

朝倉氏遺跡における杭丸太を用いた 法面对策について

久保 光¹

¹福井県丹南土木事務所鯖江丹生土木部 道路課 (〒916-0133福井県丹生郡越前町気比庄3-17)

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡庭園部において斜面崩壊が発生した。特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡は、文明3年(1471)に一乗谷初代の朝倉孝景が築城し、5代義景が織田信長に天正元年(1573)滅ぼされるまでの百余年間、越前の首府として栄えたところである。史跡は歴史的に意義を有すると同時に、空間的にも重要なものであるため、斜面对策においても通常公共工事で用いられているのモルタル吹付工等の工法は利用できない。このため、自然素材である杭丸太を用いて、斜面崩壊対策を検討し施工した。施工後、約5年経過したが、斜面は安定しており問題もなく景観性にも優れていることが分かった。

キーワード 木杭、杭丸太、腐朽、法面对策

1. はじめに

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡 特別名勝一乗谷朝倉氏庭園は、福井市南東約10キロに位置している。越前中央山地を西に向かって流れる足羽川に合流する一乗谷川の流末に位置する谷地である。谷の奥行きが5キロ程度で北側に足羽川が流れ福井平野に接続されている。平成20年3月13日未明、館跡庭園のつづら折れ水路が位置する斜面の崩壊が起こった(写真-1)。崩壊斜面の修復工法は、斜面が庭園の重要な構成要素であることや、つづら折れ水路を治水・利水として利用してきた経緯を考慮すると、安定勾配まで掘削することや、法枠などを用いた法面保護工は考えにくく、切土補強土工(高強度ネット+鉄筋挿入工)や木杭による補強と伝統的な修理方法を組み合わせることで検討された。その結果、崩壊斜面の修復工法として、杭丸太(以下木杭)と版築工による斜面安定化工事が行われたのでその概要を報告する。

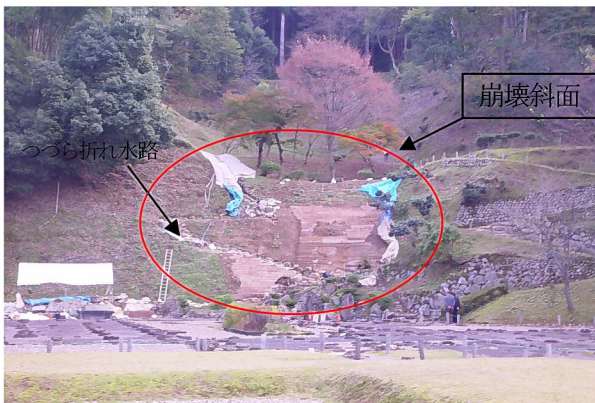


写真-1 斜面の崩壊

2. 崩壊斜面の修復工法の検討

地質調査結果および地下水位観測結果から、崩壊した斜面は粘土層で斜面勾配は滑落崖で約60°であるため(1:0.6)、いずれ崩壊に至ると懸念された。特別史跡及び特別名勝一乗谷朝倉氏館跡庭園修理整備指導委員会にて主にジオファイバー工法による斜面修理が検討されたが、いくつかの問題点が判明した。具体的には、金属製アンカー打ち込み機械の侵入が困難なことに加え、つづら折れ水路の護岸石や景石の修景作業が困難であること、湧水によるファイバー硬化層との分離などが懸念された。そこで、伝統的な斜面安定化で、一乗谷に城下町がおかれた16世紀半ばにも工法として成立していた技法を検討し、木杭による斜面の安定化と版築による斜面安定化という工法が検討された。木杭の設計は円弧すべり計算を基に杭の設置位置や杭の長さ、配列等を検討した。

3. 木杭工事の概要

3.1 杭間隔の設計

木杭は杉材(直径10cm、長さ1.5~3m)を防腐処理したものをを用いる。図-2は、地盤想定断面図を示す。木杭を打設する目的は、表土(DT1層)と支持地盤(DT2層)との間に存在するせん断力不足を補うことである。図-3は、木杭打ち込み千鳥配置図を示す。上下杭間隔は15cm程度となるが、二段あることにより一列の場合よりも杭間の土砂移動が軽減されると考えられる。

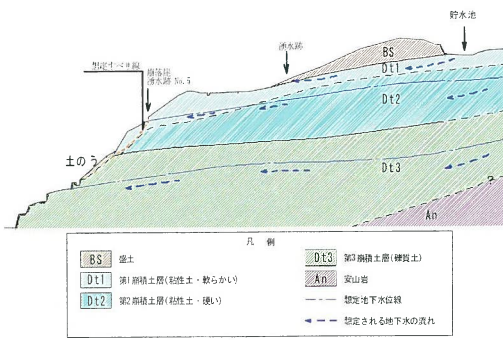


図-2 地盤想定断面図¹⁾

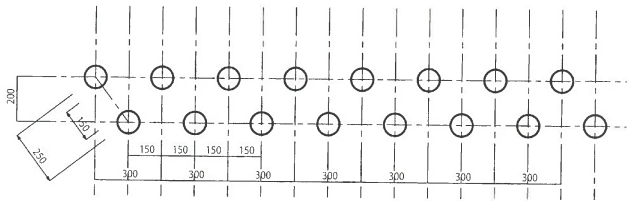


図-3 木杭打ち込み千鳥配置図¹⁾

3.2 木杭打ち込み作業の検討

杭打ち高さは、園地部より6m前後の高低差があり、打ち込み作業も困難であると想定されたため、図-4に示すような足場を設置して木杭を打設した。図-5は、木杭工事足場の状況を示す。また、木杭打設時の注意事項は以下のとおりである。

- (1)地層が固い場合の対処として、30cm程度の上下列へ位置調整は許容範囲である。
- (2)斜面に浮石が多いので、作業安全のためにネットなどで景石等をカバーして作業を行うこと。
- (3)機械の振動が大きいため、以前の崩壊箇所には振動を与えると、新たな崩壊が起きる恐れがあるので留意すること。
- (4)掘削孔を十分深くなるまでおこない、できるだけ振動が少ない方法を検討すること。
- (5)湧水があった場合にはただちに周囲を埋め、穴に水が浸入しないようにすること。
- (6)杭頭は斜面版築工事の際に切り落とし、斜面復元すること。

杭打ち込みは、硬い地盤への打ち込みが少ないため、ハンドオーガーによる事前穴あけもしくは、ドリルにより位置を特定し、人力で打ち込むほかエア-杭打ち機を用いた(図-6)。

図-7は、木杭配置修正位置及び杭打設実施位置図を示す。アの崩壊層Dt1の土量の最も大きい断面では、より強い摩擦力を獲得するため、杭列を3列とした。イは、造営前より尾根部と考えられ、AN層(安山岩)が表土直下にあるため、想定以上に杭が入らず広範囲で取りやめた。ウは、Dt3層がほぼ露出しており、列を後退させることで、Dt1層の支持部分を拡大させた。エは、Dt2

層が薄くその下に堅いDt3・AN層があり、杭が入らなかったため、上部に移動した。オは、上部で摩擦力を獲得できたので下段は取りやめた。カは、遺構石に衝突するため、その下部に杭列を移動した。

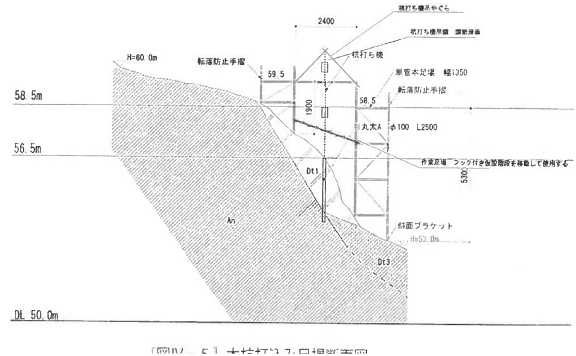


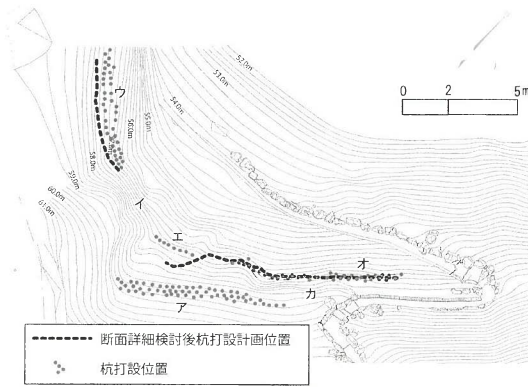
図-4 木杭打ち込み足場断面図¹⁾



図-5 木杭工事足場の状況¹⁾



図-6 エア-杭打ち機の状況¹⁾



ア:崩落層DT1の土量の最も大きい断面では、より強い摩擦力を獲得するため、杭列を3列とした。
 イ:造営前より尾根部と考えられ、AN層(安山岩)が表土直下にあるため、想定以上に杭が入らず、広範囲で取りやめた。
 ウ:DT3層がほぼ露出しており、列を後退させることで、DT1層の支持部分を拡大させた。
 エ:DT2層が薄くその下に堅いDT3・AN層があり、杭が入らなかったため、上部に移動した。
 オ:上部で摩擦力を獲得できたので下段は取りやめた。
 カ:遺構石に衝突するため、その下部に杭列を移動した。

図-7 木杭配置修正位置及び杭打設実施位置図¹⁾

4. 版築工事の概要

木杭によって崩落層DT1のすべりは低減したが、その上下には崩落層があったため、それらを除去し、そこに版築を行い、つづら折れ水路の構造物や景石の新たな支持地盤を形成せねばならなかった。そこで、修理指導委員会では、一乗谷が城下町をおいた16世紀半ばでも存在していた版築が検討された。施工範囲は、斜面崩壊を起こした範囲に加え、洗掘等の複合的な原因で傷んだ斜面やつづら折れ水路をカバーし、DT1層の堆積が厚い杭施工範囲を包括する部位であった。

図-8は、版築施工実施図を示す。伝統工法の一つである版築は、通常粘りある粘土や土と石灰、にがりなどを混ぜ、版木により囲われた枠の中で、突き固めながら積み上げてゆくものであるが、本施工現場では、軟弱表土を撤去した地山面への密着力や強度を見極めてから版築材料を決定する必要がある。そこで、文化財保存技術者協議会選定保存技術者の徳村盛市氏らの監修の元、材料試験が行われた。その結果、粘りと骨材の耐力、地山からの湧水対策の観点から版築材料の配率(重量比)は、粘土3:石灰1:バラス1とされた。版築を行うばん木はラワン材曲面型枠板と異形鉄筋の組み合わせとし版築が乾燥後にそれらを取り除くこととした。また、版築高さは勾配により決定した。版築厚みは、約10cm~20cmを基本とし、勾配がきつい場合はそれ以上の場合も許容し斜面復元に対応した。

版築層の上の仕上げとして斜面土壌層を設置し、その表層保護として植生シート敷設を実施した。植生シートは、ヤシ繊維で肥料等植生基盤を持つものが使用された。これにより、周辺表土散布によるシードバンク式の植生面形成により、植物の繁茂が進行した場合、下部にある粘土層と一体化すると考えられる。版築工事は、復元断面を水系により現場に落とし、仕上げ厚を考慮して、ば

ん木を設置しながら下から突き固めていった。版築および表層突き固めはすべて人力で施工された。突き固めには木槌やハンマー、手製の工具なども製作され、微細な表現も可能とした。

地山より漏水があった箇所は排水シートを敷設して防水層の上に版築を施工した。なお、一部想定断面より浅い位置にDT2層が表出し、版築施工を行わない部位があった。なお、今回の版築作業は施工者の惜しみない努力と工夫によるところが大きい。

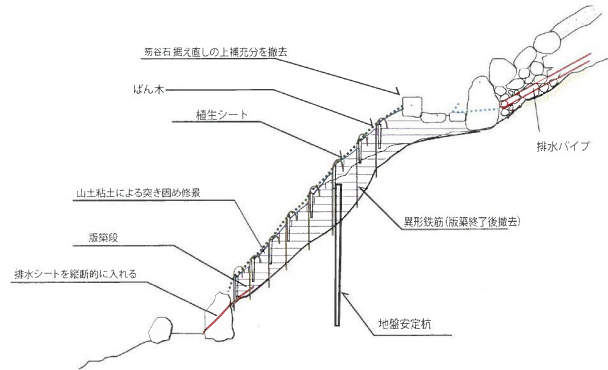


図-8 版築施工実施図¹⁾

5. 追跡調査

写真-2, 3は、崩壊斜面修復後約5年経過した状況を示す。周辺環境に溶け込んでおり、斜面修復工事を実施したことがわからない状況であった。また、新たな崩壊等の形跡は見られなかった。

設置した植生シートにより、植物が繁茂し、降雨による表面浸食を防止していると考えられた。

湧水は特に見られなかった。



写真-2 崩壊斜面修復後約5年経過した状況(正面)



写真-3 崩壊斜面修復後約5年経過した状況（側面）

6. まとめ

朝倉館跡の庭園は、東側山麓の河岸段丘を削って造成されたと推定されるが、崩壊後の斜面は急勾配で、放置すれば再び崩れることは明らかであったと考えられる。

安全のために安定勾配まで掘削することは、当時の地形を大きく変えることになり、また肝心のつづら折れ水路を保存するためにも認められる工法ではなかった。コンクリート等が見える表面保護工も、斜面が庭園の背景であり景観上からも好ましくなかった。ジオファイバー工法も検討されたが、つづら折れ水路の護岸石の支持基

盤にしにくいことや湧水によるファイバー硬貨層と地盤の分離が懸念された。そこで斜面の保護には木杭打ち込みと、朝倉氏時代には存在していた伝統的な工法の版築が併用された。傾斜地にのる土壌と支持地盤との間に存在するせん断力不足を補うため、木杭列を設けた。

施工現場を追跡調査した結果、約5年経過したが特に問題となることは確認できなかった。周辺環境にも溶け込んでおり、工事をしたことがわからない状況であった。

今回、崩壊した斜面の地盤安定化対策として木杭と版築を用いた法面对策工事が行われたことは、実験的ではあるが、今日において最も有効な修理方法だったと言える。

謝辞：今回、朝倉館跡庭園修理（崩壊斜面对策部分のみ）に携わることができましたのも、荒井克彦福井大学名誉教授にお声かけいただいたお陰です。また、特別史跡及び特別名勝 一乗谷朝倉氏館跡庭園修理整備指導委員会（会長：藤原武二氏）の皆様始め多くの関係者に大変お世話になり有難うございました。ここに記して感謝の意を表します。

引用並びに参考文献

- 1) 特別史跡 一乗谷朝倉氏遺跡 特別名勝 一乗谷朝倉氏庭園 朝倉館跡庭園 修理整備報告書：福井市教育委員会発行、2012.3