

遺産建造物の基礎における真正性

岩 崎 好 規

要 旨

多くの遺産建造物の修復においては、地盤や基礎はいわば上部構造を支えるだけのものとして扱われ、そのために、修復時に、容易に基礎構造が変更されたりしている。

基礎の中には、その地域の地盤に合わせて独特の手法であったりするから、基礎も遺産構造を特徴づける要素の一つとして認識する必要がある。

国際基準 (ISO 13822 既設建造物の信頼性評価) の見直し作業が 2005 年に開始され、同改訂版付属文書 I 遺産建造物 (2011 年 10 月発刊) で、遺産建造物の安全性評価が取り上げられた。基礎は遺産構造の一部であって、その真正性にも議論をするべきであると指摘されたことを報告するとともに、遺産構造における地盤と基礎の役割について、述べるものである。

遺産の真正性 (authenticity) とは、その遺産建造物が遺産として独創的 (original) で他にみないユニーク (uniqueness) であることをさすが、この特別の特性を特性決定要素 (characteristic elements) と称する。

基礎の真正性の事例として、ピサの斜塔、厳島神社、上海の龍華塔、および北欧のエストニア国のタルトゥ大学の基礎を例示して、議論した。

ピサの斜塔の修復作業時には、基礎の真正性は議論されていなかったが、杭基礎やアンカーなどの手法も検討されたが、実際に採用された地盤抽出法は、結果としてピサの斜塔の真正性の保持となっている。

厳島神社の基礎は礎石柄柱であるが、干潮の影響を受け、腐食の進みに応じて、腐食部分を新材で置き換える“根継ぎ”が伝統的に採用されている。同神社の大鳥居や上海龍華塔は千本杭と呼ばれるが、現在でいうパイルドラフト形式である。北欧などの軟弱地盤においては、木杭で支持された井桁に基礎石を置く基礎構造となっているが、地下水低下で木の腐食が進行している。この場合の補修としては、コンクリート側壁パネルを引張りアンカーにより、現存の基礎を固定し、パネル下部を新しい杭で支持するという修復事例が見られる。

歴史建築物の基礎に関して、それぞれの地域によって、基礎形式に変化があり、また、その補修方法についても、異なっている。

以上のように、各種の基礎構造を紹介し、それらの基礎の真正性の特性要素について考察した。

基礎構造を歴史建築の一部として考え、その保全に理解が進むことを望みたい。

キーワード：基礎、遺産建造物、真正性 foundation, heritage structure, authenticity

サイバー大学世界遺産学部・客員教授

原稿受付日：2011 年 10 月 24 日

原稿受理日：2012 年 2 月 5 日

1 序

多くの遺産建造物の修復においては、地盤や基礎はいわば上部構造を支えるだけのものとして扱われ、そのために、修復時に、容易に基礎構造が変更されたりしている。

基礎の中には、その地域の地盤に合わせて独特の手法であったりするから、基礎も遺産構造を特徴づける要素の一つとして認識する必要がある。

本報告は、最近の国際基準（ISO）で、遺産建造物の安全性評価が取り上げられたことを報告するとともに、遺産構造における地盤と基礎の役割について、述べるものである。

2 国際基準 ISO 13822(既設建造物の信頼性評価) 付属文書 遺産建造物

国際基準 ISO 13822 (Bases for design of structures -- Assessment of existing structures) (既存建造物の信頼性評価) が 2005 年に改定見直し作業に入ったとき、ICOMOS, ISCARSAH (イコモス遺産構造保存のための解析国際科学委員会) が、既設建造物の中に、遺産構造も加えて検討するようという要望が出された。

著者は、この ISO 作業委員会委員として基準検討作業に土と基礎系出身として参画し、基準は 5 年後の 2010 年に SO 13822:2010 として完成した。(http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=46556)。

この基準は、既設の建造物の地震時を含む構造的安全性を検討するもので、建造物特性や外力を統計量として与えるので、信頼性評価という標題となっている。基準の本文は、一般的な構造理論であるが、付属文書 I として遺産建造物に関する取扱い方が述べられている。著者は、基礎についての authenticity (真正性) を議論し、ISO 13822 の用語と定義において、次のような内容となった。

ISO 13822 付属文書 遺産建造物

用語と定義

1.3.6 遺産建造物

現存建造物ないし建造物の構成要素で、相応の機関が遺産価値を認めるもの。

注意 1: 遺産構造は、基礎も含んだ建築物、橋梁、および土木建造物も含む

1.5.3 基礎の真正性

保存という観点からすれば、基礎は建造物の一部であり、その遺産価値を考慮して修復しなければならない。これは、基礎の真正性と真正性の特徴要素の同定の必要があることを意味する。

3 遺産の真正性と特性決定要素

遺産の真正性 (authenticity) とは、その遺産構造物が遺産として独創的 (original) で他にみないユニーク (uniqueness) であることをさすが、この特別の特性を特性決定要素 (characteristic elements) と称する。

遺産構造物の保存に際しては、対象とする遺産構造物の特性決定要素の議論を行い、真正性要素を歴史的遺産構造物に保全することを心がけるべきである。

ヴェニス憲章 (Venice Charter, 1964)⁽¹⁾ に基づいて、イコモスは、真正性を“アナストローシス (anastylosis (Greek)) :take column back to original position 柱を原初の位置に戻す”の思考に基づいて、「原初の材料が原初の位置にある」ことを遺産構造物の保全性の基本であるとした。この当時まで問題とされた欧州の遺産構造は石造が中心で、石材による遺産構造物に対応した考えであった。

1972年に成立した世界遺産条約への日本国の加盟は先進国では一番遅い1992年で、125番目の加盟国であった。日本にとって「オリジナルな材料と位置が保全されている」という真正性の定義からすると、木造系の構造物は、補修などより、オリジナルな材料が保全されている場合は少なく、到底、ヴェニス憲章に規定されるような真正性の条件を満たすことは容易ではない。

日本国政府は、イコモスを中心とする国際的な遺産専門家を招き、奈良において、遺産の真正性についての議論を行い、その結果は、真正性に関する奈良文書 (Nara Documents on Authenticity, 1994)⁽²⁾ として採択された。

奈良文書においては、真正性に関する定義をヴェニス憲章における保存を「原初材料や位置の保全」から、「その遺産が属する地域や文化による」ものであるとし、欧州の単独文化から、地域ごとに異なる文化の存在を認める文化の多様性の主張に継続している。

4 基礎の真正性の事例

4.1 ピサの傾斜塔

塔構造の傾斜の原因には、二つの要因が考えられる。一つは基礎が傾斜すること、二つ目は上部構造に原因がある場合である。ピサの斜塔の場合、イタリア北部の沿岸部の沖積平野に建てられていて、深い軟弱地盤の上に、浅い基礎がある。建設は、1173年に開始されたが、地上約55mの塔を建てる間に沈下が発生したこともあって、その完成には200年を要し、完成したのは1372年であった。

イタリア国政府が、ピサ斜塔の修復手法を国際プロポーザル方式として検討した1970年代においては、基礎の真正性というようなことは考えられていたことはなく、いかにして塔を傾斜のまま保全するかということに終始していたが、予算不足から、実施は見送られていた。

1990年代となり、国際修復委員会が設置されて色々議論もされ、現地で2、3の工法が

実施された結果、最終的に、地盤抽出法が採用された。

これは、傾斜していない側の塔の基礎下をボーリングして地盤を抜き取り、空洞を作る。地盤が軟弱なので、穴が潰れて地盤が沈下するという単純ではあるが、理論的には地盤破壊を経て、その後の変形までを扱う必要があり、実務地盤工学としては、その複雑さから、やや、抵抗の感は否めないが、メキシコ大聖堂においても実施されたという実績もある。

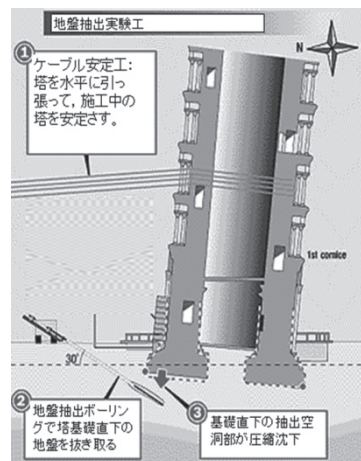


図1 Conservation of Pisa Tower (ピサの斜塔の保存)

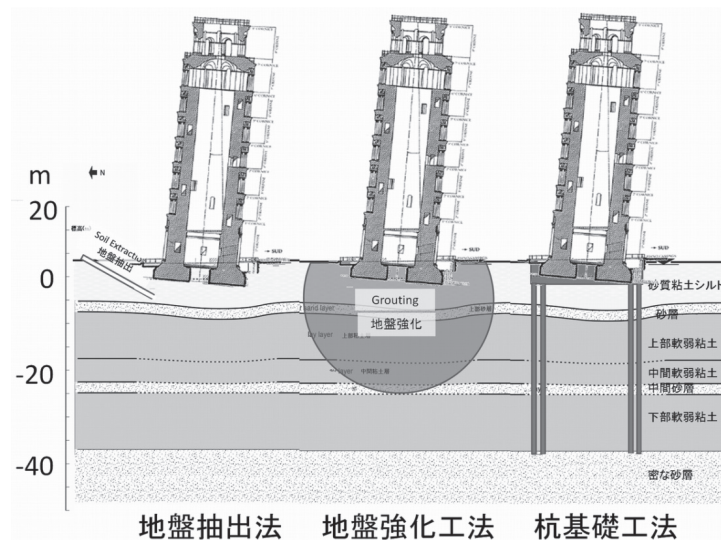


図2 Comparison of three different methods (3つの異なる保存方法)

本施工に先駆けて実験工も実施されたが、図1に示すように、①ケーブル安定工で塔の傾斜増加を抑制し、②地盤抽出ボーリングで塔基礎直下の地盤を抜き取り、③抜き取った空洞部が圧縮沈下することにより不等沈下を修復する。

図2に考えられる地盤の修復法の比較を示した。地盤抽出法、グラウトなどによる軟弱地盤の強化法、および杭基礎工法を示した。これらの工法を比較してみると、傾斜を生

じさせる原因となった浅い基礎構造と軟弱地盤をそのまま保全しているのが、地盤抽出工法であることが分かる。イタリアに設置されていた国際委員会は基礎の真正性を考慮していたわけではなかったが、偶然にも、そのような選択となったのである。

4.2 巖島神社

広島県の廿日市市に位置する巖島神社は、推古元年（593年）の創建と伝えられている。平安時代後期の仁安3年（1168年）には、佐伯景弘が、巖島神社を崇敬した平清盛の援助を得て、今日のような廻廊で結ばれた海上社殿を造営した。（岡田 貞治郎，1970）⁽³⁾



写真1 Gracious beauty of Itsukushima Shrine of floating on the sea
(海上に浮かぶ巖島神社の壮麗さ)

The authenticity of the originality of its site at shoreline with historical Shinden Style is preserved.
水陸境界立地の寝殿造りという独自性が保全されている（＝真正性を有する）

まことに、海上に浮かぶ荘厳華麗な神社は、極楽浄土を彷彿とさせるものがある。

平安時代の寝殿造りの様式を取り入れた優れた建築景観をなし、さらに、砂浜という海陸境界に立地するというので、前面の海、後背の山を取り込んだ建築群形式は、独特である。平成8年（1996）世界遺産として登録された。

巖島神社建築群を支える建築基礎は、伝統の礎石柱形式が受け継がれている。

日本建築の源流である竪穴式住居などでは土に穴を掘って柱を立てる“掘立て柱”が用いられていたが、地面から水分が上がれば柱は腐ってしまう。図3に示したように、7世紀ころから、“掘立て柱”形式から礎石の上に柱を並べる“礎石柱構法”に変化している。

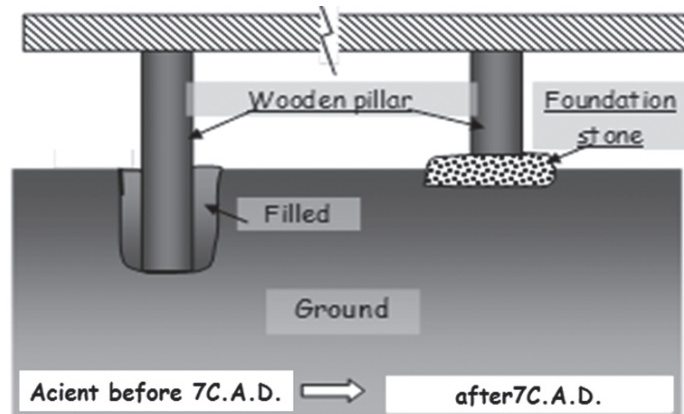


図3 Development of foundation style from pillar in ground hole to pillar on foundation stone
(掘立て柱から礎石柱への建物基礎構造の進展)

厳島神社においては、その立地が浅い海の陸海境界にあることから、大潮時には杭は海中に浸かるため、木杭の下部は腐食が進む。



写真2 Wooden pillar upon stone
(礎石および柄柱)

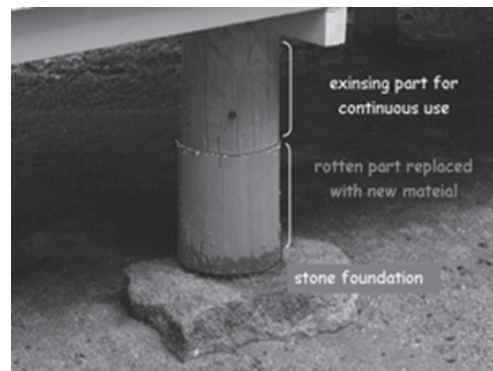


写真3 Partial replacement of rotten pillar
(柄柱の腐食部の部分取り替え)

厳島神社においては、定期的に床下の基礎の点検を実施し、もし、腐食部分が判明すれば、ハンドジャッキを使用して、床を持ち上げ、腐食部を新材で取り替えている。“根継ぎ”と呼ばれる伝統工法は、常に潮汐の影響を受けている場所にある杭の真正性を構成する特徴として挙げることができよう。

4.3 巖島神社大鳥居

巖島神社の前面海域に立つ大鳥居は、高さ約16.6 m、棟の長さ24.2 m、主柱周り9.9 m (直径約3 m)、総重量は約60 tである。鳥居の構造は四脚鳥居と呼ばれる形式で楠の主柱の基部を4つの支柱(袖柱[そでばしら])で支えている。主柱は楠を、支柱を支える4つの支柱は杉が使用されている。初代の大鳥居は1168年(仁安3年)に創建されたとされているが、現存の大鳥居は8代目で、再建は明治8年(1875年)である。



写真4 Great Gate of Itsukushima Shrine

主柱間隔は、柱の中心から中心までが地盤面で11 mである。

大鳥居の基礎地盤の詳細は不明であるが、近傍の広島湾や対岸のボーリング結果を見れば、表層は花崗岩の風化した真砂土からなる緩い砂層で10 - 15 m程度の層厚と思われ、その下層に花崗岩がある。

大鳥居の修理が、昭和23年から開始された際に、基礎部分の状況もある程度判明した。



写真5 Exposed wooden piles
(修復時に現れた木杭)

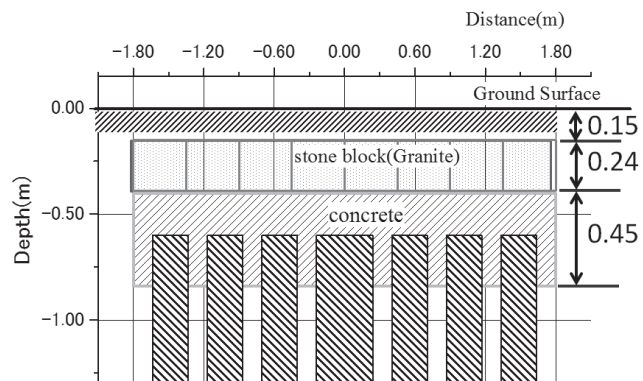


図4 Foundation structure
(基礎構造)
(修理調査委員会報告書(1950))

国宝巖島神社建造物修理委員会の報告書によれば、主柱底部は、明治42年の修理によると思われるコンクリート基礎とその下に群杭が現れたという(写真5)。杭は松材で、太さ1尺(0.3m)程度の杭が、30本程度打ち込まれており、ほぼ中心にさらに太い杭があることが認められたという。杭の長さは不明であるが、基盤岩まで到達しているとは思われない。

このような形式の群杭は、千本杭と呼ばれる。

昭和の補修時には、既存の千本杭を厚さ1.5尺(45cm)のコンクリートで巻き込み、コンクリートの上に花崗岩の石板(厚さ8寸(24cm))を載せて基礎としたとある。

この報告書によると、基礎修復前の大鳥居の主柱および袖柱の水平であると思われる部材の高さから、不等沈下が計測されている。図5に大鳥居の平面位置図、図6に不等沈下量の分布を示した。西の主柱の南側の袖柱を基準として示してあるが、不等沈下量は最大で3cmであり、主柱間の傾斜は小さく構造物に対する問題は特にないと思われる。

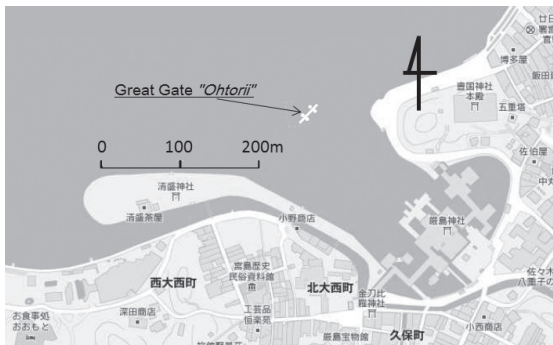


図5 Location of the Great Gate "Ohtorii"
(大鳥居位置図)

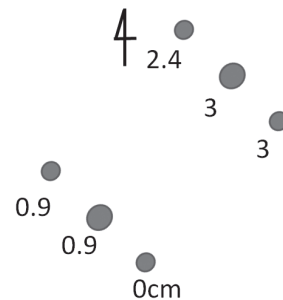


図6 Differential settlement of piles
(杭の不等沈下量)

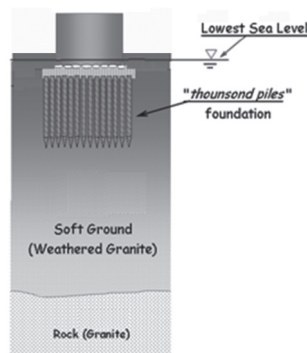


図7 Thousands piles (piled raft foundation) (千本杭基礎 (パイルドラフト基礎))

千本杭という基礎構造は、図7に示したが、軟弱地盤に多くの杭を密に打ち込む形式であり、軟弱地盤に多くの杭を打ち込むことで、地盤の体積が減少し、地盤が良く締まって支持力の増大が期待される。特に、巖島神社のように砂質土である場合にはこの密実化の効果が大きい。

4.4 上海龍華塔

粘性土地盤の場合も上海に事例がある。上海の地盤は、約30～40 m程度の軟弱粘土層が堆積しているが、上海の沿岸部で長江の河口の南側の上海市徐匯区龍華路に位置する龍華寺の門前に立つ龍華塔は、三国時代の創建とされ、北宋AD 977年に再建された。木とレンガでできた高さ40 m、7層8角の塔である。上海博物館によれば、1984年に行われた大修理時の調査結果では、この基礎は、ブロック煉瓦の下に木杭の群杭があり、直径15～18 cmの木杭が杭間隔8～10 cmで密に打設されていたという (Jean Kerisel, 1991)⁽⁵⁾。ケリーゼルは、基礎の歴史的展望を述べる中で、この龍華塔の杭基礎は、先述したするパイルドラフト基礎の原型であると述べている。著者は、2010年、上海博物館を訪ねて詳しく調べようとしたが、上海博物館では、遺跡建築物に関する担当はいないし、資料もないと窓口で告げられた。



写真6 Longhua Pagoda, Shanghai, China (上海 龍華塔)

この龍華塔は、やや傾斜しており、立ち入り禁止となっていた (2010年10月)。この傾斜の原因は不明ではあるが、基礎部分は1,000年以上経過しており、問題があるとは思えないから、上部構の部材劣化などに起因しているのではないと思われる。

図7に示したように、千本杭工法は必ずしも、杭を支持する地盤まで到達しているわけではなく、軟弱地盤に浮いている状態にある。

このような基礎形式は、現在においては、パイルド・ラフト基礎 (piled raft foundation) と呼ばれている。従来の基礎設計においては、基礎は浅い基礎と深い基礎の二つに分類されてきた。浅い基礎は、直接基礎とかベタ基礎とか呼ばれるもので、支持地

盤が浅い場合で、深い基礎は支持地盤が相当に深い場合で、杭基礎である。このパイルド・ラフト基礎というのは、これらの浅い基礎と深い基礎の複合基礎ということになる。

軟弱地盤、とくに沿岸の埋立地とか、内陸の湖沼軟弱埋立地などで、杭を支持層まで到達させると、数年のうちに沈下のために、杭が座屈したり、杭が地表面に突き出たりするが発生したケースがある。このような場合とか、ベタ基礎では、支持力は得られるが沈下が大きい場合とか、パイルド・ラフト基礎を採用する場合が増えてきている。

日本の建築基礎設計においては、2001年に、日本建築学会「建築基礎構造設計指針」に浅い基礎と杭基礎と共に、パイルド・ラフト基礎が追加されている。

この厳島神社の大鳥居や上海の龍華塔に使用されている“千本杭”という伝統工法の真正性の特徴は、深い軟弱地盤における短杭の稠密群杭であって、安定的に構造物を支持できる基礎形式であるとする事ができよう。

4.5 ヨーロッパ・北欧系の基礎

イタリアのベニスにおける建築物の基礎は、軟弱地盤に支持層（カラントと呼ばれる固結粘土と砂の混じった層）まで木杭（カラ松）を密実に打設して、その上に基礎石を積み上げ、更に水面から上は煉瓦を積み上げている杭基礎である。

ベニスにおいては、周辺域を含めての地下水のくみ上げによって地盤沈下が進行するとともに、温暖化の影響で海面下に基礎を含めて埋没しつつある。

しかしフィンランドのヘルシンキ、エストニアの首都タリン、ロシアのサンクトペテルブルクなど北欧の沿岸部（図8）においては、地下水の汲み上げなどで、地下水位が下がりがつあり、歴史建築構造物に被害が発生している。

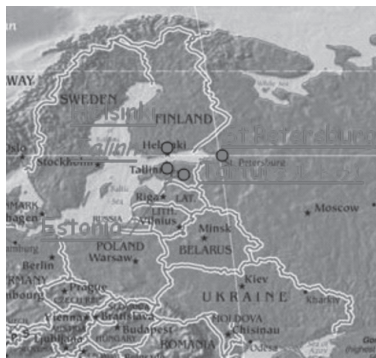


図8 Northern Europe (北欧域)



写真7 University of Tartu (タルトゥ大学)

写真7にエストニアの内陸部の1632年に建設されたとさえるタルトゥ大学の正面を示したが、地下水位低下による基礎被害が判明した。

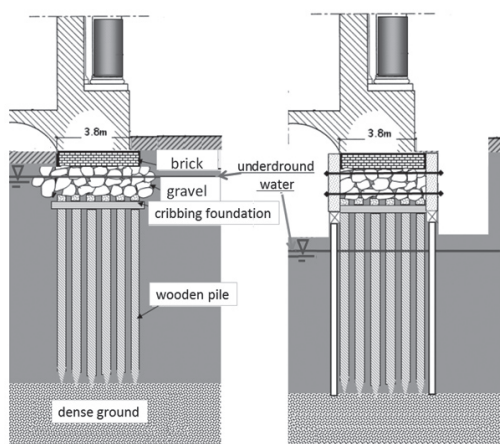


図9 Foundation of University of Tartu and repairing method (Avellan, 1995)⁽⁶⁾
(タルトゥ大学の基礎構造と補修方法)

沈下が激しい箇所の基礎を掘削調査してみると、基礎構造は、図9に示したように、レンガブロックの下に礫が敷き詰められており、礫の下には、木材井桁 (cribbing) が組まれて、木杭が支えている構造であった。



写真8 Concrete side panel to constrain foundation (Avellan, 1995)⁽⁶⁾
(基礎拘束用のコンクリート側壁パネル)

このタルトゥ大学における基礎補修は、現存する基礎構造を残しながら、補強するというものであった。すなわち、木杭の周囲に杭を新設して支持力を増大させ、レンガブロックから井桁までの深さの間を鉄筋コンクリートパネルで巻き込んで、相対するパネル間を鋼線で張力を導入して、パネル間を拘束する (写真8)。さらに、パネル底面と新設杭間に油圧ジャッキによって建物荷重を木杭から新設杭に移し替えた (Avellan, 1995)⁽⁶⁾。

タルトゥ大学における基礎は、北欧における軟弱地盤における基礎形式の一つであり、その真正性の特徴としては、支持層にまで達する杭、杭頭を木製井桁で固定、その上に玉石や礫で人工地盤を造成して支持地盤とする、といえよう。

5 まとめ

歴史建築物の基礎に関して、それぞれの地域によって、基礎形式に変化があり、また、その補修方法についても、異なっている。

本稿においては、杭構造の真正性を示す具体的な好事例としてピサの斜塔を紹介し、東洋において中国や日本において多くみられる千本杭や、北欧の軟弱地盤における基礎を紹介し、それらの基礎の真正性の特性要素について考察した。

杭構造を歴史建築の一部として考え、その保全に理解が進むことを望みたい。

参考文献

- (1) ヴェニス憲章 (Venice Charter, 1960)
<http://www.international.icomos.org/venicecharter2004/index.html> (英文)
<http://www.japan-icomos.org/charters/venice.pdf> (英文および和訳 (日本イコモスによる))
- (2) 真正性に関する奈良文書 (Nara Documents on Authenticity, 1994)
<http://whc.unesco.org/uploads/events/documents/event-443-1.pdf> (英文)
<http://www.japan-icomos.org/charters/nara.pdf> (英文および和訳 (文化庁による))
- (3) 岡田 貞治郎 (1970) 宮島の古建築, 慶文堂, 1979
- (4) 国宝厳島神社建造物修理委員会 (1958) 厳島神社国寶並びに重要文化財建造物昭和修理綜合報告書—自昭和23年度至同32年度
- (5) Jean Kerisel (1991), "Down to Earth, Foundations Past and Present: The Invisible Art of the Builder," p 38 - 39, A.A.Balkema, Rotterdam, Netherlands
- (6) Kari Avellan et al. (1995), "Strengthening the foundations of the main building of Tartu University, Estonia". Proc. 16th ICSMGE, Osaka, Vol. 4, pp 2747 - 2749

Authenticity of Foundations for Heritage Structures

Y.Iwasaki*

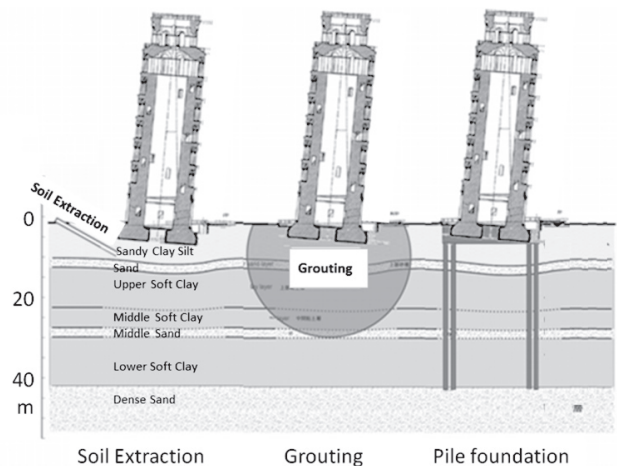
Abstract

Foundations of heritage structures have been considered as only to support the upper structures and the foundation systems have been easily modified or changed during the conservation works for the upper structure.

Some foundation has been developed in special geotechnical condition of the region, or foundation might compose of the characteristic element of the heritage structure.

ISO 13822 (Bases for design of structures – Assessment of existing structures) has been recently updated in 2010, and added an Annex-I Heritage Structure, which expands the heritage to include foundation as a part of the structures.

The concept of the authenticity may be understood more easily by the following case of the Pisa tower.



There were several such methods of grouting and pile foundations to avoid the failure of the leaning Tower. Soil extraction was selected without considering the authenticity of the foundation.

The inclination of the Tower occurred because of the foundation is a direct shallow foundation. The characteristic element of the leaning state is not only the high rise tower but also the foundation system.

The paper will also discuss several foundation systems of wooden foundations including thousand piles in Japan.

Keywords: foundation, heritage structure, authenticity