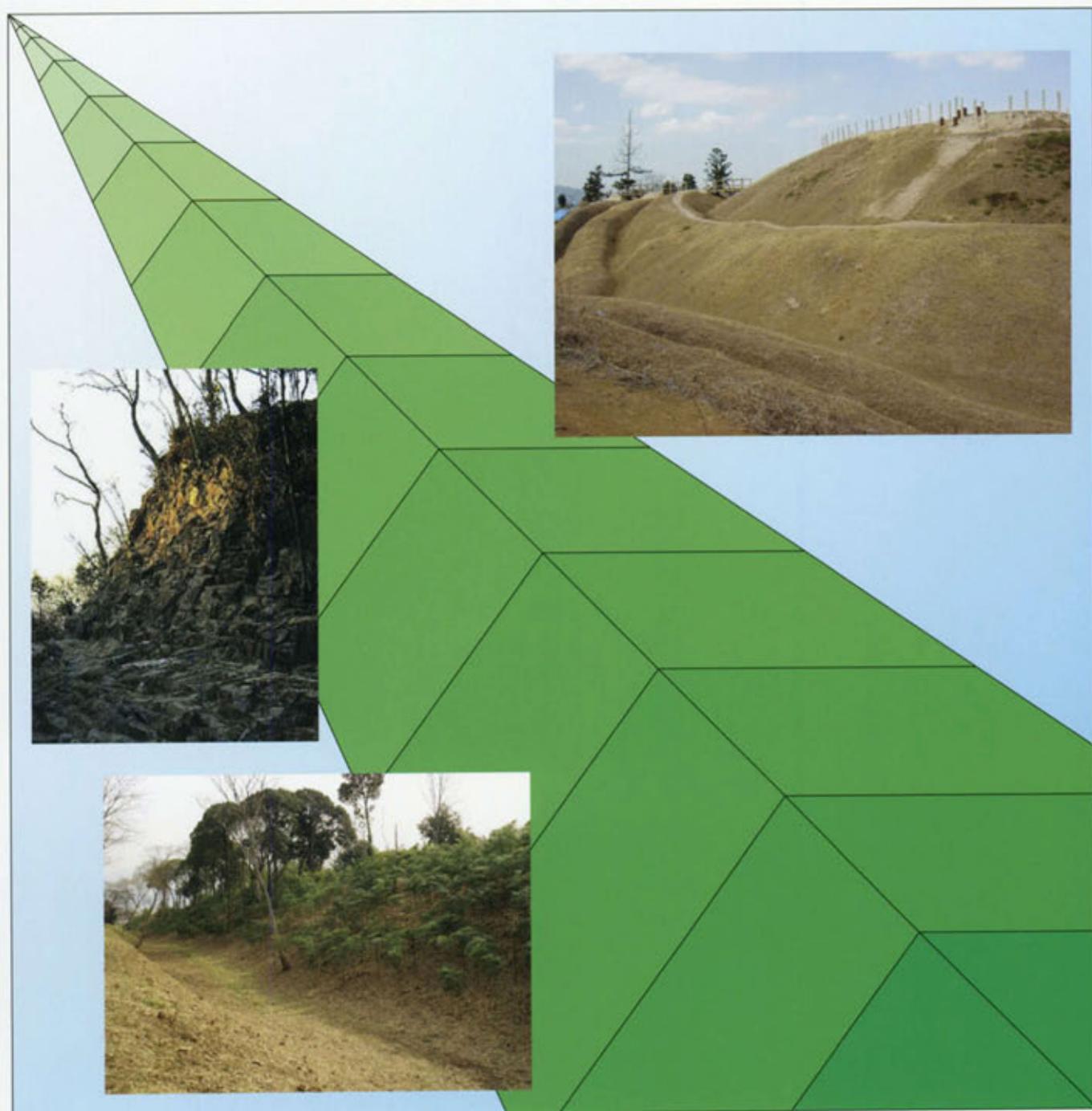


遺跡の斜面保護

—遺跡の保存工学的研究—



目次

はじめに

例言

1. 遺跡の斜面	1
(1) 遺構としてののり面	1
(2) 遺跡内地形としての斜面	4
2. 遺跡の斜面保護	7
(1) 遺跡の斜面保護における基本的な考え方	7
(2) 斜面保護工の一般概要	8
(3) 遺跡の斜面に対する保護工の適用	12
3. 遺跡の斜面保護事例	15
(資料) 斜面保護一般	

遺跡の斜面保護

—遺跡の保存工学的研究—

はじめに

遺跡は過去における人間の活動の痕跡であり、それは土地に付着した不動産たる「遺構」と人間の活動に用いられた動産たる「遺物」、ならびにそれらを包含する空間からなる。このうち遺構に注目すると、その種別は活動に応じて、きわめて多種多様の要素で構成される。たとえば、縄文時代や弥生時代の集落遺跡では、竪穴住居、掘立柱建物、塀、柵、道路、広場、土塁、濠、水路、溝、取水場、貯蔵穴、貝塚、墓地など。古墳では、墳丘、水濠、空壕、葺石、埋葬主体部(竪穴式石室等)など。寺院・官衙遺跡では、礎石建物、掘立柱建物、水路、溝、築地塀、回廊、通路など。都城・都市遺跡では、道路、水路、溝、各種建物、広場など。中近世の城郭遺跡では、水濠、空壕、土塁、石垣、礎石建物、掘立柱建物、通路、庭園など。庭園遺跡では、池、流れ(遣水)、築山、園路、石組、景石、植栽跡など。

このような多様な遺構は、その造営当初においては、自然の地形を基盤としながら人間がそれぞれの施設の目的に応じて地形を改変して作り上げたものであることは言うまでもない。そして、各種遺跡における土塁や濠(壕)、古墳における墳丘、庭園遺跡における築山などは、本来的にのり面からなるものであり、それぞれの遺跡がまだ遺跡ではなかった時点、すなわちそれらが本来の機能を果たしていた時点においても、斜面としての浸食や崩落の危険に大なり小なり直面していたわけである。その後、施設本来の機能を喪失して、あるものは地中に埋もれ、あるものは地上で浸食を受けつつ遺存した後、遺跡として認知され、その保存整備がなされるとき、そうしたのり面の保護・修復は、造営当初以上の注意をもって図られる必要がある。

一方、遺構ではない自然斜面あるいはのり面を域内に包含する遺跡も多い。こうした斜面の保護は、遺跡の保存整備にあたっては重要な意味を持つ。斜面の安定を図ることは、遺跡の保存面から、また遺跡の活用における利用者の安全性確保の面からも不可欠であるとともに、平坦面に比べて見えがかりの大きい斜面は、遺跡の景観を構成するきわめて重要な要素でもある。このように、遺跡内地形としての自然斜面やのり面の保護あるいは修景は、遺構としてののり面の保護と同様の重要性を持つ。

本書では、遺跡における斜面、すなわち遺構としてののり面と遺跡内地形としての斜面の概要に触れた後、それぞれの保護の基本的な考え方を取りまとめ、適用可能な工種を示す。さらに、遺跡における斜面保護について実施事例を紹介するものとする。本書が遺跡整備にあたっての斜面保護の重要性の理解の一助となり、また実際の工種選定における参考となれば幸いである。

例 言

1. 本書は、平成15・16年度に埋蔵文化財センター保存修復工学研究室が実施した「遺跡の斜面保護に関する研究」の成果であり、斜面をその域内に含む遺跡の保存修復にあたっての指針として活用されることを望むものである。
2. 本書では基本用語となる「斜面」及び「のり面」を以下のように定義して用いる。

斜 面…地山のままの自然の傾斜を持つ土または岩の斜面、ならびに人工的に形成された傾斜を持つ土または岩の斜面、の双方を指す。前者を限定的にさす場合は、「自然斜面」という。

のり面…土の盛り上げまたは切り取りによって人工的に形成された土または岩の斜面の総称。前者を「盛土のり面」、後者を「切土のり面」という。「のり面」と「人工斜面」は同義である。
3. 本書の作成にあたっては、関係市町村等、(株)文化財保存計画協会、(株)空間文化開発機構、日特建設(株)から写真提供、資料・情報提供等の協力を受けた。
4. 本書の編集は西口壽生(埋蔵文化財センター保存修復工学研究室長)が担当し、小野健吉(文化庁文化財部記念物課主任文化財調査官・前埋蔵文化財センター保存修復工学研究室長)がこれに協力した。また、(株)空間文化開発機構がその実務を補助した。

1. 遺跡の斜面

(1) 遺構としてののり面

① 土塁<集落遺跡・城館跡・都市遺跡>

土塁は、一定の区画を囲いあるいは境界を限る施設として造成されるものであり、防御的な機能を予定して築かれたものが多い。弥生時代などの環壕集落では環壕に隣接しておおむねその掘削発生土を積み上げた土塁が築かれ（写真1：吉野ヶ里遺跡整備後）、中近世の城館等の土塁も壕の掘削発生土や周辺から採取した土を積み上げて築かれることが多かった（写真2：勝沼氏館跡整備後）。都市遺跡としては、16世紀末に豊臣秀吉が京都の周囲に巡らせた「御土居」（写真3：現況）がおおむね掘削発生土や搬入土を積み上げた土塁として知られる。

土塁は、その性格上、盛土による長い帯状の形状を持ち、のり面も比較的急勾配であることが多い。周辺地盤との比高は、1～数メートル内外である。なお、のり面下部が水濠や空壕ののり面と連続する場合もある。遺構としての残存状況は様々であるが、本来周辺地盤から突出する形態であるため、上部が削平されていることが多い。



写真1 吉野ヶ里遺跡（佐賀県）
（写真提供：佐賀県教育委員会）



写真2 勝沼氏館跡（山梨県）



写真3 御土居（京都府）
（写真提供：京都市文化市民局）

② 墳丘<墳丘墓・古墳>

弥生時代の方形周溝墓・墳丘墓や古墳時代の様々な古墳の墳丘は、死者の埋葬を目的として造成される施設である。弥生時代の方形周溝墓(写真4:大塚・歳勝土遺跡発掘時)や古墳時代の水濠または空壕を持つ古墳の墳丘は、周溝・水濠・空壕の掘削発生土および搬入土を積み上げたものが多い。丘陵部などに築造された古墳では、もともとの地山を削り出し、あるいは地山削り出しと盛土を併用して墳丘整形したものが大半を占める。なお、墳丘を盛土造成するにあたっては、版築の手法が明瞭に観察できる事例もある(写真5:山代二子塚古墳整備後)。また、古墳の墳丘では、当初から崩壊・洗掘防止のため表面に葺石を施しているもの(写真6:五色塚古墳整備後)が主流である一方、小規模な墳丘墓や古墳あるいは一部の大規模古墳の墳丘でも葺石のないもの(写真7:柳田布尾山古墳整備後)もある。

上述のように、墳丘は盛土によるものが多いが、全体または一部が切土で構成されるものもある。墳丘ののり面の勾配は個体あるいは部位によって多様ではあるが、おおむねそれほど急勾配ではない。形態的には山塊状であり、周辺地盤との比高は1メートル程度から十数メートル以上に及ぶものまで多様である。なお、墳丘ののり面下部が水濠や空壕ののり面と連続する場合もある。遺構としての残存状況は、地上に遺存するケースが多いが、そうした場合でも、上部が崩壊、削平されている場合が大半である。また、墳丘が樹林となっている場合も多い。



写真4 大塚・歳勝土遺跡(神奈川県)
(写真提供:
(財)横浜市ふるさと歴史財団埋蔵文化財センター)



写真5 山代二子塚古墳(島根県)



写真6 五色塚古墳(兵庫県)
(写真提供:神戸市教育委員会)



写真7 柳田布尾山古墳(富山県)
(写真提供:氷見市教育委員会)

③ 水濠・空壕<集落遺跡・墳丘墓・古墳・城館遺跡>

水濠・空壕は、環壕集落、古墳、城館などの構成要素として造られるものであり、地盤を带状に掘り下げて形成される。水濠の場合は、基本的に何らかの護岸施設が必要であるが、空壕の場合はとくにのり面表面の処理をしないことも少なくない。水濠・空壕ともに、土塁や古墳墳丘に連続する施設である場合が多い(写真8：黒塚古墳整備前、写真9：昼飯大塚古墳発掘時)。

水濠・空壕は带状の形状で、その両岸を構成する斜面は切土のり面である。その勾配は緩急多様で、のり面長はおおむね数メートル以下である。遺構としては後世の堆積土に埋まった状態で残っている場合が多く、発掘調査によってその形状が明らかにされることになる。



写真8 黒塚古墳(奈良県)
(写真提供：天理市教育委員会)



写真9 昼飯大塚古墳(岐阜県)
(写真提供：大垣市教育委員会)

④ 築山<庭園(庭園遺跡)>

築山は、庭園を構成する要素として築造されるものである。小規模なものは奈良時代の庭園遺構に見られるが(写真10：平城宮跡東院庭園発掘時)、平安時代以降はかなり大規模なものも現われ、とくに近世には眺められる対象としてだけでなく、そこから園内外を眺める場としての役割を持つものも築造されるようになった(写真11：六義園現況)。

築山はほとんどの場合、盛土によるものである。のり面勾配は個体あるいは部位によって多様ではあるが、おおむねそれほど急勾配ではなく、また急勾配の場合は石積、石組で処理をしている場合が多い。形態的には山塊状であり、周辺地盤との比高は数十センチメートル程度の野筋と呼ばれるものから10メートル以上に及ぶものまで多様である。遺構としての残存状況は、庭園が存続している場合などは地上に遺存するが、発掘で検出される場合は本来的に周辺地盤から突出するという性格上、削平されている場合が多い。なお、築山は築造当初から地被類や灌木植栽等によるのり面の保護ならびに修景が図られているのが普通である。



写真10 平城宮跡東院庭園 (奈良県)



写真11 六義園 (東京都)

(2) 遺跡内地形としての斜面

① 自然斜面

自然地形としての斜面を域内に包含する遺跡は多く、その勾配や表面の状態はきわめて多様である。自然地形として斜面の形状を一定期間保っている場合、土質に応じた標準勾配(表-1・表-2)に近い勾配を持ち、あるいは表面が地被植物や木竹によって適度に被覆されている場合が大半である。しかしながら、こうした斜面においても、累積的多雨時や強風雨時等には斜面崩落が起こる可能性があることはいうまでもない。遺跡内において重要遺構や復元建物等に近接するこうした斜面では、適正な排水管理と斜面表面の植生の監視が重要である。状況によっては予防的な斜面保護措置を取る必要があり、その際には斜面保護機能の強化とともに景観への配慮も払われなければならない。また、不幸にして斜面の崩落が起こった場合の復旧においても、同様の配慮が払われなければならない。

表-1 切土のり面標準のり面勾配

地山の地質		切土高	勾配
硬岩			1:0.3~1:0.8
軟岩			1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:1.5~
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.8~1:1.0
		5~10m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1:0.8~1:1.0
		10~15m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1:1.0~1:1.2
		10~15m	1:1.2~1:1.5
粘性土		10m以下	1:0.8~1:1.2
岩塊または玉石混じり粘性土		5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5

注：勾配の1:0.3は、鉛直方向1に対して水平方向0.3を表す。

【出典：(社)日本道路協会、道路土工のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p138】

表-2 まさ土に対する標準のり面勾配

岩盤区分	地盤の状況					のり高と勾配 (m)				
	従来の岩区分	風化状況	ボーリングコア状況	地山での弾性波速度 (p波km/s)						
					0	10	20	30	50	
まさ状風化岩	D	D _L D _H 土壌軟岩	まさ	砂状	0.4~1.1	1.0~1.2	1.2~1.5	1.5~1.8		
風化花崗岩	C	C _L 極軟岩	まさになくなった岩で、割目の少ないものおよび割目が密集した岩。	砂状~細片状	1.1~1.5	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	1.2~1.5	
弱風化花崗岩		C _M 軟岩	岩芯まで黄褐色に変質した岩。摂理が発達している。	角レキ状~短棒状	1.5~2.3	0.4~0.5	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	1.2~1.5
未風化花崗岩		C _H B A 硬岩	大部分が新鮮な岩塊からなり、塊状に摂理が発達する。	棒状	2.3以上	0.3~0.4	0.4~0.6		0.6~0.8	

【出典：(社)日本道路協会、道路土工のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p146】

② 遺構ではないのり面

遺跡の範囲内に、その遺跡に関連する遺構ではないのり面を包含する遺跡は多い。それらの大半は、遺跡としての重要性の認識がなされていない時点、あるいは十分ではない時点で人為的に形成されたものであり、その勾配や表面の状態は一般的に安定性を欠き、自然斜面に比べて崩落の危険性が高い。こうしたのり面には、遺構本体を毀損している形状のものもある。例えば、史跡指定等の法的保護の措置が及ぶ以前に古墳墳丘の一部を掘り崩したのり面などがそれにあたる。こうした場合は短期的には崩落を防止する処置、長期的には本来の形状の復元と復元後ののり面の安定を図る措置がとられなければならない。

一方、直接遺構とは関連しない部分でのり面としては、人工的に自然地形を掘り崩した切土のり面と何らかの搬入土を堆積した盛土のり面がある。前者の場合、崩落の危険性が高いことが多く(写真12：西谷墳墓群整備前)、防災の観点から早急な斜面保護措置が必要とされる。後者についても、本来の遺跡の地形の毀損であるほか、土砂の流出に伴う遺跡への影響が無視できないという側面もあるため、後世の盛土が明らかな場合には除去を検討する必要がある。その際、盛土除去後に本来の自然地形としての斜面が現われる場合は、その保護にも留意する必要がある。



写真12 西谷墳墓群(島根県)
(写真提供：出雲市教育委員会)

2. 遺跡の斜面保護

(1) 遺跡の斜面保護における基本的な考え方

① 遺構としてののり面

遺構としてののり面の保護工の設計にあたっては、以下の原則に留意する必要がある。

- ・遺構を損傷しない対策をとること。
- ・植物の根が遺構に進入しない対策をとること。
- ・ロックボルト打設等の支持工が不可欠の場合は、構造上の安定が図れる最低限の数量に抑えること。
- ・遺構のり面の崩落を防ぐ予防的保護工である場合には、遺構本来の形状や植生を保持できること。
- ・崩落した遺構のり面の復旧保護工である場合には、遺構本来の形状や植生を復元できること。
- ・適正な維持管理のもとで、永続的なのり面安定効果が確保できること。

② 遺跡内地形としての斜面

遺跡内地形としての斜面の保護工の設計にあたっては、以下の原則に留意する必要がある。

- ・適正な維持管理のもとで永続的な斜面安定効果が確保できること。
- ・遺跡内の景観として適切な斜面景観が形成できること。

③ 遺跡の斜面保護工実施に関する留意事項

遺構としてののり面および遺跡内地形としての斜面に対し保護工を実施するにあたっては、遺跡への影響を考慮した施工計画が求められる。また、工種の選定だけでなく、実施に伴う仮設計画も十分な配慮が求められる。許容される仮設によっては、工種が限定されることもあるので、実績のある施工業者などとの協議も必要である。遺跡における斜面保護工(仮設を含む)実施にあたっての原則的留意点を以下に示す。

- ・遺構を損傷しないこと。
- ・遺跡の地形や植生を保持できること。
- ・見学者・観光者等に対する安全を完全に確保できること。
- ・景観への影響に配慮すること。
- ・仮設を含む資材・機材の搬入経路が確保できること。

(2) 斜面保護工の一般概要

ここでは、一般的な斜面保護工の概要について記しておく。より詳細な内容については巻末資料を参照されたい。

① 斜面保護工のための調査

斜面の安定を図る方法を見いだすためには、不安定になる原因や形態及びその程度を調査しなければならない。斜面保護工を設計する場合には、設計に先立つ計画時に、どのような斜面を目標にし、施工後の経年変化や維持管理をどの程度に想定するのかといった施工目標をよく把握した上で必要な調査を行う。具体的な現地調査としては、現地の地形、地質、植生などの詳細を確認する現地踏査の他、地質構造を確認するための弾性波探査、ボーリング調査、電気探査などがある。

斜面保護工を設計するための必要なデータは、現地調査によるものを最優先にするが、現地調査や設計を無駄なく円滑に進めるためには、あらかじめ既存の関連資料を収集しそれらを検討しておくことが求められる。また、現地調査では、既存の関連資料の内容を確認すると共に、資料で得られなかった対象斜面周辺の新しい情報の発見に努め、斜面表面の詳細な調査を行う。

② 斜面保護工の設計

ア 基本的な考え方

斜面保護工の設計は、次の原則に注意しながら進める。

- ・斜面及びその周辺の地形・地質・植生等に関する各種調査結果、気象条件、過去の実施例などに基づき、安定性、永続性、施工性、環境、景観、経済性、維持管理などの総合的な検討を行う。
- ・施工目標を念頭においたうえで、保護目的、利用目的を常に考慮すること。
- ・斜面崩壊は水が原因で発生することが多く、斜面への水の流入を極力防ぐとともに、斜面に流入した水の迅速かつ安全な排出に留意すること。
- ・斜面保護工は、落石の危険のないことを確認したうえで、植生工、植生工と構造物工の併用、構造物工のいずれかを適用するかを検討すること。

工種選定の流れを図-1に示す。



イ 斜面保護工の分類

(ア) 植生工

植生工の主な目的は、植生によって「斜面の浸食を防止すること」、「周辺環境と調和する斜面にすること」、「景観の保全を行うこと」の3点であり、構造的な破壊(崩壊)の防止効果は期待できない。また、植生工を実施するためには、以下のことがらが前提条件となる。

- ・適用斜面は、安定勾配より緩く基盤が安定していること。
- ・導入植物が斜面、立地環境に適合していること。

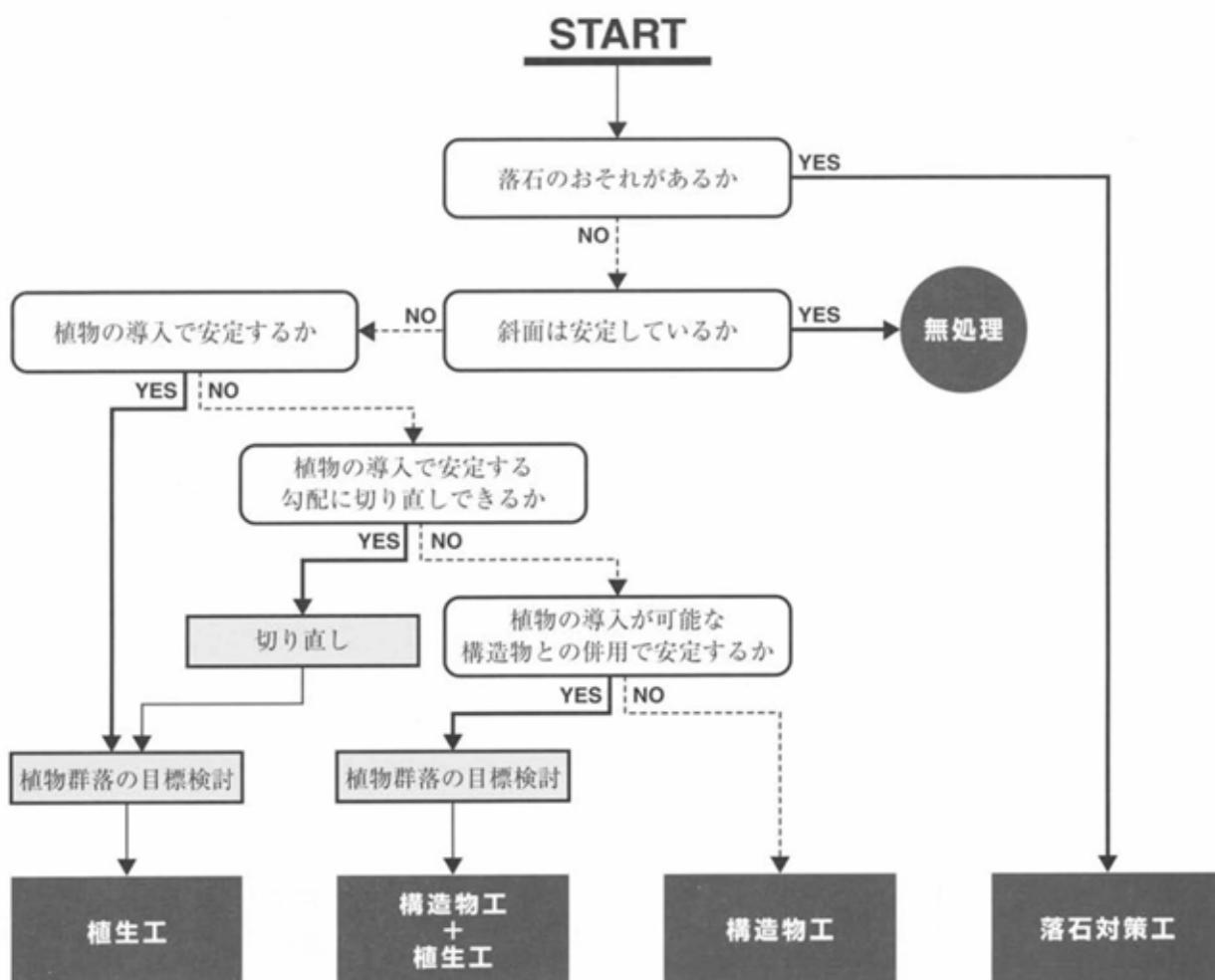


図-1 斜面保護工選定の考え方及び手順

【出典：(社)農山漁村文化協会、のり面保護工 設計・施工の手引き、1990年2月、p76、一部加筆】

(イ) 構造物を用いた斜面保護工

構造物工は、斜面を構造物によって被覆することで、風化・浸食・崩落の防止を図るものである。構造物工の中にも植生工と併用するものと併用できないものがある。構造物の検討は次の手順による。まず、調査結果により斜面を不安定化させる主要因を特定する。つぎに、その要因の除去、緩和あるいはその要因によって発生する変形などの事象に対応できる機能を持つ工種を選定する。実際の設計にあたっては、対象斜面の詳細な情報と、周辺環境条件などを合わせ検討する。なお、斜面景観が重視される場合は、コンクリート構造物の遮蔽や自然石の効果的利用などにより、斜面の景観的価値を低下させないことを考慮する。

(ウ) 落石対策工

落石対策は、その発生の予測が難しいことから、予想される落石の規模、発生の可能性、被災の頻度やその状況等を考慮して、災害を最小限に抑えるよう努めることが重要である。

落石対策工には発生源対策としての落石予防工と、発生した落石による被害を軽減するための落石防護工がある。植生工も長期的な浸食防止という観点から落石予防工として適用される場合があるが、多くの予防工は構造物を用いて落石を予防するものである。

(エ) 主な工種一覧

上記に分類した3つの主な斜面保護工の工種とその目的を表-3にまとめる。

表-3 主な斜面保護工の工種と目的

工 種	分 類			目的・特徴
	植生工	構造物工	落石 対策工	
種子吹付工	○		△	浸食防止、凍上崩落抑制、全面緑化、 落石の予防
客土吹付工	○		△	
植生基材吹付工	○		△	
張芝工	○		△	
植生マット工	○		△	
植生シート工	○		△	
植生筋工	○		△	盛土斜面の浸食防止、部分植生
筋芝工	○		△	
植生土のう工	○		△	不良土、硬質土斜面の浸食防止
苗木設置吹付工	○		△	浸食防止、景観形成
植栽工	○		△	景観形成
連続繊維複合補強土工	(△)	○	△	浸食防止、斜面表層部の崩壊防止、 不良土、硬質土斜面の緑化、景観形成
編織工	(△)	○		斜面表層部の浸食や湧水による 土砂流出の抑制
じゃかご工		○	△	
プレキャスト枠工		○	△	中詰が土砂やぐり石の空詰めの場合は 浸食防止
モルタル・コンクリート吹付工		○	○	風化、浸食、表面水の浸透防止
石張工		○	△	
ブロック張工		○	△	
コンクリート張工		○	○	斜面表層部の崩落防止、多少の土圧を受け おそれのある箇所の土留め、岩盤はく落 防止
吹付枠工	(△)	○	○	
現場打コンクリート枠工	(△)	○	○	湧水の多い斜面の浸食防止
ポーラスコンクリート工	(△)	○	△	
石積・ブロック積擁壁工		○	△	ある程度の土圧に対抗
ふとんかご工		○	○	
井桁組擁壁工		○	△	
コンクリート擁壁工		○	○	
補強土工 (盛土補強土工、切土補強土工)	(△)	○	△	すべり土塊の滑動力に対抗
ロックボルト工		○	○	
グラウンドアンカー工		○	○	
杭工		○		
除去工			○	危険石を除去
接着工			○	個々の危険石を固定
ワイヤーロープ掛工			○	個々の危険石を固定
根固め工			○	
落石防止網工			○	危険石群の落下を抑止
落石防護柵工			○	比較的小規模な落石対策
ポケット式落石防護網工			○	落石エネルギーが小さく、跳躍する危険が 高い場合に適用
覆式落石防護網工			○	
ロックシェッド工			○	落石が跳躍する危険が高い場合に適用
多段式落石防護柵工			○	
落石防護擁壁工			○	落石エネルギーの大きく跳躍の危険性が 低い場合に適用
落石防護土堤・溝工			○	

○：該当するもの △：場合によっては該当するもの (△)：構造物工で植生工との併用が可能なもの

【出典：(社)日本道路協会、道路土工のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p206・316・318などを参考に作表】

③ 維持管理

ア 基本的な考え方

点検によって斜面の状況を把握し、得られた情報にもとづき維持管理を実施し、常に斜面を良好な状態に維持するように努める必要がある。なお、「遺構としてののり面」および「遺跡内地形としての斜面」では、それぞれの斜面特性のほか、遺跡としての歴史的価値等を十分考慮することが求められる。

斜面保護工の目的である斜面の安定性、環境との調和、景観の保全を永続的に図るために、常に斜面を良好な状態に保つように、点検、調査、補正、修理などを適切に行うことが維持管理の基本である。

イ 維持管理の留意点

(ア) 植生工

植生工の役割としては、安定機能の他に環境・景観の保全機能を期待することが多い。そのために、斜面にどのような植物群落を維持するか(緑化目標)を明確にする必要がある。したがって、植生工の維持管理には、斜面自体の破損箇所の補修や危険予防作業の他に、目標とする植物群落へ近づける作業や、目標が達成されている植物群落を維持するための作業がある。

(イ) 構造物工

構造物の破損は、暴風、豪雨、地震等の災害および凍結融解等による経年劣化を原因として発生することが多い。また、施工時には考えられなかった外力が働いて変形し、崩壊することがある。点検時には斜面の構造物自体を対象とするほか、周辺を含めた水の挙動にも重点を置く必要がある。

(ウ) 落石対策工

落石の危険性は、暴風、豪雨、地震等の災害および凍結融解等による経年劣化を原因として斜面が変状をきたし、増大する場合が多い。落石対策工を実施する斜面は急峻であることが多く、日常の点検によって、落石予防・防護機能の低下をきたしていないかを十分に調査し、必要に応じて適切な対策を講じる必要がある。

(3) 遺跡の斜面に対する保護工の適用

前述した(1)遺跡の斜面保護における基本的な考え方、(2)斜面保護工の一般概要をもとに、遺跡の斜面に適用できる主な保護工の留意点を以下に記す。なお、いずれの工種の適用においても、斜面状態の調査、調査の結果と各工種の特徴を踏まえた適正な設計、施工および維持管理が必要であることはいうまでもない。

① 遺構としてののり面に適用できる主な斜面保護工

(ア) 落石対策工

除去工 落石の危険性のある浮石や転石を切土または小割りして除去する工種。きわめて危険な状況で、危険部位の除去以外の対策が不可能な場合に適用する。

接着工 接着剤を用いて剝離型落石の発生を防止する工種。樹脂あるいは薬剤による亀裂の接着が有効である場合に適用する。景観に与える影響が小さい。状況に応じて、ワイヤーロープ掛工・落石防止網工あるいはグラウンドアンカー工との併用も検討すること。

ワイヤーロープ掛工・落石防止網工 浮石や転石が滑動または転落することがないように、格子状にしたワイヤーロープや数本のロープ等を用いて斜面上に固定する工種。当該箇所における落石防止の有効性のほか、景観上の影響を考慮した上で適用する。

(イ) 植生工

種子吹付工 ポンプを用いて種子・肥料・養生材・水などの基盤材を厚さ1cm未満に散布する工種。1:1(45度)よりも緩勾配の遺構のり面保護盛土(遺構のり面の表層を保護するために、遺構のり面に沿って施す盛土)において、緑化による斜面の浸食防止工種として適用。

客土吹付工 ポンプを用いて種子・肥料・養生材・土・水などの基盤材を厚さ1~3cmに散布する工種。1:0.8(約51度)よりも緩勾配の遺構のり面保護盛土において、緑化による斜面の浸食防止工種として適用。

植生基材吹付工 ポンプまたはモルタルガンを用いて有機質土壌改良材や砂質土などの基盤材を厚さ3~10cm吹付ける工種。1:0.8(約51度)よりも緩勾配の遺構のり面保護盛土において、緑化による斜面の浸食防止工種として適用。

張芝工 切り芝あるいはロール芝を全面に貼り付け目串で固定する工種。遺構のり面保護盛土で、緑化による斜面の浸食防止工種として適用する。

植生マット工・植生シート工 種子・肥料・基盤材を装着および包含したマット・シートを全面的に貼り付ける工種。1:1(45度)よりも緩勾配の遺構のり面保護盛土において、緑化による斜面の浸食防止工種として適用。小面積や寒冷地の秋期~冬期施工などに多く使われる。

植生土のう工 繊維袋に土や種子などを詰めたものを斜面に固定する工種。遺構のり面保護盛土の代替機能と緑化による斜面の浸食防止機能を併せ持つ工種として適用する。のり枠工の枠内中詰めとして使う場合が多い。

(ウ) 構造物を用いた斜面保護工

編柵工 木杭などを打ち込み、粗朶・竹・ネットなどを編んで土留めを行う工種。一般に遺構のり面保護盛土の表面崩壊を防止する工種として適用する。形成される平坦部に植栽を施すことが多い。

じゃかご工 金網でできたカゴに玉石等をつめ斜面に設置する工種。斜面の保護と排水性の確保のために主にのり尻に適用する。排水工や地下排水工と併用するが多い。

連続繊維複合補強土工 砂質土に連続繊維を混合した補強土材で斜面を覆う工種。比較的大規模かつ急傾斜で、また複雑な起伏を持つ遺構のり面保護盛土として適用する。その上面に植生基材吹付工、張芝工などの植生工を施す基盤となる。

ポーラスコンクリート工 間隙が大きく透水性の高いポーラスコンクリートを打設または吹付ける工種。ポーラスコンクリート製の二次製品を設置する場合もある。湧水の激しい場所や水際の斜面保護として適用する。その上面に植生基材吹付工、張芝工などを施すことが多い。

ふとんかご工 金網でできたフトン状のカゴに玉石等をつめ斜面に設置する工種。斜面の保護と排水性の確保のために主にのり尻、水辺などに適用する。

ロックボルト工 鉄筋を斜面に打ち込み、セメントミルクで補強した棒状補強材により斜面を安定化させる工種。表層保護工では押さえられない大規模な岩塊・土塊の崩壊の防止が求められる斜面に適用する。

② 遺跡内地形としての斜面に適用できる主な斜面保護工

(ア) 落石対策工

除去工 ①ア参照。

接着工 ①ア参照。

ワイヤーロープ掛工・落石防止網工 ①ア参照。

落石防護柵工 のり尻に落石を止めるために柵を設置する工種。落石エネルギーに応じて適用する部材を検討する必要がある。

ポケット式落石防護網工・覆式落石防護網工 危険箇所およびその下部を金網で覆うことにより保護する。落石エネルギーに応じて適用する部材を検討する必要がある。

(イ) 植生工

種子吹付工 ①イ参照。

客土吹付工 ①イ参照。

植生基材吹付工 ①イ参照。

張芝工 ①イ参照。

植生マット工・植生シート工 ①イ参照。

植生土のう工 ①イ参照。

苗木設置吹付工 苗木の植栽を行いながらその周辺に植生基材吹付工を吹付ける工種。播種での導入が困難な木本植物や早期に木本植物を生育させたい場合に適用する。

植栽工 斜面に苗木を植える工種。コンテナ苗などの小さなものを使用するが多い。斜面の浸食防止とともに景観の保全を視野に入れた工種として適用する。

ウ 構造物を用いた斜面保護工

編柵工 ①ウ参照。

じゃかご工 ①ウ参照。

プレキャスト枠工 浸食されやすい切土や盛土などの平滑な斜面にプラスチック製や鉄製またはコンクリート製の枠を設置する工種。遺跡内地形としての斜面では植生工と組み合わせで適用する。

モルタル・コンクリート吹付工 モルタルやコンクリートなどの吹付材料を吹付機によって厚さ5～10cm程度に吹付ける工種。風化しやすい岩や剥げるおそれのある岩の風化・剥離・浸食等を防止する場合に適用する。なお、この工種の適用に当たっては景観への影響を十分に検討する必要がある。

コンクリート張工 コンクリートブロックを斜面に設置し、多少の土圧に対応する工種。コンクリート擁壁工とモルタル吹付工の中間に位置づけられ、節理の多い岩盤やゆるい崖錐層などに用いられる。なお、この工種の適用に当たっては景観への影響を十分に検討する必要がある。

吹付枠工・現場打ちコンクリート枠工 モルタルおよびコンクリートを斜面に格子状に吹付あるいは打設する工種。長期にわたる安定が疑問と思われる斜面に適用。ロックボルトやグラウンドアンカーの支保工としても利用される。直線的な景観を生み出すため景観上の検討を十分に行う必要がある。

連続繊維複合補強土工 ①ウ参照。遺跡内地形としての斜面では、植生工と組み合わせることで全面緑化が可能な斜面保護工であり、環境・景観を重視する場合に適用する。

ポーラスコンクリート工 ①ウ参照。

ふとんかご工 ①ウ参照。

ロックボルト工 ①ウ参照。

杭工 鋼管や鉄筋コンクリート製の杭を不安定土塊の下部に設置して移動を止める工種。地すべりなど非常に大きな崩壊の防止に用いられることが多い。

保護工の工種選定については「資料・斜面保護一般」の工法・工種選定フロー（資19・20ページ）を参照すること。

3. 遺跡の斜面保護事例

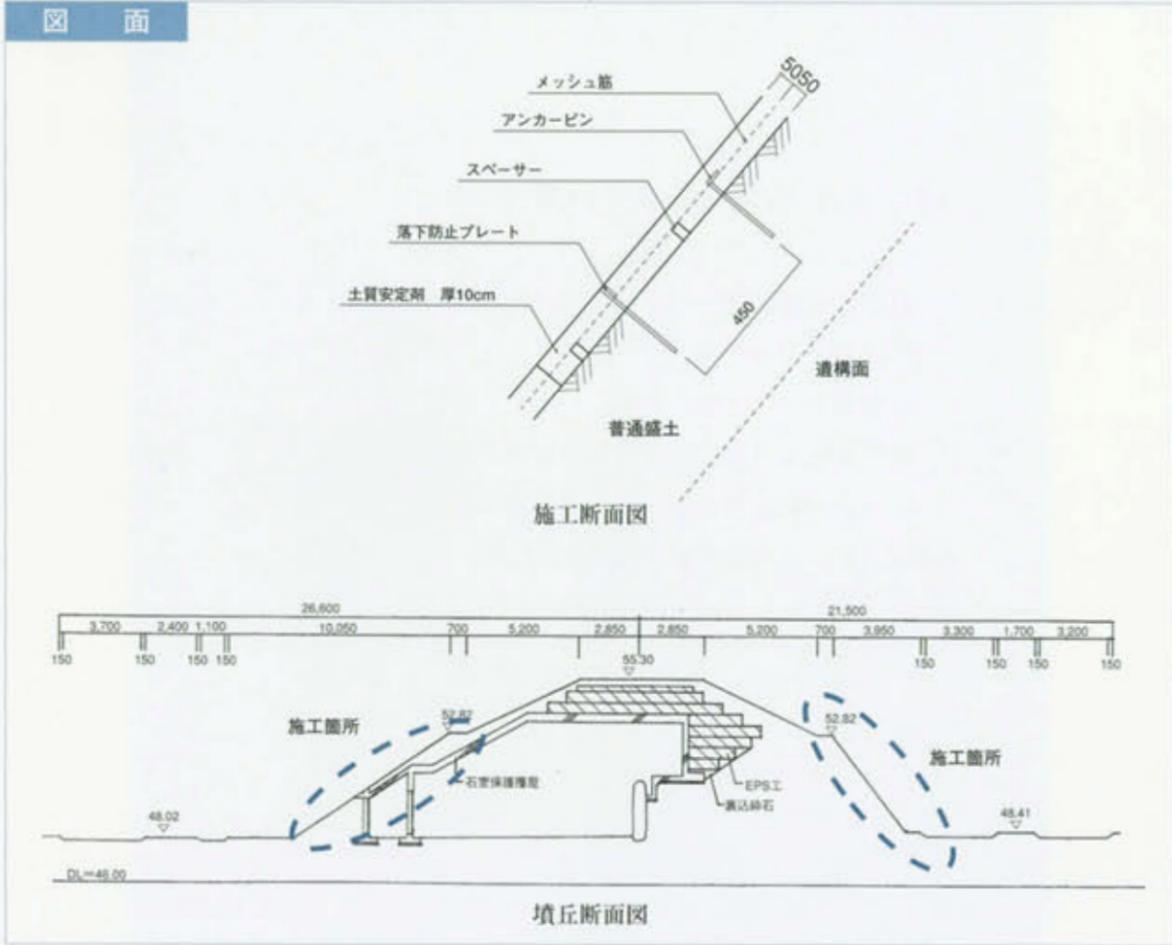
(1) 遺構としてののり面

- ① 史跡仙道古墳－植生基材吹付工
- ② 史跡田和山遺跡－張芝工・連続繊維複合補強土工
- ③ 掛川城址－植生マット工・編柵工
- ④ 史跡御土居－植栽工・連続繊維複合補強土工
- ⑤ 史跡松代城跡附新御殿跡－編柵工
- ⑥ 名勝清見寺庭園－ロックボルト工
- ⑦ 史跡金山城跡－接着工

(2) 遺跡内地形としての斜面

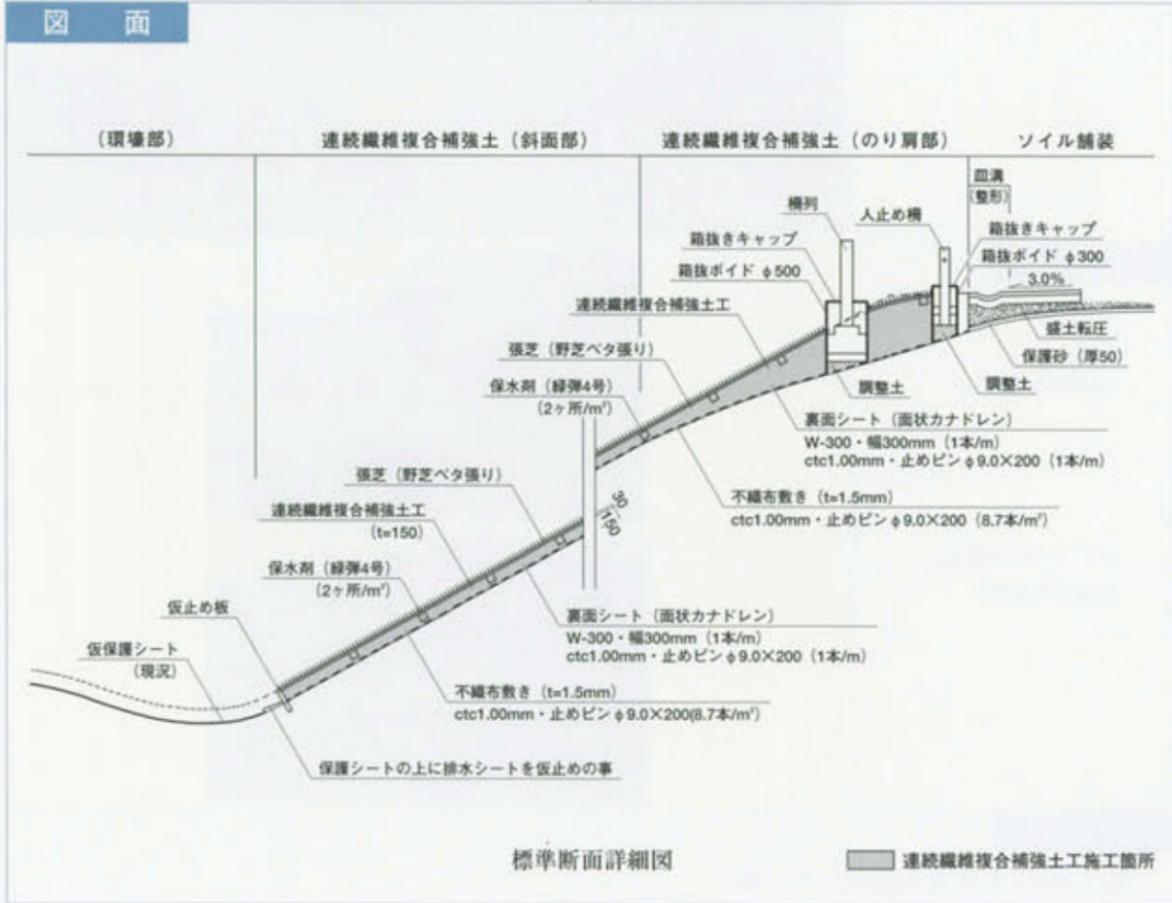
- ① 史跡宝塚古墳－種子吹付工・石積擁壁工
- ② 名勝清見寺庭園－植生マット工
- ③ 史跡五郎山古墳－植生マット工・補強土工
- ④ 史跡五郎山古墳－植生土のう工・補強土工
- ⑤ 史跡仲仙寺古墳群－連続繊維複合補強土工
- ⑥ 史跡雨の宮古墳群－編柵工

遺跡名	
史跡仙道古墳	
所在地	事業主体
福岡県朝倉郡三輪町大字久光・大字弥永	三輪町教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺構のり面(墳丘)	文化財の適正な保存と活用のための環境整備を行う。
斜面の概要	
盛土のり面	
施工年月	遺跡概要
1999年8月～2000年3月	仙道古墳は、6世紀頃に築造された大型円墳。二重の周溝を有し、外径45mに達する。また、石室内部には円文、三角形文からなる装飾が描かれている。出土遺物として、盾を持つ人物埴輪をはじめとする形象埴輪が多数検出された。
対策工種	
植生基材吹付工	
工事概要	
(勾配 30～60度/面積 310㎡) 表土にメッシュ筋布設後、薬剤と真砂土を混合した用土をジェットスプレーガンにより吹付を行う。また、地被にコグマザサを植栽した。	
特記事項	
墳丘斜面の勾配は急である。	



施工前	
墳丘下段盛土整形後 (2000年1月)	
完成後	
(2000年3月)	
施工時等	
ストッパーメッシュ 設置 (2000年2月)	
コグマザサ植込 (2000年2月)	
評価	
施工後4年を経ても安定している。	

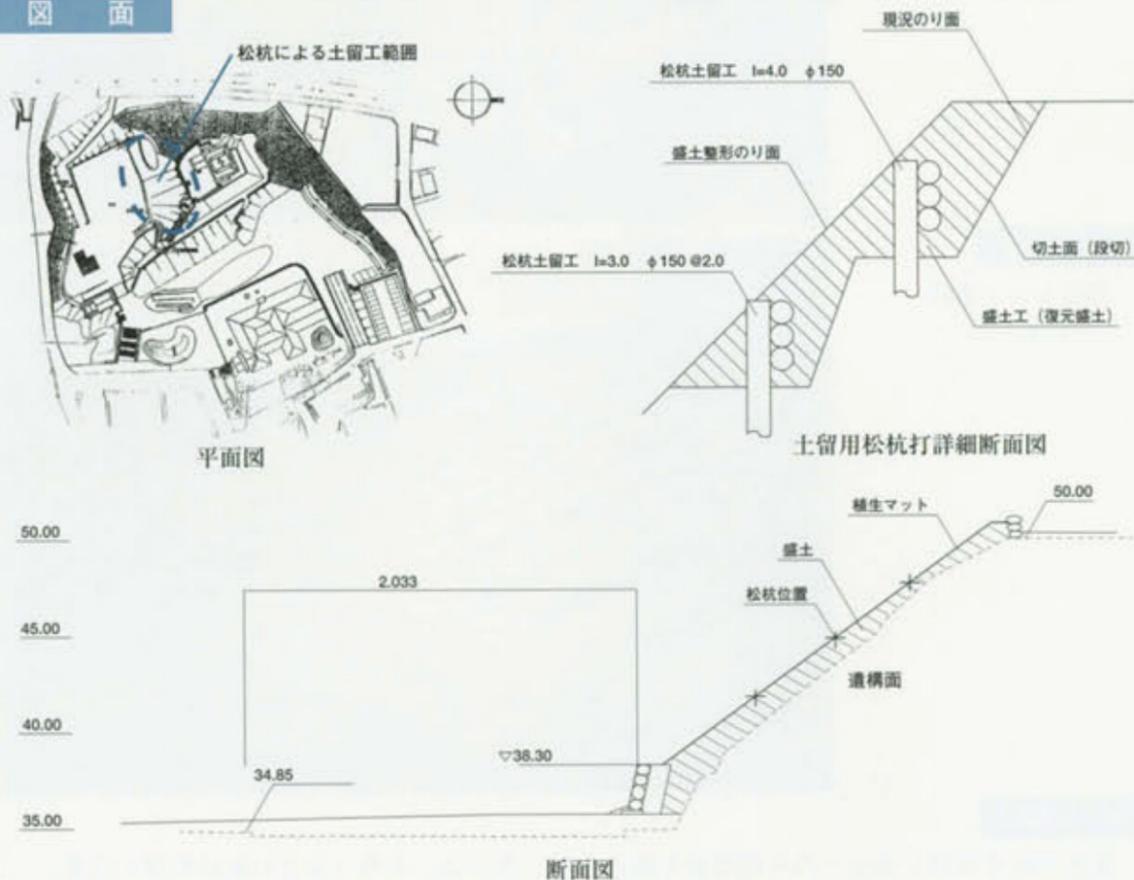
遺跡名	
史跡田和山遺跡	
所在地	事業主体
島根県松江市乃白町	松江市教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺構のり面(環壕・土塁・その他)	自然丘陵に三重の環壕を巡らせた大規模で特異な形状を持つ遺跡の整備事業。遺構の形状を変えることなく、あわせて耐浸食性の高い緑化可能な工種の選定が求められた。
斜面の概要	遺跡概要
盛土のり面・切土のり面	
施工年月	
2003年1~3月(2002年度部分)	田和山遺跡は、弥生時代前期末から中期後半にかけて(紀元前2~1世紀)の遺跡。宍道湖をのぞむ標高約48mの丘陵に、三重の環壕を廻らす。第1環壕とそれに伴う土塁に囲まれた山頂部(東西10m、南北30m)には大小各1棟の掘立柱建物跡と柵跡と見られる多数の柱穴列がある。
対策工種	
張芝工・連続繊維複合補強土工	
工事概要	
(勾配 30~50度/面積 1,562m ²) 連続繊維複合補強土工を基盤として張芝工を施工。勾配45度以上で連続繊維複合補強土工を適用した部分ではプレート付きアンカーを打設。	
特記事項	
全面発掘のため遺構は裸地状態。強酸性土壌。	



施工前	発掘調査後遺構保護のために設置していたブルーシートを撤去(2003年1月)	
完成後	施工完了4ヶ月後張芝は活着している(2003年7月)	
施工時等	裏面シート敷設(2003年2月)	
評価	遺構形状を保持しつつ、のり面浸食を防止した。今後は、芝刈りなどの維持管理が必要。	

遺跡名	
掛川城址	
所在地	事業主体
静岡県掛川市掛川	掛川市
斜面の分類	事業目的
遺構のり面(郭)	城址公園整備事業(建造物の復元、郭・通路復元、利便施設)。雨水・人為的コンクリート構造物による破損を受けたのり面の保護対策。
斜面の概要	
切土のり面	
施工年月	遺跡概要
1993年4月～1994年3月	掛川城は15世紀後半の今川氏による掛川古城から南西に伸びる丘陵の先端に位置する。立地する丘陵は標高60m、比高30mで、南側は掛川市を東西に縦断して流れる逆川沿いの崖となっている。江戸時代には松平氏などの居城となったが、幕末の地震により天守閣などの建物が大破し、そのまま明治の廃城に至った。
対策工種	
植生マット工・編柵工	
工事概要 (勾配 30～40度/面積 2,100㎡)	
松杭により編柵を行った後に盛土整形し、植生マット工により地被植栽を行った。	
特記事項	
のり面保護工事についてはコンクリート・鉄筋等を一切使用せず施工。	

図面



施工前

発掘調査時の状況
一部にコンクリート
構造物による破損を
受けている。
(1992年)



完成後

植生マット種子が
芽吹く途中
(1994年5月)

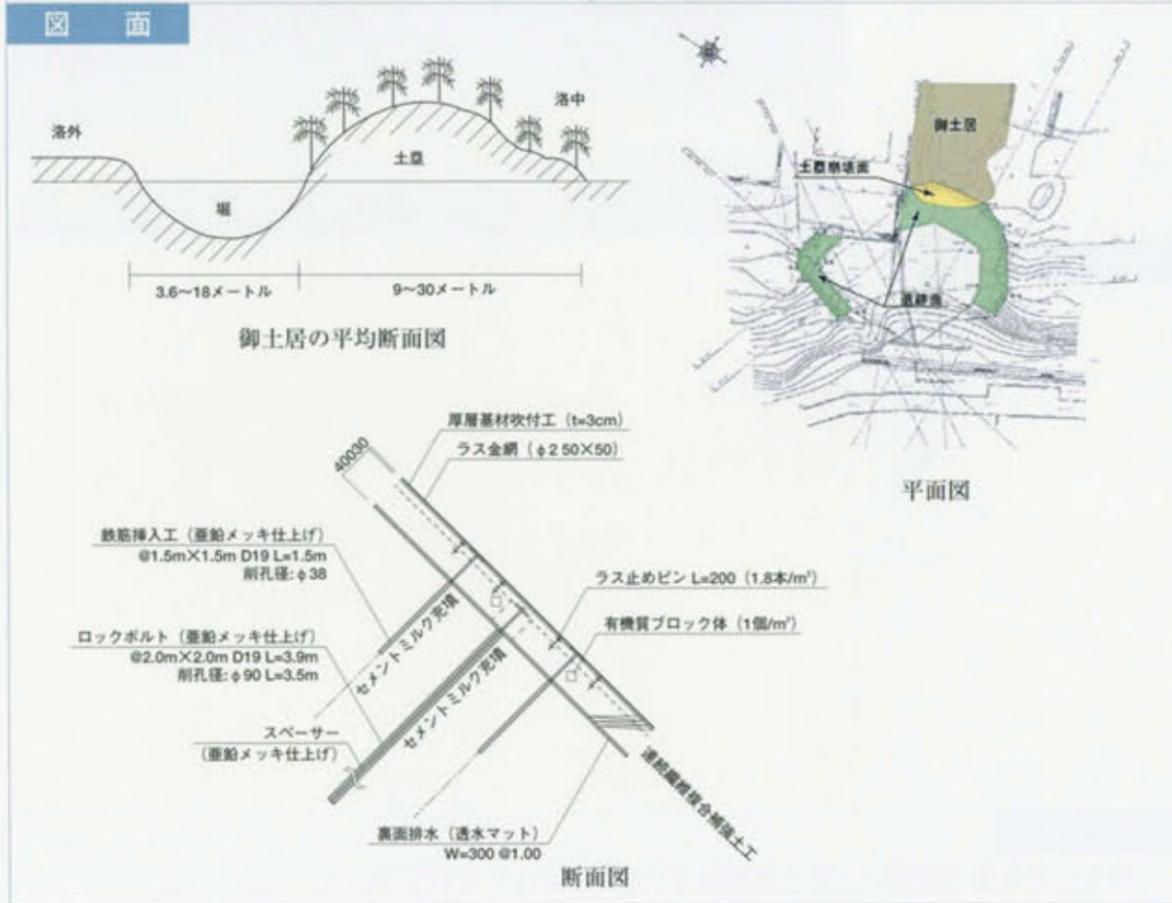


施工時等

評価

現在に至るまで松杭による土留範囲内で崩落等は生じていない。

遺跡名	
史跡御土居	
所在地	
京都府京都市北区鷹峯旧土居町	
事業主体	
京都市文化市民局	
事業目的	
史跡災害復旧。遺構である土塁斜面が豪雨により幅15m、高さ20mにわたり崩壊し、ほぼ垂直状態に地肌が露出したため地形復元と植生回復を目的に施工。	
遺跡概要	
豊臣秀吉が洛中防備と水害防止のため、天正19年(1591)に造営した土塁。東は鴨川、西は紙屋川、北は鷹ヶ峯、南は九条を限りとし、全長約23kmに及んだが、江戸時代から近代にかけて、次々と破却された。北辺と西辺ならびに東面に断片的に残った9ヶ所が史跡指定されている。	
斜面の分類	
遺構のり面(土塁)	
斜面の概要	
主に盛土。かなりの急勾配で、地盤は軟弱。	
施工年月	
1999年11月～2000年9月	
対策工種	
植栽工・連続繊維複合補強土工	
工事概要 (勾配 40～50度/面積 350㎡)	
崩落部整形の後、連続繊維複合補強土工(ロックボルト工・裏面排水シート含む)を施工。全面に厚層基材吹付を行い、植栽工(高木10本、中低木395本)を施工。あわせて排水工を実施。	
特記事項	
植栽工では、郷土種の採用を基本とした。	



施工前	<p>土砂崩落状況 (1999年6月)</p>
同上細部	
完成後	<p>連続繊維複合補強土工施工に際しては、裏面排水シート敷設のほか、急勾配であったためロックボルト工を併用した。(2000年9月)</p>
完成後	<p>完成後ののり面。植生基材をステップ状に吹き付けることで、緩勾配化と侵入種の固定効果増大を図った。ポット苗を0.5本/m²の密度で植栽した。(2000年9月)</p>
評価	<p>施工後のタケの侵入に対する対処が課題である。</p>

遺跡名

史跡松代城跡附新御殿跡(海津城)

所在地

長野県長野市松代

事業主体

長野市教育委員会

斜面の分類

遺構のり面(水濠)

事業目的

水濠、石垣、門、土塁等の復元による整備事業。埋没していた水濠を発掘調査し、往時の濠形態を再現。遺構保護盛土によるのり面の安定処理工事。

斜面の概要

切土のり面

施工年月

2001年4月～2003年3月

対策工種

編柵工

遺跡概要

松代城は、永禄3年(1560)頃、武田信玄が北信濃方面の前進基地として築き、海津城と称した。その後、江戸時代には、真田家の居城となり、松代城と改称した。松代城一帯は北に千曲川が天然の濠ともいべき形で流れ、東・南・西の三方を山に囲まれ、しかもその間を流れる関谷川・神田川などを外濠として取り込み、南は地蔵峠を経て小県地方へ通じるという天険の地である。

工事概要

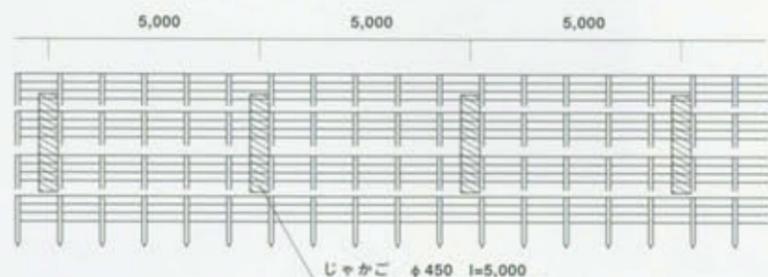
(勾配 30~40度/面積 約280㎡)

編柵工を保護盛土により埋殺し、コグマザサによる被覆を行った(施工距離44.0m、高さ約3.0m)。

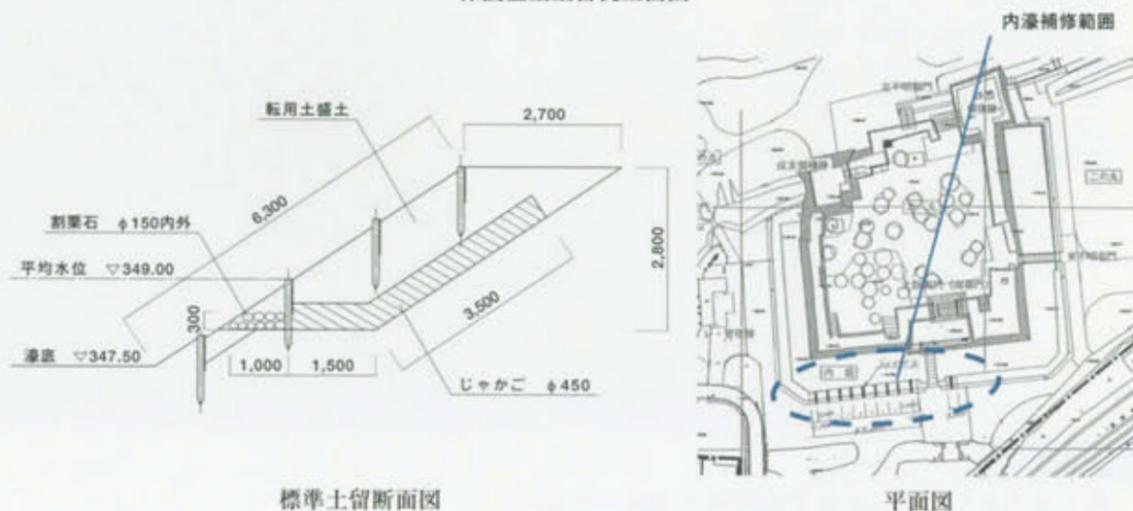
特記事項

保護盛土背面排水に蛇籠(じゃかご)を使用。

図面



保護盛土土留杭立面図



施工前

発掘調査時
(1997年8月)



完成後

(2003年3月)



施工時等

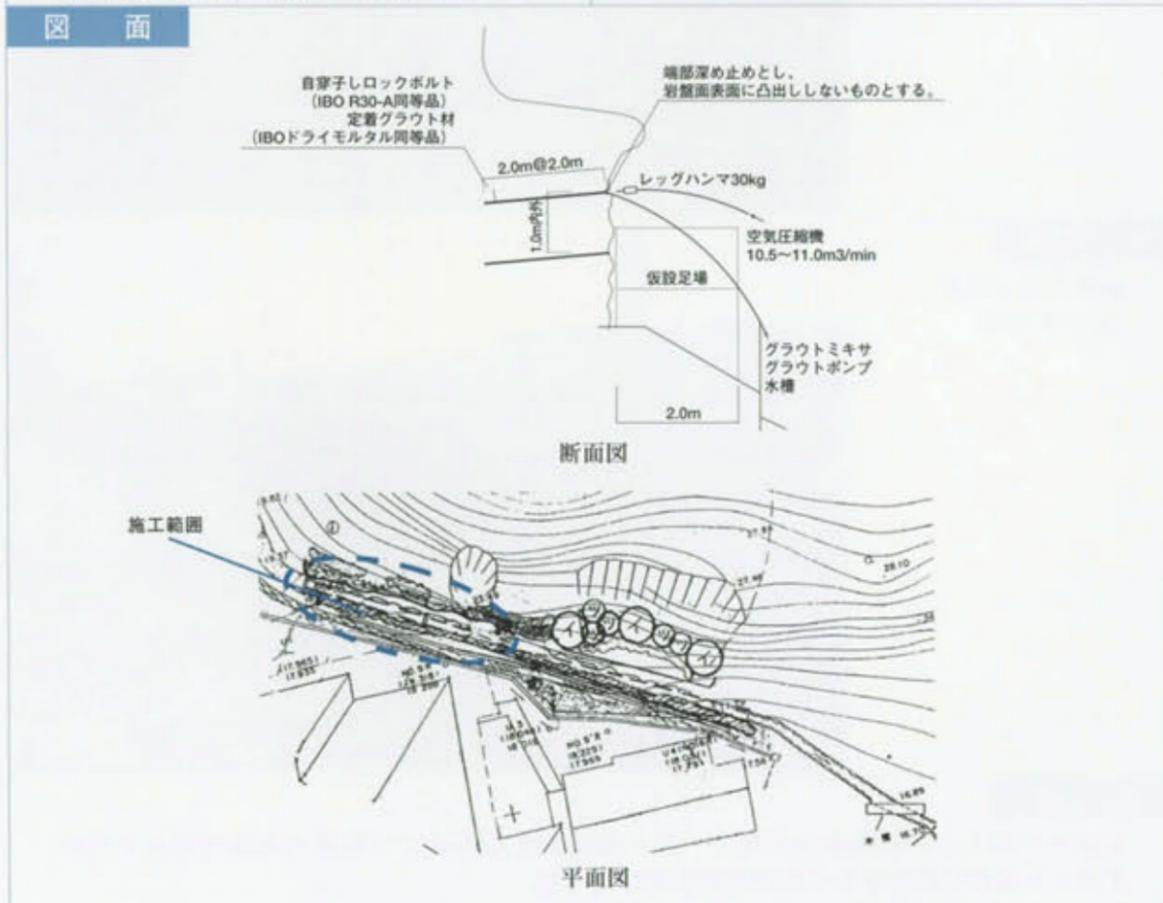
編柵工施工状況
(2001年10月)



評価

水濠のため土中内浸透水量が多く、単に盛土をするのみでは崩落の危険性があるため、背面水を前面に排出する工法が検討課題であった。

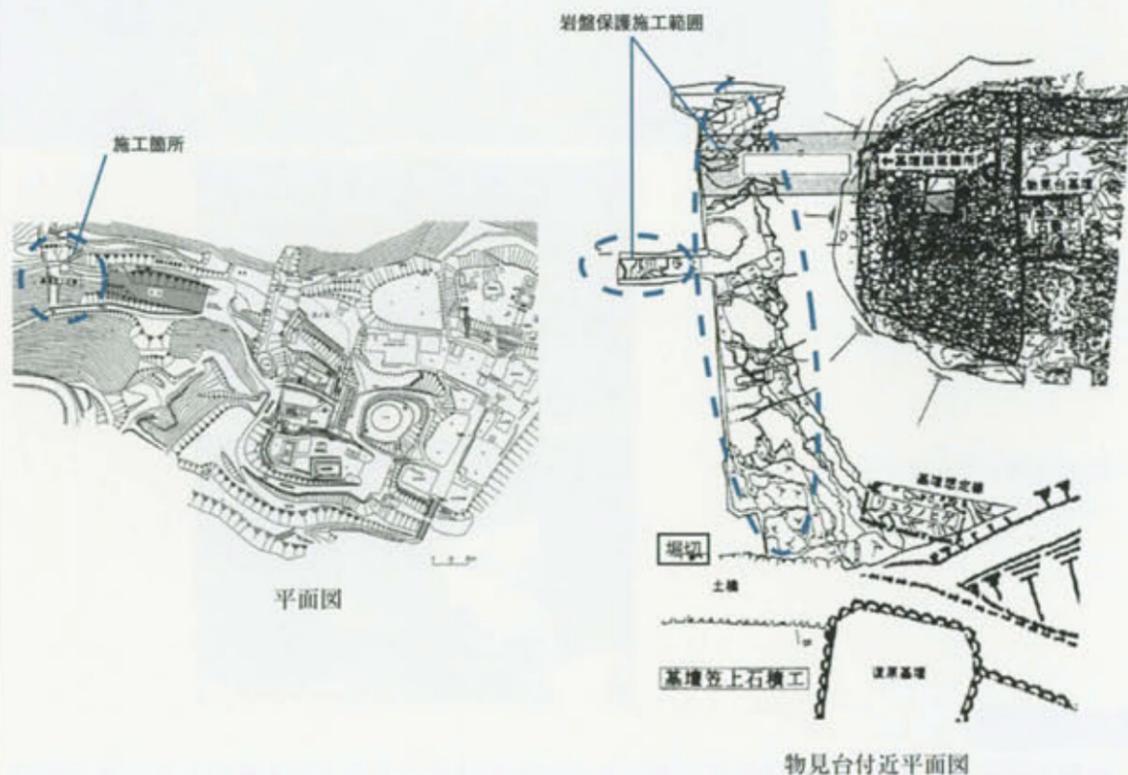
遺跡名	
名勝清見寺庭園	
所在地	事業主体
静岡県静岡市清水区興津清見寺町 清見寺境内	宗教法人 清見興国寺
斜面の分類	事業目的
遺構のり面(崖面)	崖面の崩壊による庭園・書院建物・人への被害を防ぐ防災工事。
斜面の概要	
自然斜面	
施工年月	遺跡概要
ロックボルト打設 2000年1~3月 樹脂処理 2001年1~3月	清見寺は、江戸時代には中本山の地位にあった禅宗寺院であり、朝鮮通信使の逗留所として利用された。清見寺庭園は、山本道斎の作庭と伝えられ、雪舟筆「三保清見寺図」には境内背面の滝が特徴的に描かれている。現在も勇壮な滝を中心とした景観を見ることができる。
対策工種	工事概要
ロックボルト工	ロックボルト(2m/本)全20本。 樹脂による石質強化 30㎡
特記事項	
崖面が庭園景観の重要な要素であるため、風化作用を受けた状況の維持に努めた。	



施工前	
崖の崩壊状況 (1999年11月)	
完成後	
施工直後にやや濡れ色となったが、徐々に以前の色にもどっている。現状で石質の軟化は見られない。(2002年7月)	
施工時等	
ロックボルト打設 (2000年3月)	
樹脂処理(石質強化) (2001年3月)	
評価	
庭園景観を損なわず、崖面の安定と周辺への安全が確保できる工法を採用した。施工後に定期的な石質の安定状況の確認をし、軟化した部分への再強化を行う必要がある。	

遺跡名	
史跡金山城跡	
所在地	事業主体
群馬県太田市金山町	太田市教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺構のり面(堀切)	中世山城の防御形態を可能な限り再現し、一般来訪者に山城の特徴を理解してもらうための総合的な整備事業。埋没していた防御形態を検出し、岩盤のり面風化による崩落を防止するための保護工事。
斜面の概要	
切土のり面(岩盤)	
施工年月	遺跡概要
2002年4月～2003年3月	金山城の本城(実城)は、中心をなす本丸・二の丸・三の丸及びそこからヒトデ状に放射する六筋の尾根に配された小郭で構成される。本城の周囲には北の坂中城(北城)、西南の西城、南の八王子の砦・比丘尼坂の出丸、東の金井口の砦、丸屋敷の諸砦があり、金山城は難攻不落の城として知られた。
対策工種	金山城の本城(実城)は、中心をなす本丸・二の丸・三の丸及びそこからヒトデ状に放射する六筋の尾根に配された小郭で構成される。本城の周囲には北の坂中城(北城)、西南の西城、南の八王子の砦・比丘尼坂の出丸、東の金井口の砦、丸屋敷の諸砦があり、金山城は難攻不落の城として知られた。
接着工	
工事概要 (面積約80㎡)	
岩盤亀裂部への薬液注入により安定化を図る。	
特記事項	
往時の迫力ある岩盤のり面保護が必要であったため盛土、吹付などの工法はとれなかった。	

図面



施工前 (2001年9月)	
完成後 (2003年3月)	
施工時等 薬液注入状況 (2002年12月)	
評価	薬液注入部目地に砂を利用し、景観上施工痕跡が分からないよう処理をした。

遺跡名	
史跡宝塚古墳	
所在地	事業主体
三重県松阪市小黑田町	松阪市教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺跡内地形としての自然斜面	文化財を活かした地域づくりを図るため、遺跡の保存並びに活用整備を図る。
斜面の概要	
自然斜面	
施工年月	
1999年度	
対策工種	遺跡概要
種子吹付工・石積擁壁工	宝塚古墳は、造出しを有する前方後円墳である5世紀初めの1号墳と帆立貝式前方後円墳である5世紀前半の2号墳からなる。いずれも葺石や埴輪を有する。1号墳造出し付近からは船形埴輪や家形埴輪、圓形埴輪など多数の形象埴輪が出土した。
工事概要	
(勾配 25~35度/面積 547㎡) 斜面基底部に腰石積擁壁を施工しその上部に盛土整形した後、種子を吹付けを行った。	
特記事項	
敷地条件から斜面の安定勾配を確保するため擁壁を設けた。	
図面	

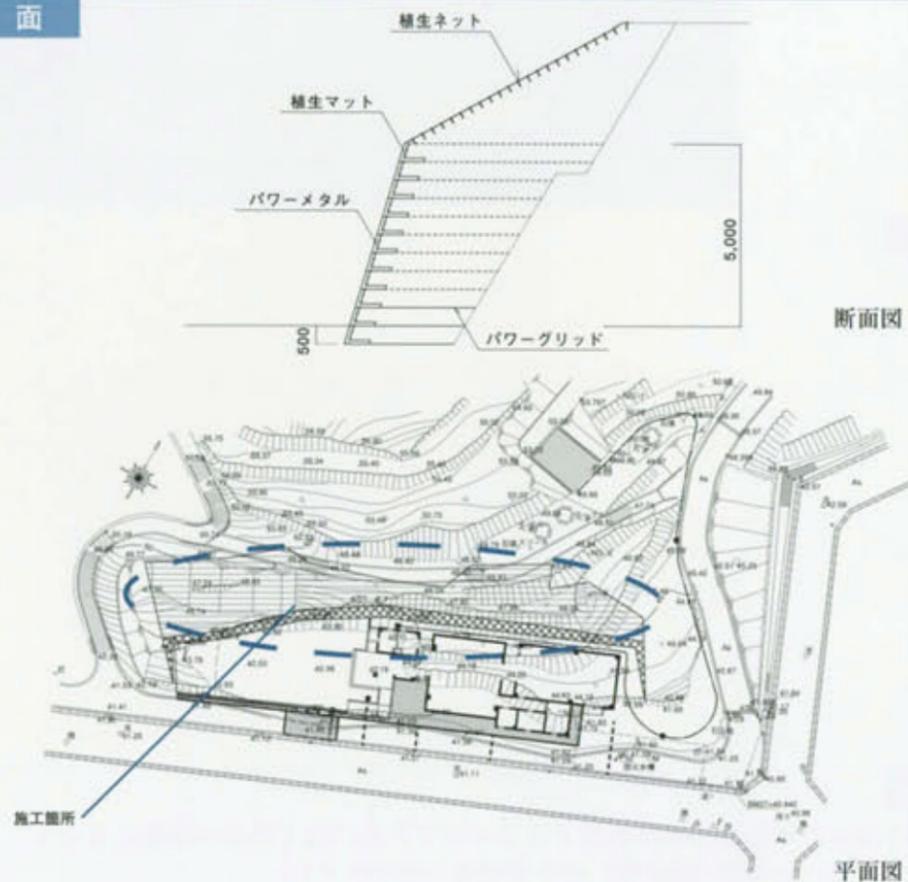
施工前	
(1999年9月)	
完成後	
上部盛土整形部分に種子が活着 (2000年2月)	
施工時等	
下部石積擁壁、上部盛土整形完成後。種子吹付工施工前。 (2000年1月)	
評価	史跡指定地内において違和感のない景観となっている。

遺跡名	
名勝清見寺庭園	
所在地	事業主体
静岡県静岡市清水区興津清見寺町 清見寺境内	宗教法人 清見興国寺
斜面の分類	事業目的
遺跡内地形としての自然斜面(崩落箇所)	史跡地内で継続的に発生している落石等の災害の拡大を防止し、庭園を中心とした境内景観の保全を目的に整備を行う。不安定化した山斜面の表土を撤去し、撤去後の地表面の保護とマット内に混入されている地被植物により安定化を図る。
斜面の概要	
自然斜面	
施工年月	遺跡概要
2000・02・03年の各1~3月	清見寺は、江戸時代には中本山の地位にあった禅宗寺院であり、朝鮮通信使の逗留所として利用された。清見寺庭園は、山本道斎の作庭と伝えられ、雪舟筆「三保清見寺図」には境内背面の滝が特徴的に描かれている。現在も勇壮な滝を中心とした景観を見ることができる。
対策工種	工事概要
植生マット工	(勾配 40~50度/面積 750㎡) 崩落箇所を均した後、植生マットを敷設し、アンカーで固定。
特記事項	
施工当初の景観配慮から土色系マットを使用。	
図面	

施工前	<p>2000年1~3月施工地区 崖の崩壊状況 (1999年7月)</p>
完成後	<p>土色系マット使用により周囲の景観との違和感少ない。 (2000年3月)</p>
施工時等	
評価	庭園景観を損なわず斜面の崩落を防ぐとすることができる。施工場所の日照によって、マット内に混入されている植物(草本類)の生育状況の差が大きい。

遺跡名	
史跡五郎山古墳	
所在地	事業主体
福岡県筑紫野市大字原田	筑紫野市教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺跡内地形としての自然斜面	史跡の総合的整備事業。多目的スペース脇の切土のり面を安定させ、利用時の安全を図る。
斜面の概要	
自然斜面	
施工年月	
1999年度	
対策工種	遺跡概要
植生マット工・補強土工(盛土)	五郎山古墳は、6世紀後半に築造された径32m、高さ約5.5mの円墳。前後に2室をもつ横穴式石室の装飾古墳。古墳自体は盗掘を受けており、金環・管玉・勾玉・刀子・須恵器等が出土している。
工事概要	
(勾配 80度/面積 247㎡) パワーグリッドを50cmピッチで敷設し、下部より順次盛土する。パワーメタルの裏面には植生マットを、上部の緩斜面には植生ネットを敷設した。	
特記事項	
平坦面確保のため斜面勾配を80度程度にする必要があった。	

図面



施工前

遺方状況



完成後

補強土工完成
上部緩斜面に
種子吹付状況



施工時等

土留パワーメタル敷設
状況

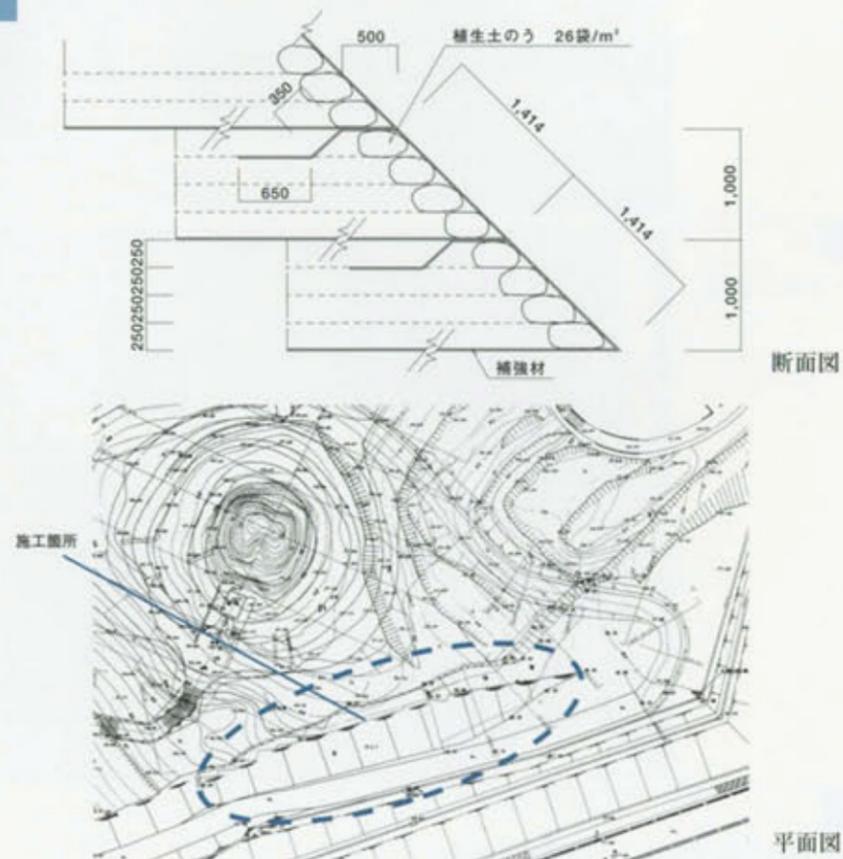


評価

工期の短縮が図れる工法として評価できる。

遺跡名	
史跡五郎山古墳	
所在地	事業主体
福岡県筑紫野市大字原田	筑紫野市教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺跡内地形としてののり面	史跡の総合的整備事業。園路・広場脇ののり面を安定させ、遺跡内地形の保全を図るとともに、利用者の安全を確保する。
斜面の概要	
切土のり面・盛土のり面	
施工年月	
1997・1998年度	
対策工種	遺跡概要
植生土のう工・補強土工(盛土)	五郎山古墳は、6世紀後半に築造された径32m、高さ約5.5mの円墳。前後に2室をもつ横穴式石室の装飾古墳。古墳自体は盗掘を受けており、金環・管玉・勾玉・刀子・須恵器等が出土している。
工事概要	
(勾配 40~50度/面積 528㎡) 補強材を25cmピッチで敷設し、前面を植生土のうで固定する。	
特記事項	

図面



施工前

植生土のう設置完了
(1997年12月)



完成後

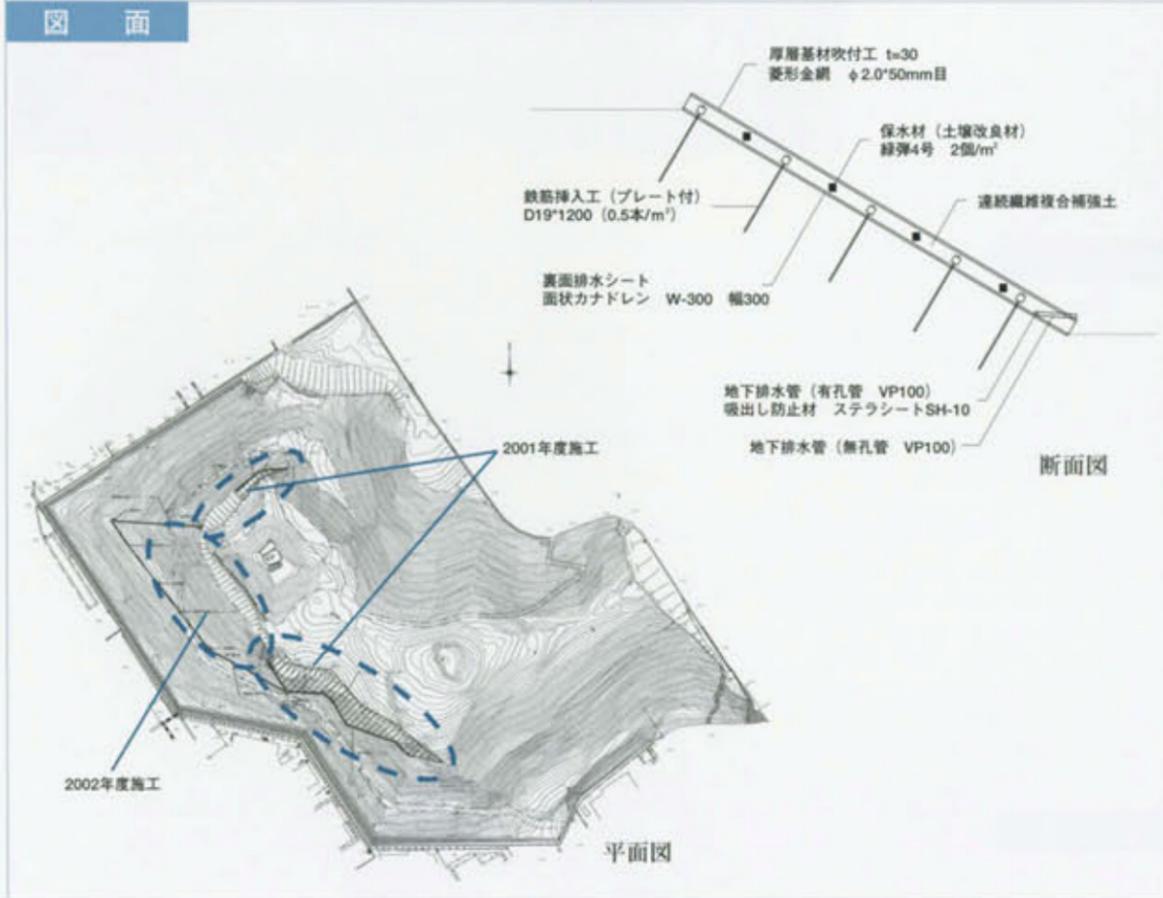
(1998年1月)



施工時等

評価

遺跡名	
史跡仲仙寺古墳群	
所在地	事業主体
島根県安来市西赤江町	安来市教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺跡内地形としての自然斜面	墳丘裾の崖面の崩落が予測されたため、墳丘を保護し裾部の斜面崩落防止を図ることを目的とした。
斜面の概要	
自然斜面	
施工年月	
2001・2002年度	
対策工種	遺跡概要
連続繊維複合補強土工	仲仙寺古墳群は飯梨川下流域の低丘陵上に所在する弥生時代後期の墳丘墓群。このうち、仲仙寺9号墳は四隅突出型墳丘墓。長方形墳丘部は18.5×15.5m。突出部を含めた長辺は28mになる。墳丘裾に貼石と2列の溝状石組みをめぐらす。墳頂に3つの埋葬施設があり、中央の埋葬施設からは碧玉製管玉が出土した。
工事概要	
(勾配 30~60度 / 面積 495㎡) 斜面崩落危険箇所に排水シートを敷設し、プレート付鉄筋を用いた連続繊維複合補強土工を施工。表面に厚層基材吹付を行った。	
特記事項	
施工箇所での重機の使用は困難。	



施工前	
丁張設置状況 (2002年9月)	
完成後	
完成後 (2003年1月)	
施工時等	
連続繊維複合補強土吹付状況 (2002年9月)	
	
厚層基材吹付状況 (2002年12月)	
評価	
工事は比較的容易で、景観的にもすぐれている。	

遺跡名	
史跡雨の宮古墳群	
所在地	事業主体
石川県鹿島郡中能登町能登部上・西馬場	鹿西町(現中能登町)教育委員会
斜面の分類	事業目的
遺跡内地形としての自然斜面	文化財を活かした地域づくりを図るため、文化財の適正な保存とその価値の顕在化に向けての環境整備を行う。
斜面の概要	
自然斜面	
施工年月	
1994年度	
対策工種	遺跡概要
編柵工	雨の宮古墳群は、前方後円墳、前方後方墳各1基と円墳約30基からなる古墳群で、能登地方の代表的な前期古墳群である。眉丈山の最高所(標高185m)を中心に所在し、1号墳(前方後方墳)は全長約70m、2号墳(前方後円墳)も全長約70mであり、ともに二段築成で葺石を備えている。
工事概要	
(勾配70度/延長157.8m) 既存の斜面に丸太横杭を直角方向に重ね盛土を行う。	
特記事項	
重機の搬入は困難なため編柵工を採用。	
図面	

施工前	
(1994年12月)	
完成後	
(1995年10月)	
施工時等	
評価	自然素材のため、構造物として目立つことがない。

資料

斜面保護一般

目次

1. はじめに	資 1
2. 検討の手順	資 1
3. 調 査	資 2
4. 設 計	資 6
5. 維持管理	資19

1. はじめに

この資料は「遺構としてののり面」および「遺跡内地形としての斜面」の保護工を検討する際に基礎となる必要な調査、設計、施工、維持管理についての一般事項をとりまとめたものである。

我が国は、その7割が山地を占め急峻な地形が多い。また、降雨、積雪が多く斜面の浸食や崩壊などの斜面災害が多い。斜面保護工が適用される箇所は、一般に高所、大面積で人の目につきやすく、その安定とともに環境・景観に対する配慮が求められることも多い。また、高所であることから施工後の維持管理も難しいことが多い。

斜面保護工を間違いなく行うためには、工事の目的や目標を把握し、調査から設計そして施工後の維持管理に至る一連の流れを十分理解する必要がある。

2. 検討の手順

斜面保護工は、図-資1のように、方針決定を中心とする計画に引き続き、①調査、②設計、③施工、④維持管理の流れに基づき実施される。

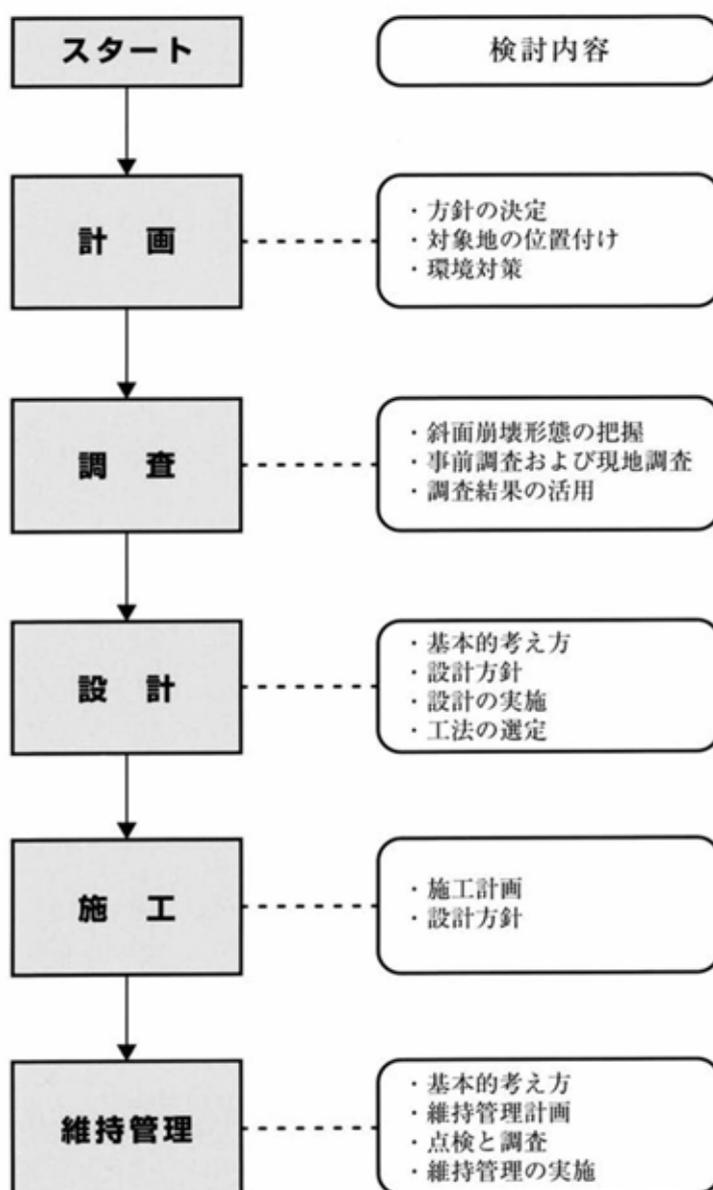


図-資1 斜面保護工検討フロー

3. 調査

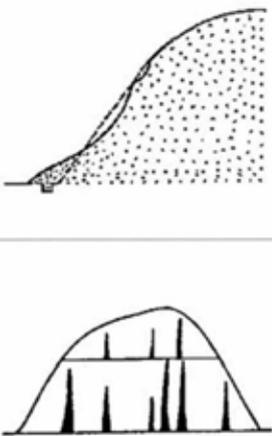
3.1. 斜面の崩壊形態

斜面の不安定化はその規模により様々な分類方法があるが、本書では以下の3つに分類する。

- ① 浸食・崩落
- ② 表層崩壊（斜面の地表からおおよそ3m程度の深さまでの崩壊）
- ③ 大規模崩壊、地すべり性崩壊（斜面の地表からおおよそ3m以上の深さでの崩壊）

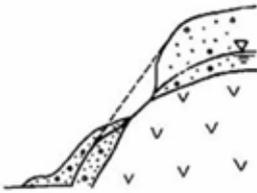
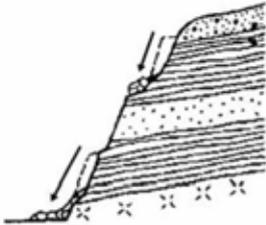
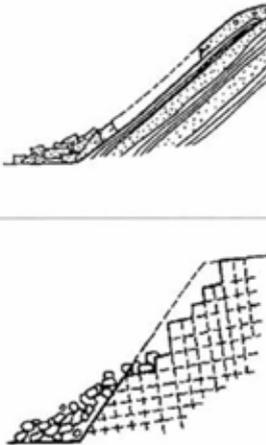
このような不安定化の要因は表-資1に示すように、土質や岩質によって特徴的な傾向がある。

表-資1 斜面崩壊の分類 ①浸食・崩落

分類	解説	模式図	代表地質	備考
浸食・崩落	乾湿、凍結、雨水などにより表面が剥離、あるいはガリー（掘れ溝）ができる。放置すると深い崩壊に移行することがある。		火山灰土。 マサ土。 細砂。 凝灰岩。 風化した粘板岩。 表土。	切り放しの斜面か、活着度の悪い植生工において発生することが多い。
	斜面上のオーバーハング状を呈する部分が崩落する。		シラス。 河岸砂礫層。 崩積土。 火山碎屑物。	自然斜面での発生が多い。切土のり面では下部のり面が抜け落ちた場合に発生する。
	亀裂や節理に富んだ岩が崩落する。		中・古生層。 火成岩。	同上。 個々に別れて発生する小規模のものは落石に分類され、大規模な物は岩盤崩壊に分類される。

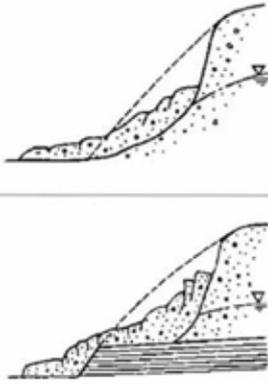
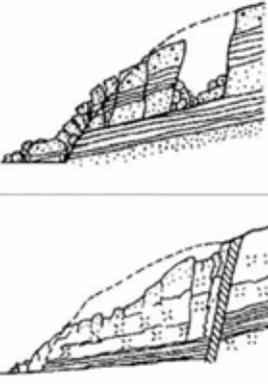
【出典：(社)日本道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p23に一部加筆修正】

表-資2 斜面崩壊の分類 ②表層崩壊

分類	解説	模式図	代表地質	備考
表層崩壊	<p>表土が滑落する。時には下層の強風化岩層を含んで滑落する。 湧水が誘因となることが多い。</p>		<p>砂質土。 粘性土。 崩積土。 花崗岩・凝灰岩・泥岩・粘板岩・安山岩等の強風化層。</p>	
	<p>岩の表層が風化によって滑落する。</p>		<p>泥岩。 凝灰岩。 輝緑岩。 風化した粘板岩。 片岩等。</p>	<p>切土のり面では急速に風化が進むため特に注意を要する。</p>
	<p>流れ盤構造や、岩盤中の割れ目(節理、小断層、薄層)に沿って岩が滑落する。後者の場合、くさび状崩壊も多い。</p>		<p>流れ盤構造を有する岩や互層。 層理・片理・節理等の発達した岩(粘板岩・結晶片岩・花崗岩・流紋岩・安山岩・チャート・石英はん岩等)。</p>	

【出典：(社)日本道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p23～24に一部加筆修正】

表-資3 斜面崩壊の分類 ③大規模崩壊・地すべり性崩壊

分類	解説	模式図	代表地質	備考
大規模崩壊・地すべり性崩壊	<p>軟弱で固結度の低い地層からなる斜面や地質構造的に不安定要因を持つ斜面が地下水位の上昇に伴って大規模に崩落する。</p>		<p>砂層。 シラス。 岩盤や旧すべり面上に崖錐層・崩積土・砂礫・火山灰土等が厚く堆積している場合。</p>	<p>地下水が多い場合には特にこの型の崩壊が多い。 土質や地形条件により大規模な崩壊となる場合がある。</p>
	<p>流れ盤や断層、破碎帯等の地質構造を有する岩体が大規模に崩落する。 岩崩壊の一つのタイプである。</p>		<p>流れ盤構造を有する岩。 中・古生代の堆積岩。 花崗岩・石英はん岩等の火成岩でも発生する。</p>	
	<p>受け盤の斜面や割れ目の発達した岩の斜面が前方へ転倒する。 岩盤崩壊の一つのタイプである。</p>		<p>中・古生層 第三紀層 火成岩 蛇紋岩</p>	<p>小規模のものは表層崩壊に分類される。</p>

【出典：(社)日本道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p24～25に一部加筆修正】

3.2. 事前及び現地調査

斜面保護工を設計するための必要なデータは、現地調査によるものを最優先にするが、現地調査や設計を無駄なく円滑に進めるためには、あらかじめ既存資料を収集しそれらを検討しておく必要がある。また、現地調査では、既存資料の内容を確認すると共に、資料で得られなかった対象斜面周辺の新しい情報の発見に努めるとともに斜面表面の詳細な調査を行う。表-資4に調査時期に応じた調査内容の例を示す。

表-資4 調査内容一覧

時 期	調査項目	調 査 内 容	既存資料・調査法の例
事前調査	地形図	地形全般の観察、風化、浸食、堆積	地形図、空中写真
	地質図	走向、傾斜、断層、褶曲	地質図、既往調査報告書
	植生図	植物群落、希少種	植生図、空中写真
	気象資料	標高、気温、降水量、積雪量など	気象データ
	災害記録	崩壊、落石、土石流	
	近接斜面の資料	対策工種事例、地すべり・災害箇所の確認	工事記録
	既往文献等	土地条件図、土地利用図	
現地調査	地形	地形図に表示されない微地形の調査、地質構造の観察、風化状況、水系	現地踏査
	地質	地質構造、露出した地質の観察、湧水の位置や量	弾性波探査、ボーリング調査、電気探査
	植生	林相、樹形、樹種など	現地踏査
	近接斜面	既往対策工の種類、植生の生育状況	現地踏査
	その他	地すべりなど災害の有無など	現地踏査

3.3. 調査結果の活用

斜面保護工に関する調査は、表-資5に示す設計、施工、維持管理の3つに大別される。斜面保護工を設計する場合には、まず、出現した斜面をどのようなものにするのか、また、施工後の経年変化や維持管理水準などを含めた施工目標を立案する必要がある。その施工目標をよく把握した上で必要な調査を行う。

表-資5 調査内容

調査項目	調 査 内 容
設計時	勾配、斜面の規模・形状、地質、水系、排水、気象、周辺環境、景観、動植物、民意
施工途中	計画・設計時に予想できなかった事態が生じた場合、必要事項を詳細に再調査してフィードバック
維持管理	設定された目標に到達しているか 目標を維持するための管理、補修のための調査

4. 設計

4.1. 斜面保護工の基本的考え方

崩壊等によって生じた自然斜面や切土、盛土によって出現したのり面は、時間の経過と共に風化、浸食、浸透水の影響などにより不安定化するもので、迅速、かつ確実に安定化させることが第一義となる。こうした斜面は、景観上目立ちやすく、また維持管理が困難な場所にあることも多い。斜面保護工の設計に当たって留意すべき基本事項はつぎのとおりである。

- ① 安定性の確保(水の挙動や影響を十分検討した設計・施工)
- ② 環境との調和
- ③ 景観の保全
- ④ 永続性の確保
- ⑤ 維持管理の軽減(施工後の経年変化を考慮する ⇒ トータルコストを軽減できる方法)

4.2. 斜面保護工の設計方針

斜面保護工の種類は大きく分けて、落石の防止または被害の軽減のために行う「落石対策工」、植物による斜面保護工である「植生工」、そして鉄筋やコンクリートなどの構造物によって斜面保護を行う「構造物工」に分けることができる。

斜面保護工の設計は次のことに注意しながら進める。

- ① 周辺の地形・地質・土質の調査結果、気象条件、過去の実施例などに基づき、安定性、永続性、施工性、環境、景観、経済性、維持管理などについて総合的に検討する。
- ② 常に施工目標を念頭におき、保護目的・利用目的を考慮の上検討する。
- ③ 斜面保護工は、まず落石の検討を行い、次に植生工での安定化を考え、植生工を併用できる構造物工、構造物工へと検討を進める。

このうち落石対策工は斜面保護工の中でも特殊な対策であり、その詳細は専門図書を参照されたい。斜面保護工選定の考え方の手順を図-資2に示す。

4.3. 斜面保護工の設計

4.3.1. 植生工の設計

(1) 植生工設計の基本的考え方

植生工の主な目的は、「斜面の浸食を防止すること」、「周辺環境と調和する斜面にすること」、「景観の保全を行うこと」である。なお、構造的な破壊(崩壊)の防止効果は期待できない。また、植生を導入するためには次の条件が必要である。

- ・適用斜面は基盤が安定していること。
- ・導入植物が斜面、立地環境に適合していること。
- ・植生基材が流出せず浸食を受けないもので、植物の発芽・生育を阻害しないものであること。

植生工は生きた材料を使用するので、設計手順や考え方を誤ると、出来上がりの状態が当初の目標と大きく異なってしまう。植生工は、表-資6のように緑化目標と到達までの期間、維持管理手法を十分検討した上で決定しなければならない。

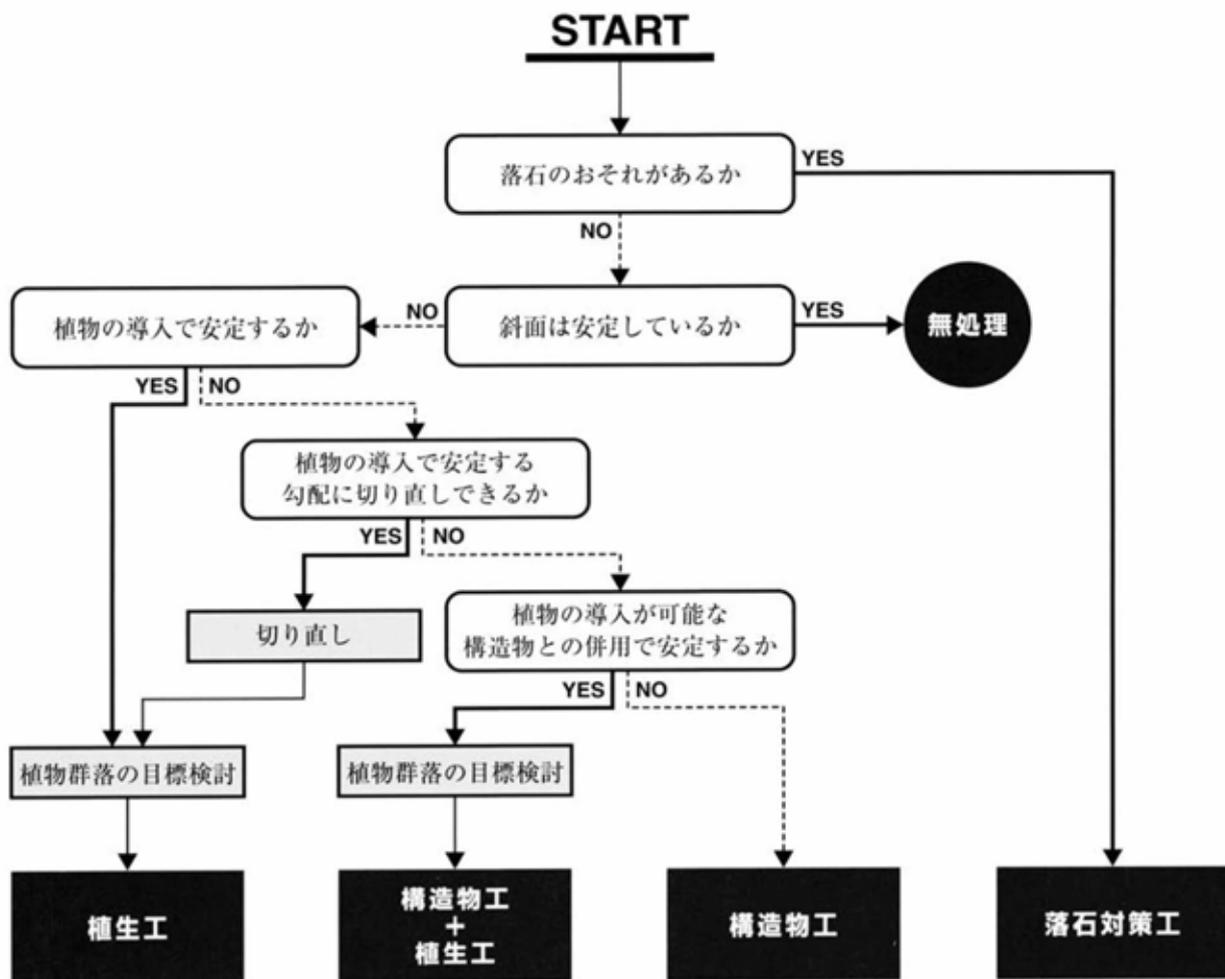


図-資2 斜面保護工選定の考え方及び手順

【出典：(社)農山漁村文化協会、のり面保護工 設計・施工の手引き、1990年2月 p76、一部加筆】

表-資6 植生工の設計手順

設計順序	設計内容	考慮事項
1	目標とする植物群落と維持管理水準の決定	立地環境、コスト、景観
2	目標群落に適合する植物の選定	植物群落の形、地域気象
3	種子の発芽や生育に可能な植生工の選定	植物特性、地形、地質、勾配
4	生育基盤を安定させる緑化基礎工の選定	降雨強度、地質、勾配
5	種子配合と播種量もしくは植栽木と規格値の選定	植物群落の形、工法、時期
6	植物の種類、植生工に応じた緑化資材の設定	植物構成種の種類、特徴
7	施工時期の設定	植物構成種の種類、地域

(2) 緑化目標の設定

緑化目標には完成する植物群落の相観によって表-資7に示す4つのタイプに大別される。緑化目標は、施工後の維持管理も勘案して決定する必要がある。なお、植生は、時間経過とともに変化することを考慮する必要がある。

表-資7 緑化目標と群落タイプ

緑化目標	高木林型 (森林型)	低木林型 (灌木林型)	草地型 (草本型)	特殊型
模式図				
目標の外観	高木性の樹木が主体の群落	低木性樹木が主体の群落	草本植物が主体の群落	特殊な群落、人為的群落
概要	高木、中木、低木、草本などが混在する自然の森林に近い群落。	中低木主体の木本群落、急傾斜地や岩盤斜面など防災的機能に優れる。	草本植物を主体とし、周辺が農地や草地の場合に適する。	つる植物や花木、草花、果樹などの群落、希少植物の導入などの場合。
留意点	急勾配斜面では不安定化することがある。	高木性樹木の導入も管理によって可能である。	放置すると森林型へ移行するため、草本群落を維持するためには定期的な管理が必要。	防災的安全の確保、きめこまかな維持管理が必要。
適用箇所の例	周辺が樹林 自然公園内等	周辺が樹林 周辺が農地等	周辺が草地 周辺が農地等	都市緑地 景観の考慮が特に必要な斜面等

【出典：(社)日本道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p222・一部加筆】

(3) 導入植物の選定

導入植物は、緑化目標に応じて選定する。緑化目標「草地型」は、外来草本や在来草本を使用する。緑化目標「低木林型」は、低木性の樹木を主体とし草本植物を組合せる。緑化目標「高木林型」は、高木性の樹木を主体とし、低木性の樹木および草本植物を組合せる。なお、使用される植物材料の形態は種子、苗木、成木などである。

表-資8、資9に播種工でよく使用される植物の種類と性状を示す。なお、市場で入手できる種子は、在来種と記載されている場合でも、アジアの近隣諸国で採取されたものが多い。地域の遺伝的攪乱の防止を考慮する場合など使用植物の選定は十分注意しなくてはならない。

表-資8 播種工でよく用いられる植物の種類と性状(草本類)

区分	植物名	草丈 (cm)	形態等	播種 適期 (月)	特 性
外来草本類	グリーピングレッドフェスク (CRF)	30~80	外来草本・常緑	3~9	耐寒性が大きい。酸性に強い。発芽・初期生育が少し遅い。
	オーチャードグラス (OG)	60~100	外来草本・常緑	3~9	耐陰性が大きい。樹林の林床植生として好ましい。耐寒性が大きい。
	トールフェスク (TF)	80~120	外来草本・常緑	3~9	各種の立地条件に対し適応性が高い。土壌を選ばない。耐寒性が大きい。
	ケンタッキーブルーグラス (KBG)	30~40	外来草本・常緑	3~6	寒さに強い。耐陰性が大である。発芽・初期生育が少し遅い。暑さと乾燥にやや弱い。
	ベレニアルライグラス (PRG)	40~60	外来草本・常緑	3~6	乾燥地や瘦地にやや弱い。発芽・初期生育が速い。寿命が短い。
	ウィーピングラブグラス (WLG)	80~110	外来草本	3~9	暑さや乾燥に特に強い。瘦地や砂地でもよく生育する。日陰に弱い。寒さに弱い。
	バミューダグラス (BG)	10~30	外来草本	3~8	暑さや乾燥に特に強い。海岸砂地でよく生育する。日陰には不適。寒さに弱い。
	バビアグラス (BAH)	30~50	外来草本	3~8	暑さや乾燥に特に強い。日陰にも比較的よく育つ。発芽率が低いことが多い。寒さに弱い。
	ホワイトクローバ (WC)	20~30	外来草本	3~6	瘦地によく育つ。湿潤地で旺盛な生育を示す。発芽が速い。乾燥に弱い。根系の土壌緊縛力が弱い。
在来草本類	ス ス キ	80~200	在来草本	3~6	根系の土壌緊縛力が強い。強酸性地でも生育する。瘦地や乾燥地に強い。発芽率にむらがある。
	ヨ モ ギ	80~150	在来草本	3~7	気象条件、土壌条件に対する適応性が高い。土壌緊縛力が弱い。冬期間に地上部が枯れて見苦しい。
	イ タ ド リ	60~100	在来草本	3~6	耐寒性が大である。強酸性地に育つ。単純植生になりやすい。土壌緊縛力は高い。冬期間枯れ裸地状になる。
	メ ド ハ ギ	50~100	在来草本 肥料草	3~6	瘦地、乾燥地に強く、硬質地でもよく生育する。初期生育がやや遅い。土壌緊縛力が高い。木本植物との混播に適する。

【出典：(社)日本道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p234-235・一部加筆】

表-資9 播種工でよく用いられる植物の種類と性状(木本類)

区分	植物名	樹高 (cm)	形態等	播種適期 (月)	特性
木本類	コマツナギ	20~40	在来低木・肥料木	3~6	瘦地、乾燥地に強い。硬質地でよく生育する。
	ヤマハギ	150~250	在来低木・肥料木	3~6	瘦地、乾燥地、硬質地でよく生育する。3~4年に一度刈り取ると毎年花を觀賞できる。
	ヤマハンノキ	300~600	高木・先駆肥料木	3~6	瘦地、崖錐地、岩ずり地でよく生育する。寒冷地を好む。播種当年の生育は極めて遅いが、2年目からは急速に成長する。生態系の早期回復に有効である。
	ヤシャブシ	200~450	高木・先駆肥料木	3~6	瘦地、乾燥地、急傾斜地、岩石地などでよく生育する。寒冷地にはヒメヤシャブシ、暑い地方ではオオバヤシャブシを用いる。初期成長は遅いが、2年目から急速に成長する。
	シラカンバ	300~600	高木・先駆樹種	3~6	冷温地のブナ群団やミズナラ群集地域においてよく生育する。草本植物との混播は熟練した技術を要する。使用種子を確保する。
	トウネズミモチ*	200~400	外来常緑高木	3~6	耐陰性が大きい。根系の土壌緊縛力は極めて大きい。初期生育は遅い。刈り込みに強い。養分の要求量が高いが、瘦地でも生育の持続性はある。
	シャリンバイ*	100~200	常緑低木	3~6	耐陰性に優れている。発芽・生育に安定性がある。有機質肥土を多く含んだ厚層基材吹付工での導入が容易である。潮風に強い。
	ヤブツバキ*	150~350	常緑高木	3~6	耐陰性に優れている。各種の立地条件に対し適用性がある。成長は遅い。
	シラカシ*	200~500	常緑高木	3~6	耐陰性に優れている。養分の要求量が高く厚い肥沃な生育基盤を必要とする。盛土斜面に適する。

*あらかじめ種子を確保

注) 外来(外来植物)は、在来(在来植物)の対語。本来の生育地(主に海外)から持ち込まれた種。

【出典：(社)日本道路協会、道路土工のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p236-237、一部加筆修正】

(4) 植生工の種類

1) 播種工と植栽工

植生工は図-資3のように大きく播種工と植栽工に分かれる。播種工は種子から植物を導入するものである。播種工は大規模一律の機械化施工に優れるが、導入できる植物が限られ、施工時期も限定される場合も多い。一方、植栽工は景観を重視した緑化が可能であり、導入できる植物も多いが、経済性に劣る場合が多い。播種工と植栽工はそれぞれ一長一短があり、斜面の特徴を十分考慮した植生工の設計が必要である。

表-資10に植栽木と播種木の特徴を示す。

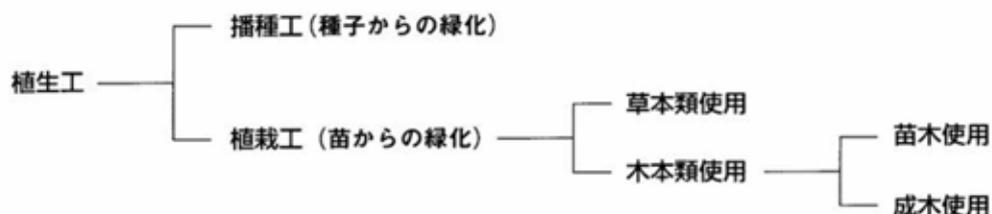


図-資3 植生工の分類

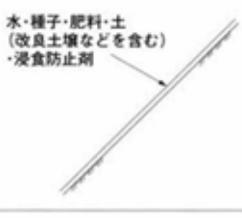
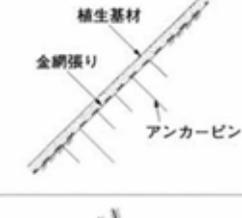
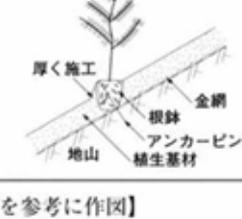
表-資10 植栽木と播種木の違い

項目 植物	配置	生育	入手条件	デザイン	移植
植栽木	目的の位置に成立させることができる。	目的とした樹種を導入することが可能。	多品種・多規格のものが生産されている。種子の入手・結実が困難な樹種も導入可能。	景観を重視した配置に植栽可能。	稀少種などの移植が可能。
播種木	斜面のどこに成立するか予想できない。	発芽・生育環境によって、成立しないこともある。	流通種子や計画採取による。	自然な発芽生育。	

2) 機械施工と人力施工

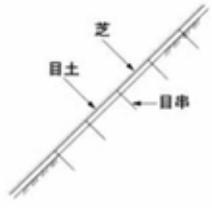
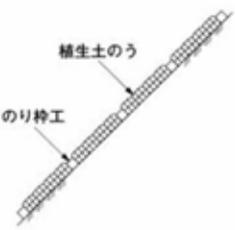
機械施工による代表的な植生工を表-資11に、人力施工による代表的な植生工を表-資12に、それぞれの工種の概要、適用条件、適用の留意点を示す。

表-資11 機械施工による植生工の種類と特徴

工 種	工種概要	適用条件		適用の留意点	断面図
		地質	勾配		
種子吹付工	ポンプを用いて基盤材を1cm未満に散布する。	土砂	1:1.0より緩勾配	生長が遅く、早期に被覆しない植物の適用は不向き。覆土が必要な種子は不向き。	
客土吹付工	ポンプまたはガンを用いて基盤材を厚さ1~3cmに客土を吹付ける。	土砂 礫質土	1:0.8より緩勾配	生長が遅く、早期に被覆しない植物の適用は不向き。	
植生基材吹付工	ポンプまたはモルタルガンを用いて基盤材を厚さ3~10cmに吹付ける。	土砂。礫質土。硬質土。軟・硬岩。モルタル吹付面。	基本的に1:0.8より緩勾配	土壌硬度、勾配などによって吹付厚を選定する。	
苗木設置吹付工 (植生基材併用)	木本の苗木を設置した後、植生基材吹付工を吹付ける。	同上	基本的に1:0.8より緩勾配	土壌硬度が27mm以上の堅い土壌やクラックの少ない岩盤では苗木の活着は困難である。	

【出典：(社)日本道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p223を参考に作図】

表-資12 人力施工による植生工の種類と特徴

工 種	施工概要	適用条件		適用の留意点	断面図
		地質	勾配		
張芝工	芝を斜面全面に密着するように張り付け、目串で固定する。また目土を施す。	粘性土 土壤硬度 27mm以下	1:1.0より 緩勾配	小面積や修景効果が 必要である場合に使用 する。	
筋芝工	切芝を、土羽打ちを行いながら、30～50cmの間隔で挟み込むように施工する。		1:1.2より 緩勾配	小面積の盛土に適用。 砂質土には不適であ る。	
植生シート工	種子・肥料等が添着したシートを斜面全面に敷設し、目串やピン、縄で押さえ固定する。	砂質土 土壤硬度 23mm以下	1:1.0より 緩勾配	マットを斜面に密着 させる必要がある。 肥料分の少ない土質 では追肥管理を要す る場合がある。	
植生マット工	種子・肥料・基盤等を含んだマットを斜面全面に敷設し、目串やピン、縄で押さえ固定する。		1:1.0より 緩勾配	緑化目標、土壤硬度、 勾配などによってマ ット厚を決定する。 マットを斜面に密着 させる必要がある。	
植生土のう工	種子・肥料が装着された植生袋に、土または改良土壌を詰め斜面に積上げる。のり枠工との併用が一般的である。	岩。 硬質土砂。 肥料分の少 ない土砂。	1:0.8より 緩勾配	勾配が1:0.8より急な ところでは落下する ことがある。草本種 子を使用する場合は 保肥性の優れた土 とする。	
植栽工	植え穴を掘って苗木などを植え付ける。または、プランターなどを設置して植え付ける。		粘性土 土壤硬度 27mm以下 砂質土 土壤硬度 23mm以下	1:1.5より 緩勾配	植え穴を開けるとき は排水を考慮する必 要がある。 客土量が少ないと生 育が抑制されることが ある。

【出典：(社)道路道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p223-225を参考に作図】

(5) 施工時期

1) 播種工

樹木は、多くの野菜や草花などの草本植物と異なり、春に種を播けば数ヶ月後に芽を出すとは限らない。樹木の発芽パターンはさまざまで、播種から数日で発芽するものから、種類によっては1～2年、長いものでは3年以上かかるものもある。また、播種適期も夏期を過ぎて施工すると、その年にはほとんど発芽しないものや発芽しても幼苗のため冬期の凍上などによって枯死・枯損するものが多い。一般に高木型、中・低木型、草本型の在来種、外来草本(夏草)の場合の施工は3～6月の期間が適期で、外来草本(冬草)の場合は3～6月および9～10月が適期である。

2) 植栽工

植栽の時期は、活着率を大きく左右する要因で、樹種に適した時期に植栽することが望ましい。植栽の適期は、枝葉からの蒸散活動による損失が小さい雨量の多い時期、昼夜の気温差が少なく根の活性や再生力が旺盛な時期が適している。

一般的には、常緑樹は、霜が降りなくなった時期から秋までが良いが、新梢が伸長する時期は、蒸散活動が活発な時期であり避ける必要がある。また、落葉樹は、落葉期間であれば植栽可能である。中でも春先が望ましい。新梢が伸長する時期を避けるのは、常緑樹と同様である。なお、コンテナ苗木(ポット苗木など容器内で栽培されたもの)であれば、植栽に当たって根系に損傷を与えることが少ないので、厳寒期および厳暑期を除いて植栽可能とされている。

生育特性による施工適期の目安を表-資13に示す。

表-資13 生育特性による施工適期の目安(関東地方の平野部)

施工月			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
播種工	草本類	冬草												
		夏草												
	木本類	ハギ類・先駆性												
		遷移中・後期種												
植栽工	コンテナ苗	落葉樹												
		常緑樹												
	山取り・露地苗	落葉樹												
		常緑樹												

■ 適期 □ 可能期 □ 不適期

【出典：(社)全国特定法面保護協会、のり面保護工施工管理技術テキスト(1998年10月)
および(社)日本道路協会、道路緑化技術基準・同解説(1988年12月)をもとに作表】

(6) その他

斜面に成育する老木や大木、希少木などは、工事によって移植などの対策が必要な場合もある。移植は樹種や樹齢によって多くの方法があるので、樹木医や植物の生理生態に詳しい専門家の意見を参考に行うのが望ましい。

4.3.2. 構造物工の設計

構造物工は、斜面を構造物によって被覆することで、風化、浸食あるいは崩落を防止するものである。構造物を検討してゆく手順については、調査結果により、斜面を不安定化する主要因を特定し、その要因の除去、緩和、あるいはその要因によって発生する変形などの事象に対応できる機能を持つ工種を選定する。設計の上での留意点は次の通りである。

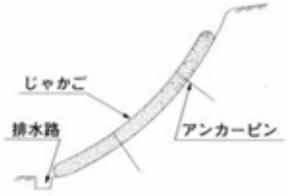
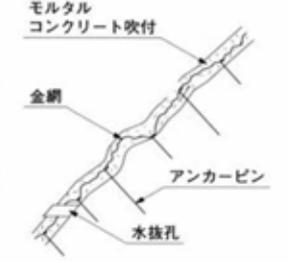
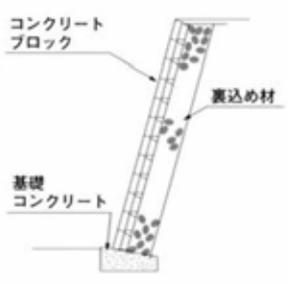
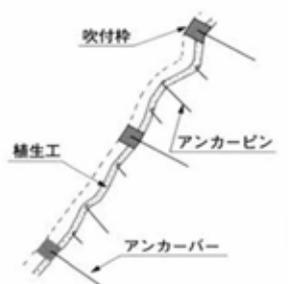
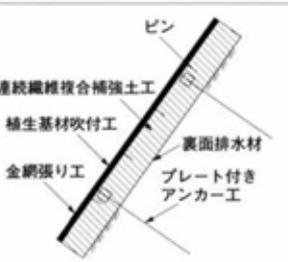
- ① 調査結果にもとづき、不安定要因と不安定箇所を詳しく検討する。
- ② 常に施工目標を念頭に置いて設計する。
- ③ 斜面の一部の不安定な部分だけをもとに検討するのではなく、斜面全体を総合的に検討した上で適切な工種を決定する。
- ④ 該当斜面の近隣などにみられる既施工の工種と比較検証する。

構造物による斜面保護工には、斜面の不安定化規模に応じて多様な工種が存在する。本書では斜面の地表からおおよそ3m程度の深さまでの表層崩壊などに行う「表層保護工」と、おおよそ3m以上の大規模崩壊・地すべり性崩壊に行う「大規模崩壊防止工」に分類してその特徴を述べる。

(1) 表層保護工の種類

表-資14に表層保護工の主な斜面保護工の種類と特徴を示す。遺跡斜面での適用は景観も十分考慮し、違和感のない構造物の設計が必要である。

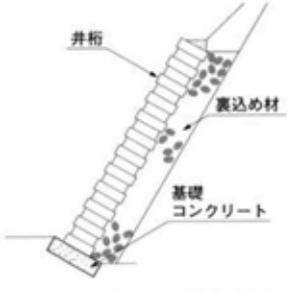
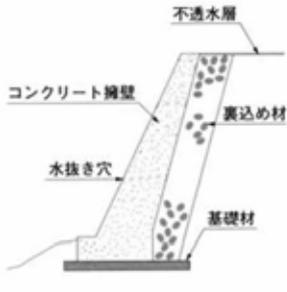
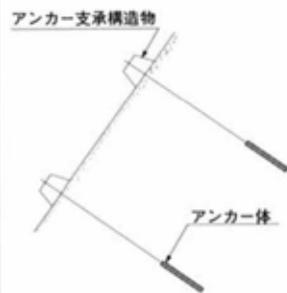
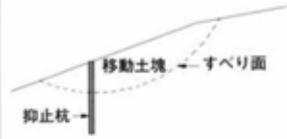
表-資14 表層保護工に適用する主な構造物工の種類と特徴

区分	工種	目的および工種概要	斜面での適用箇所および留意点	特徴・模式図
表層保護工	じゃかご工	金網でできたカゴに玉石等をつめ斜面に設置する工種である。表層部の浸食や湧水による土砂流出抑制。	のり面表層部の湧水処理、表面排水および凍上防止等に用いる。	
	モルタル吹付工 コンクリート吹付工	モルタルやコンクリートを材料に吹付機を使用して5~10cm程度吹き付ける工種である。風化、浸食防止(浸透水の防止による土圧発生の緩和)。	大きな面積に適用できる。景観を重視する場合の適用は注意を要する。	
	石張工 コンクリートブロック張工	石・コンクリートブロックを斜面に設置し、多少の土圧に対応する工種である。風化、浸食防止(浸透水の防止による土圧発生の緩和)。	斜面の下部に適用する。基礎が不安定化する場所では不適。景観を配慮する場合は石張りや擬岩ブロックなどを選定する。	
	吹付枠工 現場打ちコンクリート枠工	モルタルおよびコンクリートを斜面に格子状に吹付または打設する工種である。岩盤剥離、表層崩壊防止。	大きな面積に適用できる。景観を重視する場合の適用は注意を要する。1:1.0より急勾配斜面で用いられることが多い。グラウンドアンカー、ロックボルトの支持工にも適用する。	
	連続繊維複合補強土工	砂質土に連続繊維を混合した補強土材で斜面を覆う工種である。補強土表面に植生工を施す。浸食防止、岩盤剥離防止、表層崩壊防止。	大きな面積に適用できる。緑化することを前提とするため仕上がり勾配は1:0.5より緩勾配。	

(2) 大規模崩壊防止工の種類

表-資15に大規模崩壊防止工の主な斜面保護工の種類と特徴を示す。大規模崩壊防止工は、その構造も大がかりなものが多い。工種の決定には、崩壊規模を把握した上で適した工種を選定することが欠かせない。

表-資15 大規模崩壊防止工に適用する主な構造物工の種類と特徴

区分	工種	目的および 工種概要	斜面での適用箇所 および留意点	特徴・模式図
大規模崩壊防止工	ふとんかご工 井桁工	金網や井桁に玉石等をつめ、斜面に設置する工種である。 大量の湧水、流下水により土圧を伴う場合やのり尻の保護と土圧の軽減対策として用いる。	斜面下部に適用する。基礎が不安定化する場所では不適。	
	コンクリート擁壁工 石積擁壁工 コンクリートブロック積工	石・コンクリート製の重量構造物を斜面下部に設置し、土圧に対応する工種である。 のり尻における土圧防止対策。	斜面下部に適用する。基礎が不安定化する場所では不適。 景観を重視する場合の適用は注意を要する。 ロックボルトやグラウンドアンカーの支持工として使用される場合がある。	
	ロックボルト工	鉄筋をセメントミルクで補強した棒状補強材を斜面に打ち込み安定化させる工種である。 岩盤の崩落、土砂斜面の崩壊のおそれがある場合における抑止力の付与。	岩盤の剥離防止。 切土のり面の安定化。 安定計算を実施の上、適用する。	
	グラウンドアンカー工	アンカー体に固定した鋼線等を緊張することにより、不安定土塊を斜面に安定させる工種である。 岩盤の崩落、土砂斜面の崩壊のおそれがある場合の抑止力の付与。	張工、枠工、擁壁工の安定向上のための工種。 安定計算を実施の上、適用する。	
	杭工	地すべり対策など非常に大きな抑止力を必要とする場合に用いる。	その強度を最大限に発揮させる位置に施工する。 安定計算を実施の上、適用する。	

4.4. 工法・工種の選定

工法・工種の選定は、それぞれの特徴や性質を十分理解し、基本的考え方などにしたがって行う。基本的な考え方は次のとおりである。

- ① 落石の危険がある箇所では「落石対策工」を採用する。
- ② 安定勾配より緩い場合
浸食防止や表層崩壊の防止を主な目的として、「植生工」を採用する。
- ③ 安定勾配に近い場合
上記より安定度の高い「植生工併用構造物工」および「構造物工」を「表層保護工」として採用する。
- ④ 安定勾配より急な場合
土圧やすべりに対抗出来る「構造物工」を「大規模崩壊防止工」として採用する。

一般的な工法・工種選定フローを図-資4に示す。

用語解説 (図-資4)

安定勾配 土砂や岩盤の種類によって安定的に自立する勾配のこと。一般的に土砂では20～50度、軟岩では40～60度、硬岩では50～70度であるが、特異な地質もあり個別の調査から判定する。

土壌硬度 土の硬さを示す値。通常、山中式土壌硬度計を用いて測定する。土壌硬度27mm以上で植物の根の侵入は困難になるといわれている。

木本植物 木を形成する組織が発達し、多年生の地下茎がある植物(樹木)⇔草本植物

岩盤の節理 岩盤の亀裂のこと。節理間隔が狭い岩盤は風化が進行し、もろいことが多い。

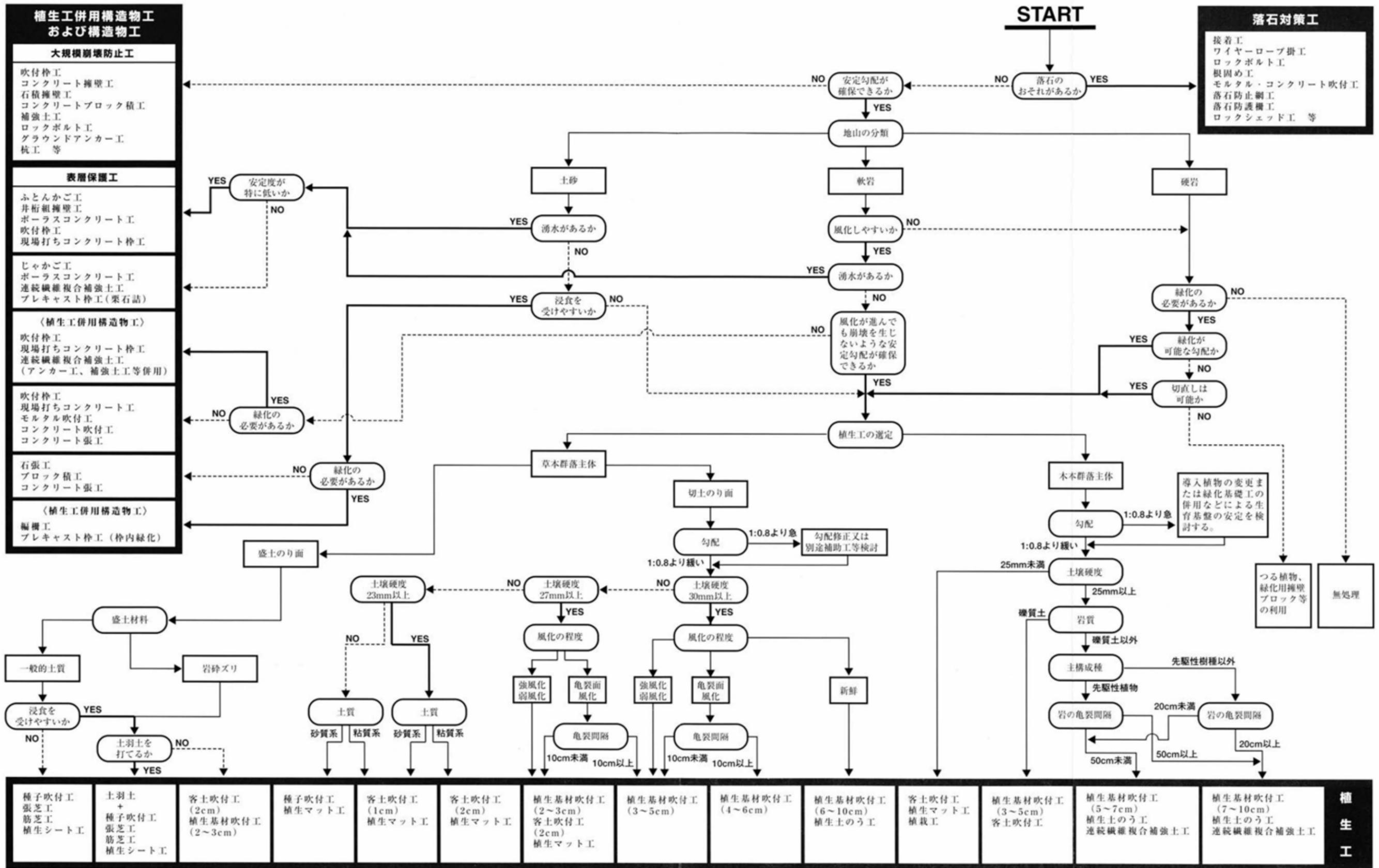


図-資4 工法・工種選定フロー

【出典：(社)道路道路協会、道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999年3月、p212、213、231、232を参考に作図】

5. 維持管理

5.1. 基本的考え方

斜面保護工は、施工後の気象や地盤の変異、あるいは周辺環境の変化などによって、劣化や変形が生じたり、植生工では目標とする群落への移行が十分に行われなくなる場合も生じる。こうした状態の発生を未然に防止し、斜面保護工の目的である斜面の安定性、環境との調和、景観の保全及びそれらの永続性を確保し、常に斜面を良好な状態に保つように、点検、調査、補正、補修などを行うことが、維持管理の基本である。

5.2. 点検と調査

斜面の点検と変状調査は、平常時に定期的に行われるものと、豪雨・台風・雪崩・地震など短期間に斜面に変状または損傷をきたすおそれがある事態が発生した場合、および変状が発生した場合といった異常時に行われるものがある。

5.2.1. 平常時の点検・調査

- ① 斜面下への落石、土砂の流れ出した痕跡
- ② 斜面のはらみ出し、亀裂
- ③ 盛土上部の亀裂、沈下
- ④ 斜面からの湧水状態
- ⑤ 斜面表面の流下水の痕跡
- ⑥ 植生の流亡、衰退、枯れ、倒木、変色、異常繁茂
- ⑦ 側溝、小段排水溝、縦排水溝などの堆積物と変状
- ⑧ コンクリート構造物の亀裂、剥離、変状
- ⑨ 斜面周辺、特に上方の倒木、変状

5.2.2. 異常時の点検調査

異常時には平常の点検に加えて下の項目も調査する。

- ① 流下水および湧水の位置・量・濁りの状態
- ② 落石および崩土の規模と発生位置の状態
- ③ 斜面のはらみ出し、亀裂の規模と状態
- ④ 植生斜面の滑落、斜面とその上方の倒木
- ⑤ 構造物の亀裂の拡大、沈下
- ⑥ 崩壊箇所については、その規模の拡大の有無、および下方への影響

5.3. 維持管理の実施

斜面の維持管理の実施は、植生工と構造物工とではその手法に大きな違いが生じる。植生工の多くは、工事完成時には完成品ではなく、時間をかけて目標とする群落へ移行していく。一方で、構造物工は工事完成時には完成品として所定の性能を発現できるものである。植生工および構造物工の点検項目と維持管理方法を表-資16、資17、資18に示す。

表-資16 植生工の点検項目と維持管理方法

点検項目	点検内容		維持管理方法
植生状況	生育状況	生育の良否	追播、追肥
		過繁茂障害の有無	草刈り、高切り、下草刈り、灌木刈払い、除・間伐
		通行障害の有無	
	損傷	枯死、すり切れ、踏圧、損傷の程度	追播、追肥、補植
	病虫害	種類・症状確認	草刈り、高切り、下草刈り、灌木刈払い、除・間伐、薬剤散布
	浸入植物	被圧の程度	除草剤散布、人力除草
植生基盤の状況	損傷	地盤露出の有無	生育基盤の部分補修など
		亀裂、陥没、はらみ出し、崩れの有無	湧水処理、排水溝の部分補修など
		湧水、漏水の有無	
緑化基礎工の状況	損傷	金網の浮き上がりの有無	金網の固定、部分補修など
		損傷の程度	枠工の部分補修など
		枠工の亀裂、変形、陥没の有無	
その他	損傷	溝の詰まりの有無	排水溝清掃

表-資17 構造物工の点検項目と維持管理方法の目安 (1)

工 種	点検項目	原因、留意事項	維持管理方法
モルタル吹付工 コンクリート吹付工	割れ目	ヘアクラックの存在	幅、長さなどの観察
		やや大きめ(2~3mm)のクラック	周辺の関連性を考慮 補修する場合はオーバーショット
	段差のある割れ目、せりだし	原因が土圧によるもの 原因が凍結、凍上によるもの	原因、規模、程度により補強方法の検討、または再施工
	割れ目からの大量湧水	過剰間隙水圧の発生	水抜きボーリングの必要性
	剥離	原因が凍結によるもの 原因が老朽化によるもの	応急処置(ネット被覆)、再施工
コンクリート張工	割れ目	単純(乾燥、収縮)な原因	進行を止める(Vカット、モルタル充填)
	段差のある割れ目、せりだし	原因が土圧によるもの 原因が凍結、凍上によるもの	原因、規模、程度により補強方法の検討、または再施工
石張工 ブロック張工	ゆるみ(石、ブロック)	裏込めの沈下、流出	充填、締め固め
	沈下	裏込め、または平面土砂の沈下、流出	充填、締め固め 浸出防止の処理、再点検
	はらみだし	平面土砂の土圧(すべり)	浸透水、湧水処理後の再施工
	基礎部の沈下	土砂の洗掘	基礎処理、排水、再施工
現場打ちコンクリート 枠工 吹付枠工	枠の亀裂	単純なヘアクラック	幅、長さなどの観察
		枠断面の重大なクラック	原因の解明、程度の検討を行って補強処理
	枠下部の空洞	水による洗掘	充填(モルタルなど)、水の処理
	枠表面の剥離	原因が凍結によるもの 原因が老朽化(中性化)によるもの	原因、状態に応じた的確な処理
	枠のはらみだし	異常な土圧の発生	程度に応じた対策工の検討または再施工
プレキャスト枠工	枠下部の空洞	水による洗掘	充填(土砂)、植物の導入
	枠の持ち上がり	原因が凍上や凍結によるもの	地下水の処理方法、枠の組み直し。 植物の導入
		原因が土圧によるもの	程度に応じて耐土圧工法を検討
枠の割れ目、枠のひずみ	枠軸方向への異常、荷重、沈下、異常土圧	程度に応じて補強、再施工	
じゃかご工	ずれ落ちなど	背面土砂の流出	流下水の処理、植物の導入
		基礎部の洗掘	流水の処理、基礎部の補強
	詰め石のくずれ	鉄線の切断と腐食	鉄線の補修
編柵工	ずれ落ちなど	堆積土砂の増加 杭、そだの腐食	除去 植物の導入、補強、再施工

表-資18 構造物工の点検項目と維持管理方法の目安 (2)

工 種	点検項目	原因、留意事項	維持管理方法
ロックボルト工	鋼材の損傷と腐食	地山の収縮。 材料の損傷と腐食。 土圧の異常増加。	防水処理 増し打ち 地山の再検討
	受圧構造物の亀裂	土圧の異常増加。 異常沈下。	土圧、沈下の軽減および補強
グラウンド アンカー工	緩み	地山の収縮。 材料の損傷と腐食。	再緊張 増し打ち
	アンカー体の飛び出し	土圧の異常増加。 凍上などによる背面土の膨張。	地山の再検討 排水処理方法 凍上対策
	受圧構造物の亀裂	土圧の異常増加。 異常沈下。	土圧、沈下の軽減および補強