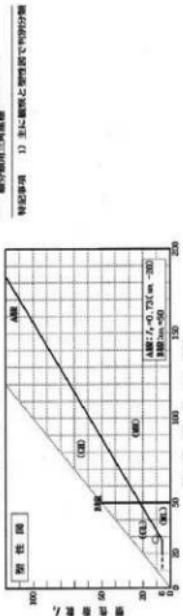
第5章 第5-268 図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (90)

試驗結果一覽表(材料)



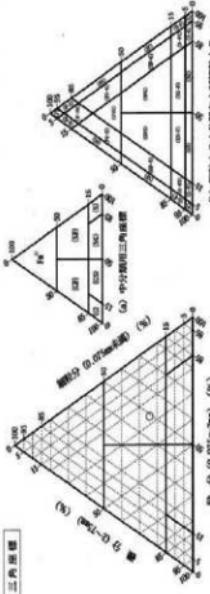
第5—269回 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (91)

第5-270図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (92)



卷之三

地盤材料の工学的分類



1) 企画書

第5章 解体に伴う調査

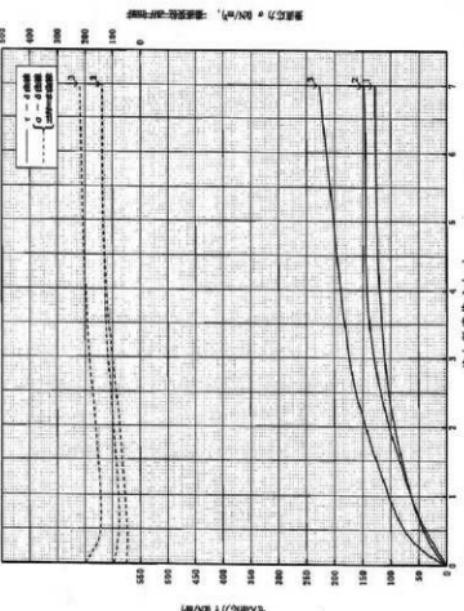
JIS A 1203		土の含水比試験		試験年月日 平成20年4月9日		試験者 調査者	
調査名: 石垣島地盤調査実物石垣体工事土質試験				測定条件: 地盤依存燃費火守石垣体工事測定		試験結果 (断面)	
測定番号 (試験)		No. 6	No. 6	No. 6		No. 6	
試験番号	No. 6	1382	1413	1415	1415	82	82
m ₁	m ₂	986.84	1009.99	997.84	997.84	82	82
m ₃	m ₄	1065.70	1070.40	1059.40	1059.40	82	82
m ₅	m ₆	258.00	267.51	259.35	259.35	82	82
m ₇	m ₈	9.4	9.5	9.1	9.1	82	82
平均含水率 %	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	82	82
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							
m ₁	m ₂						
m ₃	m ₄						
m ₅	m ₆						
m ₇	m ₈						
平均含水率 %							
記 記	記	記	記	記	記	記	記
測定番号 (試験)							

- サードイスクの高さを並びく。
- 2) モールドの質量は重軽を含む。

卷之三

第5-275図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (97)

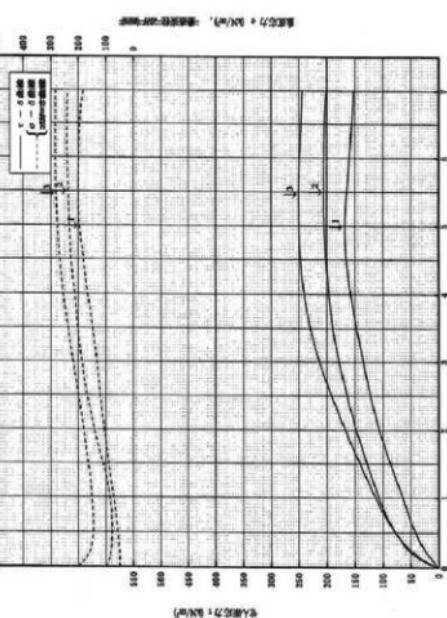
第5-277図 石垣解体工事に伴う土質試験結果 (99)



石垣解体工事に伴う土質試験結果 (101)

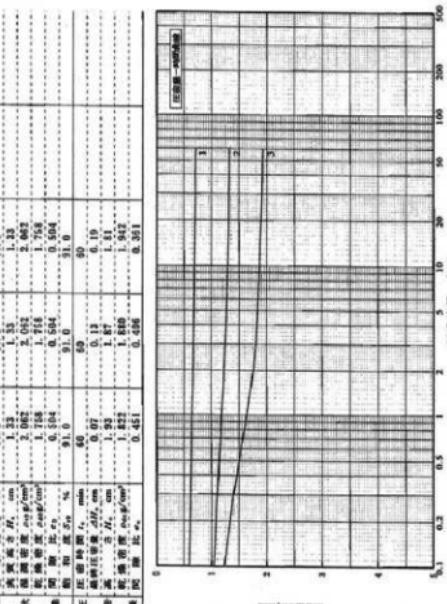
附录项

石垣解体工事に伴う土質試験結果 (102)



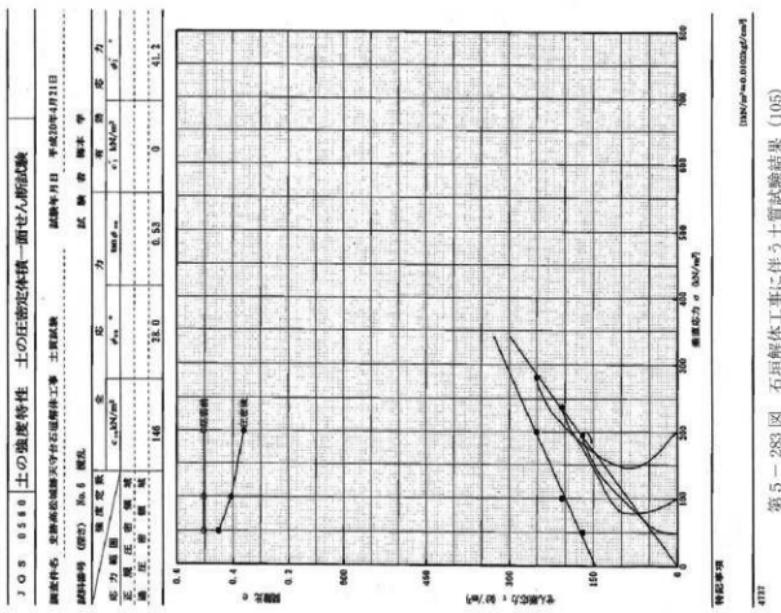
政治小説の変遷

10



$$R_n = \frac{a_n}{A} P_n, \quad \text{and} \quad \frac{H}{H_0} = 1, \quad \Sigma_{\mu\nu} = \frac{\partial H}{\partial P_{\mu\nu}}.$$

第5章 石垣解体工事における土質試験結果 (103)



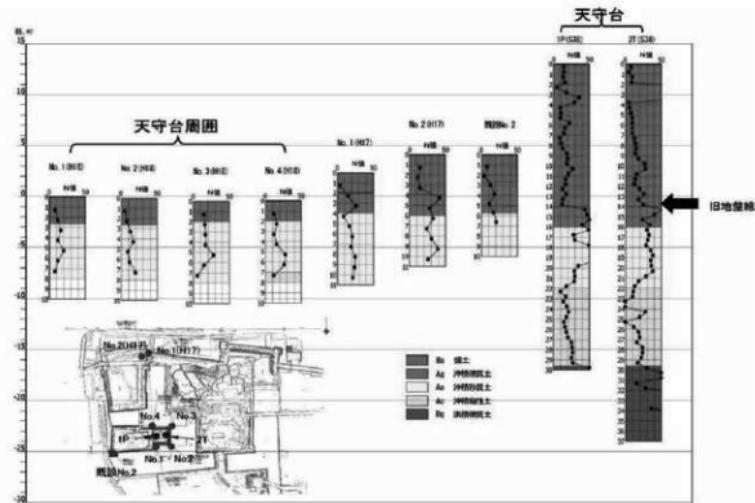
第3項 地盤調査

周辺地盤の地形・地質と液状化

第5-284図に、玉藻公園内で実施した既往ボーリング調査報告書による、天守台および周辺地盤における標準貫入試験結果を示す。天守台周囲の地盤は、上位から、沖積礫質土、沖積砂質土、沖積粘性土、そして洪積礫質土が堆積している。沖積層厚は約10mであり、沖積礫質土および沖積砂質土とともにN値は小さいことが分かる。

天守台の柱状図から、天守台盛土のN値は概ね10～20であり、旧地盤線より下位の沖積礫質土および沖積砂質土のN値は、天守台周囲のN値と比較して大きい。このN値が大きい理由として、上載荷重による拘束圧増加と圧密による効果もあるが、それ以上に、当時の築造場所の判断として、微地形を利用し少し高まりのある、すなわち礫分の多い（N値の高い）場所を選択したのではないかとの推測ができる。

四国地盤情報活用協議会のボーリングデータを用いて、高松城天守台近傍の地盤の液状化判定を「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（1996年12月）」に準じて実施した。



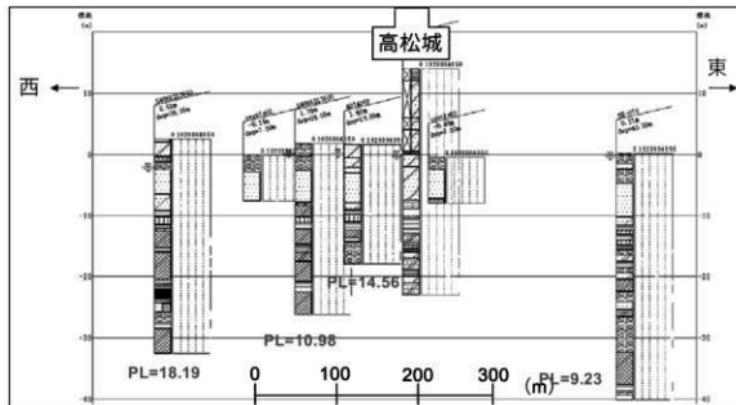
第5-284図 高松城周辺（玉藻公園内）の地質柱状図

第5-285図に、液状化判定を実施した南北断面線を示す。

第5-286図は、第5-285図に示した断面線におけるボーリングデータにより求めた液状化危険度評価値PL値を併記している。高松城周辺地盤のPL値は概ね10～15であり、液状化危険度ランクはB（液状化危険度が高い）と判定される。



第5-285図 液状化判定を実施した断面



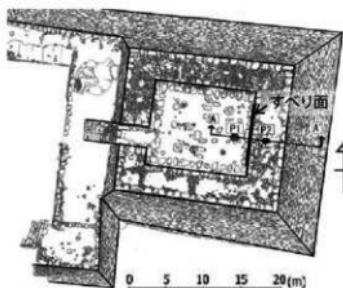
第5-286図 液状化危険度評価値(PL値)

石垣内部盛土について

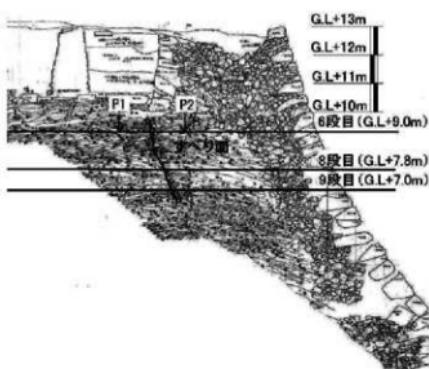
1) 版築構造とすべり面の検出

2007年9月より進められている史跡高松城天守台石垣解体修理工事では、工事の進行とともに内部盛土の詳細な観察が進められ、盛土が版築構造となっていることが判明した。すなわち、文化財として当時の盛土技術を推定する上で、現状の盛土の地盤工学的性を得ることは極めて重要であると考えられた。そこで、石垣内部盛土の土質物性を詳細に調査することとなった。

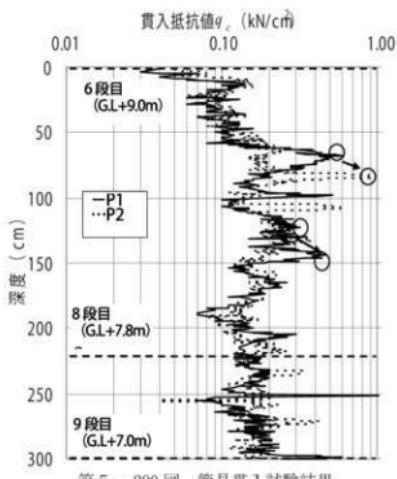
調査の過程において、第5-287図に示す断面における石垣内部盛土内に、第5-288図に示すようなスペリ面が発見された。このすべり面は前面石垣のハラミによるものと推測されたため、このスペリの確認を目的とし、6段目のP1およびP2の2箇所で簡易動的貫入試験を実施した。本試験は、ハンマー打撃1回当たりの打撃力とロッド貫入量から、地盤の深さ方向の強度分布を測定する試験である（第5-289図参照）。



第5-287図 高松城天守台平面図



第5-288図 石垣断面図(A-A'断面)

第5-289図 簡易貫入試験実施状況
(すべり土塊の検出)

第5-290図 簡易貫入試験結果

第5-290図に、簡易貫入試験の結果を示す。ピーク値の変化から判断すると6段目から80cmの深さで約15cmのすべりの発生を確認することができる。その後の断面観察により平面的にも広がりを有していることが確認できている。このすべり面が検出された東側石垣の下部には、ハラミが発生していることから、このすべりは前面の石垣のハラミにともない、石垣背面土塊が落ち込んだために形成されたと考えられる。

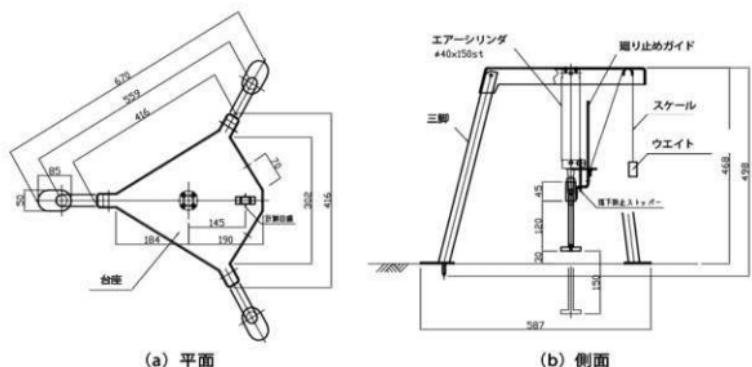
2) 盛土の簡易支持力試験によるゆるみ域の検出

すべり土塊の内部盛土にゆるみ域が生じているものと考え、このゆるみ域の検出を目的として簡易小型支持力試験を実施した。

地盤の支持力を求める方法として、地盤の平板載荷試験が広く一般に用いられている。しかし、この平板載荷試験は、反力装置として反力杭や載荷ばり（時には重機）を必要とすることから、作業スペースを広く必要とし、準備等により多くの時間がかかることが問題となる。

第5-291図に、用いた簡易小型支持力試験機の概略図を示す。測定時の最大寸法は高さ50cm、最大幅67cmと小さく、本体重量が約8.0kgと小型軽量な試験機である。試験方法として、5種類の載荷板（16～50mm）を介して、対象地盤に直接的に載荷する方法をとる。測定者の体重を反力とし、測定時間は測定準備を含め1箇所あたり30分程度であり、短時間に複数個所での試験が可能である。また、支持力試験の対象とする地盤は、載荷板が小さいことから、粘性土～砂質土の比較的小粒径が適用の対象としている。

第5-292図に、簡易支持力試験の実施状況を示す。



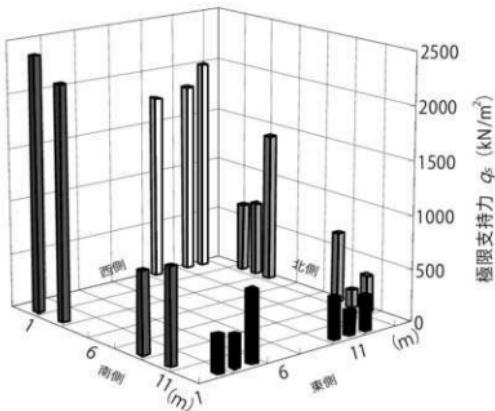
第5-291図 簡易小型支持力試験機の概略図



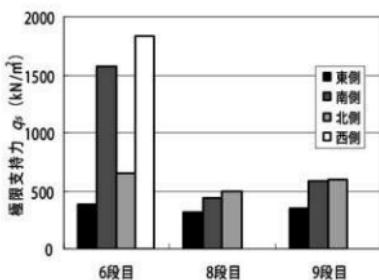
第5-292図 簡易支持力試験の実施状況

第5-293図に、石垣6段目の盛土面における簡易支持力試験機による極限支持力を示す。地盤状況に合わせて載荷板を変化させ、東側面では直径25～50mmを、その他の側面では直径16mmおよび25mmを使用した。各測点1回毎の計測結果である。進入路のある西側から、すべりの発生した東側に向かって極限支持力が小さい傾向にあることがわかる。

第5-294図に、石垣6～9段目における側面別の平均した極限支持力を示す。6段目の西側と南側の極限支持力が大きい理由としては、上部構造物や土の撒き出しの影響が考えられる。特に、盛土構築時には、西側より土を搬入し土を撒き出したことから、6段目西側が特に締め固まり、極限支持力が大きくなったものと思われる。また各断面において、東側の極限支持力 q_s の値はその他の方向よりも小さい。これは内部盛土すべりにより、東側が緩んだ結果であると考えている。



第5-293図 極限支持力 q_s (石垣6段目)



第5-294図 石垣6～9段目における方向別極限支持力 q_s

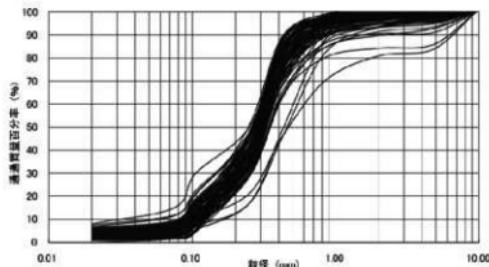
3) 盛土構成土の基本土質物性

版築構造と築造当時の締固めエネルギーを求める目的として、円筒モールド（内径5cm、高さ5cm）を用いて不搅乱状態で土質試料を採取した。

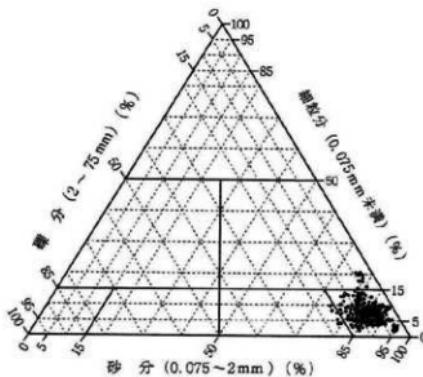
第5-295図に、盛土掘削面から採取した土質試料（計88試料）の粒度分布を示す。当初は、砂質土と粘性土の2グループの粒度分布となることを想定していたが、粒度試験の結果からは、ほとんどの試料が砂質土であり、すなわち均一な土質材料で構成されていることが判明した。

第5-296図に、採取した土質材料の分類結果（三角座標）を示す。礫分15%以下、砂分85%以上、細粒分15%以下に大部分が集中し、ほとんどが細粒分まじり砂と分類される。

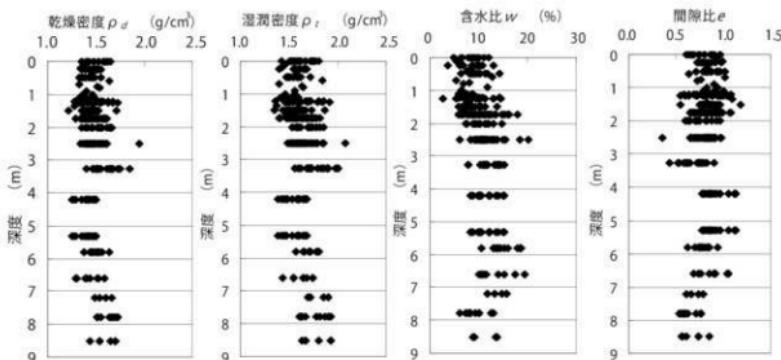
また、貝殻片を含む土質も多く見られた。したがって、高松城天守台石垣内部の盛土材料としては内堀や外堀を掘削した際の土砂等（ほとんどが海砂）を利用したことがうかがえる。



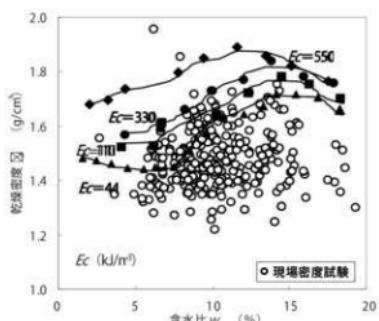
第5-295図 粒径加積曲線



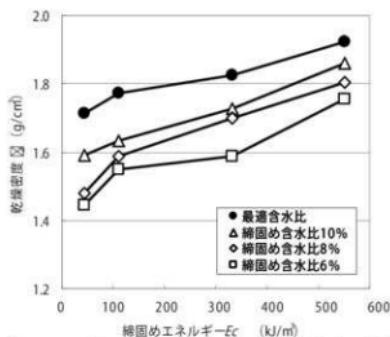
第5-296図 土の分類（三角座標）



第5-297図 土質性の深度方向変化



第5-298図 締固め曲線と現場密度の関係



第5-299図 締固めエネルギーと乾燥密度の関係

第5-297図に、各土質性値の深さ方向変化を示す。なお、深度0mは盛土上面を、深度9mは天守台周辺の海水位より概ね1m上方に相当する。乾燥密度および湿潤密度とともに、どの深度とも緩い状態である。含水比は全体的に小さく、透水性の良さが伺える。

第5-298図に、締固めエネルギーEcを変化させた締固め曲線($E_c = 44 \sim 550 \text{ kJ/m}^3$ の4条件)を示す。図中の○印は、不搅乱試料から求めた現場密度試験の値である。現場乾燥密度は、いずれの締固め曲線よりも概ね下位に位置し、より小さな締固めエネルギーで盛土が構築されたことが推定できる。

第5-299図に、含水比別の締固めエネルギーと乾燥密度の関係を示す。使用した土質材料は近傍の砂質土の利用が考えられることから、締固め時の含水比を低めの8%とすると、締固め乾燥密度 1.5 g/cm^3 を得るための締固めエネルギーは約 60 kJ/m^3 である。これは 100N (9.8kgf) の重しを 30cm の高さから2回落下させた締固めエネルギーに相当する。

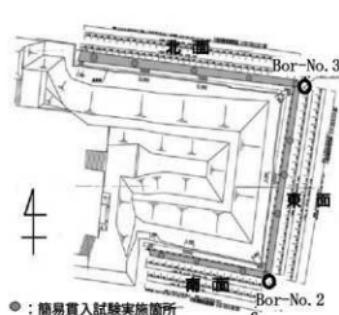
すなわち、高松城天守台石垣内部盛土は版築構造を一見なしているが、一般的に見られる明瞭

な砂質土と粘性土の互層ではなく、単一粒度の砂質土で構成され、かつ緩く盛土が築造されていることが判明した。また、盛土を構築するための締固めエネルギーは小さいことから、盛土築造時には締固めを強く意図したものではないことが推定できた。

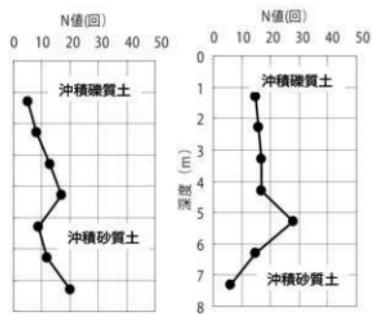
木杭枠工による地盤の安定化

高松城石垣解体修復工事において、石垣外側の地盤に木杭を打ち込んで枠を作り、緩い砂で構成されている枠内に割石を敷き詰めて石垣底部の地盤を安定化させる枠工の工事が実施された。この工事と並行して、枠工打設の前後において簡易貫入試験を行い、枠工打設による地盤の締固め効果を検討した。

第5-300図に示す天守台の隅角部でのボーリングによる、地盤のN値分布を第5-301図に示す。地盤表層部のN値は10～20程度の砂層が分布している。また、天守台盛土直下のN値が大きいのに比べ、盛土周辺のN値は比較的小さく、緩く堆積している。

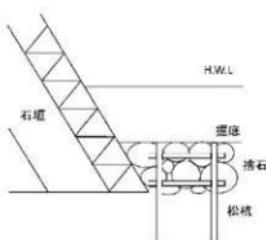


第5-300図 ボーリング位置図



第5-301図 天守台部のN値

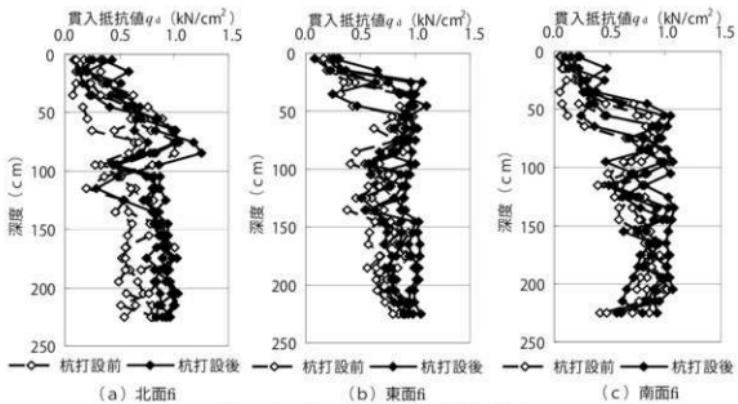
第5-302図に松杭と捨石による枠工の模式図を、第5-303図に枠工設置状況をそれぞれ示す。実施された枠工は、解体時には発見されていないものの、当時の技術水準と照らし合わせ、石垣基底部の安定化策として適用された。この枠工は構造物の外側に木杭を枠型に打ち込み、地盤の強度を上げることを目的としている。枠工の杭は、直径200mm、長さ3mであり、1.4m間隔で正三角配置されている。



第5-302図 枠工の模式図



第5-303図 枠工設置状況(2009年2月26日撮影)

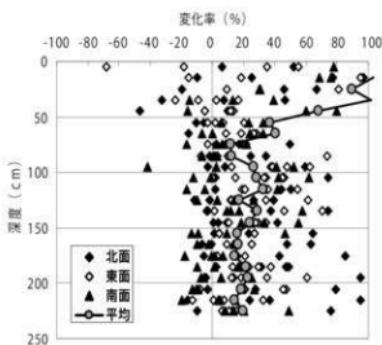


第5-304図杭打設前後の貫入抵抗値

杭打設による地盤の硬さの変化をみるために、高松城天守台石垣を取り囲むように施工される枠工部の計12箇所において、簡易貫入試験を杭打設前後に実施した。

第5-304図に、側面別の杭打設前後の貫入抵抗値 q_d を示す。全体的に q_d は杭打設により増加していることが読みとれる。側面別では、北面における貫入抵抗値の変化、比較的大きいようである。

第5-305図に、杭打設による貫入抵抗値 q_d の変化率の深度別分布を示す。表層部の q_d の変化率が大きいことが分かる。このことより、天守台石垣の修復に伴う枠工による地盤補強工事において、杭打設前後における簡易貫入試験を行うことにより、杭打設による地盤の締固め効果を確認することができた。



第5-305図杭打設による貫入抵抗の変化

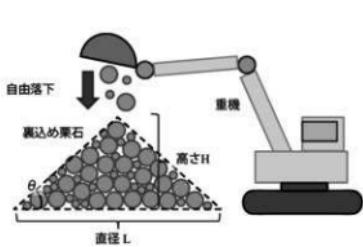
第4項 栗石調査

天守台裏込め栗石の内部摩擦角の測定

高松城天守台石垣の安定性に大きく影響すると考えられる裏込め栗石の力学的物性値（特に内部摩擦角）の把握を目的として、工事現場内において安息角測定実験を実施した。

第5-306図に、安息角測定実験の概念図を示す。石垣解体修復工事において取り出されている裏込め栗石（長径約30～40cm、短径約20～30cm）を、重機（バックホウ）のバケットから自由落下させることにより、円錐状の山を形成する。円錐状の山の側面勾配が定常状態になつたことが目視により確認できるまで栗石の自由落下を繰り返す。

第5-307図は、安息角測定実験の状況であり、形成された円錐状の山を示す。概ね高さ2m、直径6mの山が形成できた。



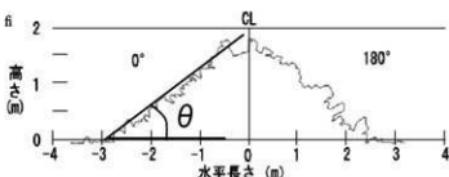
第5-306図 安息角測定実験の概念図



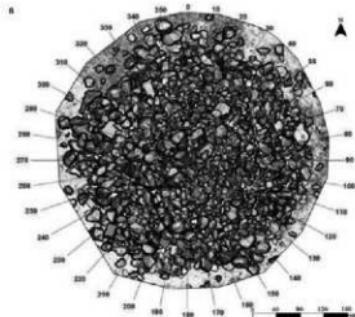
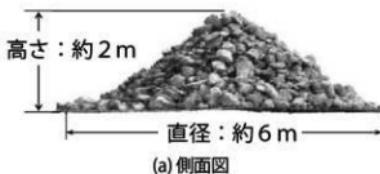
第5-307図 形成した栗石の円錐状の山

この形成した栗石からなる山の側面勾配を詳細に測定するために、3次元レーザー測量を実施した。第5-309図に、3次元レーザー測量で求めた山の形状を示す。この形状の全方向の斜面勾配を解析するために、平面図において円錐中心点を中心に18断面を取り出した。

第5-308図に、一例として0度～180度断面での表面形状を示す。この表面形状の斜面勾配θを算出した。計18断面の斜面勾配を求めたところ、方向別に大きな違いは見られなかつたために、全断面の平均値を算出したところ、平均斜面勾配θ=39.1度の値が得られた。



第5-308図 斜面勾配θ



第5-309図 3次元レーザー測量による解析形状

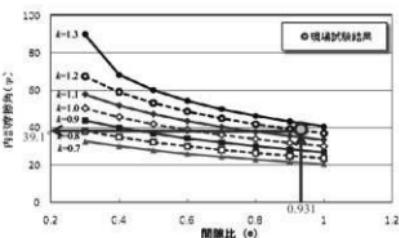
この平均斜面勾配 39.1 度は安息角を示し、この安息角は実験に用いた栗石の場合（粘着力がゼロの場合）、内部摩擦角 ϕ に相当する。一般に内部摩擦角 ϕ は、間隙比（詰まり具合の指標） e と相関があるとされているために、栗石の間隙比 e を別途求めて、実験値である $\phi = 39.1$ 度の値を検討することとした。

間隙比 e は、予め水を貯めて容積を求めたドラム缶に入る栗石の容積を算出することで間隙比 $e = 0.931$ が得られた。この間隙比 e を用いて以下に示す最上の式により内部摩擦角を推定する。

$$\sin \phi = \frac{k}{1+e}$$

ここで、 k : 最上の定数 ($0.7 \sim 1.3$)

現場試験により求めた $\phi = 39.1$ 度、 $e = 0.931$ から、最上の式により求めた k は 1.21 となり、比較的大きな値となつた。定数 k は、粒子形状や密度、岩質により変化する。用いた栗石の形状が角張った割石であることから、比較的大きな k を与えたものと考えられる。

第5-310図 最上の式による ϕ と e の関係

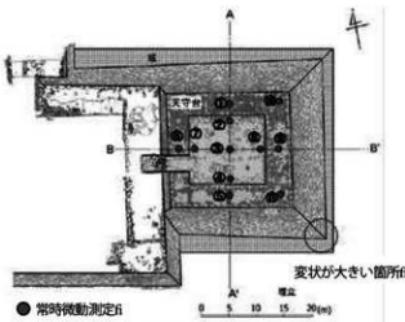
第5項 常時微動測定

修理工事前後に実施した常時微動測定

解体修理工事に先がけて天守台での常時微動測定を実施した結果、石垣の変状が大きい箇所での卓越周波数が小さくなる傾向が得られた。このことから天守台石垣の各位置で測定した卓越周波数は、天守台石垣の相対的な健全性を把握できる指標となり得ると考え、解体修理工事終了後の天守台石垣を対象として、再度、常時微動測定を実施した。

第5-311図に、天守台上での常時微動測定箇所を示す。測定箇所数は、盛土部で5箇所と石垣上部で6箇所の計11箇所である。なお、修理工事前において石垣に最も変状の大きかった箇所は東南角部であり、石垣東面でハラミやズレが大きく、石垣北面は比較的変状の少ない健全な石垣であった。

常時微動測定には、サーボ型速度計（VSE-15D）と携帯型記録計（SPC-35N）を使用した。速度計は0.3～30Hzでフラットな利得特性を示す。各測点においてサンプリング周波数100Hzで5分間の測定を行った。測定波形の中からノイズの少ない20.48秒間のデータを10個取り出し、成分ごとのフーリエスペクトルを求めた。さらに、水平上下フーリエスペクトル比（H/Vスペクトル比）を求めた。なお、スペクトルはバンド幅1.0HzのParzen ウィンドウにより平滑化を行った。

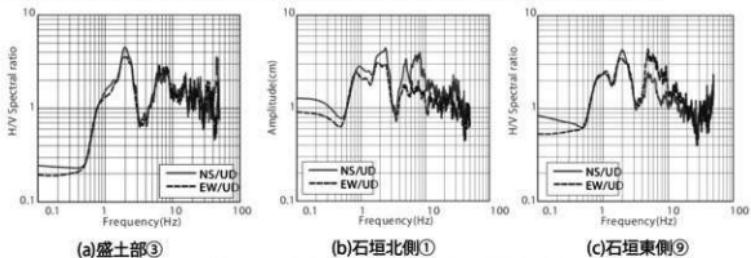


第5-311図 常時微動測定箇所

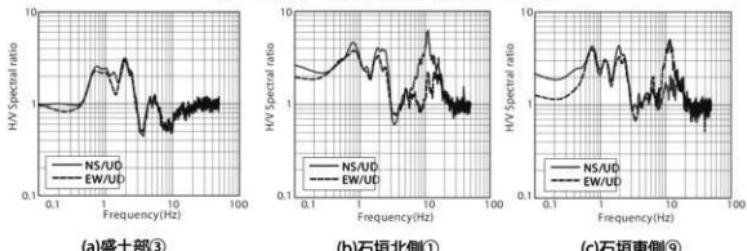
第5-312図(a)～(c)に、修理工事前の盛土部③、北側石垣①および東側石垣②におけるH/Vスペクトル比を示す。修理前のスペクトル比をみると、共通して0.8Hzおよび2Hz前後に明瞭なピークが認められる。これらのピークは天守台周辺の埋立地盤でも同様に見られることから、これが基礎地盤の卓越周波数に対応するものと考えられる。しかし、これより高周波数側では、天守台盛土と石垣では形状がやや異なる。すなわち、(a)図の盛土部③の卓越周波数では概ね5Hzに、(b)図の石垣①の卓越周波数では5Hz、8Hz付近にピークが見られることから、天守台盛土の卓越周波数は5Hz程度、石垣部の卓越周波数は8Hz程度と考えられる。この周波数帯域では、いずれも石垣直交方向の振動が卓越している。

一方、石垣部での測定結果である、(b)図と(c)図を比較すると、石垣に変状の少なかった(b)図の北側石垣では卓越周波数が8Hz程度に見られる。しかし、変状の大きかった(c)図の東側

石垣①では卓越周波数が5Hz程度と、(b)図の北側石垣⑨と比べて、低周波数側にピークが見られる。東側石垣⑨の卓越周波数が小さい理由としては、石垣下部の変状により間詰め石のヌケやズレが発生し、他面の石垣に比べてゆるみが大きくなっていることが考えられる。



第5-312図 修理工事前のH/Vスペクトル比



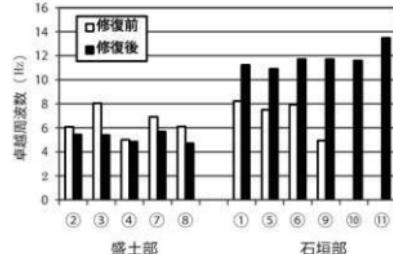
第5-313図 修理工事後のH/Vスペクトル比

第5-313図(a)～(c)に、修理工事後の天守台におけるH/Vスペクトル比を示す。(a)図の盛土部③の卓越周波数は、修理前と同様、5Hz付近に明瞭なピークが見られる。一方、(b)、(c)図の石垣①、⑨では、石垣直交方向の卓越周波数で10Hz付近に明瞭なピークが見られ、変状の大きかった東側石垣⑨の卓越周波数が他面の石垣と同程度のピークとして確認できる。

第5-314図に、各測点の修理前後での石垣直交方向の卓越周波数を示す。盛土部では、全測点で修理前よりも修理後の卓越周波数がわずかに小さくなっているが、5Hz程度とほぼ同じ値を示すことから、修理により均一な地盤となっていることが推察できる。

一方、石垣部では、修理前の卓越周波数は東側⑨以外では8Hz程度であるが、東側⑨では5Hz程度と卓越周波数が小さい。しかし、修理後の卓越周波数は東側⑨が11Hz程度と高周波数側へ移行している。また、修理前に石垣下部に変状が見られた南東角⑪でも13Hz程度にピークが認められる。

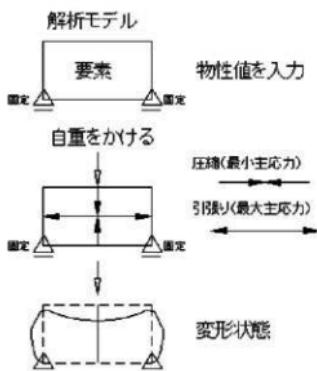
これらのことより、石垣のゆるみに改善の傾向があり、修理により石垣の剛性が高まったことが考えられる。



第5-314図 修理工事前後での卓越周波数の変化

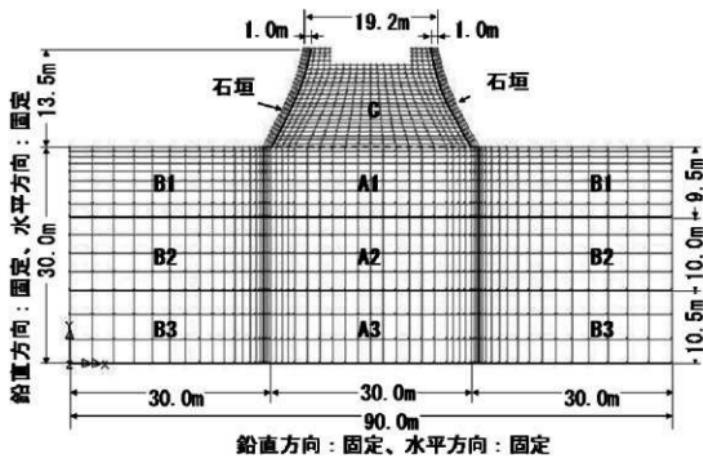
第6項 有限要素法解析 (FEM 解析)

解体作業時に地盤内に観測されたスベリの方向は、石垣下部に向かっていると判断できた。石垣下部でのハラミ出しとリンクして発生した盛土地盤内のスベリ現象と考えられる。石垣変状と石垣背面地盤でのスベリ現象は、天守台内部地盤がどのような力学状況にあったかを考える貴重な痕跡である。



第5-315図 物性値解析モデル

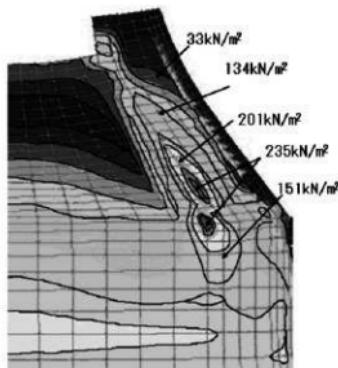
次に、この力学状態を検討するため解析条件を単純化した有限要素法解析を行った。解析モデルは石垣の断面を分割し、要素を入力し、物性値を入力し、その解析モデル左図に自重をかけ計算を行う。第5-316図に有限要素モデル2次元を、第5-12表に入力条件(物性値)を示す。



第5-316図 有限要素モデル(2次元)

第5-12表 入力条件(物性値)

位置番号	要素特性	材料・層	N値	弾性係数 (N/m ²)	ボアソン比	単位体積質量 (N/m ³)
石垣	弾性	石垣石	-	40.0×10 ⁹	0.15	2.6×10 ³
裏込め栗石	弾性	裏込め栗石	-	50.0×10 ⁷	0.2	2.1×10 ³
A1	弾性	砂礫層	36	46.7×10 ⁶	0.25	2.1×10 ³
A2	弾性	粘性土層	19	14.3×10 ⁶	0.4	1.8×10 ³
A3	弾性	砂礫層	50	63.0×10 ⁶	0.25	2.1×10 ³
B1	弾性	砂礫層	10	14.3×10 ⁶	0.25	2.1×10 ³
B2	弾性	砂層	12	10.0×10 ⁶	0.3	1.8×10 ³
B3	弾性	砂礫層	50	63.0×10 ⁶	0.25	2.1×10 ³
C	弾性	砂礫層	10	14.3×10 ⁶	0.25	2.1×10 ³



第5-317図 天守台部分最大せん断応力解析結果

第5-316図の最大せん断応力の解析結果の天守台部分を拡大して第5-317図に示す。図より134～235kN/m²の大きい最大せん断応力が生じている部分は、スペリが生じている部分とよく一致していることがわかる。石垣下部でハラミが生じた場合にスペリが生じやすい部分であると考察できた。

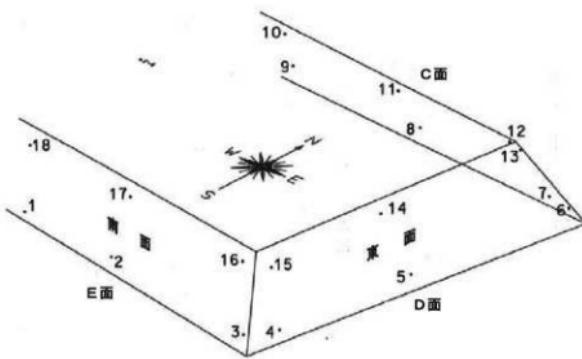
第7項 定点観測

本調査は、石垣解体作業に合わせて石材の移動量を計測することで、石垣積直しにおける安全管理基準の目安を得ることを目的とした。調査は、解体工事の施工監理を行った株式会社空間文化開発機構に委託した。調査期間は、平成19年11月6日～平成20年3月4日。

調査内容 観測点 18箇所

観測回数 6回

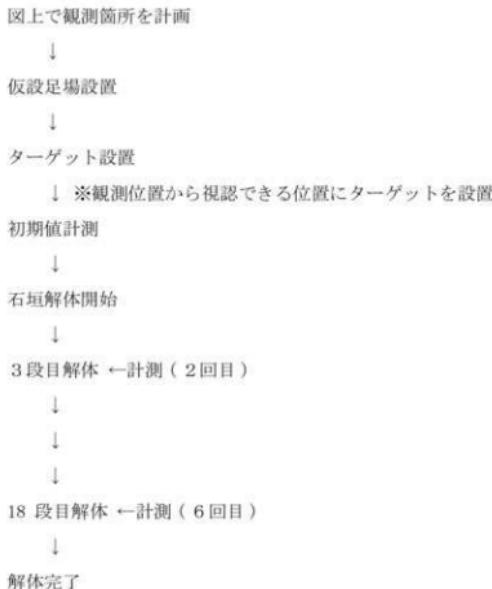
調査対象石垣は、天守台を画する石垣の内、堀に接する3つの石垣（C・D・E面）とした。石垣の規模は、高さ約14m、天端約22m、裾の延長は約30～53m。観測点は、ハラミが広範囲で生じた足下（T.P. 2m付近）と、変形がうかがえないと想定される中段部分（T.P. 6m付近）の石垣中央と両端とした。



第5-318図 観測箇所図

観測点は、石垣前面に仮設足場を設置した後、高松市文化財課と現場協議の上で決定した。プラスチック製のターゲットは、コーリング材を用いて石材正面のできるだけ中央に設置した。

観測回数は、解体前と解体途中（天端石から3・8・11・16・18段目の解体後）の計6回とし、トータルステーションにて石材の水平および垂直移動量を計測した。なお、5～6回目の観測は、石垣中断の解体後となることから、下部の9石のみ計測した。



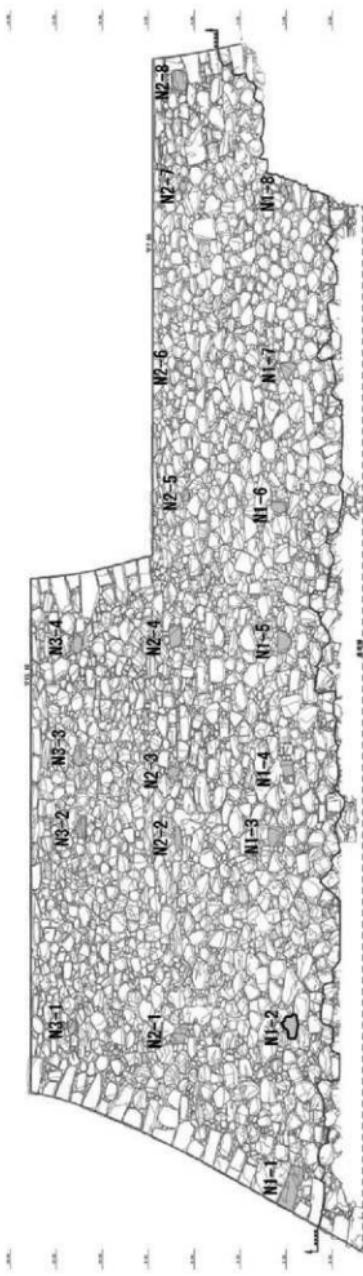
観測結果

垂直方向は、ほとんどの石材が解体前より僅かに高くなる結果となった。2回目の観測で解体前より低くなった北面および東面も、3回目以降は上昇に転じている。中段部分は、観測回数が少ないとから、最終計測値がマイナス値となった観測点がいくつかあるが、下段の移動量を除外すると全ての石材が解体前より高くなっている。

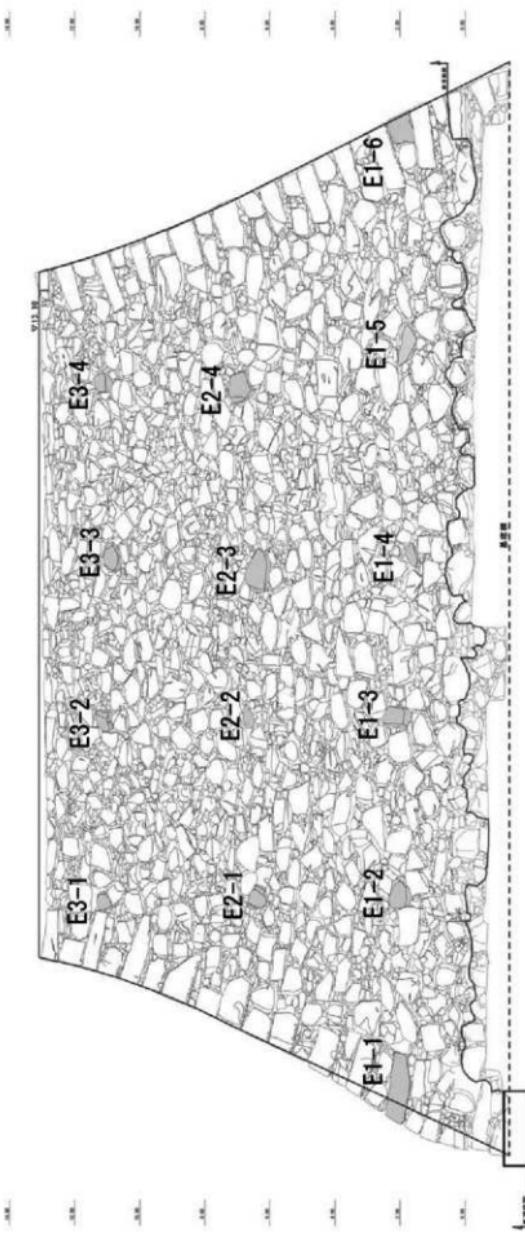
水平方向は、全ての観測点が石垣内部に向かって移動した。移動量は下段の方が多い、とりわけ東面中央から南東角にかけては、同じ面の中段より約3倍も移動した。他の面と比べても、その量は突出している。単なる上載荷重の差によるものだけでなく、解体前のハラミ量とも関係していると考えられる。東面下部では、3面の中で垂直移動量が一番少ないばかりか、中段よりも少なく、他の面ではみられない結果となった。今回の観測結果だけで、原因を解明することはできないが、こちらも垂直と水平移動量に何らかの相関関係がうかがえる。

まとめ

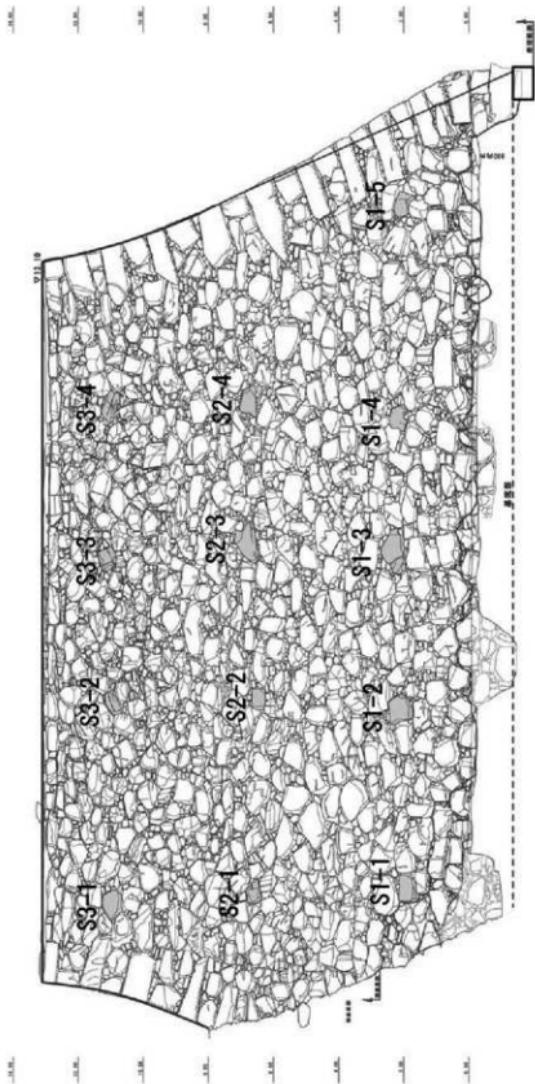
解体時の定点観測で得られたデータを基に安全管理の許容値を設定することは難しいものの、移動量とその方向にある程度の規則性がみられることがわかった。そこで、積直し時の定点観測では、不規則な動きや平均値を大きく超えた箇所を注視していくこととした。



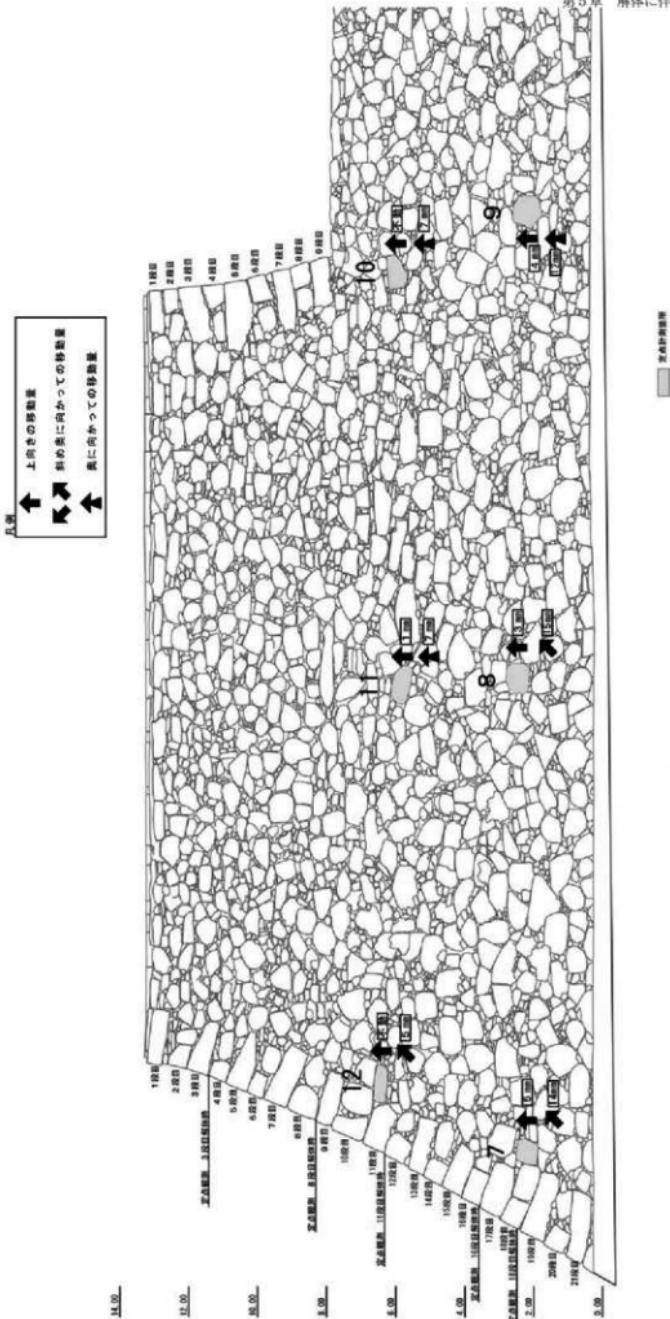
第5—319図 石垣C面定点観測位置



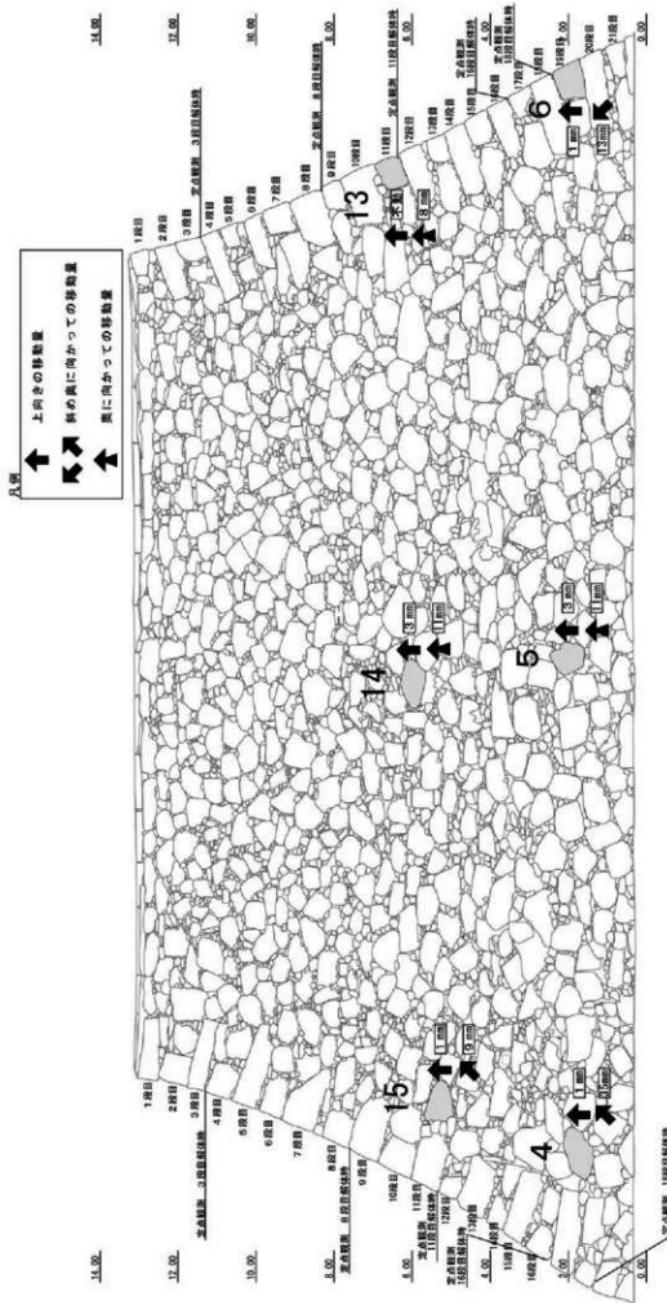
第5-320 図 石垣D面定点観測位置



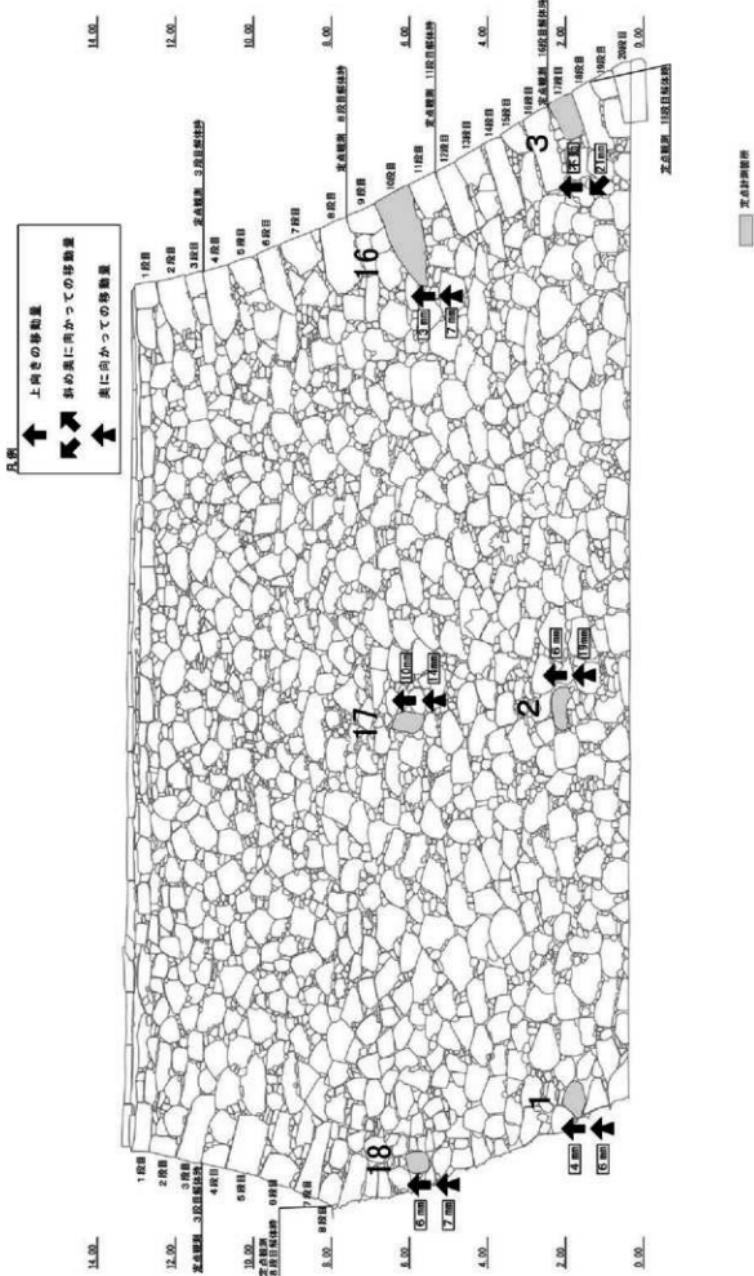
第5—321圖 石垣E面定點觀測位置



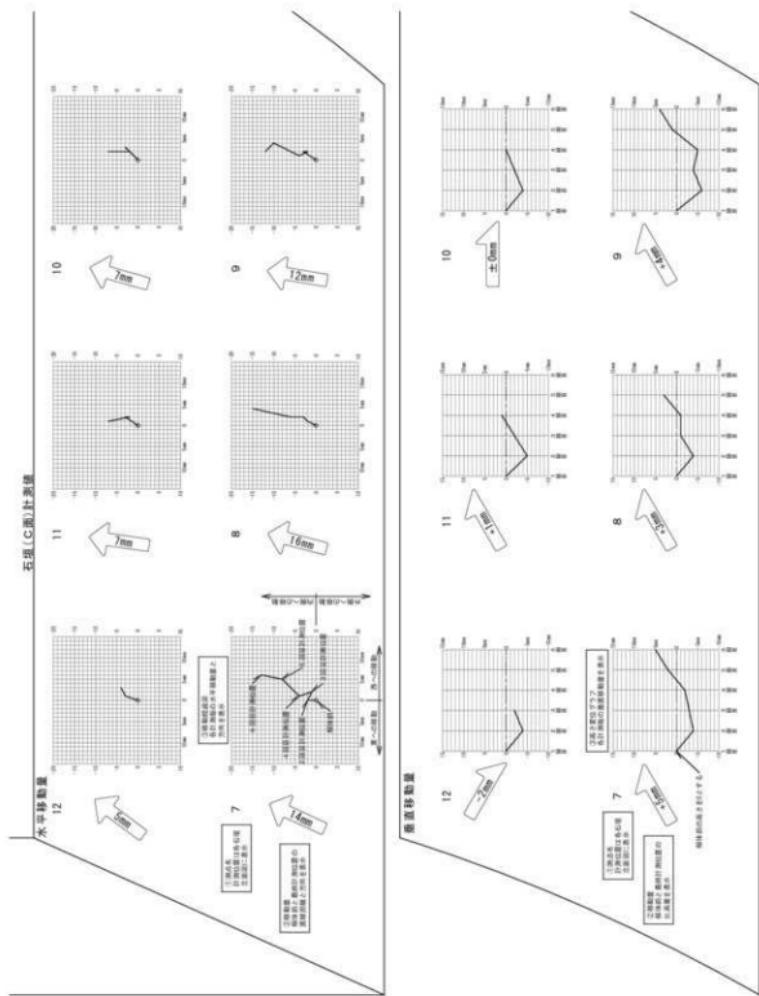
第5—322図 石垣C面解体に伴う移動量



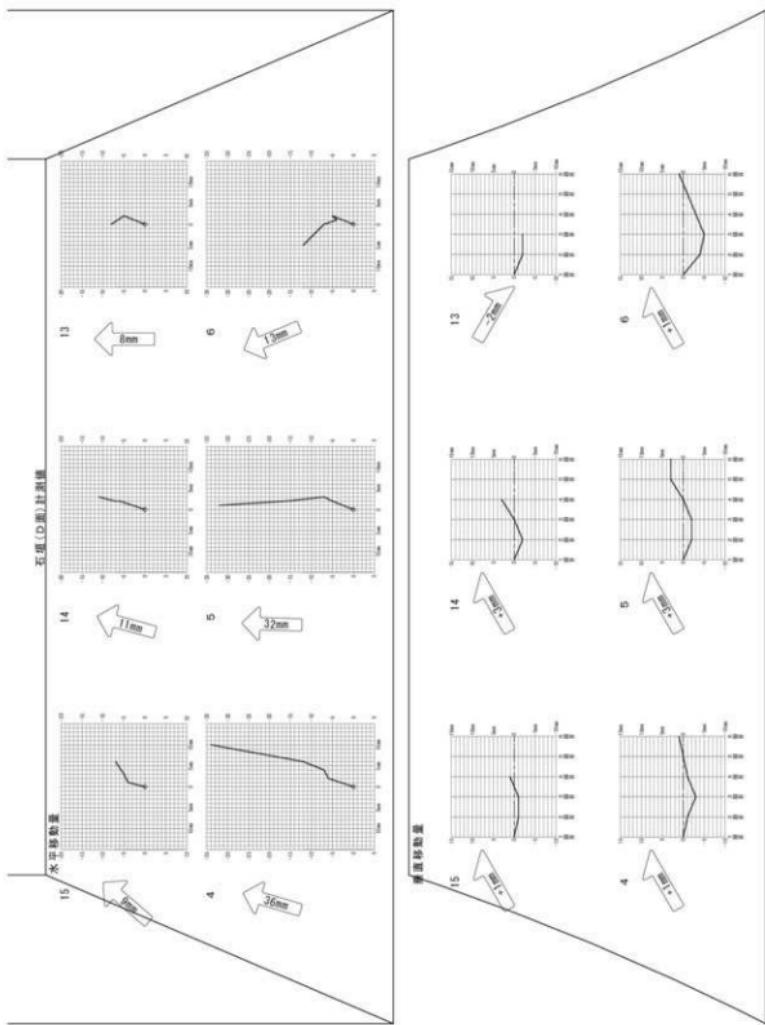
第5-323図 石垣D面解体に伴う移動量



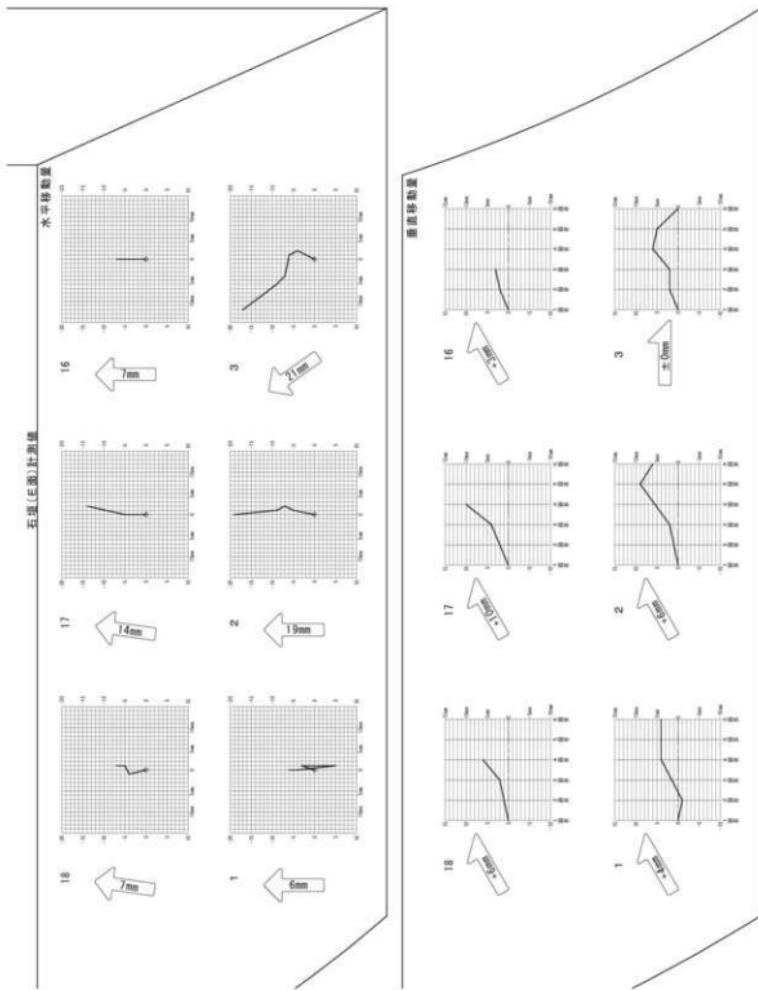
第5-324図 石垣E面解体に伴う移動量



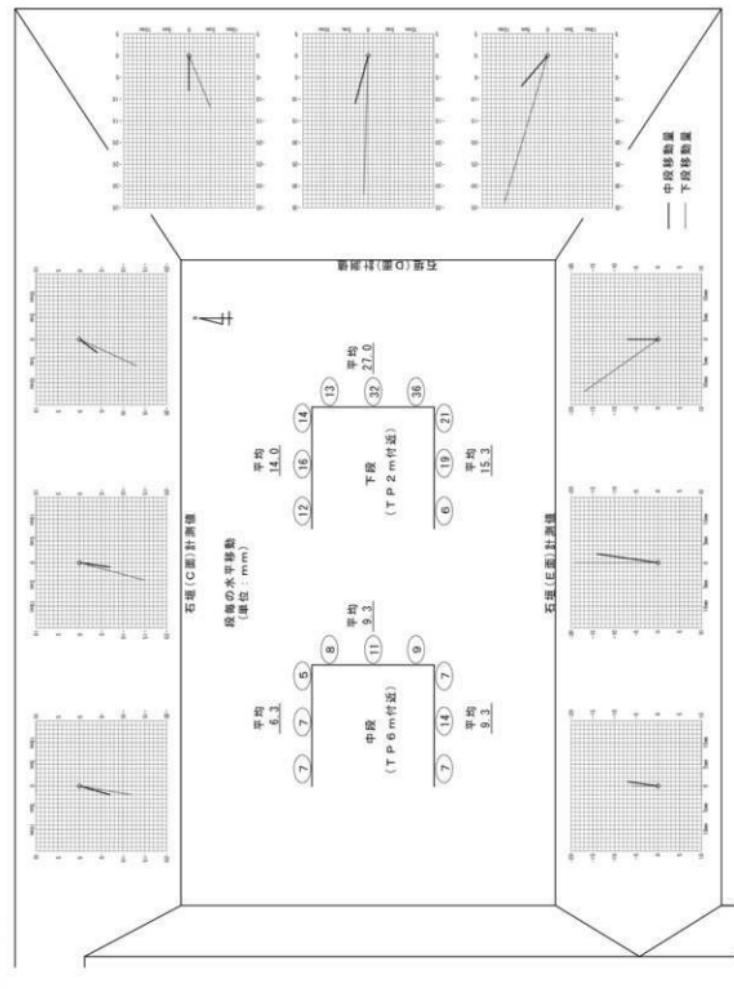
第5－325図 石垣C面解体性による定点観測結果



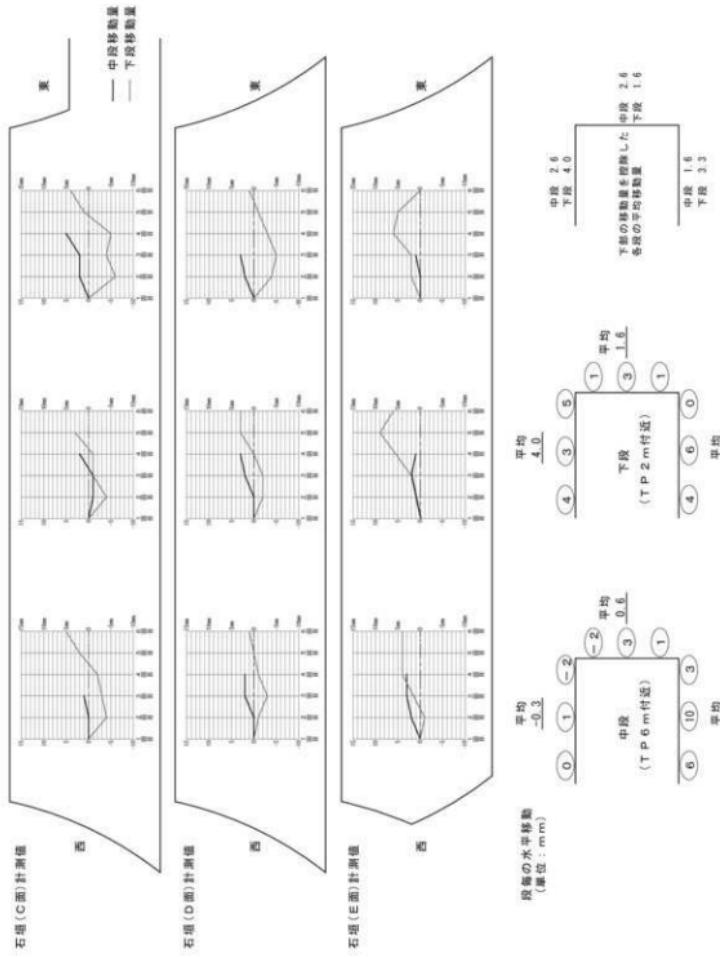
第5—326図 右堰D面解体に伴う定点観測結果



第5—327図 石塊E面解体に伴う定点観測結果



第5-328図 視測点から算出した水平移動量



第5-13表 定点観測管理表(1)

点名 1

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					△X	△Y	△H	△X	△Y	△H
1回目	2007/11/06	149473.950	50862.840	1.863	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149473.953	50862.841	1.862	0.003	0.001	-0.001	0.003	0.001	-0.001
3回目	2008/01/19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4回目	2008/02/04	149473.945	50862.841	1.867	-0.008	0.000	0.005	-0.005	0.001	0.004
5回目	2008/02/22	149473.954	50862.840	1.867	0.008	-0.001	0.000	0.004	0.000	0.004
6回目	2008/03/04	149473.956	50862.840	1.867	0.002	0.000	0.000	0.008	0.000	0.004

点名 2

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					△X	△Y	△H	△X	△Y	△H
1回目	2007/11/06	149472.280	50872.577	2.233	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149472.285	50872.578	2.234	0.005	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001
3回目	2008/01/19	149472.287	50872.579	2.235	0.002	0.001	0.001	0.007	0.002	0.002
4回目	2008/02/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5回目	2008/02/22	149472.289	50872.578	2.242	0.002	-0.001	0.007	0.008	0.001	0.008
6回目	2008/03/04	149472.289	50872.577	2.239	0.010	-0.001	-0.003	0.019	0.000	0.008

点名 3

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					△X	△Y	△H	△X	△Y	△H
1回目	2007/11/06	149469.494	50867.776	2.323	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149469.488	50867.780	2.325	0.004	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002
3回目	2008/01/19	149469.490	50867.779	2.325	0.002	-0.001	0.000	0.006	0.001	0.002
4回目	2008/02/04	149469.491	50867.774	2.329	0.001	-0.005	0.004	0.007	-0.004	0.008
5回目	2008/02/22	149469.493	50867.772	2.328	0.002	-0.002	-0.001	0.009	-0.006	0.005
6回目	2008/03/04	149469.501	50867.768	2.323	0.008	-0.008	-0.005	0.017	-0.012	0.000

第5-14表 定点観測管理表(2)

点名4

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149472.367	50888.635	1.910	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149472.369	50888.628	1.909	0.002	-0.006	-0.001	0.002	-0.006	-0.001
3回目	2008/01/19	149472.371	50888.628	1.907	0.003	-0.001	-0.002	0.004	-0.007	-0.003
4回目	2008/02/04	149472.371	50888.628	1.909	0.000	0.000	0.002	0.004	-0.007	-0.001
5回目	2008/02/22	149472.373	50888.623	1.910	0.002	-0.006	0.001	0.006	-0.012	0.000
6回目	2008/03/04	149472.377	50888.601	1.911	0.004	-0.022	0.001	0.010	-0.034	0.001

点名5

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149484.703	50890.054	2.100	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149484.705	50890.079	2.098	0.002	-0.005	-0.002	0.002	-0.005	-0.002
3回目	2008/01/19	149484.705	50890.079	2.098	0.000	0.000	0.000	0.002	-0.005	-0.002
4回目	2008/02/04	149484.706	50890.077	2.100	0.001	-0.002	0.002	0.003	-0.007	0.000
5回目	2008/02/22	149484.705	50890.058	2.103	-0.001	-0.008	0.003	0.002	-0.016	0.003
6回目	2008/03/04	149484.704	50890.052	2.103	-0.001	-0.016	0.000	0.001	-0.032	0.003

点名6

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149499.543	50891.614	2.165	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149499.545	50891.609	2.161	0.002	-0.005	-0.004	0.002	-0.005	-0.004
3回目	2008/01/19	149499.545	50891.609	2.160	0.000	0.000	-0.001	0.002	-0.005	-0.005
4回目	2008/02/04	149499.544	50891.610	2.162	-0.001	0.001	0.002	0.001	-0.004	-0.003
5回目	2008/02/22	149499.543	50891.607	2.164	-0.001	-0.003	0.002	0.000	-0.007	-0.001
6回目	2008/03/04	149499.538	50891.602	2.166	-0.005	-0.005	0.002	-0.005	-0.012	0.001

第5-15表 定点観測管理表(3)

点名 7

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	148500.001	50889.340	2.139	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	148499.999	50889.340	2.135	-0.002	0.000	-0.004	-0.002	0.000	-0.004
3回目	2008/01/19	148500.000	50889.338	2.136	0.001	-0.002	0.001	-0.001	-0.002	-0.003
4回目	2008/02/04	148499.997	50889.339	2.137	-0.003	0.001	0.001	-0.004	-0.001	-0.002
5回目	2008/02/22	148499.993	50889.335	2.141	-0.004	-0.004	0.004	-0.008	-0.005	0.002
6回目	2008/03/04	148499.988	50889.334	2.144	-0.005	-0.001	0.003	-0.013	-0.008	0.005

点名 8

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	148501.466	50875.780	2.422	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	148501.464	50875.787	2.418	-0.002	-0.001	-0.004	-0.002	-0.001	-0.004
3回目	2008/01/19	148501.463	50875.786	2.421	-0.001	-0.001	0.003	-0.003	-0.002	-0.001
4回目	2008/02/04	148501.460	50875.786	2.421	-0.003	0.000	0.000	-0.006	-0.002	-0.001
5回目	2008/02/22	148501.451	50875.784	2.426	-0.009	-0.002	0.004	-0.015	-0.004	0.003
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 9

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149502.940	50882.280	2.116	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149502.937	50882.258	2.110	-0.003	-0.002	-0.006	-0.003	-0.002	-0.006
3回目	2008/01/19	149502.938	50882.258	2.112	0.001	0.000	0.002	-0.002	-0.002	-0.004
4回目	2008/02/04	149502.936	50882.258	2.111	-0.002	0.001	-0.001	-0.004	-0.001	-0.005
5回目	2008/02/22	149502.930	50882.256	2.117	-0.006	-0.003	0.006	-0.010	-0.004	0.001
6回目	2008/03/04	149502.928	50882.258	2.120	-0.002	0.002	0.003	-0.012	-0.002	0.004

第5-16表 定点観測管理表(4)

点名 10

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149500.826	50883.561	5.986	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149500.623	50883.558	5.982	-0.003	-0.003	-0.004	-0.003	-0.003	-0.004
3回目	2008/01/19	149500.824	50883.559	5.984	0.001	0.001	0.002	-0.002	-0.002	-0.002
4回目	2008/02/04	149500.619	50883.589	5.986	-0.005	0.000	0.002	-0.007	-0.002	0.000
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 11

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149489.429	50875.536	5.986	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149489.426	50875.536	5.981	-0.003	-0.002	-0.005	-0.003	-0.002	-0.005
3回目	2008/01/19	149489.427	50875.536	5.984	0.001	0.000	0.003	-0.002	-0.002	-0.002
4回目	2008/02/04	149489.422	50875.537	5.987	-0.005	0.001	0.003	-0.007	-0.001	0.001
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 12

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149498.137	50887.286	6.433	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149498.134	50887.285	6.429	-0.003	-0.001	-0.004	-0.003	-0.001	-0.004
3回目	2008/01/19	149498.133	50887.283	6.431	-0.001	-0.002	0.002	-0.004	-0.003	-0.002
4回目	2008/02/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

第5-17表 定点観測管理表(5)

点名 13

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149497.517	50888.859	6.585	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149497.518	50888.864	6.583	0.002	-0.005	-0.002	0.002	-0.006	-0.002
3回目	2008/01/19	149497.517	50888.851	6.583	-0.002	-0.003	0.000	0.000	-0.006	-0.002
4回目	2008/02/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 14

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149484.420	50887.443	6.085	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149484.428	50887.437	6.083	0.002	-0.008	-0.002	0.002	-0.008	-0.002
3回目	2008/01/19	149484.428	50887.436	6.085	0.000	-0.001	0.002	0.002	-0.007	0.000
4回目	2008/02/04	149484.429	50887.432	6.088	0.001	-0.004	0.003	0.003	-0.011	0.003
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 15

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	148473.950	50888.430	5.483	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	148473.951	50888.425	5.482	0.001	-0.004	-0.001	0.001	-0.004	-0.001
3回目	2008/01/19	148473.953	50888.425	5.482	0.002	-0.001	0.000	0.003	-0.005	-0.001
4回目	2008/02/04	148473.958	50888.423	5.484	0.003	-0.002	0.002	0.006	-0.007	0.001
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

第5-18表 定点観測管理表(6)

点名 16

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149472.258	50885.204	6.203	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149472.259	50885.204	6.205	0.003	0.000	0.002	0.003	0.000	0.002
3回目	2008/01/19	149472.263	50885.204	6.206	0.004	0.000	0.001	0.007	0.000	0.003
4回目	2008/02/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 17

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149474.375	50872.506	6.131	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149474.378	50872.506	6.133	0.003	0.000	0.002	0.003	0.000	0.002
3回目	2008/01/19	149474.380	50872.506	6.135	0.002	0.000	0.002	0.005	0.000	0.004
4回目	2008/02/04	149474.388	50872.508	6.141	0.009	0.002	0.006	0.014	0.002	0.010
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

点名 18

観測回数	観測日	X座標	Y座標	標高	較差			累計較差		
					ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH
1回目	2007/11/06	149478.129	50861.381	5.768	-	-	-	-	-	-
2回目	2007/12/01	149478.133	50861.360	5.767	0.004	-0.001	0.001	0.004	-0.001	0.001
3回目	2008/01/19	149478.134	50861.362	5.769	0.001	0.002	0.001	0.005	0.001	0.002
4回目	2008/02/04	149478.136	50861.362	5.762	0.002	0.000	0.004	0.007	0.001	0.006
5回目	2008/02/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6回目	2008/03/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

第8項 ひずみ計測

背景と目的

伝統的技法による城郭石垣は石材間の摩擦および噛み合いにより安定性を保っており、このためには上部の石材の荷重が下部の石材に偏りなく伝達される必要がある。石垣の変形や縦目地等の不連続面が発生すると、こうした力の流れが不均一となり、極端に大きな荷重が作用する石材とほとんど上載荷重が作用しない石材とが生じることとなる。すなわち、上述のような石垣の変状はその安定上大きな問題となる。具体的には、荷重が集中する部分では石材の破損などの懸念が高まり、一方、荷重が作用しない部分では、石材の緩みやヌケなどの発生が考えられる。

このようなことから、石材に作用する荷重を測定することで、石垣の安定性の評価が可能であると考えられる。実際の石垣で石材に作用する荷重そのものを直接計測することは困難であるため、石材に作用する力（応力）により発生する微小な変形（ひずみ）を測定することで、石材に作用する力の状態を知ることができる。具体的には、石材に力が加われば、石材はわずかに圧縮され、その寸法が縮小し、上載荷重が除去されれば、石材がわずかに伸びることとなる。この関係は以下の式のように表現される。

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

σ ：応力（石材に作用する力を単位面積当たりで表した数値 (N/m^2)）

E：弾性係数（材料に特有の係数で、応力に対する変形しやすさを示す。フックの法則でのばね係数に相当する。 (N/m^2) ）

ϵ ：ひずみ（微小な変形量。通常は $1/1000000$ を示す μ （マイクロ）で表す）

この方法は鋼構造物やコンクリート構造物等でも広く用いられている方法であり、石垣にも適用できるようになれば、石垣に作用する力の状態を把握できることとなり、現在、石垣補修工事において広く行われている光波測量による定点観測と合わせて、工事期間の有効な安定性評価技術となり得る。

以上のような背景を受けて、本計測では工事による石材の撤去期間を通じて、石材に作用するひずみを測定し、施工管理の一手法としての有効性を評価するためにデータ取得を行った。本計測の目的は以下のようにまとめられる。

- ① 石垣を対象としたひずみ計測システムの構築とその作動状況の確認
- ② 施工過程に応じた石材に生じるひずみの評価
- ③ 温度補正方法の検討

計測概要

計測システムの機器仕様を第5-19表に示す。使用したひずみゲージは、3軸ロゼット型ゲージ（引張+、圧縮-）とし、計測精度を向上させるためゲージ長30mmとした。また、計測対象の築石に熱電対を設置し、温度計測も合わせて実施した。これらのデータはデータロガで集約

第5-19表 ひずみ計測システムの機器構成

項目	計器名	形式	数量	備考
ひずみ計測	ひずみゲージ	SKF-21329	10	ゲージ長30mm
温度計測	熱電対	K-HVVF	10	Kタイプ
データ収集	データロガ	TDS-302	1	
	スイッチボックス	ASW-50C	1	



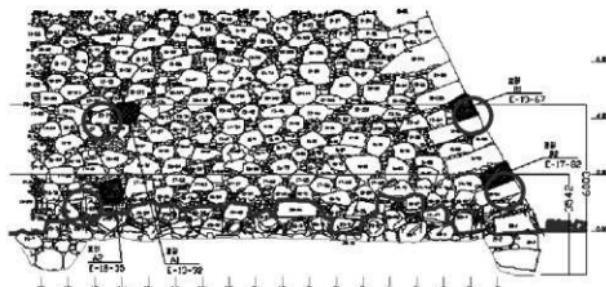
第5-330図 3軸ロゼット型ゲージ



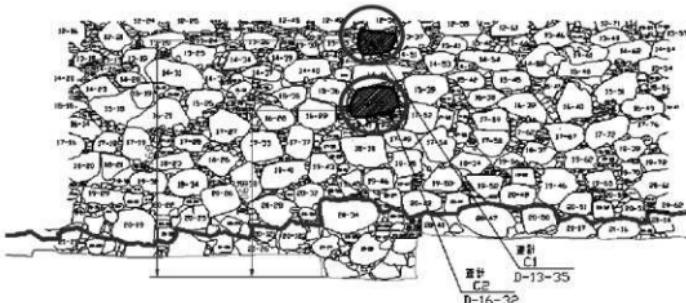
第5-331図 ひずみゲージ貼り付け状況

された後、現場事務所まで有線で伝送され、事務所内のパソコンでリアルタイムに表示・処理できるようにした。石材に貼り付けるひずみゲージとその貼付け状況を第5-330・331図に示した。ひずみゲージは未風化で均質な岩質の花崗岩を選んで、表面を平滑にした上で接着剤で貼り付けた。具体的な貼付け位置は、南面と北面は隅角部と築石部中央断面部とし、東面は築石部中央断面部とした。ひずみゲージの設置高さは石垣天端より8m～9m（上部ひずみ計測位置と呼ぶ）で石垣変状が見られない部分と10m～11m（下部ひずみ計測位置と呼ぶ）で石垣変状が著しい部分より選択して、全部で10箇所に測点を設けた。

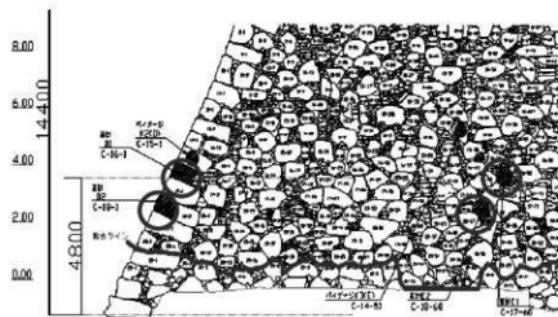
ゲージの貼付け位置を第5-332～334図に、測定石材No.を第5-20表に示した。



第5-332図 ひずみゲージ貼付け位置図（南面）



第5-333図 ひずみゲージ貼付け位置図（裏面）



第5-334図 ひずみゲージ貼付け位置図（北面）

第5-20表 ひづみ計測石材

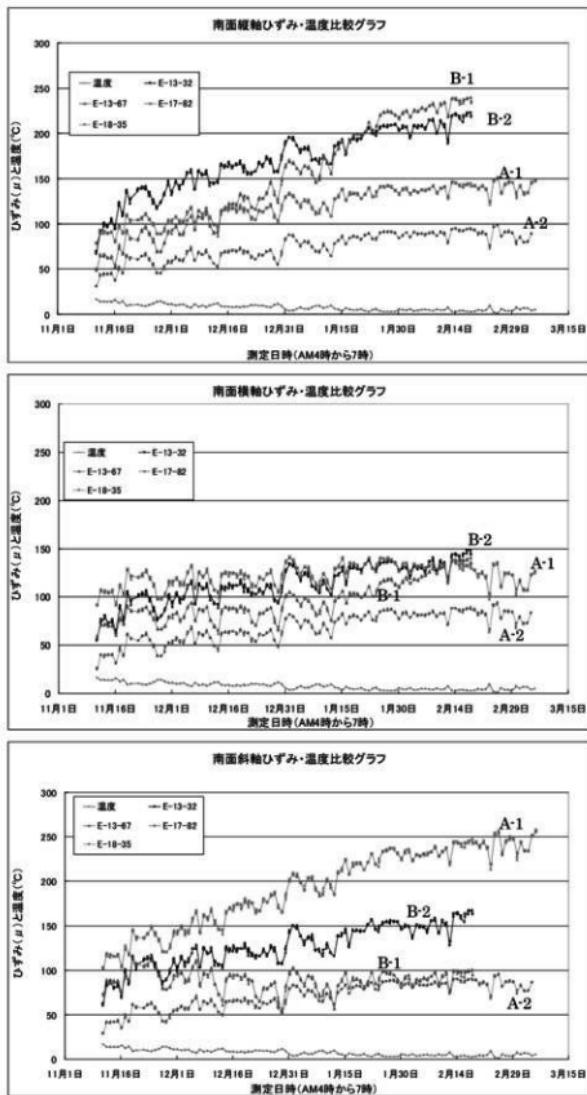
測點 No.	石垣面	石材 No.	測點 No.	石垣面	石材 No.
A1	南面	E-13-32	D1	北東隅	C-16-1
A2		E-18-35	D2		C-18-1
B1	南東隅	E-13-67	E1	北面	C-17-60
B2		E-17-82	E2		C-18-68
C1	東面	D-13-35			
C2		D-16-32			

計測結果

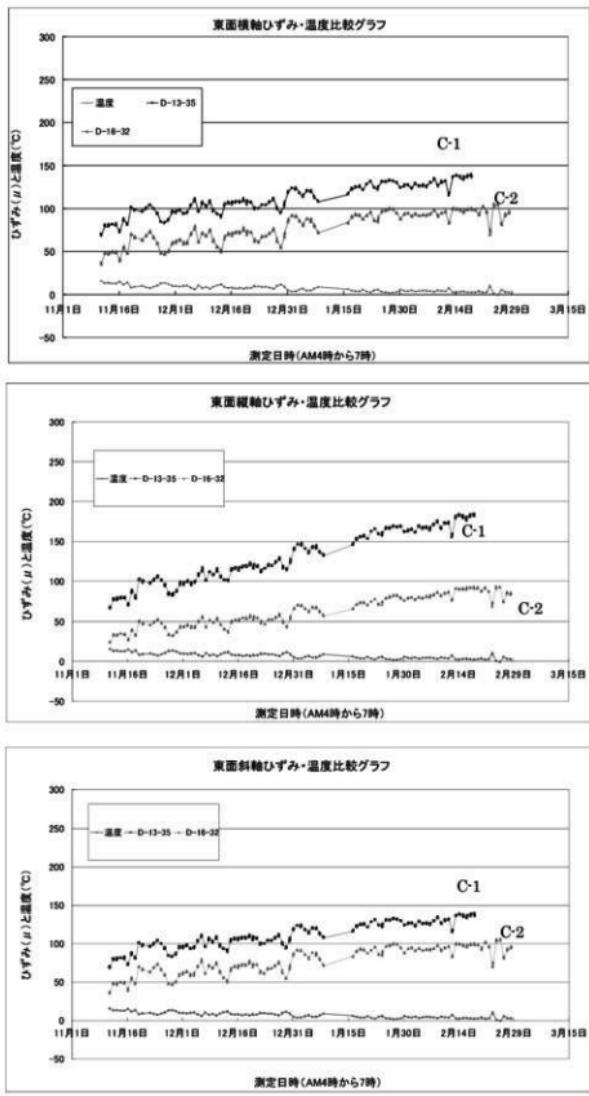
1) 各面の測定結果

各面の測定結果を第5－335～337図に示した。いずれの測定結果も同様な傾向を示しており、日変動などはあるものの徐々にひずみの値は引っ張り側に増加する傾向が見られる。これは、石垣解体に伴う上戴荷重の低下により、石材がわずかに伸張していることを示しているものと考えられる。その大きさは縦ひずみで南面で最大250 μ 、東面で200 μ 、北面で150 μ 程度と、最大で100 μ 程度の差が生じている。ここで、各面における上戴荷重の条件に大きな差がないものと考えると、この差が生じた要因としては、日射や温度変化の大きさが影響しているものと推定される。すなわち、日射量が多く、昼間の温度上昇が大きな南面は、ほぼ終日日陰になり温度変化が小さい北面に比較して、日較差が大きくなり、これによって最大ひずみも大きな値となったものと考えられる。東面が両者の中間的な値となっていることもこの推論を裏付けるものである。

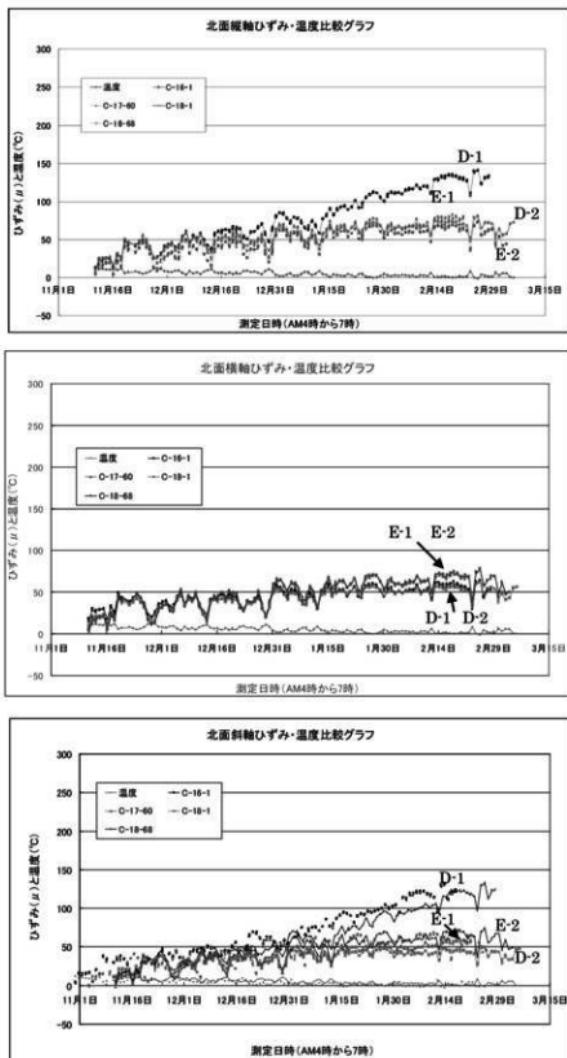
本計測結果から、石垣解体工事の施工中の条件下でも連続したデータ取得が可能であったことと、日変化や季節変化による影響は少なくないものの、施工に伴う石材のひずみの変化を捉えることが可能であることが示された。



第5-335図 ひずみ計測結果(南面石垣)



第5－336図 ひずみ計測結果（東面石垣）

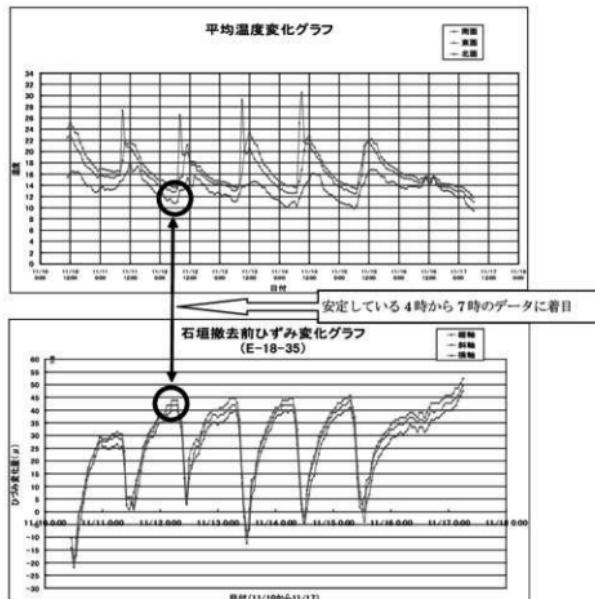


第5-337図 ひずみ計測結果（北面石垣）

2) 温度補正¹⁾

石材に発生するひずみの要因には上部石垣の荷重などの他に、温度変化が上げられる。一般的に物体は温度が上昇すると膨脹し、低下すると収縮する。石垣を構成する石材も同様であり、夜間にに対して日中は膨脹し、冬季に比較して夏季は膨脇する。こうした伸縮量はわずかではあるものの、ひずみ計測においては大きな影響を与えることとなる。このため、計測値から温度変化による影響を取り除くための温度補正が必要となる。以下に、本計測における温度補正方法についてまとめる。

本計測におけるひずみの温度補正係数を、石垣解体の各施工段階すべてのひずみゲージに対して求めた。ひずみ計測では、ひずみゲージを貼り付けた時点（初期値）の測定値をゼロとすることから、各計測値を初期値の温度に補正することによって、温度による石垣の膨脹・収縮を取り除いて評価することができる。ここで、温度補正係数を求めるためには、施工の影響を受けない、温度変化のみによる石材のひずみを把握する必要がある。このため、まず石垣解体作業の行われていない施工段階で午前5時での計測値により温度変化によるひずみの変化を計測した。これは、石材に作用する荷重の変化がない（上に積まれた石材の荷重が変化しない）にも関わらず、ひずみが変化する部分を温度変化によるものと考え、このときの温度変化とひずみの変化率をもとに補正係数を求めるものである。具体的な両者の関係を第5-338図に示した。こうして求められた各石材の温度補正係数を第5-21～26表にまとめた。



第5-338図 上載荷重が一定の条件での温度補正係数の算出範囲

第5-21表 ひずみの温度補正係数(1) 北面(縦ひずみ)

段階	高さ	C-16-1	C-17-60	C-18-1	C-18-68
ステップ1	11	3.56	5.52	3.9	5.03
ステップ2	10.5	3.18	4.22	3.48	4.26
ステップ3	9.5	3.88	4.71	4.63	4.24
ステップ4	9	2.68	4.07	2.33	3.09
ステップ5	8.5	3.52	4.33	4.39	4.67
ステップ6-1	8	2.07	4.05	2.14	4.3
ステップ6-2	8	3.65	5.84	3.97	4.66
ステップ7	7.5	3.57	4.4	2.72	4.46
ステップ8	7	3.79	4.18	3.25	3.8
ステップ9	6.5	4.2	4.94	3.31	4.1
ステップ10	6	2.52	3.3	1.77	2.97
ステップ11	5.5	1.58	4.23	1.78	3.82
ステップ12	5	3.97	2.76	3.38	3.85
ステップ13	4.5	5.81	1.35	2.82	2.22
ステップ14	4	2.04	4.05	2.29	3.63
ステップ15	3.5	3.42	4.25	2.99	2.54
ステップ16	3	1.33	4.62	2.72	2.44
ステップ17	2.5	3.28		3.24	3.55
ステップ18	2			2.81	3.82
ステップ19	1			2.76	2.1
平均値		3.22	4.16	3.03	3.67

第5-22表 ひずみの温度補正係数(2) 北面(横ひずみ)

段階	高さ	C-16-1	C-17-60	C-18-1	C-18-68
ステップ1	11	4.37	4.78	3.44	4.97
ステップ2	10.5	3.71	4.27	3.37	3.99
ステップ3	9.5	3.26	4.69	4.63	4.65
ステップ4	9	3.25	3.23	2.13	3.29
ステップ5	8.5	4.93	4.81	3.88	5.4
ステップ6-1	8	2.09	3.45	2.05	4.04
ステップ6-2	8	4.51	4.08	2.79	4.96
ステップ7	7.5	3.04	4.42	2.75	4.85
ステップ8	7	4.04	3.51	3.39	3.9
ステップ9	6.5	3.18	4.16	2.74	4.56
ステップ10	6	2.55	3.23	1.77	2.91
ステップ11	5.5	3.47	3.02	2.25	4.32
ステップ12	5	2.65	3.74	3.1	2.66
ステップ13	4.5	2.61	3.28		2.96
ステップ14	4	2.85	3.75	2.74	3.8
ステップ15	3.5	2.47	3.69	2.42	3.93
ステップ16	3	4.14	3.57	3.37	3.08
ステップ17	2.5	3.57		2.86	4.05
ステップ18	2			2.53	4.38
ステップ19	1			2.4	0.74
平均値		3.37	3.86	2.87	3.87

第5-23表 ひずみの温度補正係数(3) 東面(縦ひずみ)

段階	高さ	D-13-35	D-16-32	平均
ステップ1	11	4	2.8	3.4
ステップ2	10.5	3.17	2.64	2.905
ステップ3	9.5	3.86	3.33	3.595
ステップ4	9	4.3	2.57	3.435
ステップ5	8.5	2.32	3.6	2.96
ステップ6-1	8	3.43	3.8	3.615
ステップ6-2	8	2.49	3.17	2.83
ステップ7	7.5	2.67	2.48	2.575
ステップ8	7	4.24	3.64	3.94
ステップ9	6.5	5.34	3.52	4.43
ステップ10	6	1.79	1.76	1.775
ステップ11	5.5	2.25	1.54	1.895
ステップ12	5	3.24	2.07	2.655
ステップ13	4.5	5.11	4.01	4.56
ステップ14	4	6.51	3.11	4.81
ステップ15	3.5	3.48	1.91	2.695
ステップ16	3	3.63	4.71	4.17
ステップ17	2.5	-	1.94	1.94
ステップ18	2	-	-	-
ステップ19	1	-	-	-

第5-24表 ひずみの温度補正係数(4) 東面(横ひずみ)

段階	高さ	D-13-35	D-16-32	平均
ステップ1	11	4.08	4.06	4.07
ステップ2	10.5	2.81	3.64	3.225
ステップ3	9.5	3.56	4.72	4.14
ステップ4	9	3.11	2.86	2.985
ステップ5	8.5	3.51	4.97	4.24
ステップ6-1	8	3.3	3.65	3.475
ステップ6-2	8	3.74	5.13	4.435
ステップ7	7.5	3.13	3.24	3.185
ステップ8	7	4.01	4.47	4.24
ステップ9	6.5	4.42	5.33	4.875
ステップ10	6	1.69	3.6	2.645
ステップ11	5.5	2.29	3.07	2.68
ステップ12	5	3.18	3.09	3.135
ステップ13	4.5	4.28	1.66	2.97
ステップ14	4	4.74	3.32	4.03
ステップ15	3.5	1.97	1.85	1.91
ステップ16	3	3.39	2.2	2.795
ステップ17	2.5	-	4.02	4.02
ステップ18	2	-	-	-
ステップ19	1	-	-	-

第5-25表 ひずみの温度補正係数(5) 南面(縦ひずみ)

段階	高さ	E-13-32	E-13-67	E-17-82	E-18-35
ステップ'1	11	9.72	5.33	4.92	4.24
ステップ'2	10.5	5.79	5.59	2.98	3.61
ステップ'3	9.5	8.35	7.33	4.83	4.53
ステップ'4	9	7.64	4.72	4.85	3.5
ステップ'5	8.5	5.93	5.1	5.45	5.05
ステップ'6-1	8	1.18	2.3	4.73	4.26
ステップ'6-2	8	1.7	5.75	4.37	4.71
ステップ'7	7.5	4.45	4.01	4.18	4.58
ステップ'8	7	5.31	6.65	5.37	4.07
ステップ'9	6.5	10.89	7.85	5.56	4.31
ステップ'10	6	5.74	3.45	2.51	2.79
ステップ'11	5.5	2.04	3.78	3.28	2.78
ステップ'12	5	4.4	3.78	3.62	4.14
ステップ'13	4.5	5.81	4.28	3.02	3.49
ステップ'14	4	7.78	6.61	5.33	3.17
ステップ'15	3.5	3.48	3.08	4.36	3.37
ステップ'16	3	5.09	5.88	1.65	3.67
ステップ'17	2.5	-	-	4.48	3.19
ステップ'18	2	-	-	4.22	3.12
ステップ'19	1	-	-	4.01	3.38
平均値		5.6	5.02	4.18	3.79

第5-26表 ひずみの温度補正係数(6) 南面(横ひずみ)

段階	高さ	E-13-32	E-13-67	E-17-82	E-18-35
ステップ'1	11	6.82	4.99	6.44	5.02
ステップ'2	10.5	5.44	2.75	3.93	4.12
ステップ'3	9.5	5.86	4.83	4.3	4.9
ステップ'4	9	6.81	4.86	5.35	4.06
ステップ'5	8.5	6.74	6.54	6.89	5.34
ステップ'6-1	8	4.02	5.77	3.98	4.38
ステップ'6-2	8	4.16	5.61	5.27	3.61
ステップ'7	7.5	4.77	4.29	5.51	4.59
ステップ'8	7	6.24	5.58	6.34	4.85
ステップ'9	6.5	11.66	5.62	6.66	4.79
ステップ'10	6	5.64	2.29	3.35	2.94
ステップ'11	5.5	3.05	4.51	4.71	3.42
ステップ'12	5	3.99	3.12	2.43	2.05
ステップ'13	4.5	14.55	4.35	2.44	2.85
ステップ'14	4	9.21	6.2	6.46	3
ステップ'15	3.5	3.26	1.45	6.15	2.88
ステップ'16	3	6.42	2.09	5.84	3.16
ステップ'17	2.5	-	-	4.73	3.53
ステップ'18	2	-	-	4.99	3.78
ステップ'19	1	-	-	8.69	4.2
平均値		6.39	4.4	5.22	3.87

施工ステップごとに、上述の温度補正係数を用いて、ひずみの補正を行った結果のうち、代表的な事例としてA-2測点（南面下段）について、第5-339図に示した。この図の(1)は石垣の解体過程を石垣高さで表したものであり、(2)はそれぞれの施工段階における温度補正係数を示したものである。この図から、ひずみの補正係数自体が石垣の高さ（上戴荷重）の減少とともに小さくなる。(3)は石垣の解体段階と温度の関係を示したものであり、ひずみの補正前後の値を示したものが(4)である。

上記のような補正方法によって求めた最終段階（3/6: 石垣高さ 1m）での補正後のひずみ（純粹に荷重の変化によるひずみ）は、 93μ の引張りであり、補正前の約 60μ の 1.67 倍程度の値となっている。なお、解体前のひずみは、Strain Release Technique の原理より、解放ひずみである引張ひずみを圧縮ひずみとして読み替えることで評価できる。

3) 石垣の構造体としての安定性の評価

第5-340図に石垣解体前のひずみ ϵ_1 （縦ひずみ）と ϵ_2 （横ひずみ）を示す。なお、天守台石垣の“石垣構造比（石垣上辺長さ / 石垣高さ）”は2程度であり三次元力学効果を期待できる石垣形状である²⁾。外見よりの観察で石垣変状がみられない上部ひずみ計測位置と、石垣変状の生じている下部ひずみ計測位置での石垣解体前のひずみ計測値を比較すると、次のように考えることができる。

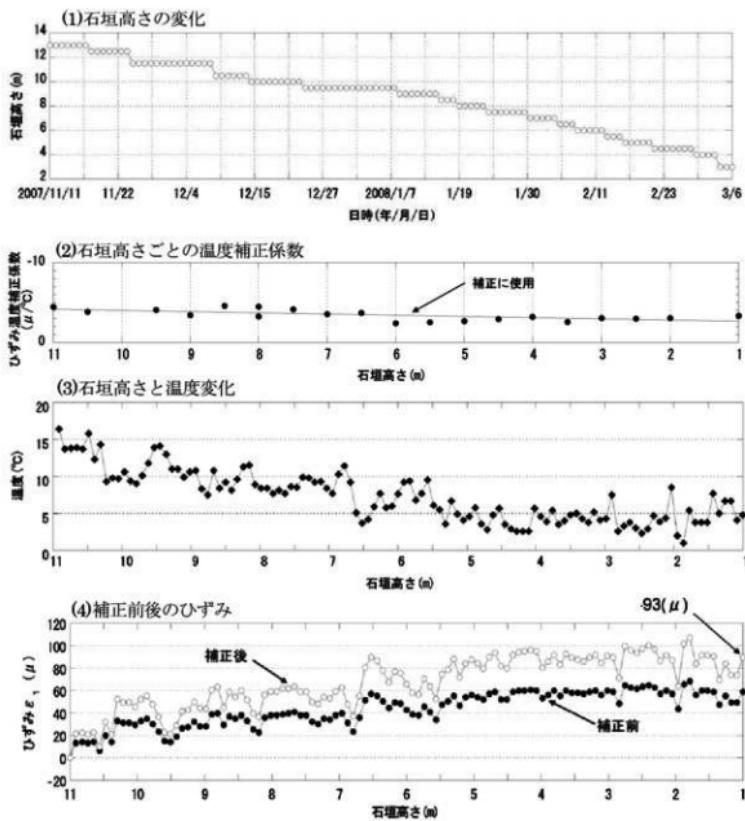
上部ひずみ計測位置では、下部ひずみ計測位置に比較して、 ϵ_1 と ϵ_2 とも大きい引張りひずみとなっており、特に ϵ_2 が大きくなっている。これに対し、下部ひずみ計測位置では ϵ_1 と ϵ_2 が同じ程度の値で上部ひずみ計測位置と比較して小さい引張りひずみとなっており、特に ϵ_2 が小さいのが特徴である。

これらのひずみの計測値より、上部ひずみ計測位置では三次元力学効果が生じているのに対し、下部ひずみ計測位置ではそれがみられないことが読み取れる。このことは、上部においては、 ϵ_2 に石垣面での連続体としての強固さ、すなわち横方向への力の流れが生じる三次元力学効果が数値として現れていることを示している。一方で、外面からの石垣変状調査から、隅角部である算木積み部の下部部分が平石部から離れるように「ズレ」が生じ、その結果三次元力学効果がなくなり、その結果として平石部の下部が孕み出したと判断できる。これらの現象はひずみ計測結果と符合するものと言うことができる。

まとめ

石垣解体時のひずみ計測結果から明らかになった事項は以下のとおりである。

- ①ひずみゲージを石材表面に貼り付けることで石垣の解体過程に伴うひずみの変化を測定することができた。同時にそのシステム構成を明確にした。
- ②石垣の解体過程に伴う上戴荷重の変化に応じたひずみの変化を測定できた。このことから、石垣の解体・積み直し工事期間中のひずみ計測が施工管理に適用できる可能性を示すことができた。
- ③温度補正方法を提案し、より正確な石垣のひずみが測定できることを示した。

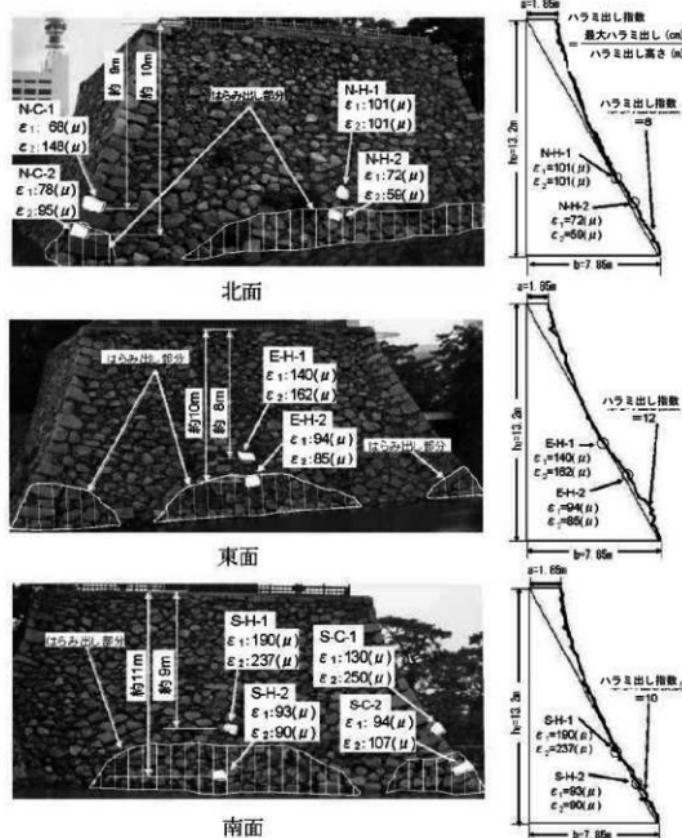


第5-339図 石垣の解体過程と温度変化によるひずみの補正

計測値は以下の式により補正される。

$$\text{補正後のひずみ} = \text{補正前のひずみ} \times (1 + \text{補正係数} \ast)$$

* 補正係数は該当する石垣高さの値を用いる。



第5-340図 各面に作用するひずみと代表的断面でのハラミ出し指数

【参考文献】

- 西田一彦, 大嶋和則, 西川禎亮, 北園和憲, 玉野富雄, 金岡正信:高松城石垣のひずみ計測, 地盤工学研究発表会講演集, Vol. 44, pp. 1037-1038, 2009. 7
- K. Nishida, T. Tamano, H. Morimoto, B. Shrestha: Geotechnical Aspect of Japanese Castle Masonry Wall and Mechanical Analysis for its Preservation, Proceedings of the 16th International Conference on SMGE, pp. 2769-2772, 2005. 9