

道路におけるのり面工の景観評価と建設費*

On the Landscape Evaluation and the Construction Cost of Roadside Slope Protection*

北村真一**・渡辺直幸***・佐藤俊明****・松本聡子****

By Shinichi KITAMURA**, Naoyuki WATANABE***,

Toshiaki SATO**** and Satoko MATUMOTO****

1. はじめに

(1) 研究の目的とその背景

道路建設に伴って発生する切土のり面は、自然環境と道路の景観の調和を損なうものとして問題視されてきた。そのためのり面工の景観対策の技術開発は既に多面的に行われ、実施されている。たとえば植生工は景観的にも優れているが、軟岩で安定勾配が確保でき、湧水がなく植生が付きやすい場所において行われている。こうした工法選定のフローは現状では長期的な安全を主目的として、経済性や景観を考慮して決められている。^{1) 2)} しかし実際にこのフローで設計されたのり面のなかでも、複合化したのり面工などは、残念ながら美しく見えない。(写真-1) そこで複雑な地質や地形の場所でも、安全性を低下させず、経済的には不利であるが、のり面工の形態を単純化したり、統一したりする工法選定のフロー(設計フロー)が必要となる。そのために景観対策のための材料費や工種の違いが、景観評価と建設費の変化にどのように影響するかを知ることが基礎情報として必要となる。本研究の目的は、沿道の切土のり面を対象として、①のり面工の景観評価要因の影響をモデル化し、②工種の違いによるのり面工の景観評価と建設費の関係を明らかにすることである。

(2) 既存研究

切土のり面の景観に関する研究は多い。まず多数の緑化工に関する研究とその成果をふまえた著書が

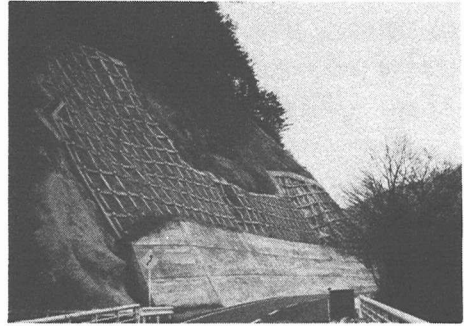


写真-1 地山の地質が複雑な場所では複雑なおり面工が造られるが評価が低かった。

ある。³⁾

切土のり面の景観評価の一連の研究が高速道路調査会⁴⁾、窪田ら⁵⁾、建設省土木研究所(篠原らほか)^{6) 7) 8)}、小柳ら⁹⁾によって行われている。それらはのり面工の景観評価の構造分析、評価に影響する要因の分析、そして路線選定時の地形による切土面発生と景観的影響の予測の研究である。特にのり面などは材料の組み合わせの景観的影響が大きいことが明らかになっている。

確かに路線選定時におけるのり面工の出現を減らす工夫が本質的な解決法であるが、山岳道路をトンネルや高架橋や盛り土ですべてつくるには経済的に難しく、切土のり面はどこかで出現せざるをえない。そこで、本研究は出現してしまうのり面工について、既存の研究を基礎にして、デザインの改善面に主眼をおき、さらにデザインと経済性との関連という新しい視点を導入した。

2. のり面工の景観評価

(1) 実験の概要

*キーワードズ: 景観、空間設計、環境計画

**正員、工学博士、山梨大学工学部土木環境工学科

(甲府市武田4-3-11 TEL0552-20-8597, FAX0552-20-8770)

***正員、工修、住宅都市整備公団関東支社

(新宿区西新宿1-81 TEL03-5381-1297, FAX03-5381-1309)

****正員、日本ナチュロック株式会社

(港区北青山1-3-3 TEL03-3497-1388, FAX03-3497-1698)

以下のように切土のり面の景観評価実験を行った。被験者はのり面工の景観及びデザインについて見識が深く、その設計など実務に携わっている土木関係の全て異なるコンサルタント会社の職員9名とした。評価対象は、山梨県内を通過している7路線内ののり面工の写真（キャビネ判サイズ）97葉、またサンプルの数のバランスを取るため、工法事例の少ない擁壁部分に天然石埋め込みブロックを合成した写真を3葉加え、計100葉とした。評価対象の写真撮影は28ミリレンズで35ミリフィルム（水平画角約64度）を用いた。対象と周囲の環境の関係がわかるように、斜め前方50～500メートル先にのり面工が写っている横長の写真を基本とし（92葉）、地形的制約で遠方正面（3葉）、斜め前方縦長（2葉）、正面つなぎ写真（3葉）もサンプル構成上必要なために加えた。評価尺度は、自然景観に馴染みやすい－自然景観に馴染みにくい、造形的に優れている－造形的に劣っているの2組の言語対として、7段階の評価とした。のり面工は起伏の多い地形に造られ、周辺は自然の植生、森林、草地が多い。従って自然景観との調和が最大の問題となるので、「調和」を誰にでもわかりやすく、判断しやすい概念に置きかえる必要がある。そこで「類同の調和」を「自然景観との馴染み」とし、「対比の調和」と「構造物の形の良さ」とを「造形的な優劣」として、それぞれ尺度化した。なお評価に際しては、「写真の季節、周辺環境に直接的にとらわれず、自然の中にあるもの」とし長期的に見て汚れなどを考慮して評価をする」よう指示した。すなわち、写真には新しい擁壁が写っていても、そのエイジングによる汚れや植生の復元などを予測して評価を行い、古びて苔や草が生えたのり面工は新設当時の状況まで推定して評価をしてもらっている。更に、刺激写真の中から代表的なのり面工の写真30葉を選び、各被験者に10葉ずつその評価とその理由を回答してもらった。これは評価要因の分析結果の検討において参考とした。なお7段階評価の結果は、各被験者の評価の尺度上の差を補正するため、被験者ごとに評価得点の基準化を行い相対評価へ変換した。

（2）分析

影響する要因の分析は平均値を外的基準とし、評

表－1 のり面保護工の評価要因の仮説

要 因		要 因
面のデザイン	①基礎的デザイン のり面工の表面の印象を造るものであり、地質がその選定に大きく影響を与えているため、勾配により工種が概ね決まる。	・表面デザイン （主要なもの） ・使用素材 （主要なもの）
	②特徴的デザイン のり面に用いられ、視野に入りやすく目立つデザインである。のり面全体を覆ったり、のり層、擁壁工の上などに取り付けられ違和感を与える可能性がある。	・下部デザイン ・落石防止工
	③デザインの整然性 各デザインの組み合わせにより、のり面全体の整然性を表す。	・組み合わせ
輪郭のデザイン	①輪郭部の整然性及びボリューム 地形とのり面の発生位置により決定し、境界部の整然性、のり面のボリュームを表す。	・形態
	②大きさ・改変度 のり面の高さによって大きさ、その改変度は表現が可能である。	・スケール （高さ）

表－2 数量化理論Ⅰ類の結果（自然景観の馴染み）

		サンプル数：100 +：馴染み易い -：馴染み難い		要因分析の結果		予割式に用いた値	
		重相関係数		0.864		0.854	
アイテム	カテゴリ	サンプル数	基準化後の値	偏相関係数	基準化後の値	偏相関係数	
使用素材 （メイン）	石材	13	0.672	0.773	0.647	0.782	
	植物類他	37	0.562		0.578		
	コンクリート材料	50	-0.591		-0.595		
デザインの 組み合わせ	1種類	19	0.707	0.647	0.712	0.659	
	2種類	29	0.060		0.061		
	3種類	41	-0.201		-0.208		
	4種類以上	11	-0.630		-0.614		
下部 デザイン	石積み系	10	0.614	0.459	0.551	0.421	
	天然石埋込ブロック なし	3	0.251		0.184		
	コンクリート系	51	-0.000		0.010		
表面デザイン （メイン）	吹付工	27	0.249	0.373	0.285	0.407	
	擁壁工	19	0.068		0.078		
	無処理及び植生工 のり枠工	28	-0.027		-0.011		
		26	-0.280		-0.320		
スケール （高さ）	30m～ ～10m	5	0.385	0.198			
		50	0.017				
	10～30m	45	-0.060				
落石防止工	防止網工 なし	11	0.198	0.153			
		47	-0.010				
	防止柵工	42	-0.040				
形態	台形（横長）	45	0.059	0.125			
	三角形	19	-0.002				
	複合形	35	-0.074				

表－3 数量化理論Ⅰ類の結果（造形的な優劣）

		サンプル数：100 +：優れている -：劣っている		要因分析の結果		予割式に用いた値	
		重相関係数		0.866		0.837	
アイテム	カテゴリ	サンプル数	基準化後の値	偏相関係数	基準化後の値	偏相関係数	
使用素材 （メイン）	石材	13	0.873	0.698	0.692	0.705	
	植物類他	37	0.288		0.286		
	コンクリート材料	50	-0.388		-0.391		
デザインの 組み合わせ	1種類	19	0.574	0.624	0.624	0.680	
	2種類	29	0.110		0.121		
	3種類	41	-0.158		-0.180		
	4種類以上	11	-0.695		-0.725		
下部 デザイン	石積み系	10	0.798	0.620	0.835	0.610	
	天然石埋込ブロック なし	3	0.662		0.727		
	コンクリート系	51	-0.032		-0.061		
落石防止工	防止網工	11	0.279	0.233			
	防止柵工	42	-0.008				
	なし	47	-0.058				
表面デザイン （メイン）	擁壁工	19	0.096	0.213			
	無処理及び植生工	28	0.084				
	吹付工	27	-0.003				
	のり枠工	26	-0.157				
スケール （高さ）	30m～ ～10m	5	0.333	0.189			
		50	-0.025				
	10～30m	45	-0.010				
形態	台形（横長）	45	0.074	0.183			
	三角形	19	0.018				
	複合形	35	-0.105				

価に関連すると思われる仮説にもとづく7要因（表-1）を用いて数量化理論Ⅰ類を適用して行った。結果、表中の要因は偏相関係数の大きい順に、カテゴリーはウエイトの大きい順にその値を示した（表-2、3）。

a) 自然景観への馴染み

各要因の説明力は使用素材（メイン）、デザインの組み合わせ、下部デザイン表面デザイン（メイン）の影響が大きいことが寄与度を示す偏相関係数から読みとれ、これらの要因によって、のり面工の自然景観への馴染みの評価は概ね説明されると考えられる。

使用素材（メイン）は、自然素材（石材、植物類他）は自然景観に馴染みやすく、人工素材のコンクリートは馴染みにくい（写真-2）。デザインの組み合わせは、単一のデザイン又は2種類までは馴染みやすいが、種類数が増すと、整然性よりも煩雑性が強まり、馴染みにくくなっていく（写真-1）。

下部デザインは、石積み系、天然石埋め込みブロックのように自然素材が用いられているものは馴染みやすいが、現場打ち・ブロック積みなどコンクリート系のものは馴染みにくい。下部デザインが無い場合はどちらとも言えないと判断される。

表面デザイン（メイン）は、吹付工、擁壁工の順で馴染みやすく、無処理及び植生工、のり砕工は馴染みにくいと判断された。これはエイジング効果が現れ、表面デザインの印象が汚れの進行により大きく変わることが影響していると考えられる。吹付工は表面の凸凹が地形の様子に似ており、汚れの進行によって自然な風合いが高まり、馴染み易い印象が高まったと考えられる（写真-3）。それに対し、のり砕工は表面の格子形状は自然界にはないので、汚れの進行によっても馴染みにくいと判断されたと考えられる（写真-4）。無処理及び植生工は馴染みが低いが、これは擁壁など他の構造物が評価の主対象となり易く、自然が回復した部分はのり面として意識されにくいことが原因と考えられる。

b) 造形的な優劣

要因の説明力は、使用素材（メイン）、デザインの組み合わせ、下部デザインの影響が大きく、これらの要因によって造形的な評価については概ね説明される。また、a) 自然景観への馴染み方（以下

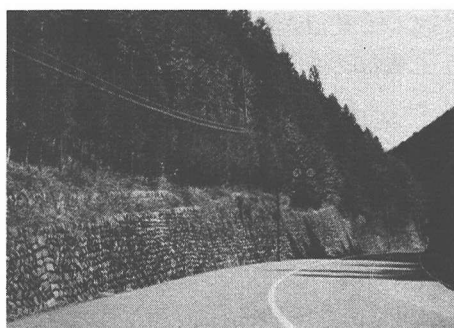


写真-2 自然素材の玉石積擁壁は自然景観に馴染みやすくまた造形的にも優れた評価を得た



写真-3 モルタル吹付工は、エイジング効果で時がたつと黒く汚れ自然に馴染みやすいという評価を得るが、造形的には評価が下がる。

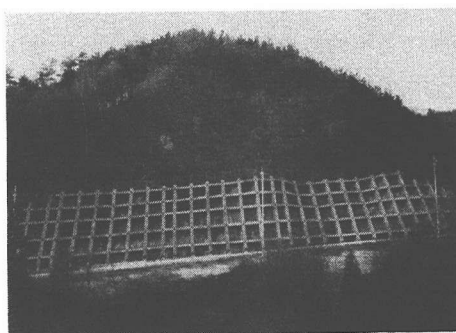


写真-4 コンクリートののり砕工は自然景観に馴染みにくく、造形的にも劣る評価を得た。

a)と略す)との違いは、落石防止柵工の説明力の順位が上がり、また表面デザインの説明力の順位が下がったことが挙げられる。各要因のカテゴリーについては、使用素材、デザインの組み合わせは、a)と概ね同様の結果を得たが、自然素材の植物類のウエイトが下がった。これは自然素材は構造物でなく、造形的な判断が難しかったためと推察される。

下部デザインは、a)と同様の傾向で、下部デザインが無い場合は造形的に劣っていると判断される。天然石埋め込みブロックはa)に比べウエイトが大きく、造形的に特に優れていると判断される。

表面デザイン(メイン)の吹付工は自然への馴染みに比べて造形的評価が低下した。

(3) まとめと予測式の構築

自然景観への馴染み方は使用素材、表面デザイン、下部デザイン、デザインの組み合わせの4要因の説明力が高く、造形的な優劣は使用素材、デザインの組み合わせ、下部デザインの3要因の説明力が高い。それぞれ説明力の低い要因を抜いて再度分析し、重相関係数はそれぞれ0.854、0.837を得た。サンプル数も100と少ないので予測式の安定性を確保する上で、これら要因のみでも評価得点の予測は十分可能であると判断し、以下効果の少ない要因は操作対象とせず、予測式としてこれらを用いることとする(表-2・3)。

また代表的な写真30葉の被験者の回答理由の傾向は以下のとおりであった。概ね仮説を支持し、またより細かいデザインの示唆を含むものであった。

a) 植物、石材など自然素材に対する評価が高く、素材の表情や質感が良い。逆にコンクリートは人工的で造形的に無配慮な点が悪いが、汚れの進行で周辺へのなじみ(エイジング効果)は良い。

b) 植物以外の構造物は、異質な材料や工法の複合化が複雑なほど悪い。

c) 細部に関して、造形的には端部のおさまりが重要であり、自然景観へのなじみは周辺の植生との境界部の処理が重要で、植物によるぼかし効果が良く、防護柵は違和感があって悪い。

3. のり面工の景観評価と工費

(1) 標準のり面の設定

切土のり面工の発生に関わる条件を単純化した標準のり面を以下のように設定した。設定にあたっては評価実験・予測式に用いたサンプルが、山梨県内の道路であること、尾根の先端を直線的に切ったもの(50葉)が多いことをふまえ、この範囲内に納まるものとした。

a) 地山勾配：山梨県内の山地部を通過する道路の地山勾配は概ね20~30°の間にあるため、25°

(1:2.14)を用いた。

b) 切土勾配：指針で設定している標準のり面勾配を採用した。①硬岩1:0.5、②軟岩1:0.8、③土砂(密実なもの)1:1.0、④土砂(密実でないもの)1:1.2

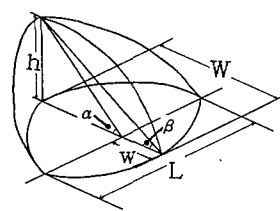


図-1 切土のみ

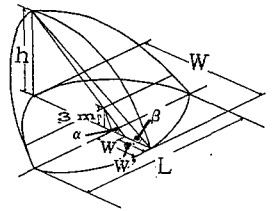


図-2 擁壁あり

c) 道路幅員：地方部の幹線道路の道路構造例の設計基準値から標準幅員9mの値を採用した。

d) のり面形態の概要：①のり面は地形的に凸部(稜線部分など)に出現する、②のり面工及び地山の輪郭は放物線で近似する、③のり面幅は50mとする、④完全切土と擁壁工を施した場合の2種類を算出する。

(2) 表面積及び土工量の算出

(1)で設定した条件を元に標準切土のり面工の表面積、土工量を以下の式により算出した。

a) 切土のみの場合(図1)：地山の稜線部を直線とみなし、切土高(h)、用地幅(w)、表面積(s)、土工量(V)を算出した(式1~4)。

$$\text{切土高 } h = \frac{w \tan \alpha \tan \beta}{\tan \alpha - \tan \beta} \text{----- (1)}$$

$$\text{用地幅 } W = w + \frac{h}{\tan \alpha} \text{----- (2)}$$

α : 切土勾配 (度) β : 地山勾配 (度)
 w : 道路幅員 (m)

$$\text{表面積 } s = \frac{2L}{3} \sqrt{h^2 + (W-w)^2} \quad \text{--- (3)}$$

$$\text{土工量 } V = \frac{L}{5} \left[\frac{2}{3} hW - \left\langle -\frac{\tan \alpha}{2} T^2 + hT \right\rangle \right] \quad \text{--- (4)}$$

$$\text{但し } T = W - w \quad \text{--- (5)}$$

L : 切土幅 (m) w : 道路幅員 (m)

h : 切土高 (m) α : 切土勾配 (度)

W : 用地幅 (m)

b) 擁壁工を施した場合 (図2)

擁壁の構造条件は高さ3m、勾配1:0.5とし、切土面を削り取り設置するものとした。軟岩については切土勾配が擁壁工の勾配と同様のため、算出は行わなかった。算出方法については、切土のみで用いた式に準じた式を適用した。表面積については上部のり面部分と下部の擁壁部分に分けて算出した。

(3) 工費の算出

切土のり面工にかかる工費は、①土工にかかる工費、②保護工にかかる工費の二つに分けた。土は完全捨土とし、工種を選択と単価は土木工事積算標準単価 (平成4年度版) の山梨県の値を採用した。なお用地費は工費に含めないものとした。

a) 土工費 : 土工費は、地山掘削費、土砂運搬費、のり面整形工費の3つとし、それぞれ工費単位に土工量及び表面積をかけ、算出を行った。

b) 保護工費 : 保護工費は、工種が多数あるため、植生工、構造物による保護工の中から価格が平均的で代表的な工種を選択した。

c) 上記の基準を用いて、硬岩、軟岩、土砂のケースで、単純な無処理から擁壁+のり枠+防止柵工などの複雑な構造物まで、合計226ケースの工事費を算定した。

(4) 評価予測値と工費の関係

①工費あたりの評価得点の値を比較した場合、有利な工法は擁壁を用いない無処理及び植生工である (図-3)。不利な工法は吹付工・のり枠工 (吹付) で落石防止柵工が設置されているものである。

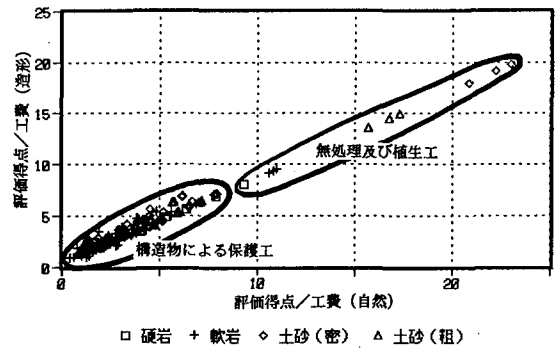


図-3 評価得点/工費の全ケースの結果

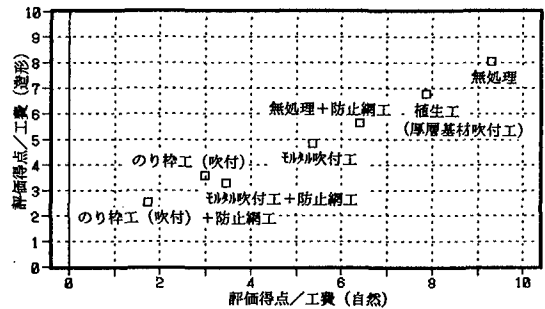


図-4 硬岩における評価得点/工費の工種別平均値

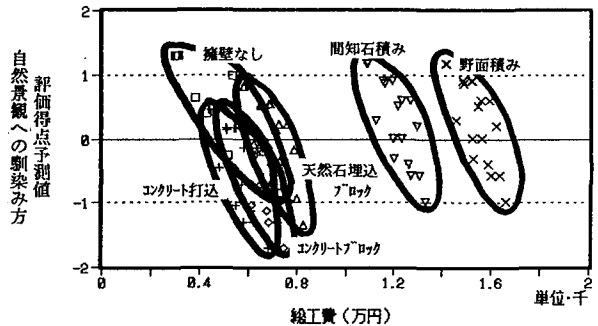


図-5 軟岩における評価得点予測値と工費 (自然景観への馴染み)

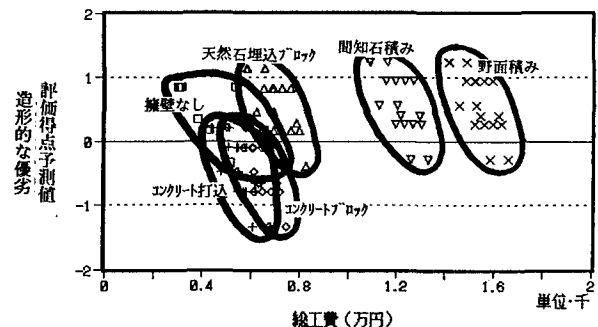


図-6 軟岩における評価得点予測値と工費 (造形的な優劣)

②硬岩の場合は無処理や植生工が有利で、吹付工やのり砕工は不利である。

③軟岩で擁壁工を用いた場合、石積みは工費はかかるが、現場打込・コンクリートブロック積みに比べ評価は高い。天然石埋め込みブロックは工費はコンクリートブロックに近いが評価得点はそれらの中間に位置する（図-5、6）。

④全体を通して保護工の種類が増し、煩雑性が高まると、評価得点予測値は低下し、工費は増加する（図-3～6）。

4. おわりに

のり面工の景観設計時の基礎的知見を得るために、①のり面工の景観評価要因を明らかにし、予測モデルを得た。②標準切土のり面を設定し、のり面処理の評価予測値と工費の関係を明らかにした。

謝辞

本論文の作成にあたって元山梨大学地学教室教授の西宮克彦氏、（株）片平エンジニアリングの大泉紀男氏に助言と資料の提供をいただいた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工のり面工・斜面安定工指針，丸善，1986
- 2) 最新斜面・土留め技術総覧編集委員会：最新斜面・土留め技術総覧，産業技術サービスセンター，1991
- 3) たとえば小橋澄治，村井宏編：のり面緑化の最先端，ソフトサイエンス社，1995
- 4) 高速道路調査会：道路景観に関する基礎的研究報告書，1976
- 5) 窪田陽一：形態とスケールと中心とした土木施設の景観的影響予測に関する基礎的研究，第三回土木計画学研究発表会講演集，pp.221～230，1981
- 6) 建設省土木研究所道路部緑化研究室、土木研究所資料第2173号 山岳道路の環境影響評価手法 その2（切土のり面の予測、植生回復判断、景観評価），1985

7) 建設省土木研究所道路部緑化研究室：土木研究所資料第2725号 厚層吹付工法に関する調査研究報告書（開発の経緯、普及、植生の育成状況），1989

8) 建設省土木研究所道路部緑化研究室：土木研究所資料第3115号 道路の外部景観に関する研究，1992

9) 小柳武和，岡田一天，中村良夫，窪田陽一：高速道路の路線選定段階における切土面の発生とその景観的影響の予測手法に関する研究，土木学会論文集，No.359/IV 3，pp.159～168，1985

道路におけるのり面工の景観評価と建設費

北村真一**・渡辺直幸***・佐藤俊明****・松本聡子****

本研究は、沿道の切り土のり面工の景観評価と建設費の関係を明らかにした。

のり面工の写真100葉を、自然景観に馴染みやすい、造形的に優れているの2つの尺度で専門家による評価実験を行った。結果に数量化理論Ⅰ類を適用し、使用素材、表面デザイン、下部デザイン、デザインの組み合わせの響が大きいことがわかった。

また標準のり面を設定し、のり面工の工種の評価予測値と工費の関係において、①石積み擁壁は工費は高いが、現場打込・コンクリートブロック積みに比べ評価が良い。天然石埋め込みブロックはそれらの中間に位置する、②有利な工法は無処理及び植生工であり、不利な工法は吹付工・のり粹工（吹付）であることがわかった。

ON THE LANDSCAPE EVALUATION AND THE CONSTRUCTION COST OF ROADSIDE SLOPE PROTECTION

By Shinichi KITAMURA**, Naoyuki WATANABE***, Toshiaki SATO**** and Satoko MATUMOTO****

This study examines the relation between respected evaluation of landscape and construction costs of slope protection works. The nine experts tested 100 leaves of photographs by two standards. The result of experiment was analyzed by the quantification theory method. The use material, the surface design, the lower part design, and the combination of design types are effective. As the material of retaining wall, though the cost of construction is high, stone is evaluated better than concrete blocks. The profitable method was no handling and revegetation. Mortar sprayed and concrete crib work took disadvantage.
