

知覧城の斜面保存法

長寿補強土㈱
技術営業担当

1、まえがき

平成 28 年 9 月 20 日に、南九州市で豪雨があり、知覧城の空堀斜面などが各所で崩壊しているため、その復旧法を提案するものです。



図-1 本丸北側斜面の崩壊



図-2 伊豆殿屋敷



図-3 蔵ノ城北側斜面の崩壊



図-4 今城と本丸間の空堀斜面の崩壊

平成 28 年 9 月 20～21 日に襲来した台風 16 号により、知覧城の多く斜面で崩壊が起きています。その対策について提案するものです。

2 崩壊原因

斜面の崩壊機構は、これまで知られているシラス斜面の崩壊パターンと同じです。今回の崩壊箇所は、崩壊厚さも20～30cm程度、最大でも50cmと推定される表層崩壊です。

【崩壊機構】

シラスは風雨に晒されると、シラス斜面を構成している火山ガラスの微粒子の結合が無くなり、同時に数10～100年程度で表層の30～40cm程度の部分で粘土化が進むため、一般的なシラス斜面では100年前後で周期的に崩壊すると考えられています（下川1987）。知覧城の斜面のように急な勾配の箇所では、崩壊周期はさらに短く同時に薄い層厚の崩壊が発生します。

今回の崩壊は、この他に、台風による強風で樹木の根が張った表層土が揺すられて強度低下した事例や、一部では湧水や地表水の影響とみられる崩壊も発生しています。

3 対策の必要性

知覧城の今回の崩壊は一過性のものではなく、この崩壊が今後とも繰り返し発生することです。その周期は、斜面が急な知覧城では、一般的な100年前後の周期ではなく、50年程度以下の短い周期で発生すると考えられます。

この繰り返しにより、現在の知覧城の斜面はこれまでも浸食され城本体が細っています。このため、例えば図-5に示した本丸北側では、すでに、土塁が消失しています。100年に0.4m程度浸食が進むとすると、500年間では2.0m程度本丸の崖が後退することになります。したがって、対策が実施されていない現状では、今後の数百年間で、土塁は崩落することが予想されます。



図-5 本丸の土塁消失箇所

4 対策の方法

知覧城斜面の適切な復旧法は、2001年までは有りませんでした。しかし、同年に文化財としての斜面の景観を維持して、なおかつ、数百年を超えて斜面の安定を確保できる工法が開発され、知覧城近くの公園斜面で試験施工した結果から、その有効性が証明されました。

図-6は、(財)土木研究センターから2010年に技術証明された「LL補強土(技審証2010~2015年)」の施工概念図です。一般的には、コンクリート製の法面工を地表に出しますが、知覧城の場合は、景観を維持するために図-7のように、一部のLL補強土を地中に埋没させています。

このため、翌年からは、構造物が外からは見えなくなっています。自然景観を維持したまま、斜面の補強が可能となりました。

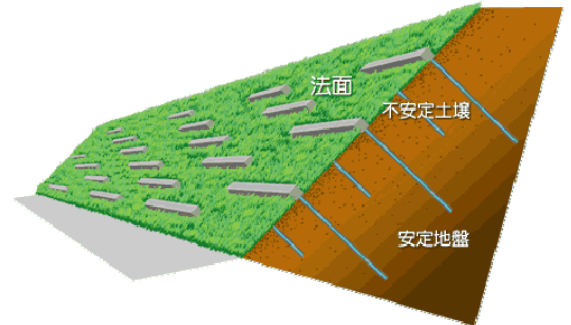


図-6 LL補強土工法



図-7 地中に設置されたLL補強土工法



図-8 地中に設置されたLL補強土工法

LL補強土工を施工した箇所は崩壊しませんでした。施工箇所の上部斜面は、その後崩壊しました。



図-9 崩壊しなかった LL 補強土施工箇所（正面から撮影）



図-10 崩壊しなかった LL 補強土施工箇所（斜めから撮影）

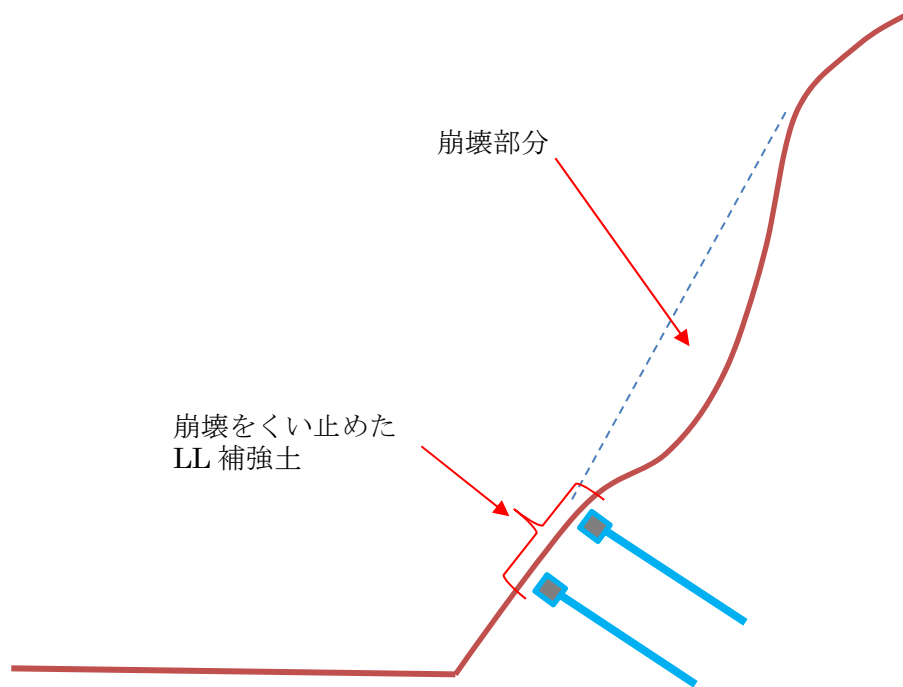


図-11 LL 補強土部分で崩壊停止

シラス斜面では、上部だけ崩壊することがありますが、図-10 の写真と模式図の図-11 に示すように、崩壊の厚さは、斜面下部で深くなっています。そして、LL 補強土の直上で崩壊は止まっています。このことから、LL 補強土工により崩壊の進行がくい止められたと考えられます

4 対策計画

本丸で当面必要な対策面積を $20\text{m} \times 40\text{m} = 800 \text{ m}^2$ とすると、LL 補強土工の施工費の概略は 1600 万円（直接工事費）です。

長さ $L=2.0\text{m}$ の補強材を 1.5m 間隔で配置すれば、十分な崩壊抑止効果が得られます。

また、斜面を掘削して LL 補強土工を設置し、その上部に「貧配合のソイルセメント」を施工することにより、図-8 に示したように景観を維持した斜面对策工が可能です。

知覧城が国指定の史跡として 1000 年間の保全を考えた場合、300 年程度の期間は、この工法で有効に機能すると考えられます。

NECXO 西日本の栗東橋で、この補強材と同じエポキシ樹脂塗装鉄筋を

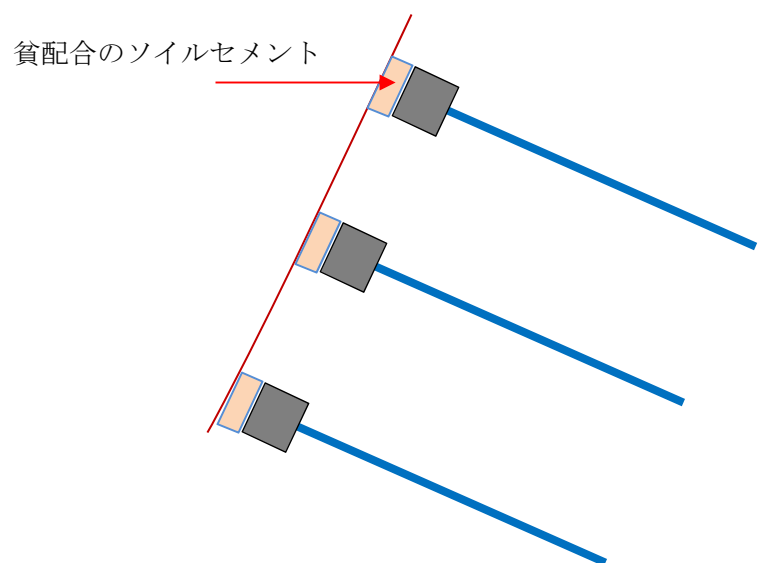


図-12 LL 施工断面図

使用した橋の橋脚が建設されていますが、その機能は300～500年とされています。地中のエポキシ樹脂塗装鉄筋は、非常に長期間の斜面の安定を錆びることなく保持できます。表層のソイルセメントはやがて劣化し、例えば100年後には剥落することがあるかもしれませんが、その際には、再度同じ個所にソイルセメントを打設することで、斜面の浸食防止と景観の相反する2つの必要事項を達成することができると考えられます。地中の浅い部分に、コンクリートが埋まっているので、斜面の崩壊はや浸食はこのコンクリートより深い位置には達し難い点が重要です。したがって、現在の知覧城の斜面を後退させることなく、次の世代に文化財と景観を繋ぐことができると考えられます。

なお、実施計画策定に当たっては、地中のコンクリート造成法や文化財としての非常に長期の効果を期待するなどの観点からの検討も今後必要です。

5 あとがき

補強土工（ロックボルト）の非常に長期的な安定を考慮した工法は、本工法以外では現在国内外には見受けられません。一般的には補強土工の耐用年数は50年程度を想定していますが、文化財に求められる耐用年数は、数世紀以上の長期です。この観点から、千葉県笠森寺（国の重要文化財）の基礎補強にも用いられています。

本工法が生まれるきっかけが、知覧城の斜面の保全であったので、地域の要請によって生まれた本工法が、知覧城の斜面を恒久的に保全する技術となれば幸いです。



図-13 笠森寺（重要文化財）でもLL補強土工（基礎の補強）