

土木研究所資料

落石防災対策に関する調査報告書(その2)

平成元年2月

建設省土木研究所
機械施工部動土質研究室

Copyright © 1989 by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は、一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

落石防災対策に関する調査報告書(その2)

動土質研究室 室長 古 賀 泰 之
伊 藤 良 弘
鷺 田 修 三
谷 口 栄 一*

要 旨

技術管理業務連絡会土質部会を通じて行った各種調査のうち、落石覆工の設計荷重に関する実態調査、落石対策工の実態調査、落石対策工の選定法の実態調査についてまとめた。落石覆工の実態調査では、ヒストグラムを中心とした図により、現場実態を整理した。落石対策工の実態調査では、どの工種が多く用いられているかを整理した。落石対策工の選定法の実態調査から、定量的な判断基準による対策工の選定方法の一例が示された。

また、その他に、落石対策便覧における落石対策工の設計法の取扱いについて、当研究室に問い合わせのあったものを例にとり説明した。

キーワード：落石、落石覆工、落石対策工、選定方法

* 現企画部企画課長

土研資料「落石防災対策に関する調査報告書（その2）」

目 次

1. まえがき	1
2. 調査の進め方	3
2. 1 背景	3
2. 2 全体計画及び調査項目	3
3. 落石覆工の設計荷重に関する実態調査	5
3. 1 調査目的	5
3. 2 調査方法	5
3. 3 調査対象	9
3. 4 調査結果	10
4. 落石対策工の選定法に関する調査	31
4. 1 落石対策工の実態調査	31
4. 2 落石対策工の選定法の実態調査	33
5. 落石対策工の設計法の取扱いに関する検討	37
6. あとがき	69
付録	71

1. まえがき

わが国は山地部が多く、斜面・切土のり面からの落石に対して、種々の対策を講じてきた。しかし、落石の発生時期、規模や運動形態などについては不明な部分が多いため、現在行われている対策が必ずしも十分であるとはいえない。このため、落石対策について現場の参考となるよう昭和58年に日本道路協会から、今までの調査研究をまとめた「落石対策便覧」（以下、便覧と呼ぶ）が発刊された。しかし、上に示したような未解明な部分が多く残されており、当研究室においては、これらのいくつかを取り上げ、便覧発行後も調査研究を行っている。ここで、当研究室で行ってきた落石対策に関連する既往の調査をまとめると表1.1 のようである。これらの調査研究の一環として、技術管理業務連絡会土質部会（以下、土質部会と呼ぶ）において、全国8地方建設局技術事務所と北海道開発局開発土木研究所との共同で「落石防災対策に関する調査」を行っている。本報告書は、土質部会で調査を行った落石覆工の設計荷重に関する調査（昭和61年度）、落石対策工の選定法に関する調査（昭和62年度）について、その結果をまとめるとともに、さらに便覧発行後に便覧に記された落石対策工の設計法の取扱いについて当研究室に問い合わせのあった主な項目について、設計の考え方を整理した内容を合わせて示している。

本報告書の内容は以下のようなものである。

第2章では、土質部会における調査の背景、全体計画、作業分担、調査項目について述べている。

第3章では、落石覆工の設計荷重に関する実態調査について、ヒストグラムを中心とした図により、現場実態を整理している。

第4章では、落石対策工の実態調査から、どのような工種が多く用いられているか整理した。また、落石対策工の選定について、現場において聞き取り調査を行い、定量的な判断基準による選定方法の例などについて示している。

第5章では、落石対策便覧における落石対策工の設計法の取扱いについて、当研究室に問い合わせのあったものを例にとり説明している。

第6章では、あとがきとして、本報告書の全体のまとめを述べている。

表1. 1 落石対策に関連する既往の調査

年度	昭和54年度	昭和55年度	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度
課題名	構造物に作用する動土圧に関する試験調査	落石防護工の設計施工法に関する試験調査	同 左	同 左	同 左	落石防護工の設計指針に関する試験調査	同 左	同 左	同 左	同 左
調査項目	・落石防護工の被害実態調査（全国，昭和52・53年度中，98地点）	・実斜面を用いた落石跳躍量実験（高松市） ・上記実験のシミュレーション	・重錘を用いたサンドクッション上の衝撃力に関する室内実験 ・落石の運動軌跡の追跡 ・落石防護工の工種の選定に関する検討	・落石防止橋の基礎の耐力に関する室内模型実験 ・落石復工のクッション材による衝撃緩和のシミュレーション解析	・落石防止橋の基礎に作用する衝撃土圧に関する室内模型実験 ・落石防災対策における妥当投資額の推定法の検討	・落石の跳躍軌跡に関する室内模型実験 ・落石防災対策における妥当投資額の推定法の検討（総統） ・落石防護工の建設費・復旧費・維持費に関する全国調査（アンケート）（道路防災対策室，土研）	・落石の跳躍量の推定手法の検討 ・妥当投資額及び落石事故の発生確率の推定手法の検討	・妥当投資額の推定に関する調査	・崩土による衝撃荷重の算定式の検討	・崩土による衝撃荷重の算定式の検討
								・落石の発生確率の調査 ・落石復土の設計荷重に関する実態調査（技術管理業務，土質部会）	・落石の発生確率の調査 （技術管理業務，土質部会）	・落石の発生確率の調査 （技術管理業務，土質部会）
成果発表表	・落石防護工に関する実態調査（第1報），土研資料1572号，1980.3	・落石の跳躍量に関する実験，第14回道路会議，1981.10	・敷砂上の落石の衝撃力に関する実験報告書，土研資料1822号，1982.3 ・クッション材上の落石の衝撃力に関する実験，第17回土質工学会研究発表会，1982.6 ・クッション材上の落石の衝撃力に関する考察，同上 ・敷砂上の落石の衝撃力に関する実験，土木技術資料24-7，1982.7 ・敷砂上の落石の衝撃力に関する実験的研究，土木学会論文報告集，340，1983.12	・敷砂上の落石の衝撃現象の考察，第18回土質工学会研究発表会，1983.6 ・敷砂上の落石の衝撃現象に関する考察，土木学会論文報告集，346，1984.6 ・落石防止橋の基礎に作用する土圧に関する模型実験，第15回日本道路会議，1983.10	・衝撃荷重により生ずる落石防止橋基礎の土圧に関する模型実験，研究業務担当者研究会（1）論文集，1984.4 ・落石防止橋の基礎に作用する衝撃土圧に関する模型実験，第20回土質工学会研究発表会，1985.6	・模型斜面上での落石の跳躍軌跡に関する基礎実験，第20回土質工学会研究発表会，1985.6 ・落石防災対策における妥当投資額の推定手法，第40回土木学会年次講演会，1985.10 ・落石防災対策における妥当投資額の推定方法，第16回日本道路会議，1985.10				・落石運動の予測手法について第27回土木研究所発表会論文集，1988.12 ・落石運動の予測手法について，第24回土質工学会研究発表会，1989.6（投稿中） ・落石防災対策に関する調査報告書（その1）土木研究所資料第2770号，1989.2 ・落石防災対策に関する調査報告書（その2）土木研究所資料第2771号，1989.2
指針等		道路防災施設調査報告書，日本道路協会，1980.3			落石対策便覧，日本道路協会，1983.7			道路土工のり面工・斜面安定工指針，日本道路協会，1986.11		
担当者名	佐々木 康一 谷口 栄一 舟見 清己 館山 悟	佐々木 康一 谷口 栄一 舟見 清己	佐々木 康一 古賀 泰之 谷口 栄一 舟見 清己	佐々木 康一 谷口 栄一 小笠原 久 森下 義	佐々木 康一 谷口 栄一 小笠原 久 森下 義	古賀 泰之 谷口 栄一 森下 義 齋田 修三	古賀 泰之 谷口 栄一 森下 義 齋田 修三	古賀 泰之 谷口 栄一 森下 義 齋田 修三	古賀 泰之 伊藤 森下 齋田 修三	古賀 泰之 伊藤 森下 齋田 修三

2. 調査の進め方

2. 1 背景

土質部会で共同テーマとして取り上げられた背景には、落石対策に関する未解明な部分を解明するために、現場調査により落石現象をとらえることが必要と考えられたことがある。このため、昭和61～64年度の4年間にわたり、土木研究所と全国8地方建設局技術事務所、北海道開発局土木試験所（現開発土木研究所）との共同で調査を行うこととした。

2. 2 全体計画及び調査項目

全体計画を表2.1に示す。全体計画で示している調査項目について以下に示す。また、表2.2には各調査項目における作業内容の土木研究所と地方建設局、開発局の分担を示す。

① 落石防護工に対する妥当投資額の推定法に関する調査

落石防護工の建設にあたり、防護工の工種、規模を経済的に判定する手法を確立するための一助として、現場において落石発生確率の調査を行う。この調査結果は、別途報告する。

② 落石の跳躍量に関する調査

現在、便覧では落石防護柵の高さを決めるための落石跳躍量（斜面からの垂直距離）を最大2mを標準としているが、斜面の条件によっては2m以上跳躍する場合もある。どのような条件の斜面で落石が2m以上跳躍するかを明らかにするため、落石が防護工を飛び越えた場合の現地の状況を調査し、現在の規定の妥当性の検証、及び落石運動の予測手法に関する検討を行う。この調査結果は別途報告する。落石運動の予測手法としての数値解析法については、別報⁹を参照されたい。

③ 落石防護工の設計荷重に関する調査

落石覆工については、設計用の落石の重量及び落下高さを与えて覆工に作用する衝撃力を算定するようになっており、そのための計算式は示されているが、落石覆工の設計に用いる落石の重量、落下高さの決定法は便覧に示されていない。また、落石防護工の設計に用いる崩土荷重の算定法も便覧に示されていない。そのため、現場でどのように覆工の設計荷重を決定しているか実態調査を行う。また、崩土荷重の算定法の検討も行う。

④ 落石防護工の工種の選定法に関する調査

落石防護工の選定のフローチャートが便覧に示されているが、現場での選定フローと整合したものであるかどうか、いくつかの判断を要するところでの定量的基準をどのように設定しているか現場で聞き取り調査を行い、フローチャートの問題点の有無について実態を調べる。

表2. 1 全体計画

調 査 項 目	年 度			
	6 1	6 2	6 3	6 4
(1) 落石防護工に対する妥当投資額の推定法に関する調査				
(2) 落石の跳躍量に関する調査				
(3) 落石防護工の設計荷重に関する調査				
(4) 落石防護工の工種の選定法に関する調査				
(5) まとめ				

表2. 2 調査の分担

調 査 項 目	土 木 研 究 所	地 方 建 設 局 ・ 開 発 局
① 落石防護工に対する妥当投資額の推定法に関する調査	妥当投資額の推定に関する検討 (妥当投資額の推定手法の作成及び試算)	落石発生確立の調査 (現場における落石発生の頻度の調査)
② 落石の跳躍量に関する調査	落石の跳躍量の算定手法の検討 (運動プログラムの作成及び試算)	落石跳躍量に関する調査 (落石発生箇所の現場状況の報告) (浮石除去時における石の運動の把握)
③ 落石防護工の設計荷重に関する調査	崩土の衝動力の算定方式の検討 (粒状体シミュレーションを含む方法による検討)	落石覆工の設計荷重に関する実態調査
④ 落石防護工の工種の選定法に関する調査	落石防護工の選定法に関する検討 (選定フローチャートの問題点の把握)	落石防護工の実態調査

注) 内が本報告書の内容

3. 落石覆工の設計荷重に関する実態調査

3. 1 調査目的

落石覆工の設計を行う場合に、落石あるいは崩土等の荷重をどのようにして決定しているのか、また実際にどのような数値を用いているのかを把握すること。

3. 2 調査方法

この調査は、昭和61年5月に、全国8地方建設局技術事務所、北海道開発局土木試験所（現 開発土木研究所）あてに、表3.1 に示すような様式で依頼したものである。本章では、この調査のことを本調査と呼ぶことにする。なお、表3.1 の様式の他に図面、写真などの様式を作成したがここでは省く。また、昭和61年12月に、設計に用いた落石を決めた根拠に限って、表3.2 に示すような様式で、同じく各技術事務所、土木試験所に再度調査を依頼している。本章では、この調査を追加調査と呼ぶこととする。以下に、本調査、追加調査の調査要領を示す。

a. 調査票記入要領（本調査）

（様式1）

〔調査番号〕

各地建、北海道開発局で次のように4桁の番号をつける。

○ ○ ○ ○
┌ ─ ─ ─ ┐ ┌ ─ ─ ─ ┐
地建 地点
番号 番号

地建番号

0 1	北海道	0 4	北陸	0 7	中国
0 2	東北	0 5	中部	0 8	四国
0 3	関東	0 6	近畿	0 9	九州

地点番号は各地建で0 1から順番につける。

〔事務所名〕

当該落石覆工を管理している事務所名を記入する。

〔路線名〕

落石覆工が設置されている路線名および距離標をm単位まで記入する。

〔地点名〕

落石覆工が設置されている地点の地名を〇〇県〇〇郡〇〇町と記入する。

〔落石覆工の名称〕

落石覆工の名称を記入する。

〔交通量・車線数〕

一日の交通量（上下線の合計）車線数を記入する。

表 3. 1 調査票 (本調査)

(様式 1)

落石覆工の設計荷重に関する実態調査				地建名			調査番号				
事務所名					設計に用いた落石を決めた根拠						
路線名	一般国道	号	km	～						km	
地点名											
落石覆工の名称											
交通量			台/日	車線数		設計に用いた崩土	静的荷重の分布 単位体積重量 動的荷重				
記入者	事務所				課						
	氏名	電話									
調査年月	昭和	年	月								
施工完了年月	昭和	年	月	完了 完了予定		設計に用いた地蔵力	水平登度K = ()				
落石覆工の諸元	延長			m	型式	PC ・ RC ・ 鋼		斜面の勾配	度	斜面長	m
	基礎型式					斜面の土質	岩 ・ 珉 ・ 砂 ・ 粘土 ・ 腐植土				
	クッション材の材質			クッション材の厚さ	cm	樹木の繁茂状況	裸地 ・ まばら ・ 繁茂				
						落石のタイプ	剝離型 ・ 転石型				
設計に用いた基準						想定される最大	寸法 () m × () m × () m				
設計に用いた落石荷重	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{\frac{2}{3}} H^{\frac{1}{3}} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{K}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下			□その他	エネルギーの落石	重量 () ton 落下高 () m				
		斜面の風化の程度	激しい ・ 中ぐらい ・ 小さい								
		積雪寒冷地で	ある ・ ない								
		浮石・転石の分布状況	100 m ² 当り () 個								
	重量W	ton		落下高H	m	年降水量	mm				
	砂層厚による割増係数α			斜面の等価摩擦係数μ		備考					
	斜面の勾配θ (度)			落石荷重P (ton)							

(様式 6)

落石覆工の設計荷重に関する実態調査（追加調査）			地建名		調査番号	
（設計に用いた落石を決めた根拠）			過去の落石の調査	☐ 実施した	☐ 道路パトロール日誌の調査 （過去 年分）	
航空写真等の利用	☐ 既存の航空写真を 利用した	☐ 垂直写真（縮尺 ） ☐ 斜め写真（縮尺 ）			☐ 災害記録の調査 （過去 年分） あるいは （昭和 年、 年）	
	☐ 新規に航空写真を 撮影した	☐ 垂直写真（縮尺 ） ☐ 斜め写真（縮尺 ）	☐ 実施しなかった			
☐ 新規にビデオを撮影した			設計に用いた落石 を決めた手順			
☐ 利用しなかった						
現 地 踏 査	☐ 実施した	☐ 浮石・転石の分布調査				
		☐ 浮石・転石の危険度判定				
		方法				
		☐ 弾性波深さ				
		☐ サウンディング				
		☐ ボーリング				
		☐ その他				
	☐ 実施しなかった					
	☐ 外注で実施した					
	☐ 直営で実施した					

〔記入者〕

本調査票に記入した人の所属・名前・電話番号を記入する。マイクロがある場合はその番号も記入する。

〔調査年月〕

本調査票記入年月を記入する。

〔施工完了年月〕

落石覆工の施工が完了した年月を記入する。まだ完了していない場合は、完了予定年月を記入する。

〔落石覆工の諸元〕

延長は道路縦断方向の延長を記入する。基礎型式としては深礎杭、ベタ基礎等と記入する。

〔クッション材〕

落石覆工の屋根の上に乗っているものを指し、砂、古タイヤ等と記入する。

〔設計に用いた基準〕

道路協会の「落石対策便覧」あるいは各地建の設計要領等を記入する。

〔設計に用いた落石荷重〕

「落石対策便覧」の式を用いて落石荷重を決定した場合には調査票に書かれている式の前の□に✓印をつける。その他の式を用いた場合は「その他」の□に✓印をつけ、用いた式を記入する。換算高さについても用いた式の前の□に✓印を記入する。また、設計に用いた W 、 H 、 α 、 μ 、 θ の値を記入する。

〔設計に用いた落石を決めた根拠〕

設計に用いた落石の重量 W 、落下高 H をどのようにして決めたかを記入する。たとえば「現地調査によって想定される落石を決定した。」、「既往最大の落石を設計に用いた。」等と記入する。

〔設計に用いた崩土〕

静的に堆積する崩土荷重を設計荷重として考慮しているときはその堆積土の角度、単位体積重量を記入する。

もし崩土の荷重を動的荷重として考慮している場合にはその算定式を記入する。

〔設計に用いた地震力〕

地震力を考慮している場合は設計水平震度を記入する。

〔斜面の勾配〕

平均的な斜面の勾配を記入する。勾配が大きく変化する場合は上〇〇度、下〇〇度と記入する。

〔斜面長〕

概略の斜面長を記入する。

〔斜面の土質〕

斜面の表層の土質で該当するものを○で囲む。

〔樹木の繁茂状況〕

該当するものを○で囲む。

〔落石のタイプ〕

該当するものを○で囲む。

〔想定される最大エネルギーの落石〕

斜面の中で想定される落石のうち、位置エネルギーWHが最大のものを記入する。

〔斜面の風化の程度〕

該当するものを○で囲む。

〔積雪寒冷地〕

該当するものを○で囲む。

〔浮石、転石の分布状況〕

100 m²あたりの浮石、転石の個数を記入する。

〔年降水量〕

最も近い測候所の雨量を記入する。

b. 調査票記入要領（追加調査）

1. 調査目的

設計に用いた落石を決めた根拠についてさらに詳細に把握すること。

2. 調査担当

各地建の技術事務所および北海道開発局土木試験所

3. 調査票記入要領

調査番号は前回調査と同じ番号を記入する。

各項目について該当する□の所に✓印をつける。

〔航空写真の利用〕

・複数の回答が可能である。

〔現地踏査〕

・複数の回答が可能である。

・危険度判定手法についてはその方法を記入する。

（たとえば落石対策便覧の付録の方法等）

〔過去の落石の調査〕

・複数の回答が可能である。

〔設計に用いた落石を決めた手順〕

・航空写真による調査、現地踏査、過去の落石の調査等の結果を用いて具体的にどのような手順で設計に用いた落石の重量Wおよび落下高Hを決めたかを記入する。

注）具体的な調査結果を示す図・表等がありましたら添付して下さい。

3. 3 調査対象

建設省及び北海道開発局管内で、昭和60年度に施工された落石覆工、及び昭和60年度に設計が行われて昭和61年度以降に施工予定の落石覆工の全数を調査対象とした。

3. 4 調査結果

各調査地点における調査表を付録1に示す。この付録では調査番号、地点名などの項目は省き、本調査と追加調査を合わせて、1箇所につき1枚の表にまとめ直したものである。

ここでは、本調査については調査地点の道路交通状況、斜面及び気象条件、落石覆工の諸元、設計に用いた落石、設計に用いた崩土の各項目について、作成したヒストグラムをもとに結果を述べる。

1) 調査件数

調査件数は表3.3に示すように合計58件であった。この表によると、今回の調査においては北海道開発局の件数が多く全体の件数の41%を占めている。

2) 道路交通状況

各調査地点の交通量についてまとめたのが図3.1である。この図より、調査した地点の交通量は13,000台/日以下であることがわかる。

3) 斜面状況および気象条件

各調査地点の斜面状況についてまとめたのが図3.2～3.13である。以下に、まとめた項目について述べる。

(1) 斜面の勾配 (図3.2)

この図より、調査した地点の斜面勾配は40～60°のものが多くことがわかる。中には斜面勾配が90°(直)というものもあった。

(2) 斜面長 (図3.3)

この図より、調査した地点の斜面長は140m以下のものが多くことがわかる。最大では320mというものがあった。

(3) 斜面の土質 (図3.4)

この図より、調査した地点の斜面の土質は岩、礫が全体の86%を占めていることがわかる。

(4) 斜面における樹木の繁茂状況 (図3.5)

この図によると、調査した地点の斜面の樹木の繁茂状況は、まばらというのが最も多く、裸地、繁茂というのがほぼ同数であった。

(5) 斜面の風化の程度 (図3.6)

この図より、調査した全地点の斜面が風化作用を受けていることがわかる。

(6) 想定される落石タイプ (図3.7)

この図によると、調査した地点で想定される落石のタイプは、剝離型、転石型がほぼ同数あり、これらの混合というものもあった。

(7) 想定される最大エネルギーの落石の寸法 (図3.8)

この図によると、調査した地点で想定される最大エネルギーの落石の寸法は、径が1m以下のものが多かったが、中には径が9mというものもあった。このような、ごくまれな大きさの落石に対しては、部材の耐力を大きめに評価して対処しているようである。

表 3. 3 調査件数

地建（開発局）名	件数	地建（開発局）名	件数
北 海 道	2 4	近 畿	0
東 北	2	中 国	2
関 東	7	四 国	1
北 陸	1 0	九 州	1
中 部	1 1	計	5 8

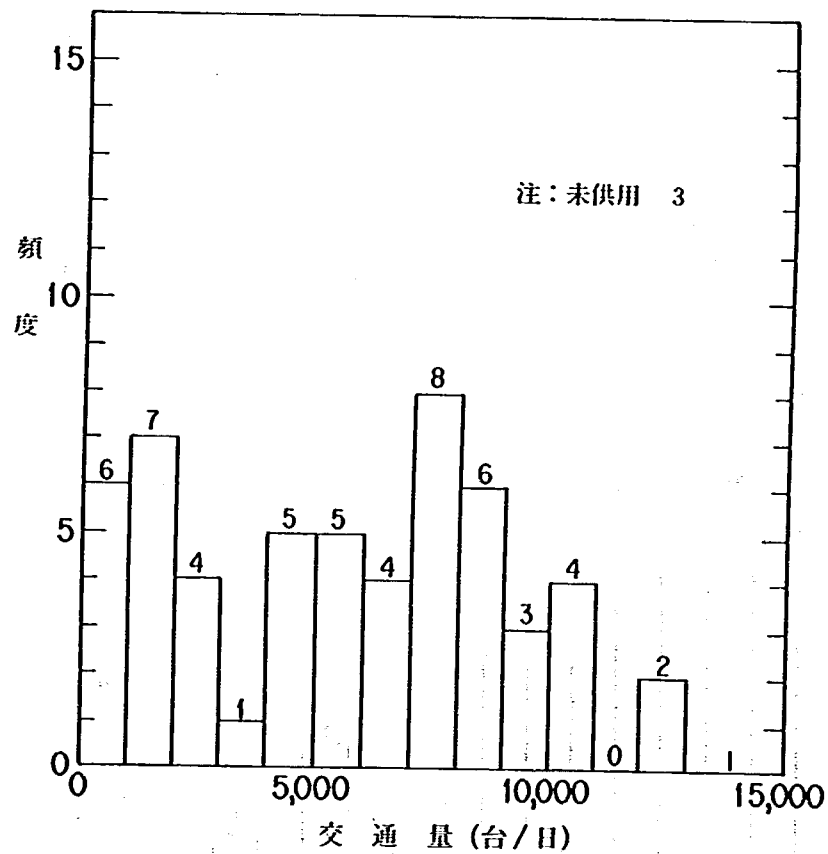


図 3. 1 交通量

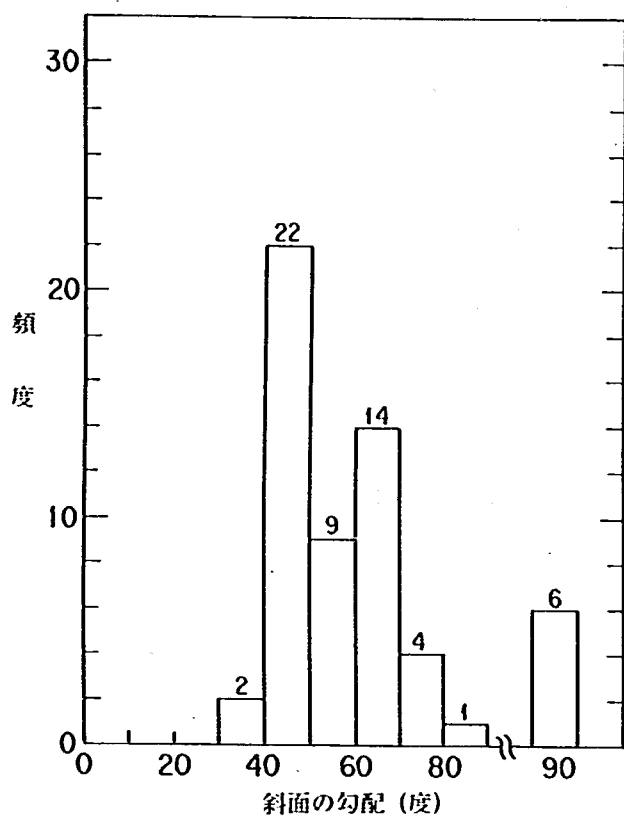


図 3. 2 斜面の勾配

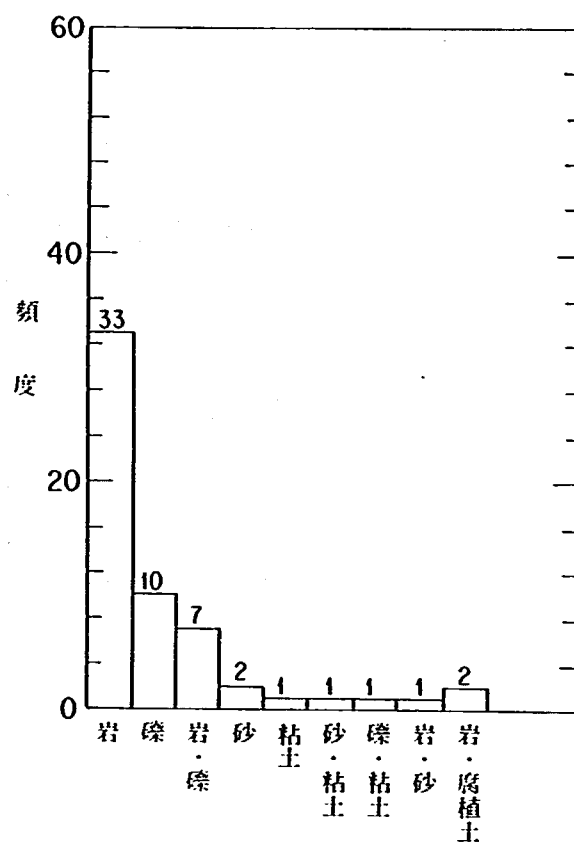


図 3. 4 斜面の土質

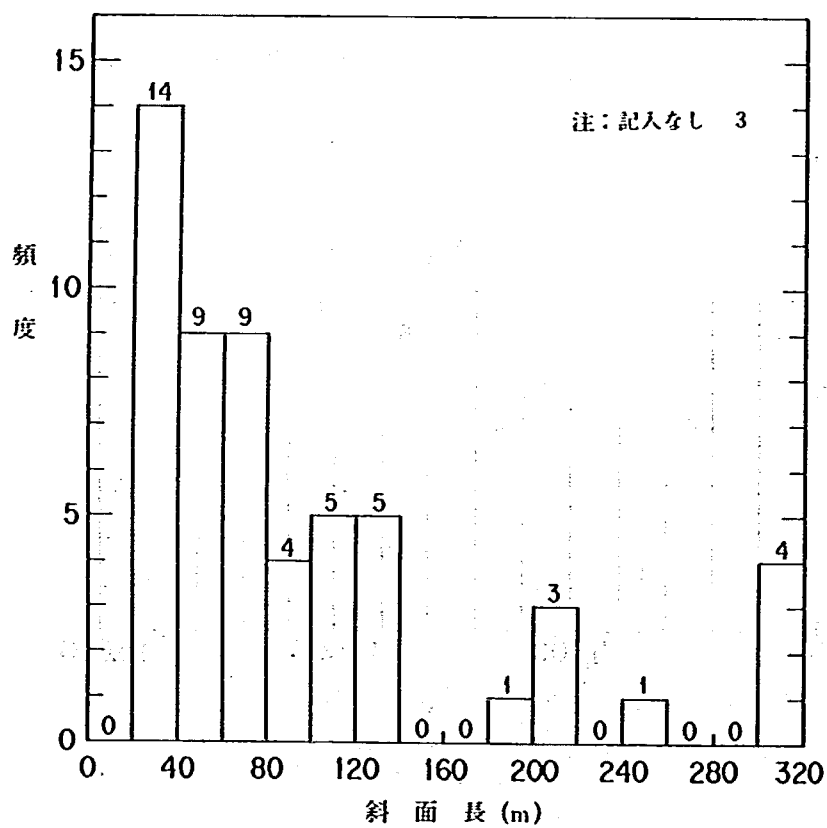


図 3. 3 斜面長

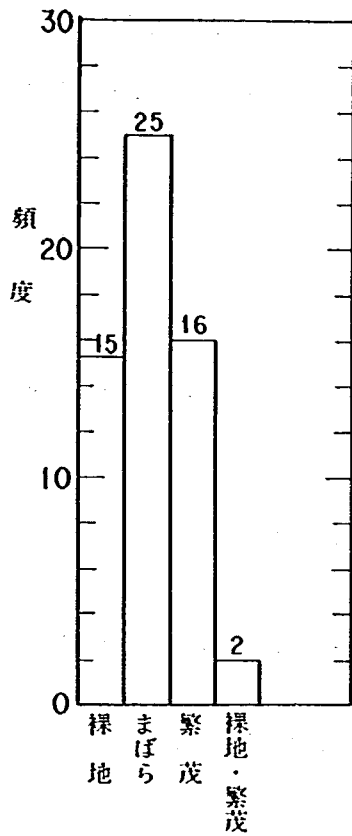


図3. 5 樹木の繁茂状況

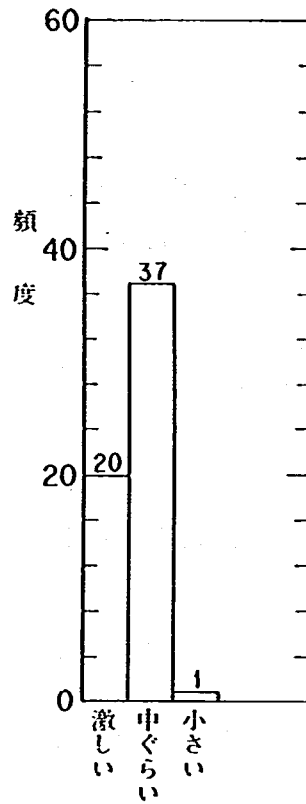


図3. 6 斜面の風化の程度

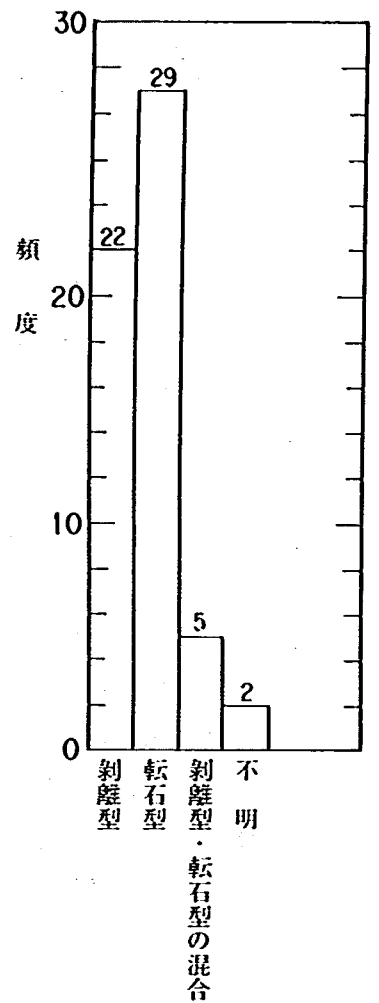


図3. 7 想定される落石のタイプ

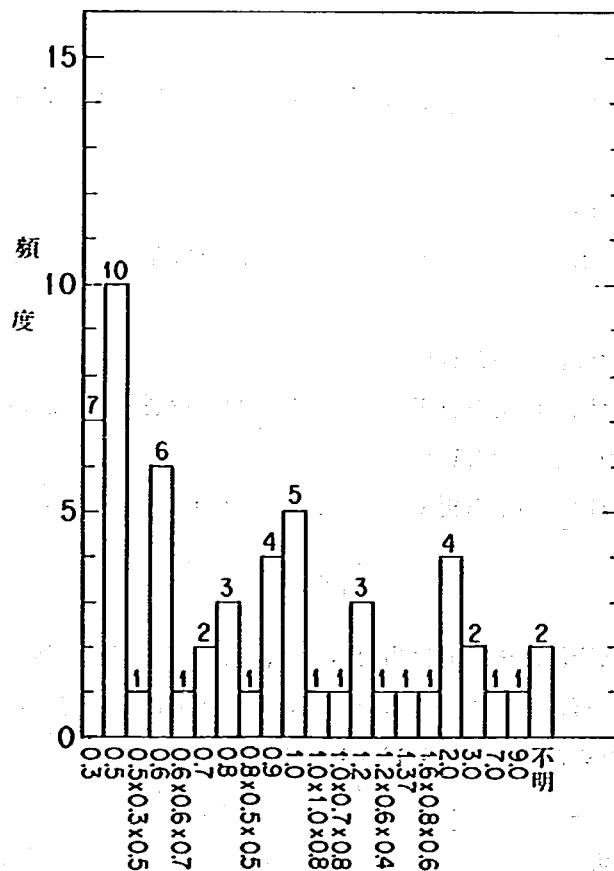


図3. 8 想定される最大エネルギーの落石の寸法

(8) 想定される最大エネルギーの落石の重量 (図3.9)

この図によると、調査した地点で想定される最大エネルギーの落石の重量は、2tf以下のものがほとんどであったが、中には重量が30tf以上というものもあった。このような大きさの落石に対処する方法は(7)と同様である。

(9) 想定される最大エネルギーの落石の落下高 (図3.10)

この図によると、調査した地点で想定される最大エネルギーの落石の落下高は、60m以下というものが全体の77%である。

(10) 浮石・転石の分布状況 (図3.11)

この図によると、調査した地点100 mあたりの浮石・転石の分布状況は、おおむね60個以下であった。

(11) 積雪寒冷地 (図3.12)

この図によると、調査した地点の79%が積雪寒冷地であることがわかる。

(12) 年降水量 (図3.13)

この図によると、調査した地点の年降水量は、1,000～1,500mmというものが最も多かった。

4) 落石覆工の諸元

各調査地点の落石覆工の諸元についてまとめたのが、図3.14から図3.18である。以下にまとめた項目について述べる。

(1) 落石覆工の延長 (図3.14)

この図によると、調査した地点の落石覆工の延長は、250m 以下のものが全体の90%であることがわかる。

(2) 落石覆工の形式 (図3.15)

この図によると、調査した地点の落石覆工の形式は3種類であり、多いものから順にPC、RC、鋼となっている。

(3) 落石覆工の基礎型式 (図3.16)

この図によると、調査した地点の落石覆工の基礎型式は、直接基礎が最も多く、以下、深礎杭、場所打ちRC杭の順となっている。

(4) 落石覆工のクッション材の材質 (図3.17)

この図によると、調査した地点の落石覆工のクッション材の材質は、砂が最も多かった。

(5) 落石覆工のクッション材の厚さ (図3.18)

この図によると、調査した地点の落石覆工のクッション材の厚さは、90cmのものが最も多かった。

5) 設計に用いた落石

落石対策便覧によると落石防護施設の設計に当たっては、想定する落石の斜面内における路面からの高さや斜面状態等から落石エネルギーを求めるという考え方になっている。各調査地点の設計に用いた落石についてまとめたのが、図3.19～3.29である。以下にまとめた項目について述べる。

(1) 設計に用いた基準 (図3.19)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた基準は、落石対策便覧が半数以上を占めている。そのほかには、各地建による独自のマニュアル、振動便覧であった。

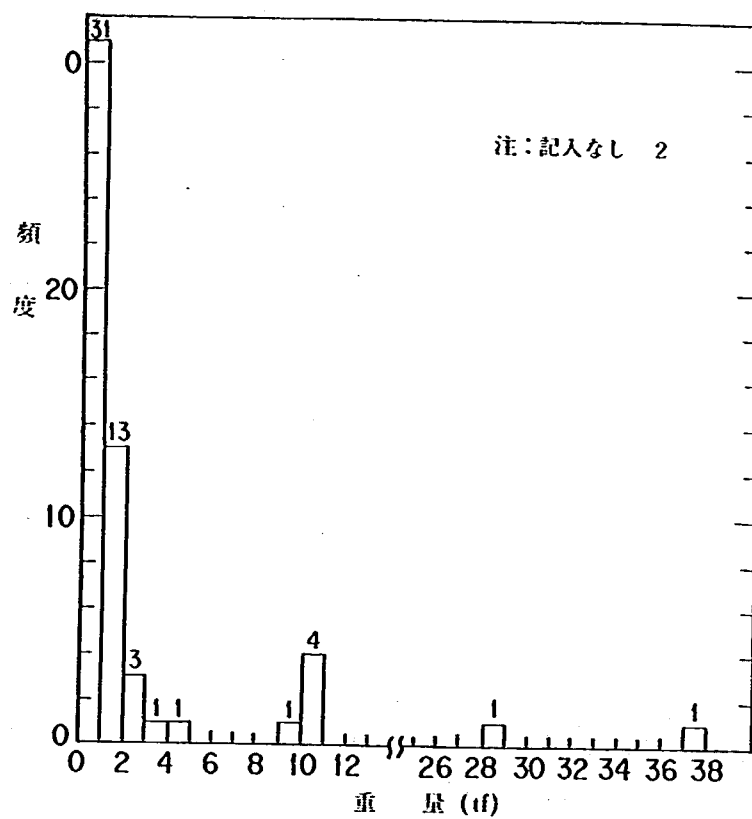


図 3. 9 想定される最大エネルギーの落石の重量

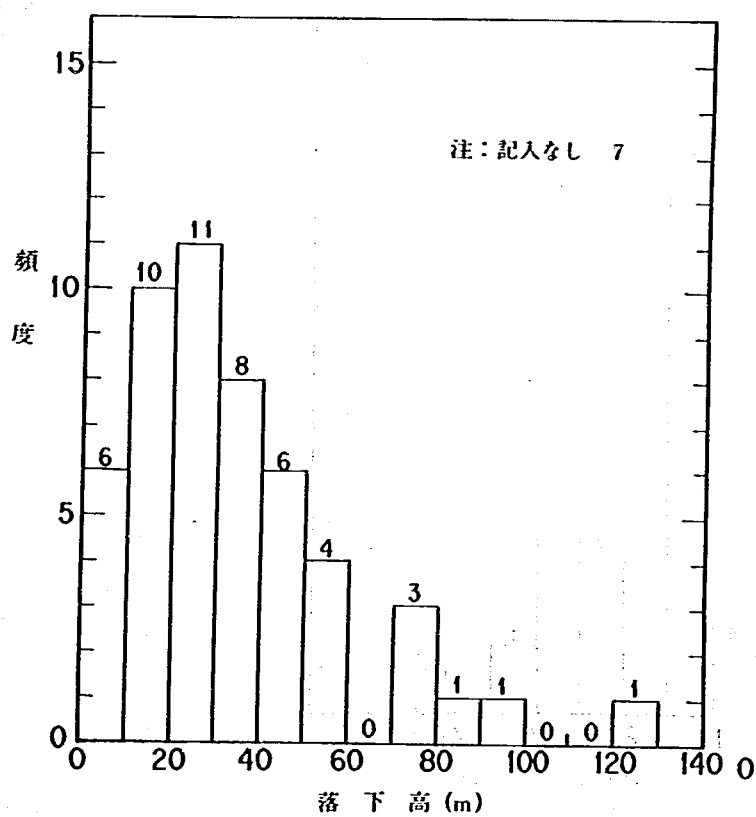


図 3. 10 想定される最大エネルギーの落石の落下高

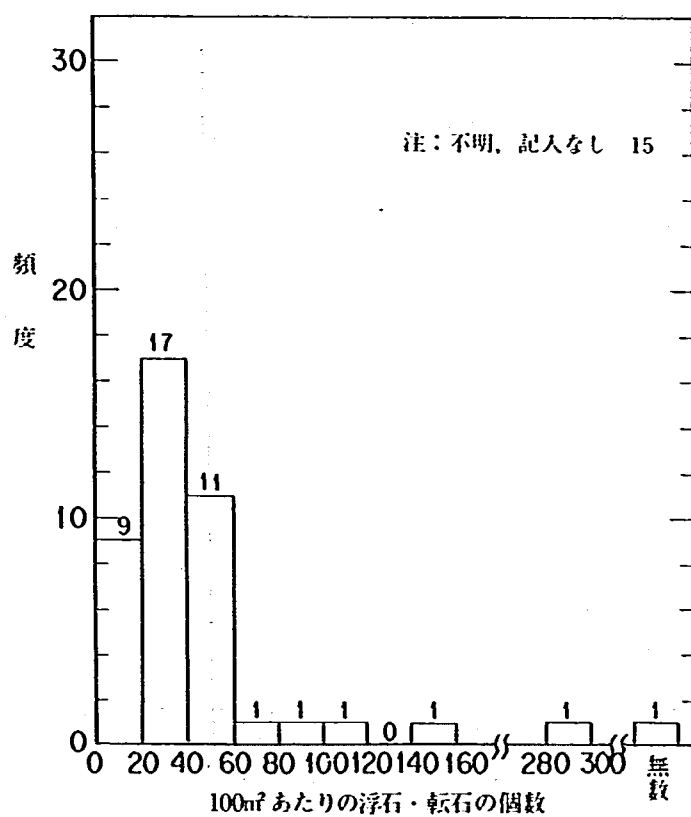


図 3. 11 浮石・転石の分布状況

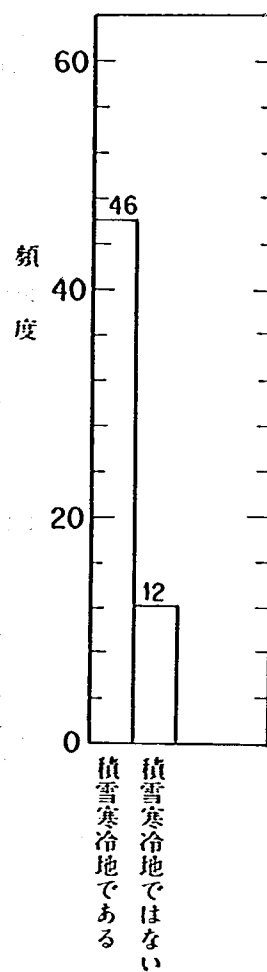


図 3. 12 積雪寒冷地

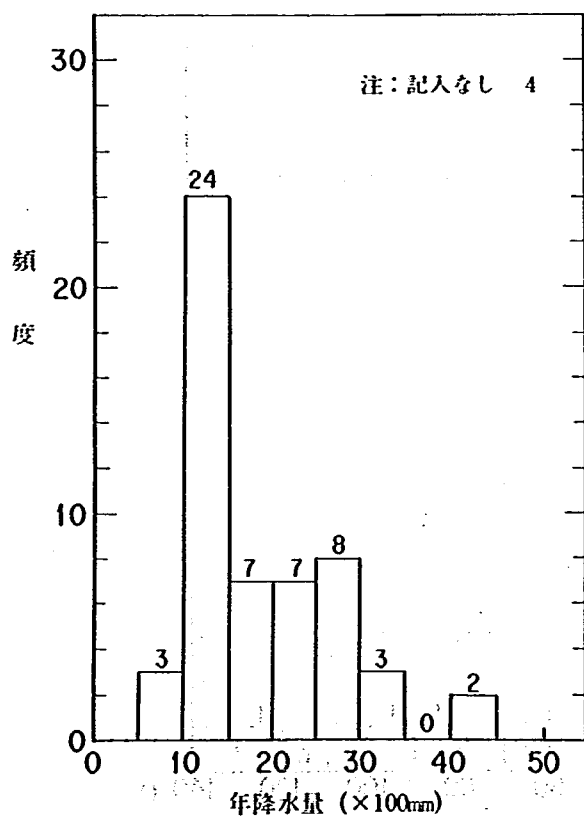


図 3. 13 年降水量

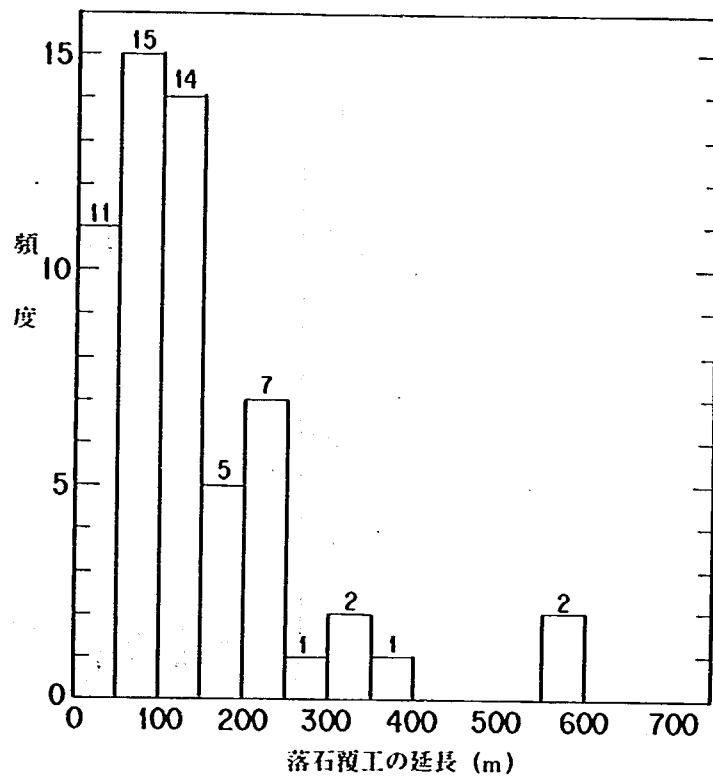


図3.14 落石覆工の延長

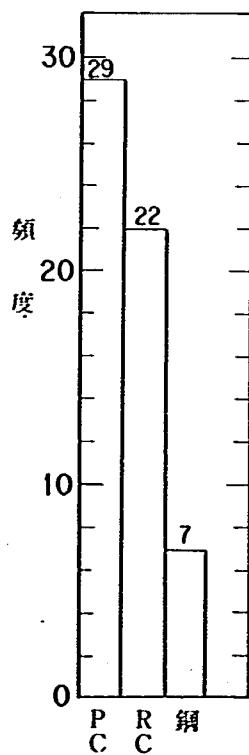


図3.15 落石覆工の形式

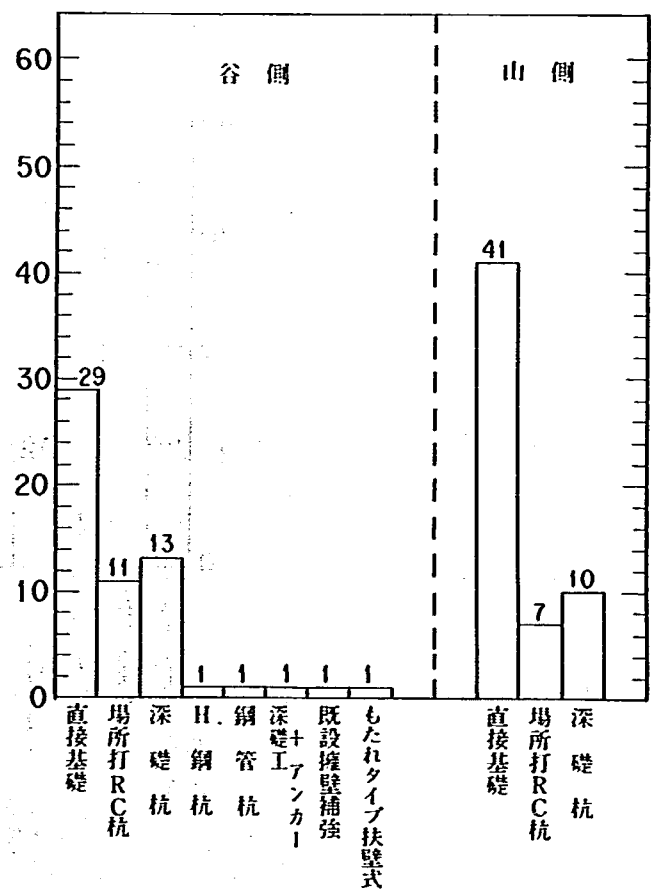


図3.16 基礎の形式

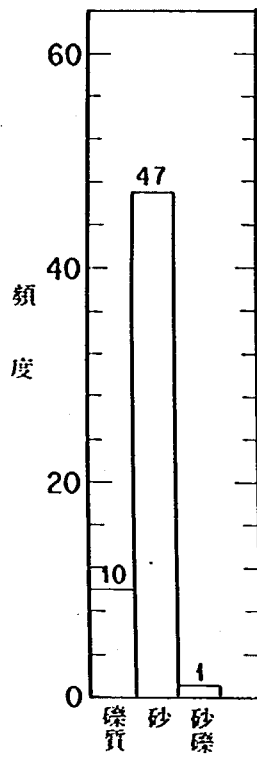


図3. 17 クッション材の材質

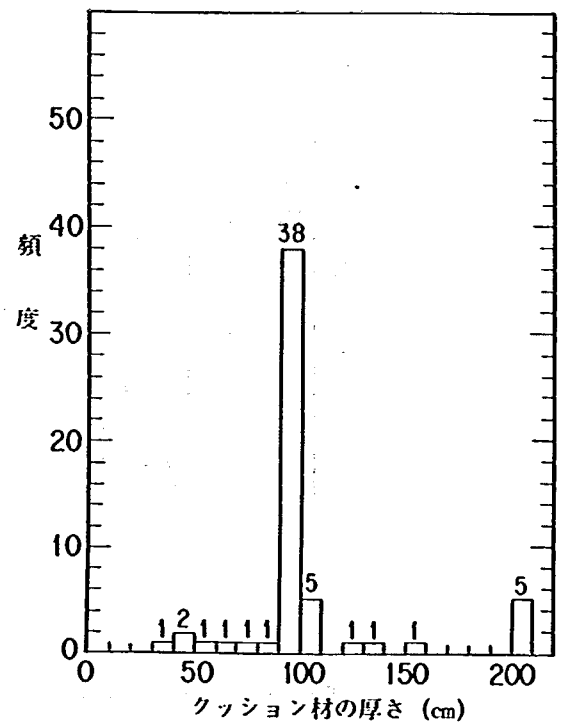


図3. 18 クッション材の厚さ

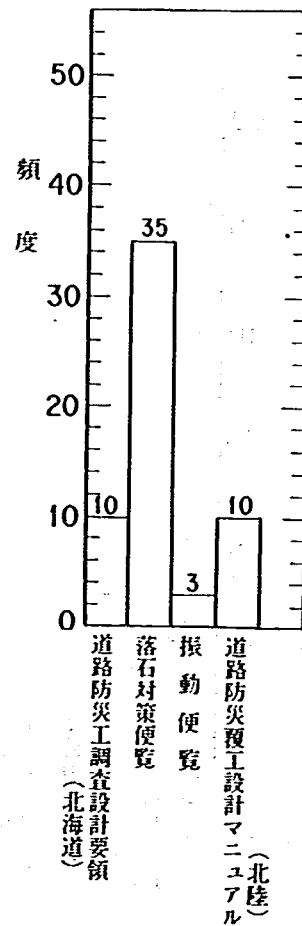


図3. 19 設計に用いた基準

(2) 落石荷重Pの計算式 (図3.20)

落石荷重Pを求める計算式としては、振動便覧の推定式²⁾、鋼材倶楽部の推定式³⁾、吉田らの推定式⁴⁾等がある。従来より多様されている振動便覧の推定式によると落石による最大衝撃力 P_{max} は次式で表される。

$$P_{max} = 2.455 W^{2/3} \lambda^{2/5} H^{3/5} \quad \dots\dots (3.1)$$

ここに、W：落石重量 (tf)

H：落下高さ (m)

λ ：緩衝材ラーメ定数 (tf/m²)

非常に軟らかいもの $\lambda = 100$ tf/m²

軟らかいもの $\lambda = 300 \sim 500$ tf/m²

固いもの $\lambda = 1,000$ tf/m²

落石対策便覧においては緩衝材として十分な厚さのゆる詰め砂を用いた場合にはラーメ定数 $\lambda = 100$ tf/m² としてよいと考え、次式により設計することを提案している。

$$P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha \quad \dots\dots (3.2)$$

ここに、 α は緩衝材としての砂層厚による割増係数である。落石対策便覧によると砂層厚が90 cm以上の場合には $\alpha = 1.0$ としている。また、 H' は後述する換算落下高さである。

図3.20によると調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石荷重Pを求める計算式は、 $\lambda = 100$ tf/m²としたものが全体の83%であった。

(3) 落石の落下高さの換算 (図3.21)

落石対策便覧によると自由落下する落石の落下高は、落差Hをそのまま使用するものとするが、勾配 θ の斜面を落下してくる落石の落下高は次式により換算してよいとなっている。

$$H' = (1 - \mu / \tan \theta) H \quad \dots\dots (3.3)$$

ここに、 H' ：換算落下高

H：落差

θ ：斜面の勾配

μ ：斜面の等価摩擦係数

図3.21によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石の換算落下高さは、自由落下としているものが最も多い。

(4) 設計に用いた落石の重量W (図3.22)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石の重量Wは、5 tf以下のものが全体の86%であった。

(5) 設計に用いた落石の落下高さH (図3.23)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石の落下高さHは、すべて 100 m以下であった。

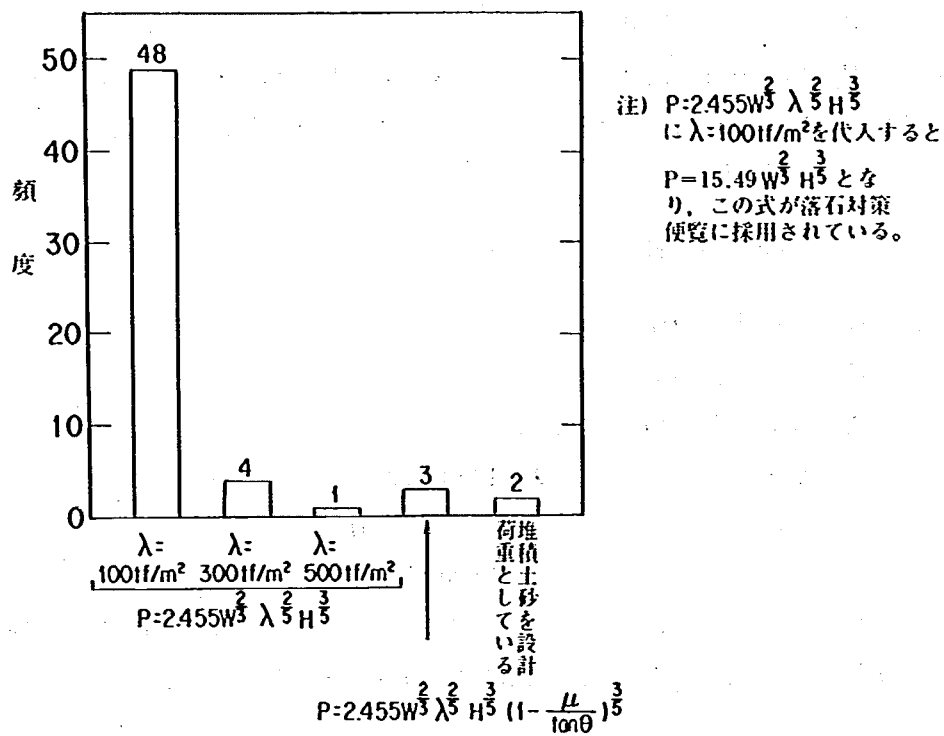


図3. 20 落石荷重Pの計算式

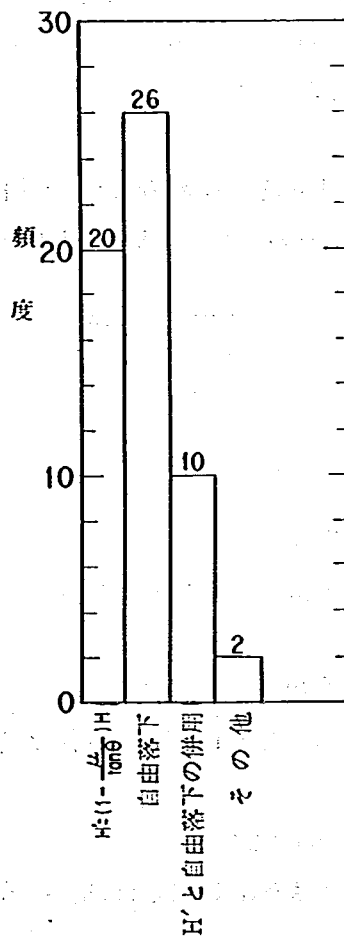


図3. 21 落石の落下高の換算

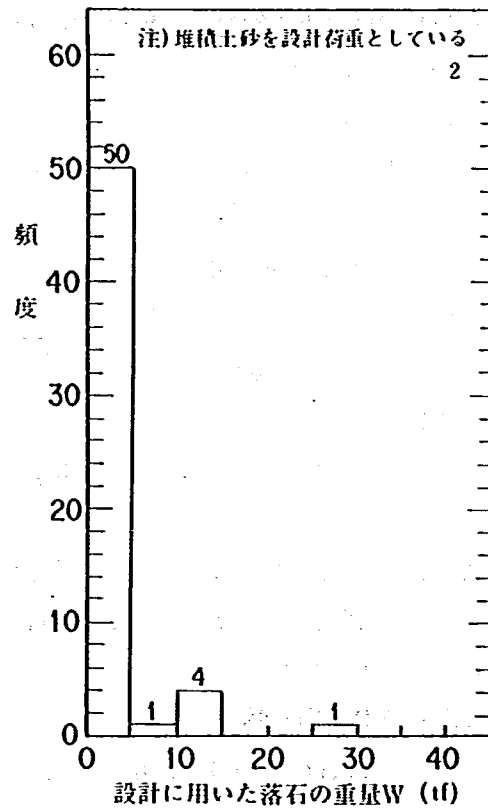


図3. 22 設計に用いた落石の重量

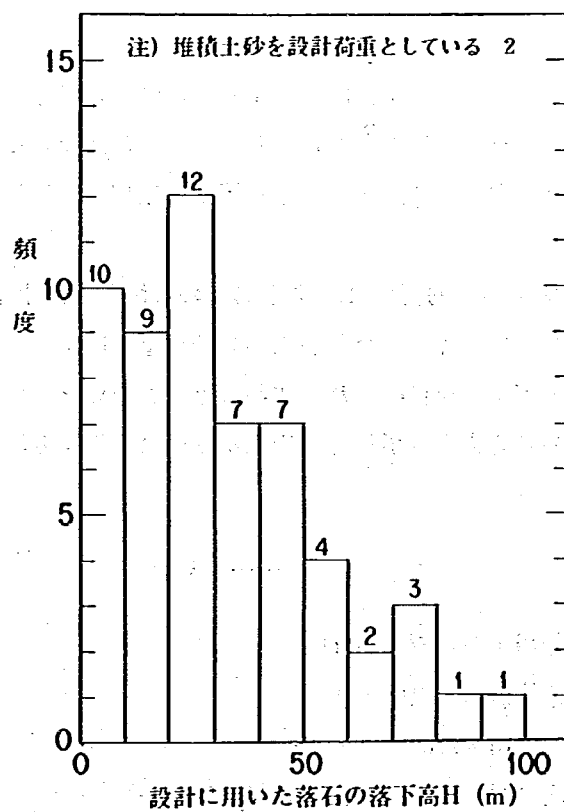


図3. 23 設計に用いた落石の落下高

(6) 設計に用いた落石の位置エネルギー $W \cdot H$ (図3.24)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石の位置エネルギー $W \cdot H$ は、100tf・m以下のものが全体の86%であった。

(7) 設計に用いた斜面勾配 θ (図3.25)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた斜面勾配 θ は、40~50°のものが最も多かった。

(8) クッション材の厚さによる割増係数 α (図3.26)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いたクッション材の厚さによる割増係数 α (式 (3.2) の α) は、1.0のものが全体の69%であった。

(9) 斜面の等価摩擦係数 μ (図3.27)

落石対策便覧によると斜面の等価摩擦係数 μ は、落石および斜面の特性により表3.4のようになる。

図3.27によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた斜面の等価摩擦係数 μ は、自由落下と考えて μ を用いていないものが最も多かった。また、落石荷重を考慮していないものは崩土の堆積荷重により設計されているものである。

(10) 設計に用いた落石による衝撃荷重 P (図3.28)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石による衝撃荷重 P は、400tf以下のものが全体の93%であった。

(11) 設計に用いた落石を決めた根拠 (図3.29)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた落石を決めた根拠は、現地踏査によるものが最も多かった。

6) 設計に用いた崩土

落石覆工の設置場所によってはその屋根に堆積する崩土について考慮しなければならない場合がある。落石覆工の設計に当たって崩土について考慮しなければならないのは、崩土発生時に落石覆工の屋根に作用する衝撃力(動的荷重)と落石覆工の屋根に堆積した崩土の死荷重(静的荷重)である。

落石対策便覧によると崩土の静的荷重に関する崩土の堆積角度は水平面から30°を見込んでおけば十分と考えられるとなっている。また、崩土の動的荷重に関する崩土の衝撃力については、現在のところ十分な経験と実測に裏付けされた式がほとんどないとしているが設計を進める場合の参考として雪崩の場合の考え方を適用して、崩土が壁面に作用する場合の衝撃力は次式で表されるとしている。

$$P = \gamma A V^2 / g \quad \dots\dots (3.4)$$

ここに、 P ：構造物に作用する衝撃力 (tf)

γ ：崩土の単位体積重量 (tf/m³)

g ：重力加速度 (m/sec²)

A ：構造物の面に対する崩土の作用投影面積 (m²)

V ：崩土の衝突速度 (m/sec)

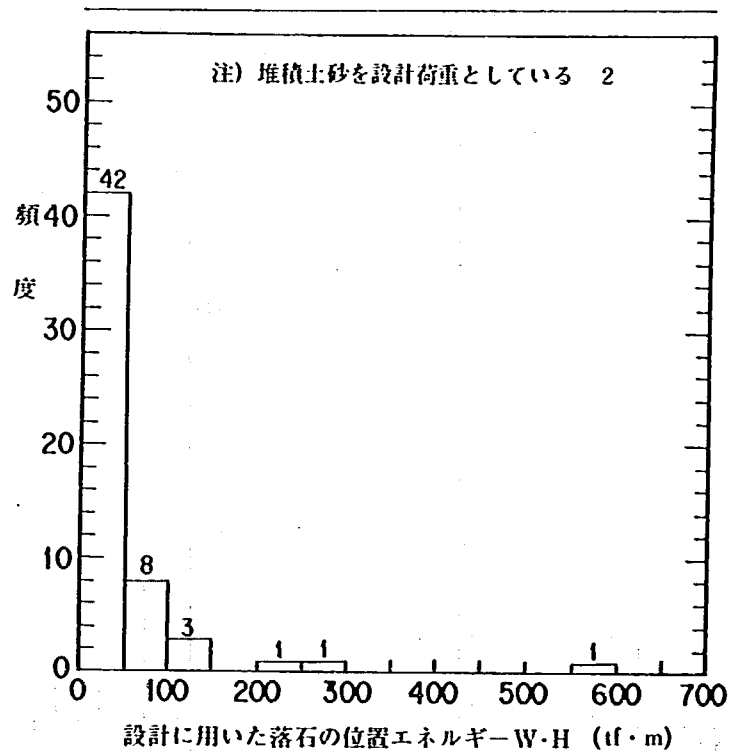


図3. 24 設計に用いた落石の位置エネルギー

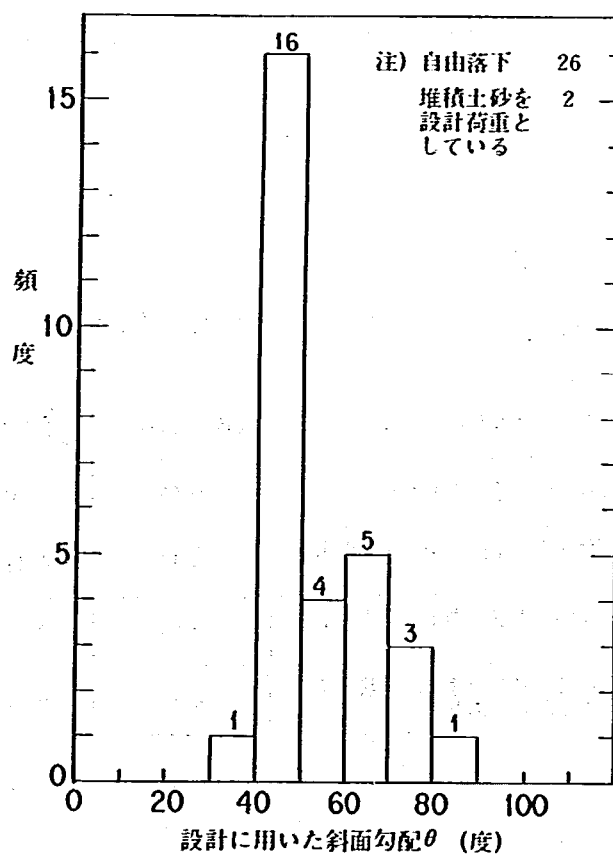


図3. 25 設計に用いた斜面勾配

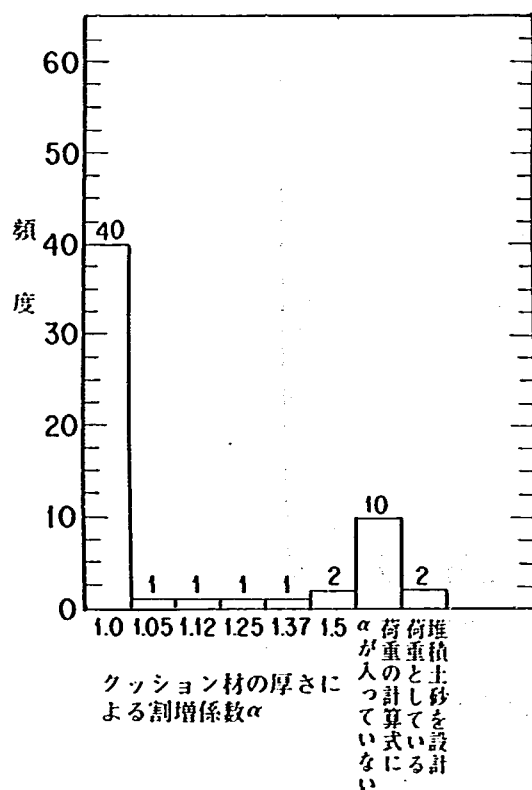


図 3. 26 クッション材の厚さによる割増係数 α

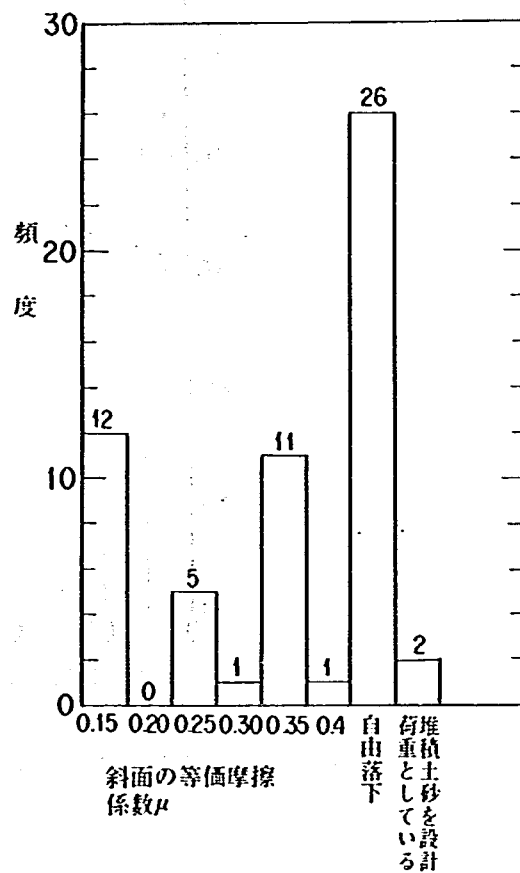


図 3. 27 斜面の等価摩擦係数 μ

表 3. 4 斜面の種類と等価摩擦係数 μ の値

区分	落石および斜面の特性	設計に用いる μ	実験から得られる μ の範囲
A	硬岩, 丸状; 凹凸小, 立木なし	0.05	0~0.1
B	軟岩, 角状~丸状; 凹凸中~大, 立木なし	0.15	0.11~0.2
C	土砂・崖すい, 丸状~角; 凹凸小~中, 立木なし	0.25	0.21~0.3
D	崖すい・巨礫まじり崖すい, 角状; 凹凸大~中, 立木なし~あり	0.35	0.31~

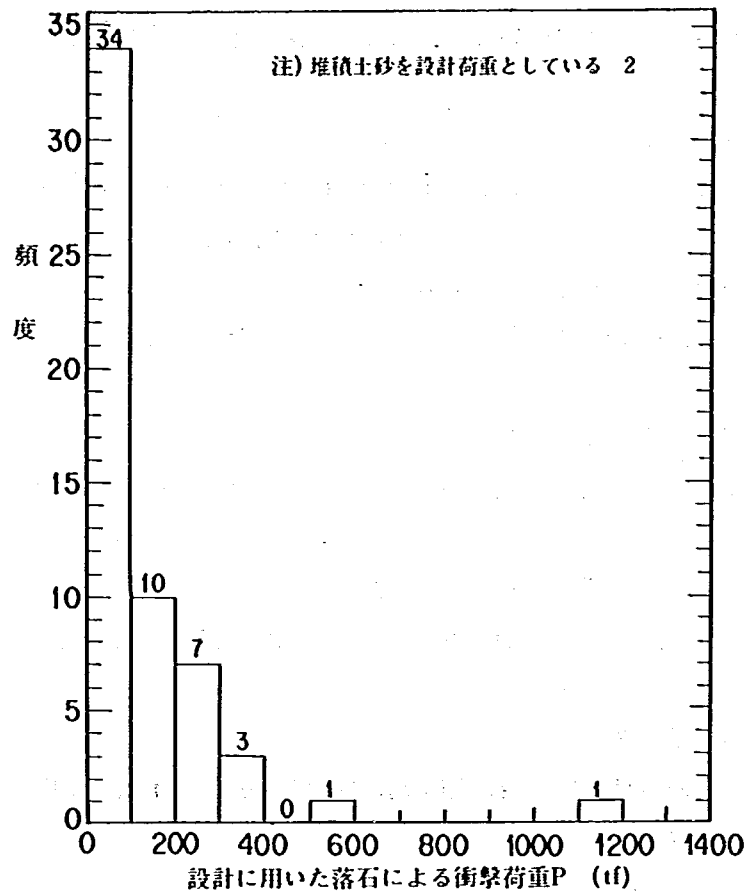


図 3. 28 設計に用いた落石による衝撃荷重

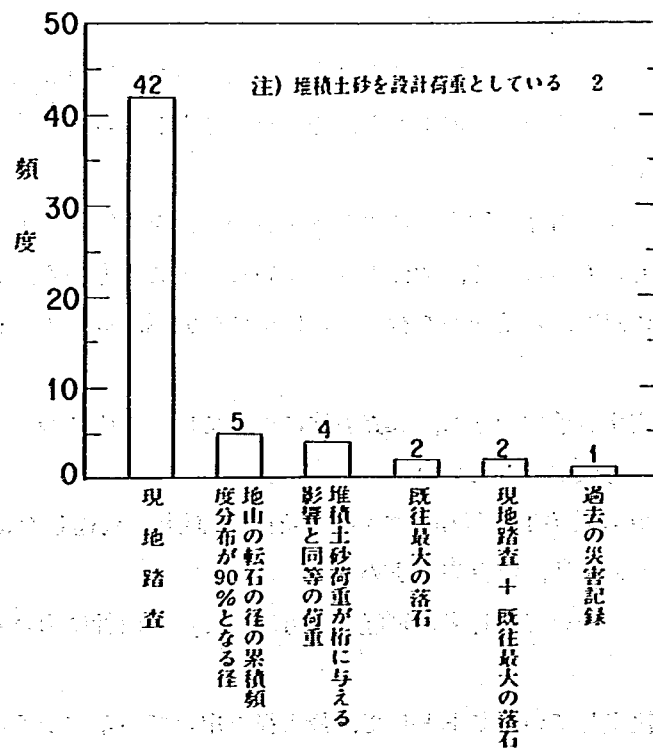


図 3. 29 設計に用いた落石を決めた根拠

各調査地点の設計に用いた崩土についてまとめたのが図3.30から図3.33である。以下にまとめた項目について述べる。

(1) 崩土荷重の考慮 (図3.30)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計において崩土荷重を考慮したものは、静的荷重については全体の69%、動的荷重については全体の24%であった。

(2) 設計に用いた崩土の単位体積重量 (図3.31)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた崩土の単位体積重量は、 1.8tf/m^3 のものが最も多かった。

(3) 設計に用いた崩土の堆積角度 (図3.32)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた崩土の堆積角度は、 30° のものが最も多かった。

(4) 設計に用いた崩土の動的荷重の計算式 (図3.33)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた崩土の動的荷重の計算式は、式(3.4)によるものがほとんどである。

7) 設計に用いた地震力 (図3.34)

この図によると、調査した地点の落石覆工の設計に用いた地震力は、水平震度0.18が最も多く、最大でも0.20であった。

8) 総工費について

図3.35に落石覆工の延長1 mあたりの総工費と設計荷重Pの関係を示す。この図によると、総工費は設計荷重Pにはあまり影響されず、その基礎型式によることがわかる。直接基礎、場所打杭、深礎杭の順で総工費が高くなることがわかる。

9) 設計に用いた落石を決めた根拠 (追加調査)

設計に用いた落石を決めた根拠について、さらに詳しく調べるために追加調査を行った。追加調査では、落石覆工を設計する場合にどのような調査(航空写真を含む)・手順により、設計に用いた落石を決定したかを調べた。

総数は本調査と同じく58件であり、調査に関する各項目の度数を表3.5に示す。項目によっては重複して解答してあるものもあるので、58件となっていないところもある。この表から、航空写真を利用したのは全体の24%、現地踏査を行ったのは全体の93%、過去の落石の調査を行ったのは全体の64%であった。

また、設計用落石を決定する手順のうち、調査方法については、次の2つに大別できるが、調査結果では多くの場合②の方法がとられている。

① 既往の落石記録(既設対策工に堆積している落石、路面上に到達した落石等)に基づいて、設計に用いる落石の寸法、位置等を定める。

② 斜面の状況の踏査に基づいて(将来の可能性を考慮して)、設計に用いる落石の寸法、位置等を定める。

さらに、設計用落石を決定している基準として、最大径を用いている例が多いが、度数分布に対して95%径、90%径、75%径を用いている例もあった。落石の落下高については、対象となる石の高さを用いている例がほとんどであるが、40mを超える場合は40mとしているものが多かった。

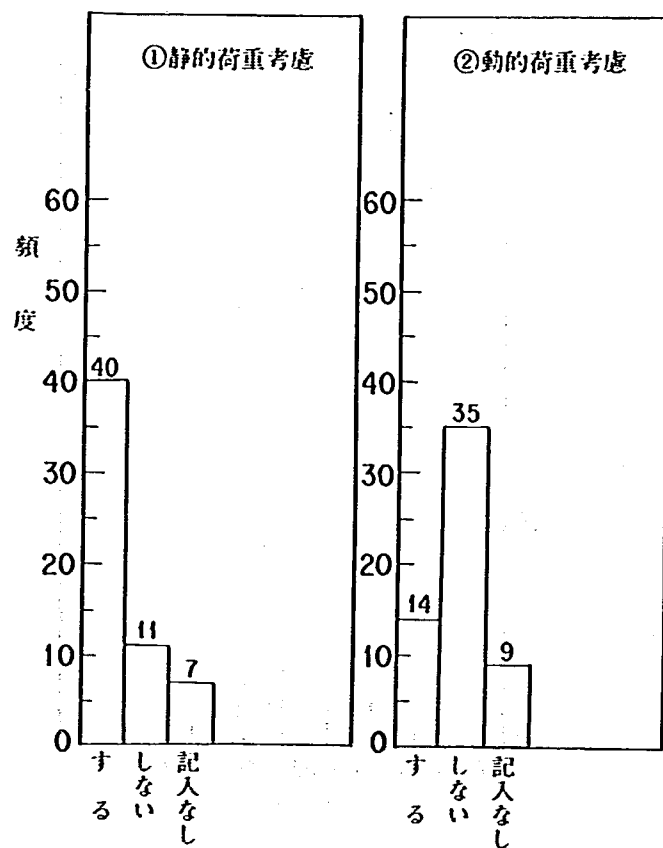


図 3. 30 崩土荷重の考慮

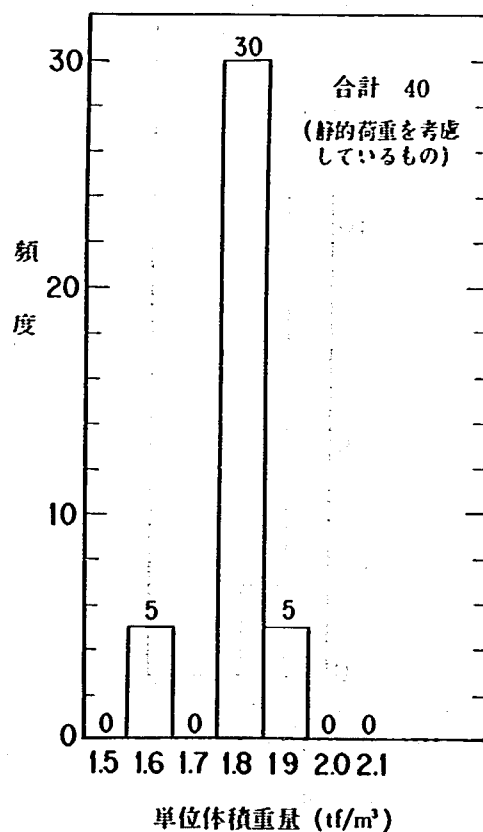


図 3. 31 設計に用いた崩土の単位体積重量

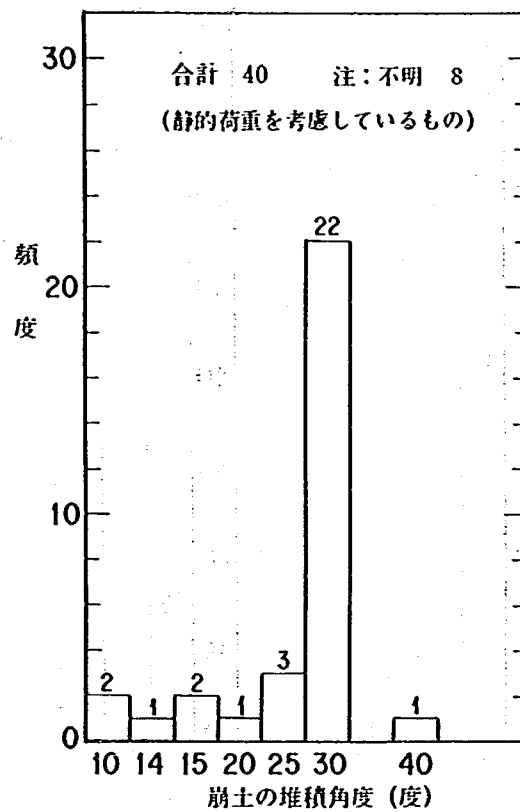


図3. 32 設計に用いた崩土の堆積角度

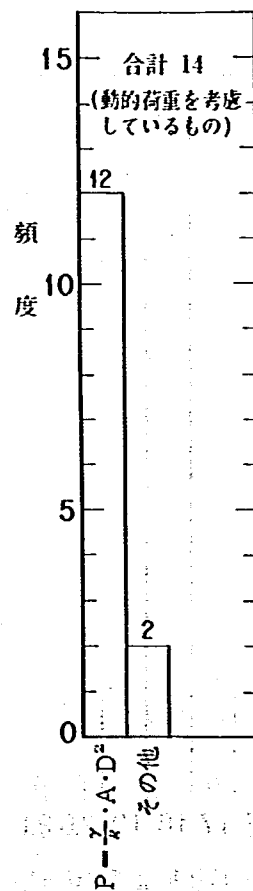


図3. 33 設計に用いた崩土の動的荷重の計算式

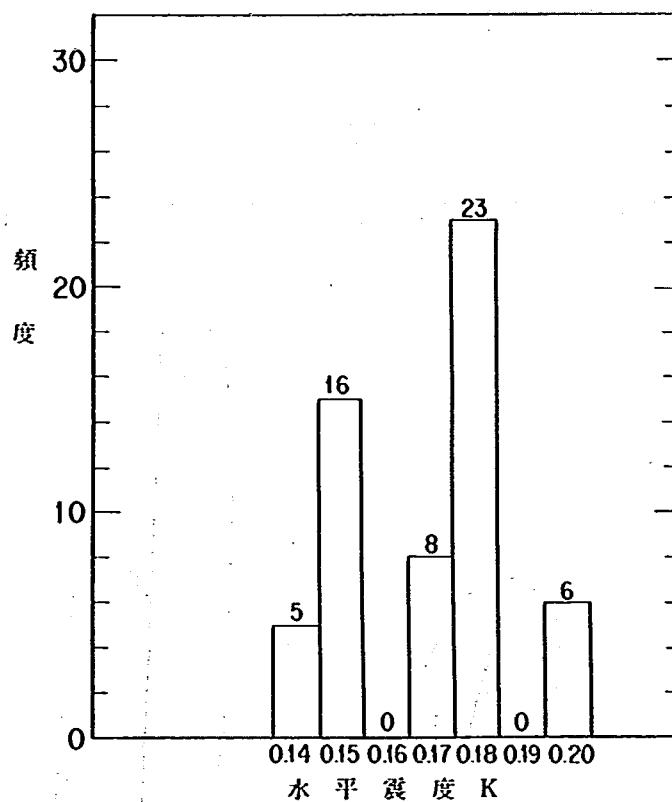


図 3. 34 設計に用いた地震力

表 3. 5 追加調査結果 (調査について)

(総数 58 件) () 内は件数

航空写真等の利用	既存の航空写真を利用した (14)		
	新規に航空写真を撮影した (0)		
	新規にビデオを撮影した (0)		
	利用しなかった (44)		
現地調査	実施した (54)	浮石・転石の分布調査 (44)	
	外注で実施 (52)	浮石・転石の危険度判定 (39)	
	直営で実施 (3)	弾性波調査 (3)	
		サウンディング (2)	
		ボーリング (10)	
		その他 (6)	
	実施しなかった (4)		
過去の落石の調査	実施した (37)	道路パトロール日誌の調査 (22)	
		災害記録の調査 (28)	
		その他 (5)	
	実施しなかった (21)		

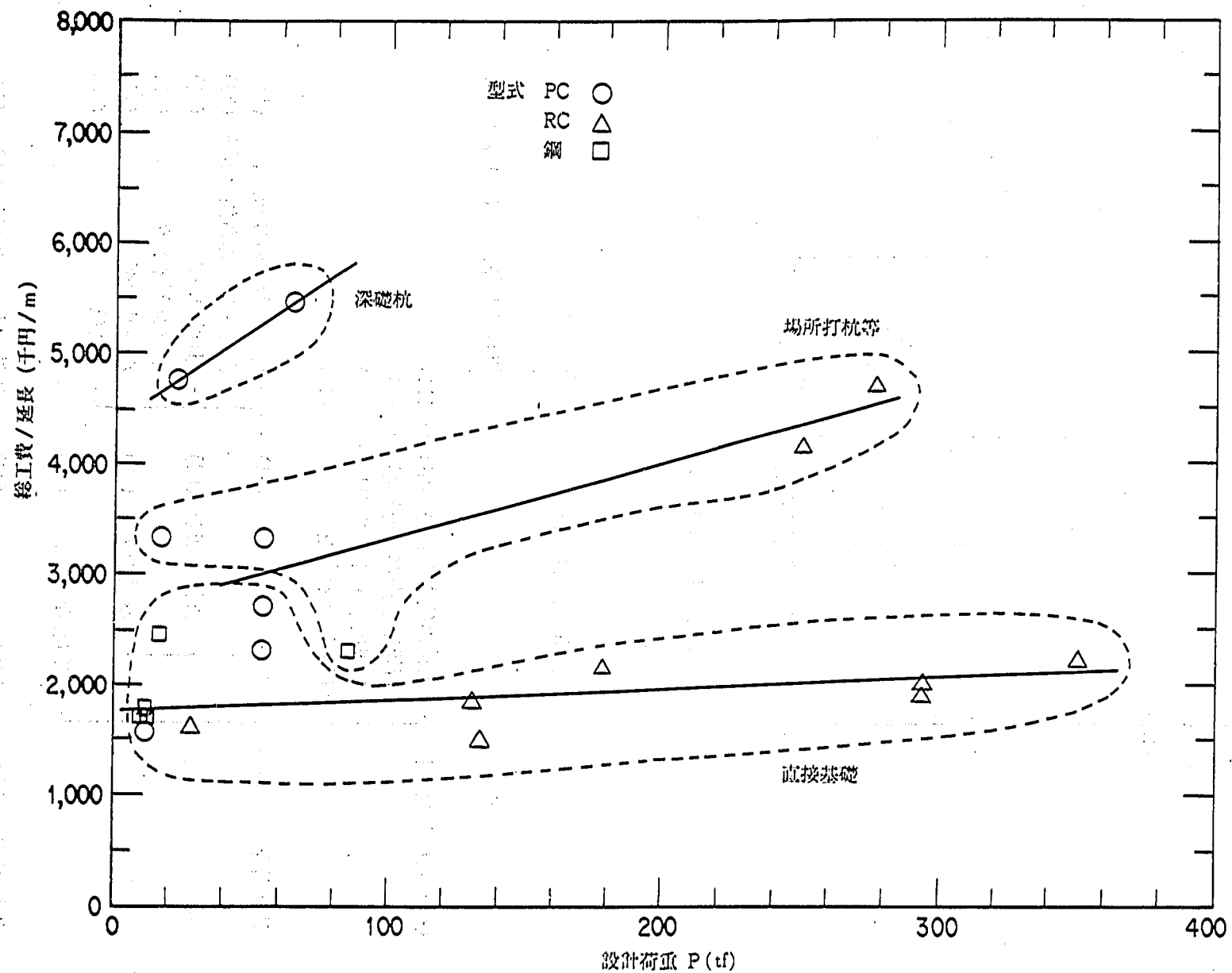


図3. 35 落石覆工の1mあたりの工費と設計荷重の関係

4. 落石対策工の選定法に関する調査

4. 1 落石対策工の実態調査

4. 1. 1 調査目的

落石対策工の選定法を調査するにあたり、どのような対策工をどこの事務所でやっているかを把握する。それに基づいて、各種の対策工を実施している事務所において選定法の聞き取り調査を行う。

4. 1. 2 調査方法

この調査は、昭和62年6月に、全国8地方建設局技術事務所、北海道開発局土木試験所（現開発土木研究所）あてに、依頼したものである。調査対象は、昭和59～61年度の3か年間に、各局管内で落石対策工の工事を行った箇所すべてである。調査様式は表4.1のようであり、記入要領を以下に示す。

・ 調査票記入要領

年 度： 59, 60, 61と数字で記入

担当事務所： 担当事務所名を記入

路 線 名： 国道番号を数字で記入

工 事 件 名： 対策工を行ったときの発注工事件名を記入

箇 所 名： ○○県△△郡□□町××と記入、ただし、同一地先名で複数箇所あるときはキロ程などで区別できるようにする。

また、覆工で名称がある場合は（○○洞門）も記入する。

工 種： 落石覆工（洞門）、落石防止壁、落石防止柵、落石防止網と記入、その他吹付工、抑止杭などの工種と併用した場合は工種すべてを記入する。

延 長： 箇所ごとの対策延長（m）を記入

斜面高さ： 落石の発生源と思われるような地点までの路面からのおおよその高さ（m）を記入

斜面勾配： 落石の発生源付近の平均的な斜面の勾配（度）を記入（図4.1 参照）

備考欄には記入しない。

担当事務所ごとに、箇所数の小計をとる。



図4. 1 斜面勾配のとり方

表 4. 1 調査票

No. _____

年度	担当事務所	路線名	工事内容	箇所名	工事種	延長 (m)	斜面高さ (m)	斜面勾配 (度)	備考

4. 1. 3 調査結果

調査件数は、全国で1,237箇所であった。各箇所の調査結果を付録2に示す。この付録については地建、開発局名以外の場所については省いた。

工種について各地建別に整理したものを表4.2、4.3に示す。表4.2は工種を13種類に分類し、それぞれの工種が何箇所で用いられたかを示している。ここで、壁とは落石防止壁、または擁壁のことである。工種が組み合わされている場合は、それぞれを1箇所としているため、総数は調査件数より多くなっている。表4.3は、組合せを考慮した集計である。表4.2に示した工種が組み合わされ57種類のパターンとなっている。表4.3は、組合せを考慮した集計である。表4.2に示した工種が組み合わされ57種類のパターンとなっている。これらの表から、用いられる工種で最も多いのは柵であり、網、吹付、壁と続いている。また、組合せで最も多いのは、単独の工種を除いては柵+壁であり、柵+吹付、網+吹付も多い。柵+壁の場合は防止柵の基礎としての擁壁も計上されていると考えられるため、落石防止壁の実数は表4.3に示されている数より、少なくなる。

表4. 2 工種別集計表（基本的な工種）

	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	計
1 滑門工	39	4	10	10	38		3	1	6	111
2 イ型防護工					3					3
3 トンネル					2					2
4 柵	24	35	35	14	108	54	101	193	88	652
5 壁	12	3	14	3	8		76	28	58	202
6 網	33	32	9	5	71	28	23	10	36	255
7 切土	4			2				1	5	12
8 法枠	25	3	5	6	5	3	25	10	18	100
9 吹付	5	1	7	3	34	37	79	24	49	239
10 張コンクリート								12	1	13
11 法面工	1	1	2					4	10	18
12 アンカー	3	1	1					6	2	13
13 抑止杭			3	1					2	6
計	146	80	86	44	269	122	307	297	275	1,626

4. 2 落石対策工の選定法の実態調査

4. 2. 1 調査目的・方法

落石対策便覧には、p.101に図4.2に示すようなフローチャートが掲載されている。このフローチャートは、特に現場での選定実態を調査して作成したものではないため、実際にフローチャートを用いて工法を選定したときの問題点が十分把握されていない。このため、現場の実務者に実際の選定法についてたずね、あわせてフローチャートについての意見を聞いた。

4. 2. 2 調査結果

今回は、全国3地方建設局の3工事事務所において行った結果について述べる。

表4. 3 工種別集計表 (組み合わせ)

	北海道	東 北	関 東	北 陸	中 部	近 畿	中 国	四 国	九 州	計
1 覆工	39	4	10	9	34		3	1	6	106
2 覆工+樹					2					2
3 覆工+網				1						1
4 覆工+吹付					2					2
5 イ型防護工					3					3
6 トンネル					2					2
7 樹	13	33	23	12	88	29	12	134	35	379
8 樹+壁	7	2	6	1	2		63	22	43	146
9 樹+壁+網			1				1	1		3
10 樹+壁+網+吹付			1							1
11 樹+壁+法枠	1									1
12 樹+壁+法枠+吹付							1			1
13 樹+壁+吹付					1		5	1	3	10
14 樹+壁+法面工			1						1	2
15 樹+網	2		2		3	2		6		15
16 樹+網+法枠	1									1
17 樹+網+吹付						12		1		13
18 樹+切土+法面工									1	1
19 樹+法枠					2		10	5	1	18
20 樹+法枠+吹付							3			3
21 樹+法枠+アンカー								2		2
22 樹+吹付			1	1	10	11	6	6	3	38
23 樹+張コンクリート								11		11
24 樹+法面工								4		4
25 樹+抑止杭									1	1
26 壁	4	1	1	1	5		4	1	4	21
27 壁+網			1						1	2
28 壁+切土				1						1
29 壁+法枠							1		4	5
30 壁+法枠+抑止杭			1							1
31 壁+吹付							1		1	2
32 壁+法面工			1						1	2
33 壁+アンカー								3		3
34 壁+抑止杭			1							1
35 網	29	31	4	3	59	7	18	9	31	191
36 網+法枠	1									1
37 網+法枠+アンカー		1								1
38 網+吹付				1	9	7	4		2	23
39 網+張コンクリート								1		1
40 網+アンカー									2	2
41 切土								1		1
42 切土+法枠	4									4
43 切土+吹付				1					2	3
44 切土+吹付+法面工									1	1
45 切土+法面工									1	1
46 法枠	18	2	1	6	3	3	10	2	6	51
47 法枠+吹付			2						6	8
48 法枠+法面工									1	1
49 法枠+アンカー			1					1		2
50 吹付	2	1	3		12	7	59	16	29	129
51 吹付+法面工									1	1
52 吹付+アンカー	3									3
53 吹付+抑止杭									1	1
54 張コンクリート									1	1
55 法面工	1	1							3	5
56 抑止杭			1	1						2
計	125	76	62	38	237	78	201	228	192	1,237

・ 選定にあたって

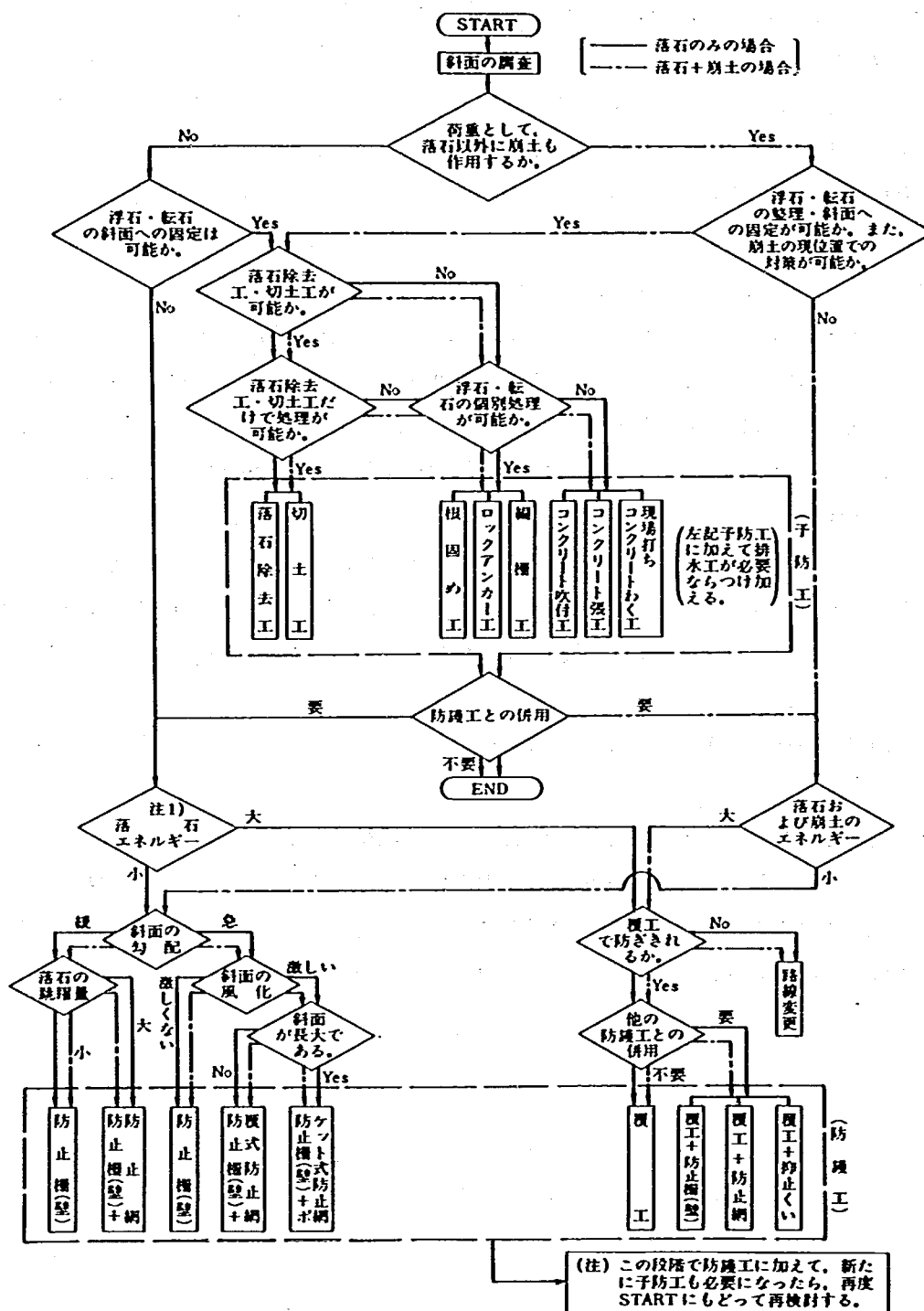
落石対策工の選定の方法としては、現地踏査により、落石エネルギーの算定を行い、落石エネルギーにより、落石覆工、落石防止壁、落石防止柵を選定する。覆工で対応できないものは発生源対策を行う。発生源対策としては、ワイヤーロープ、コンクリート吹付を主に行う。トンネルなどの路線変更は線形の悪いところを中心になるが、覆工とトンネルの工費がほとんど変わらないことがあるため注意する必要がある。ここで、ある地区での選定の概要を述べると、斜面を単位斜面に区切りその1つ1つの斜面について落石エネルギーを計算し、その危険度を加味し、対策工を選定していた。ちなみに、落石エネルギーが $10\text{tf}\cdot\text{m}$ までは落石防護柵、 $10\sim 60\text{tf}\cdot\text{m}$ は落石防止壁、 $60\text{tf}\cdot\text{m}$ 以上は落石覆工となっていた。覆工の場合対象となった落石エネルギーの最大は $600\text{tf}\cdot\text{m}$ であった。この調査で最大の落石エネルギーは $2,500\text{tf}\cdot\text{m}$ であるが、その石は危険度が低いと言うことで除外されている。また、当該地区には巨岩 ($3,000\text{tf}$) があるがそれについては個別に処理を行う。処理の方法は、巨岩をはつることと巨岩の基礎部分の根固めである。また、防止網は、斜面長が長く (約 20m 以上)、落石エネルギーが小さい ($1\text{tf}\cdot\text{m}$ 未満) 場合に用いるようである。

また、落石防止柵が中心で、落石防止網やモルタル吹付はメンテナンスの関係であまり行っていない事務所もあった。これは、防止網のうしろにたまった石を除去するのが大変であり、モルタル吹付は、凍結融解の影響もあり、ひび割れが多いためということであった。

・ フローチャートについて

図4.2のフローチャートについては、おおむねよいようであったが、次のような意見があった。

実際の流れと異なるところは、浮石、転石の個別処理などの予防工を行う前に、落石覆工や防止柵等の防護工を行うことと、吹付は斜面の風化が著しい場合に行うため、フローチャートの中では現在防護工の中で斜面の風化の程度に基づいて判断するようになっているが、このままなら吹付を防護工の中にも入れた方がよいのではないかということである。



5. 落石対策工の設計法の取扱いに関する検討

落石対策便覧を用いて、実際に落石対策工の設計を行う場合には種々の問題が生じる。ここでは、当研究室に問い合わせのあったもの、一日土研で質問のあったものの中から7例を取り上げ、現時点におけるその取扱いについて述べる。

質問-1 落石防止柵の設計について

pp.154~157図5-24~5-27 (図5.1参照) において、落石防止柵のH鋼の断面係数がある点まで行くと、可能吸収エネルギーが急に減少するがなぜか。たとえば、図5.1の $L=60\text{m}$ をみると、H鋼の断面係数 $Z=1,000\text{cm}^3$ では可能吸収エネルギー E_r は $21.5\text{tf}\cdot\text{m}$ であるが、 $Z=1,060\text{cm}^3$ 付近のところに変化点があり、 $Z=1,100\text{cm}^3$ では $16\text{tf}\cdot\text{m}$ になっている。

○設計条件

ワイヤーロープの径： $\phi 18\text{mm}$
支柱の間隔： $a=3\text{m}$
落石の衝突位置： $h_s=2\text{m}$

○記号説明

E_r ：吸収エネルギー
 L ：ワイヤーロープの全長
 Z ：支柱の断面係数
 I ：支柱の断面二次モーメント

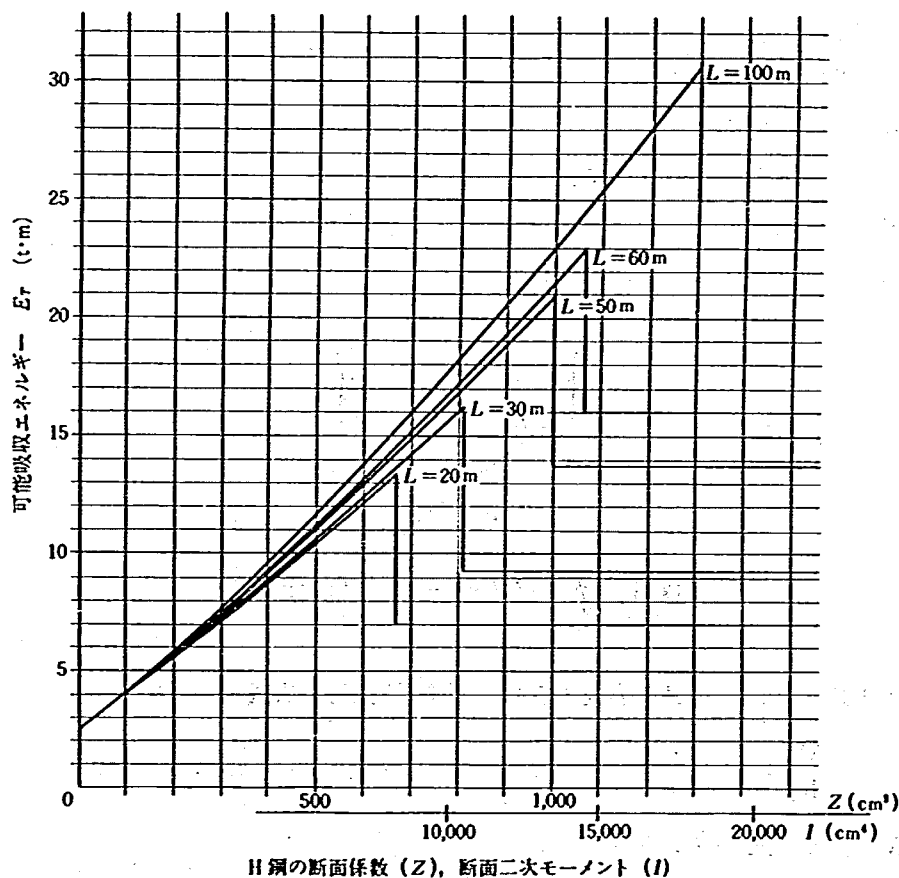


図5.1 ワイヤーロープ長の変化に対する落石防止柵の可能吸収エネルギーとH鋼の断面係数の関係 (ワイヤーロープ径18mmの場合)

回答

可能吸収エネルギーの計算方法は、便覧p.150～153に述べられているが、ここに再掲すると以下のようである。

落石防止柵の可能吸収エネルギー (E_T) は、次式により計算する。

$$E_T = E_R + E_P + E_N \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

ここに、 E_R : ワイヤロープの吸収エネルギー

E_P : 支柱の吸収エネルギー

E_N : 金網の吸収エネルギー

ワイヤロープの吸収エネルギー (E_R) および支柱の吸収エネルギー (E_P) は以下の手順で計算する。

- ① ワイヤロープの降伏張力 T_y を求める。
- ② ワイヤロープに降伏張力 T_y が作用したときの支柱への反力 R を次式より求める。
この場合2本のワイヤロープが共同して働くものとする。

$$R = 2 T_y \sin \theta_1 \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

θ_1 は次式より算出する (図5.2 参照)。

$$\left(\frac{a}{2} + \frac{T_y \cdot L}{2 E_w \cdot A} \right) \cos \theta_1 = \frac{a}{2} \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

ここに、 a : 支柱間隔

L : ワイヤロープの全長

E_w : ワイヤロープのヤング率

A : ワイヤロープの断面積

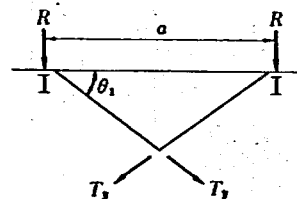


図5. 2 ワイヤロープの変形

- ③ 支柱の下端が塑性ヒンジを形成するのに要する力 F_y を次式より求める。

$$F_y = \frac{M_o}{h_2} = \frac{\sigma_y \cdot Z}{h_2} \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

ここに、 M_o : 塑性モーメント

h_2 : 作用点までの高さ (図5.3 参照)

σ_y : H鋼の降伏点応力度 (S S 41で2,400kg/cm²)

Z : H鋼の断面係数

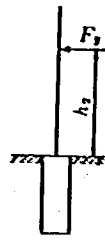


図5. 3 支柱への作用高さ

④ 上記で算出したRとF_yを比較し、次のような条件ごとに計算する。

i) $R \geq F_y$ の場合

支柱の吸収エネルギー

支柱の最大許容変位角は図5.4 のように15°とするため以下のようになる。

$$E_p = 2 F_y \cdot \delta = 2 F_y \cdot h_2 \tan 15^\circ = 0.54 h_2 \cdot F_y \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

ワイヤーロープの吸収エネルギー

$$E_R = \frac{L}{E_w \cdot A} (T^2 - T_0^2) \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

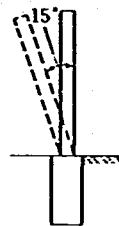


図5. 4 支柱の許容最大変位角

ここに、T : F_yに見合ったロープ張力で次の2式を解いて求める。

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \frac{F_y}{2 \sin \theta_2} \quad \dots\dots\dots (5.7) \\ \left(\frac{a}{2} + \frac{T \cdot L}{2 E_w \cdot A} \right) \cos \theta_2 = \frac{a}{2} \quad \dots\dots\dots (5.8) \end{array} \right.$$

T₀ : 初期張力 (500 kg)

ii) $R < F_y$ の場合

支柱の吸収エネルギー

$$E_p = \frac{R^2 \cdot h_2^3}{3 E_H \cdot I} \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

ここで、E_H : H鋼のヤング率

I : H鋼の断面二次モーメント

ワイヤーロープの吸収エネルギー

$$E_R = 2 T_y \cdot L \cdot S \quad \dots\dots\dots (5.10)$$

ここに、 $S : R = F_y$ のときのロープの伸び率で

$$S = \frac{T_y}{E_w \cdot A} \text{にて求められる（最大5\%とする。）}$$

金網の可能吸収エネルギーを計算で求めることは現時点では不可能なので、実験値より $E_N = 2.5 \text{tf} \cdot \text{m}$ とする。

以上の考え方を要約すると、可能吸収エネルギーのうち、支柱の吸収エネルギーについては、支柱の下端が塑性ヒンジを形成するのに要する力 F_y とワイヤーロープに降伏張力が作用したときの支柱に作用する反力 R を比較して、 $R \geq F_y$ であればワイヤーロープは弾性変形、支柱は塑性変形するとして、ワイヤーロープ及び支柱の吸収エネルギーを計算する。また、 $R < F_y$ であればワイヤーロープは降伏し塑性変形するが、支柱は弾性変形領域内であるとして、それぞれの吸収エネルギーを計算する。ここでは、計算例として、便覧の資料編にも一部計算が紹介されているワイヤーロープの径： $\phi 18 \text{mm}$ 、ワイヤーロープの全長： 60m 、落石防止柵の高さ： 3m の場合について支柱の断面係数を変化させて、可能吸収エネルギーを計算した結果をもとに説明することにする。表5.1に上述した条件における支柱の断面係数とワイヤーロープ、支柱、金網の吸収エネルギーの関係を示す。ここで、断面番号①

表5.1 支柱（H鋼）の断面係数と可能吸収エネルギー

断面 番号	H鋼の断面 係数 Z (cm ³)	ロープの吸収 エネルギー E_R	支柱の吸収 エネルギー E_P	金網の吸収 エネルギー E_N	可能吸収 エネルギー E_T	備 考 (出典)
①	184	0.6	2.4	2.5	5.5	便覧pp.338~340
②	472	2.1	6.1	2.5	10.7	便覧pp.340~341
③	867	4.9	11.2	2.5	18.6	計算例2
④	1010	6.1	13.1	2.5	21.7	
⑤	1089.25	6.8	14.1	2.5	23.4	
⑥	1360	13.4	0.1	2.5	16.0	計算例1

計算条件：ワイヤーロープの径 $\phi 18 \text{mm}$
 支柱の間隔 $a = 3 \text{m}$
 落石の衝突位置 $h_2 = 2 \text{m}$
 ワイヤーロープの全長 $L = 60 \text{m}$

と②については便覧の資料編に掲載されているものであり、断面番号③と⑥については計算例として後述している。なお、⑥は③よりもH鋼の断面係数が大きくなっても、可能吸収エネルギーが小さくなることを示している。また、断面番号⑤は $R = F_y$ となるH鋼の断面係数 (1089.25cm^3) であり、既製品のH鋼には存在しない。断面係数④は、 $R \geq F_y$ の範囲で最大の断面係数をもつ既製品のH鋼 (396×199) の例である。④と⑤については、計算方法が③とかわらないため、結果のみを表5.1に示す。表5.1の結果をもとにH鋼の断面係数と可能吸収エネルギーの関係を図にしたものが、図5.5である。この図では可能吸収エネルギー

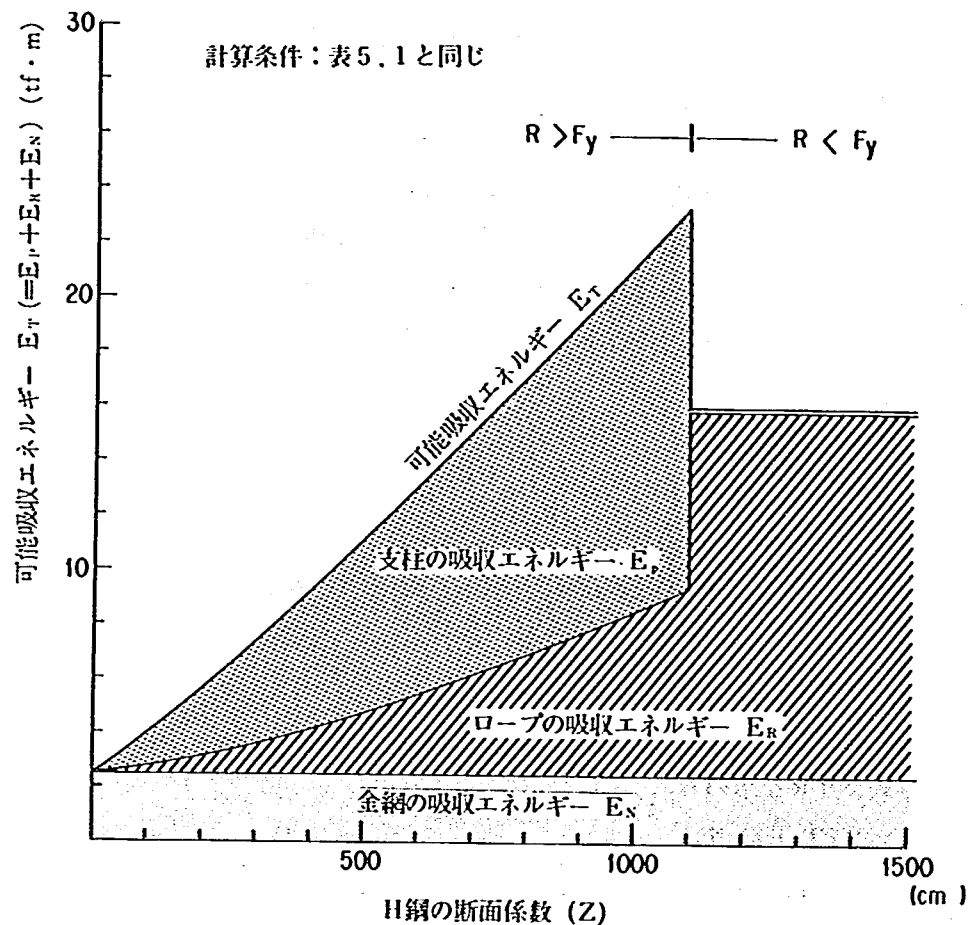


図5.5 H鋼の断面係数と可能吸収エネルギーの関係

を金網、ワイヤーロープ、支柱の各吸収エネルギーにわけて示している。図5.5をみると、支柱の塑性変形の領域（H鋼の断面係数1089.25cm³以下）では、H鋼の断面係数が大きくなるにしたがって、支柱、ワイヤーロープの吸収エネルギーも大きくなっているが、ワイヤーロープの降伏張力が最大に発揮され、支柱が弾性変形の領域（H鋼の断面係数1089.25cm³超）では、支柱はほとんど変形しないため、支柱の吸収エネルギーはほとんどなくなる。したがって、支柱が弾性変形の領域では、ワイヤーロープと金網の吸収エネルギーにより、可能吸収エネルギーが決定される。このときのワイヤーロープの吸収エネルギーは、ワイヤーロープの降伏張力から一義的に定まり、金網の吸収エネルギーは一定値をとるため、H鋼の断面係数には関係なく、可能吸収エネルギーはほぼ一定の値をとる。

このようなことから、落石防止柵の設計においては $R \geq F_y$ となるように、H鋼とワイヤーロープの組合せを考えるのがよい。

以下に表5.1の断面番号③、⑥の可能吸収エネルギーの計算例を示す。

・ 計算例1（H=3.00m、H鋼断面300×300の時）

設計条件

a = 3.0 m（支柱間隔）

L = 60 m（ワイヤーロープの全長）

$$E_w = 1.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (ワイヤーロープのヤング率)}$$

$$A = 1.29 \text{ cm}^2 \text{ (ワイヤーロープの断面積)}$$

$$\sigma_y = 2,400 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (H鋼の降伏点応力度……S S 41)}$$

$$Z = 1,360 \text{ cm}^3 \text{ (H鋼の断面係数……300×300)}$$

$$T_y = 12,000 \text{ kgf} \text{ (ワイヤーロープの降伏応力……φ18)}$$

$$E_H = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (H鋼のヤング率)}$$

$$I = 20,400 \text{ cm}^4 \text{ (H鋼の断面2次モーメント)}$$

1) Rの試算

(5.3)式より θ_1 を求める。

$$\left(\frac{a}{2} + \frac{T_y \cdot L}{2 E_w \cdot A} \right) \cos \theta_1 = \frac{a}{2}$$

$$\left(\frac{300}{2} + \frac{12,000 \times 6,000}{2 \times 1.0 \times 10^6 \times 1.29} \right) \cos \theta_1 = \frac{300}{2}$$

$$\cos \theta_1 = 0.843$$

$$\therefore \theta_1 = 33^\circ$$

(5.2)式よりRを求める。

$$\begin{aligned} R &= 2 \cdot T_y \cdot \sin \theta_1 \\ &= 2 \times 12,000 \times \sin 33^\circ \\ &= 13,071 \text{ kgf} \end{aligned}$$

2) F_y の試算

(5.4)式より

$$\begin{aligned} F_y &= \frac{\sigma_y \cdot Z}{h_2} = \frac{2,400 \times 1,360}{300 \times 2/3} \\ &= 16,320 \text{ kgf} \end{aligned}$$

3) Rと F_y の比較

$$R = 13,071 \text{ kgf} < F_y = 16,320 \text{ kgf}$$

したがって、(5.9)、(5.10)式を用いて、 E_P 、 E_R を試算する。

4) 支柱吸収エネルギー E_P の試算

$$\begin{aligned} E_P &= \frac{R^2 \cdot h_2^3}{3 E_H \cdot I} = \frac{13,071^2 \times (300 \times 2/3)^3}{3 \times 2.1 \times 10^6 \times 20,400} \\ &= 10,635 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \approx 0.1 \text{ tf} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

5) ワイヤロープの吸収エネルギー E_R の試算

$$\begin{aligned} S &= \frac{T_y}{E_w \cdot A} = \frac{12,000}{1.0 \times 10^6 \times 1.29} \\ &= 9.3 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_R &= 2 \cdot T_y \cdot L \cdot S = 2 \times 12,000 \times 6,000 \times 9.3 \times 10^{-3} \\ &= 1,339,535 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \approx 13.4 \text{ tf} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

6) 全吸収エネルギー E_T の試算

$$\begin{aligned} E_T &= E_R + E_P + E_N \\ &= 13.4 + 0.1 + 2.5 \\ &= 16.0 \text{ tf}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

・ 計算例 2 ($H=3.00\text{m}$, H鋼断面 250×250)

設計条件

$$Z = 867 \text{ cm}^3 \text{ (H鋼の断面係数)}$$

$$I = 10,800 \text{ cm}^4 \text{ (H鋼の断面 2 次モーメント)}$$

それ以外の数値は計算例 1 と同じ。

1) R の試算

計算例 1 と同様であり、以下のようになる。

$$R = 13,071 \text{ kgf}$$

2) F_y の試算

(5.14) 式より

$$\begin{aligned} F_y &= \frac{\sigma_y \cdot Z}{h} = \frac{2,400 \times 867}{300 \times 2/3} \\ &= 10,404 \text{ kgf} \end{aligned}$$

3) R と F_y の比較

$$R = 13,071 \text{ kgf} < F_y = 10,404 \text{ kgf}$$

したがって、(5.15), (5.16) 式を用いて、 E_P , E_R を試算する。

4) 支柱吸収エネルギー E_P の試算

$$\begin{aligned} E_P &= 0.54 h \cdot F_y \\ &= 0.54 \times \frac{2}{3} \times 300 \times 10,404 \\ &= 1,123,632 \text{ kgf}\cdot\text{cm} \\ &\approx 11.2 \text{ tf}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

5) ワイヤロープの吸収エネルギー E_R の試算

・ (5.17), (5.18) 式より, θ_2 を消去し T を求める。

$$\begin{aligned} \left(\frac{a}{2} + \frac{T \cdot L}{2 E_w \cdot A} \right) \sqrt{1 - \frac{F_y^2}{4 T^2}} &= \frac{a}{2} \\ \left(\frac{300}{2} + \frac{T \times 6,000}{2 \times 1.0 \times 10^5 \times 1.29} \right) \sqrt{1 - \frac{10,404^2}{4 T^2}} &= \frac{300}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T^4 + 1.29 \times 10^5 \cdot T^3 - 2.7061 \times 10^7 \cdot T^2 \\ - 3.4908 \times 10^{12} \cdot T - 1.1258 \times 10^{17} &= 0 \end{aligned}$$

$$\therefore T = 10,280.4 \text{ kgf}$$

- ・ (5.16) 式より E_R を求める。

$$\begin{aligned}
 E_R &= \frac{L}{E_w \cdot A} (T^2 - T_0^2) \\
 &= \frac{6,000}{1.0 \times 10^5 \times 1.29} (10,280.4^2 - 500^2) \\
 &= 490,403 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \\
 &= 4.9 \text{ tf} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

- 6) 全吸収エネルギー E_T の試算

$$\begin{aligned}
 E_T &= E_R + E_F + E_N \\
 &= 4.9 + 11.2 + 2.5 \\
 &= 18.6 \text{ tf} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

質問－2 落石防止柵の基礎の設計について

落石防止柵の基礎の設計においては、落石荷重により支柱が回転すると仮定して、基礎（擁壁）天端に作用する曲げ応力度を求め、コンクリートの許容応力度と照査するようになっている。しかし、既製品の落石防止柵を用いた場合に照査を行うと、コンクリートの許容応力度を満足しない場合がある。曲げ応力度の計算例及びコンクリートの許容応力度の考え方について示してもらいたい。

回答

質問にある既製品の仕様は以下のようなものである。

- 支柱の高さ : $h = 1.25\text{m}$
 支柱の根入れ深さ : $d = 0.55\text{m}$
 支柱のH鋼断面 : $150 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$
 (h , d については図5.6参照)

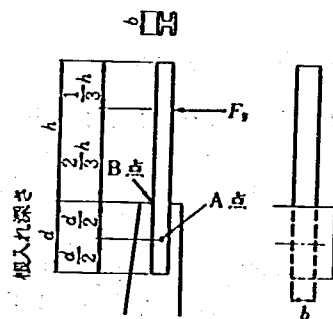


図 5. 6 防止柵支柱の設置

・ 曲げ応力度 σ の計算

$$F_y = \frac{\sigma_y \cdot Z_H}{2/3 h} = \frac{2,400 \times 88.8}{2/3 \times 125} = 2,557.44 \text{ kgf}$$

$$M = F_y \left(\frac{2}{3}h + \frac{d}{2} \right) = 2557.44 \times \left(\frac{2}{3} \times 125 + \frac{55}{2} \right) = 283,449.6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$A = b \cdot d = 7.5 \times 55 = 412.5 \text{ cm}^2$$

$$Z_F = \frac{b d^2}{6} = \frac{7.5 \times 55^2}{6} = 3,781.25 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A} + \frac{M}{Z_F} = \frac{2,557.44}{412.5} + \frac{283,449.6}{3,781.25} = 81 \text{ kgf/cm}^2$$

ここに、

σ_y : H鋼の降伏点応力度 (2,400kgf/cm²)

Z_H : H鋼の断面係数 (150×75で88.8cm³)

b : H鋼のフランジ幅 (7.5 cm)

h, d : 図5.6参照

・ コンクリート許容応力度 σ_{ca} の計算

・ 質問者の考え方は以下のようである。

・ コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$

・ コンクリートの許容圧縮応力度 $\sigma_{ca} = \sigma_{ck} / 4 = 160 / 4 = 40 \text{ kgf/cm}^2$

(コンクリート標準示方書⁵⁾70条(1))

・ 落石荷重を考慮した場合の許容圧縮応力度の割増率=1.5 (表5.2⁶⁾)

したがって、 $\sigma_{ca} = 40 \times 1.5 = 60 \text{ kgf/cm}^2$ となり、曲げ圧縮応力度 $\sigma = 81 \text{ kgf/cm}^2$ を下回る。

表5.2 荷重の組み合わせ

設計時の 状態	荷重の種類	死荷重	土圧	堆積土	積雪	落石	崩土	なだれ	地震	自動車衝突	施工時	許容応力度の割増率		PC部材の許容引張応力度 (kg/cm ²)		
												鋼部材	R部C材・P部C材	基準強度 (kg/cm ²)		
														300	400	500
常時*		○	○	○	○							1.00	1.00	—	—	—
落石*		○	○			○						1.70	1.50	道路橋示方書 Ⅲ 2・4・3 (2) 2) 適用		
崩土		○	○				○					1.70	1.50			
なだれ		○	○	○	○			○				1.70	1.50			
地震*		○	○	○	○				○			1.70	1.50			
自動車衝突		○	○	○	○					○		1.70	1.50			
施工時											○	1.25	1.25	22	25	28

*は必ず考慮すべき組合せを示す。

・ これに対しての対応として次のように考えることができる。

・ コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$

・ コンクリートの許容圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 0.3\sigma_{ck} = 0.3 \times 160 = 48 \text{ kgf/cm}^2$

(道路橋示方書⁷⁾のくいとフーチングの結合部の考え方を準用)

・落石荷重を考慮した場合の許容応力度の割増率=2.0

(コンクリート標準示方書⁵⁾66条(4)を準用)

したがって、 $\sigma_{ca}=48 \times 2.0=96 \text{ kgf/cm}^2$ となり、曲げ圧縮応力度 $\sigma=81 \text{ kgf/cm}^2$ を上回る。

なお、この場合には、擁壁が防止柵支柱から応力を受ける部分について鉄筋により、補強することが条件となるため注意する。

質問-3 落石防止壁の設計について

落石の衝突を受ける落石防止壁の設計においては、落石の衝突外力を受ける擁壁の回転運動を考慮している。そのために便覧では、擁壁の慣性モーメント I と落石の衝突前後の速度を関係づける係数 α を擁壁が台形の場合について示している。これらについて、他の形状の場合は、どのようにして求めるのか。

回答

一般に重心を回転軸とする慣性モーメント I は、重心を通り直交する X 軸、 Y 軸の回りの断面二次モーメントの和として与えられる。したがって、 I については、台形以外の他の形状についても、断面二次モーメントを、重心を通る X 軸、 Y 軸に対して計算すれば求まる。ここで図5.7のような台形の擁壁の重心に関する慣性モーメントの誘導課程を示す。

図5.7において、 $\square a b c e$ の重心回りの断面二次モーメント I_G は重心 G を通る縦軸回りの断面二次モーメント I_x と重心 G を通る横軸回りの断面二次モーメント I_y とから

$$I_G = I_x + I_y \quad (a)$$

として与えられる。

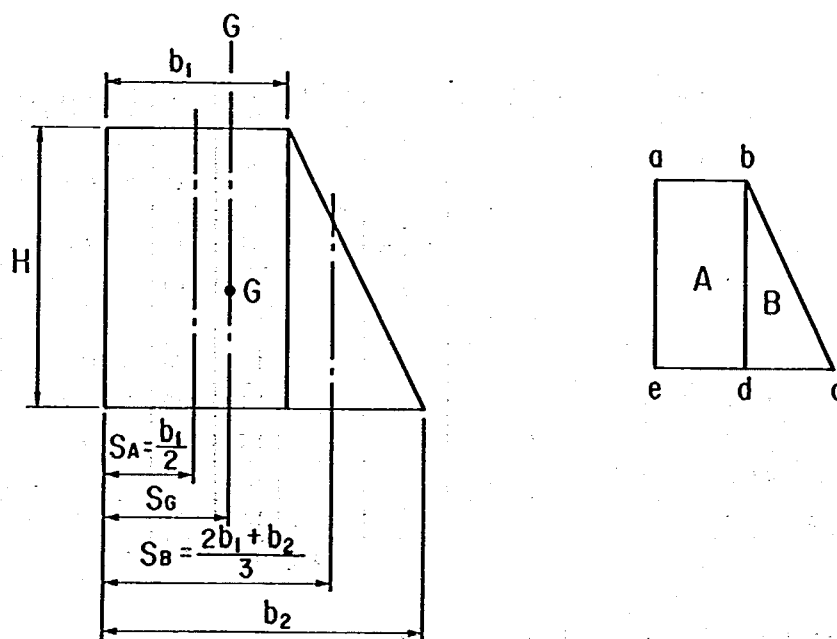


図5.7 モデル擁壁

I_x は、 $\square a b d e$ の重心Aを通る縦軸回りの断面二次モーメント I_A , $\square a b d e$ と $\square a b c e$ の両重心A, G間の水平距離 $S_G - S_A$, $\triangle b c e$ の重心Bを通る縦軸回りの断面二次モーメント I_B , $\triangle b c d$ と $\square a b c e$ の両重心B, G間の水平距離 $S_B - S_G$ により、次式により与えられる。

$$I_x = I_A + (S_G - S_A)^2 \cdot A_A + I_B + (S_B - S_G)^2 \cdot A_B \quad (b)$$

ここに、 A_A , A_B は、それぞれ $\square a b d e$, $\triangle b c d$ の面積。

公式に基づいて、それぞれの項は以下のとおりである。

$$I_A = \frac{b_1^3}{12} H \quad (c)$$

$$I_B = \frac{(b_2 - b_1)^3}{12} H \quad (d)$$

$$S_G - S_A = \frac{b_1^2 + b_1 b_2 + b_2^2}{3(b_1 + b_2)} - \frac{b_1}{2} = \frac{(b_2 - b_1)(b_1 + 2b_2)}{6(b_1 + b_2)} \quad (e)$$

$$S_B - S_G = \frac{2b_1 + b_2}{3} - \frac{b_1^2 + b_1 b_2 + b_2^2}{3(b_1 + b_2)} = \frac{b_1(b_1 + 2b_2)}{3(b_1 + b_2)} \quad (f)$$

$$A_A = b \cdot H \quad (g)$$

$$A_B = \frac{(b_2 - b_1)H}{2} \quad (h)$$

したがって、

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{b_1^3}{12} H + \left\{ \frac{(b_2 - b_1)(b_1 + 2b_2)}{6(b_1 + b_2)} \right\}^2 \cdot b_1 H \\ &\quad + \frac{(b_2 - b_1)^3}{36} H + \left\{ \frac{b_1(b_1 + 2b_2)}{3(b_1 + b_2)} \right\}^2 \cdot \frac{(b_2 - b_1)H}{2} \\ &= \frac{H}{36} \left\{ 3b_1^3 + (b_2 - b_1)^3 + \frac{\{(b_2 - b_1)^2 b_1 + 2b_1^2 (b_2 - b_1)\} (b_1 + 2b_2)}{(b_1 + b_2)^2} \right\} \\ &= \frac{H}{36} \left\{ 3b_1^3 + (b_2 - b_1)^3 + \frac{b_1(b_2 - b_1)(b_1 + 2b_2)^2}{(b_1 + b_2)^2} \right\} \quad (i) \end{aligned}$$

一方

$$I_y = \frac{b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2}{36(b_1 + b_2)} H^3 \quad (j)$$

したがって、

$$\begin{aligned} I_G &= \frac{H}{36} \left\{ \frac{b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2}{b_1 + b_2} H^2 + 3b_1^3 + (b_2 - b_1)^3 \right. \\ &\quad \left. + \frac{b_1(b_2 - b_1)(b_1 + 2b_2)^2}{(b_1 + b_2)} \right\} \\ &= \frac{H}{36} \frac{1}{b_1 + b_2} \left\{ (b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2) H^2 + (b_1^4 + 2b_1^3 b_2 + 2b_1 b_2^3 + b_2^4) \right\} \quad (k) \end{aligned}$$

慣性モーメント J_G はこれに密度 ρ を乗ずることになる。

一方、便覧 p.161式 (5-24) を次のように書換えられる。

$$\begin{aligned}
\left\{ \right\} &= \frac{b_1^2 + b_2^2}{2} - \frac{(b_1^2 + b_2^2 + b_1 b_2)^2}{3(b_1 + b_2)^2} + \left\{ 1 - \frac{b_2 \cdot b_1}{2(b_1 + b_2)} - \frac{(2b_1 + b_2)^2}{2(b_1 + b_2)^2} \right\} H^2 \\
&= \frac{1}{6(b_1 + b_2)^2} \{ 3(b_1^2 + b_2^2)(b_1 + b_2)^2 - 2(b_1^2 + b_2^2 + b_1 b_2)^2 \} \\
&\quad + \{ 6(b_1 + b_2)^2 - 3(b_1 + b_2)(b_2 \cdot b_1) - 2(2b_1 + b_2)^2 \} H^2 \\
&= \frac{1}{6(b_1 + b_2)^2} \{ (b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2) H^2 + (b_1^4 + b_2^4 + 2b_1^3 b_2 + 2b_1 b_2^3) \}
\end{aligned}$$

ここで,

$$m = \frac{W}{g} = \rho \cdot \frac{(b_1 + b_2)H}{2} \quad (\ell)$$

を用いると, 式 (5-24) の慣性モーメントは,

$$\begin{aligned}
J_G &= \frac{\rho(b_1 + b_2)H}{6} \cdot \frac{1}{6(b_1 + b_2)^2} \left\{ (b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2) H^2 + (b_1^4 + b_2^4 + 2b_1^3 b_2 + 2b_1 b_2^3) \right\} \\
&= \frac{\rho H}{36(b_1 + b_2)} \left\{ (b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2) H^2 + (b_1^4 + b_2^4 + 2b_1^3 b_2 + 2b_1 b_2^3) \right\} \quad (m)
\end{aligned}$$

となり, 上に導いた式 (k) と同一である。

同様の方法により, ここに示した台形以外の形についても擁壁の重心に関する断面二次モーメントまたは慣性モーメントを求めることができる。また, 便覧中の式 (5-24) の代りに

$$\begin{aligned}
J_G &= \frac{m}{18(b_1 + b_2)^2} \left\{ (b_1^2 + 4b_1 b_2 + b_2^2) H^2 + (b_1^4 + b_2^4 + 2b_1^3 b_2 + 2b_1 b_2^3) \right\} \\
&= m r_G^2
\end{aligned}$$

と書くことができる。

次に式 (5-38) の α は次のように導かれる。

図5.8を用いて, 擁壁と落石の衝突時の運動は以下のように表される。

落石は質点運動, 擁壁は剛体的回転運動をすると考える。

落石が擁壁に与える衝撃力を F , 落石の衝突前後の速度を V_0 , V とすると, 落石について

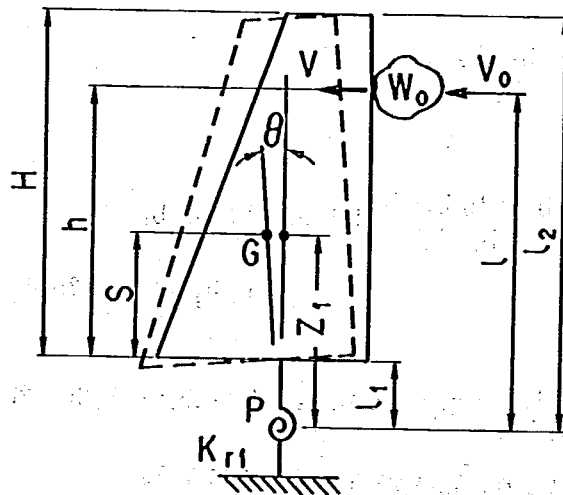


図5.8 擁壁と落石の衝突時の運動

$$\frac{W_o}{g} (V - V_o) = -F \cdot \Delta t \quad (o)$$

が成立つ。擁壁については、回転中心Pの回りの慣性モーメントを J_P 、落石から衝撃力によるP点回りのモーメントを M とすると、

$$J_P \cdot \omega = M \cdot \Delta t \quad (p)$$

が成立つ。 ω は衝突後の回転速度、衝突前の回転速度はゼロである。次の関係式がある。

$$J_P = J_G + \frac{W}{g} \cdot Z_1^2 \quad J_G = \frac{W}{g} \cdot r_G^2 \quad (q)$$

Z_1 : 回転の中心 (P) と擁壁の重心 (G) との距離

$$M = F \cdot l$$

l : 回転の中心 (P) と落石の衝突点との距離

$$\omega = V / \ell$$

これらを用いて

$$\frac{J_P \cdot V}{\ell^2} = F \Delta t \quad (r)$$

式 (o) を用いると

$$\frac{J_P \cdot V}{\ell^2} = -\frac{W_o}{g} (V - V_o) \quad (s)$$

$$\therefore \left(\frac{W_o}{g} + \frac{J_P}{\ell^2} \right) V = \frac{W_o}{g} V_o$$

式 (q) を用いると

$$V = \frac{W_o}{W_o + W \cdot \frac{1}{\ell^2} (r_G^2 + Z_1^2)} \cdot V_o \quad (t)$$

したがって、便覧中の式 (5-38) の α は式 (s) により

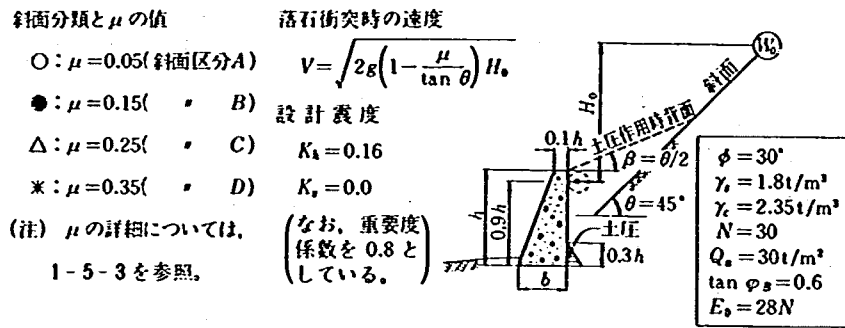
$$\alpha = \frac{1}{\ell^2} (r_G^2 + Z_1^2) \quad (u)$$

である。

質問-4

p.166表5-11「各種条件に対する落石防止擁壁の安定計算例」(表5.3参照)を作成したときの計算例はないか。ちなみに、擁壁高さ3.5m、擁壁天端幅0.5m、擁壁底面幅1.65m、落石重量50kgf、落下高さ30m、斜面区分Bで計算したところ許容値を満足しなかった。

表5. 3 各種条件に対する落石防止擁壁の安定寸法の例 (その1)



W ₀	h	50kg			100kg			200kg			500kg			1,000kg		
		10m	20m	30m	10m	20m	30m	10m	20m	30m	10m	20m	30m	10m	20m	30m
2.0m	1.1	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*						(例) $h=2.0\text{m}$, $W_0=100\text{kg}$ $\mu=0.15$ の場合 $H_0=10\text{m}$ では $b=1.1\text{m}$ $H_0=20\text{m}$ では $b=1.7\text{m}$ $H_0=30\text{m}$ では $b=2.0\text{m}$ で安定条件を満足する。 ϕ : 背面土のせん断抵抗角 γ_s : 背面土の単位体積重量 γ_c : コンクリートの単位体積重量 N : N値 Q_s : 計算支持力 $\tan \phi_s$: 滑動摩擦係数 E_s : 地盤の変形係数					
	1.4					△ *										
	1.7					○ ●										
	2.0						△ *		*							
2.5m	1.3	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	△ *						
	1.6								○		*					
	1.9									△						
	2.2									○ ●						
3.0m	1.5	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*					
	2.0											*				
	2.5											△				
	3.0										○		△ *			
3.5m	2.0	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*	○△ ●*		
	2.5															
	3.0														△ *	
	3.5													○ ●		*

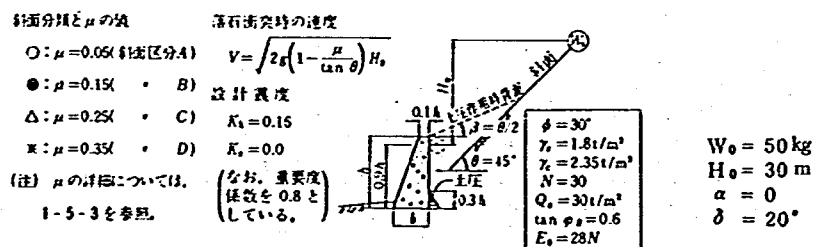
回答

質問にあるような設計条件で計算を行った結果を以下に示す。

1) 設計条件

表5.4に示す設計条件で計算した。

表5. 4 設計条件



2) 形状及び重心位置

形状は図5.9に示すとおりであり、重心位置は表5.5から以下のようになる。

$$X = \frac{4.00}{3.76} = 1.064 \text{ m}, \quad Y = \frac{5.41}{3.76} = 1.439 \text{ m}$$

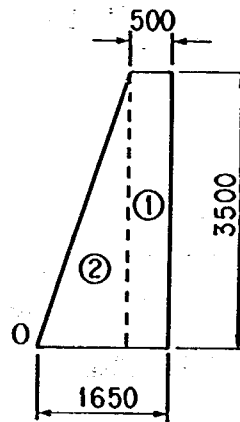


図 5. 9

表 5. 5 重心位置の計算

		A	x	y	A · X	A · Y
①	3.5×0.5	1.75	1.40	1.75	2.45	3.06
②	½×3.5×1.15	2.01	0.77	1.17	1.55	2.35
計	—	3.76	—	—	4.00	5.41

3) 自重及び地震時慣性力

$$W = A \cdot \gamma_c = 3.76 \times 2.35 = 8.84 \text{ tf}$$

$$H = W \cdot K_h = 8.84 \times 0.16 = 1.41 \text{ tf}$$

4) 土圧

(1) 土圧係数

$$\begin{aligned}
 K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2} \\
 &= \frac{\cos^2(30^\circ)}{\cos^2(0^\circ) \cdot \cos(20^\circ) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(50^\circ) \cdot \sin(30^\circ - 22.5^\circ)}{\cos(20^\circ) \cdot \cos(-22.5^\circ)}} \right)^2} \\
 &= 0.445
 \end{aligned}$$

(2) 堆積時土圧

$$P_A = 1/2 \cdot K_A \cdot \gamma_s \cdot H^2 = 1/2 \times 0.445 \times 1.8 \times 3.5^2 = 4.91 \text{ tf}$$

$$P_H = P_A \cdot \cos(\delta + \alpha) = 4.91 \times \cos(20^\circ) = 4.61 \text{ tf}$$

$$P_V = P_A \cdot \sin(\delta + \alpha) = 4.91 \times \sin(20^\circ) = 1.68 \text{ tf}$$

(3) 落石時土圧

$$P_A = 1/2 \times 0.445 \times 1.8 \times (0.3 \times 3.5)^2 = 0.44 \text{ tf}$$

$$P_H = 0.44 \times \cos(20^\circ) = 0.41 \text{ tf}$$

$$P_V = 0.44 \times \sin(20^\circ) = 0.15 \text{ tf}$$

5) 落石による荷重の計算

(1) 落下速度

$$V = \sqrt{2g(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H_0} = \sqrt{2 \times 9.8 \times \left\{ (1 - \frac{0.15}{\tan(45^\circ)}) \times 30 \right\}} = 22.36 \text{ m/sec}$$

(2) 回転中心と擁壁重心との距離 Z_1 の計算 (便覧式(5-24) ~ (5-33) から)

$$m = W/g = 8.84 \times 10 / 9.8 = 9.02$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{m}{3} \left\{ \frac{b_1^2 + b_2^2}{2} + H^2 - \frac{b_2 \cdot b_1}{2(b_1 + b_2)} H^2 - \frac{2(b_1 + b_2)^2 H^2 + (b_1^2 + b_2^2 + b_1 b_2)^2}{3(b_1 + b_2)^2} \right\} \\ &= \frac{9.02}{3} \times \left\{ \frac{0.5^2 + 1.65^2}{2} + 3.5^2 - \frac{1.65 \cdot 0.5}{2 \times (0.5 + 1.65)} \times 3.5^2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{(2 \times 0.5 + 1.65)^2 \times 3.5^2 + (0.5^2 + 1.65^2 + 0.5 \times 1.65)^2}{3 \times (0.5 + 1.65)^2} \right\} = 9.672 \end{aligned}$$

$$I_o = \frac{b_2^3 \cdot L}{12} = \frac{1.65^3 \times 10}{12} = 3.743$$

$$A = b_2 \cdot L = 1.65 \times 10 = 16.5$$

$$S = \frac{H}{3} \cdot \frac{2b_1 + b_2}{b_1 + b_2} = \frac{3.5}{3} \times \frac{2 \times 0.5 + 1.65}{0.5 + 1.65} = 1.438$$

$$E_o = 28N = 28 \times 30 = 840$$

$$B_v = \sqrt{L \cdot B} = \sqrt{1000 \times 165} = 406.20$$

$$K_v = 0.4 \cdot \alpha \cdot E_o \cdot B_v^{-3/4} = 0.4 \times 1.0 \times 840 \times (406.20)^{-3/4}$$

$$= 3.7135056 = 3713.51 \text{ tf/m}^2$$

$$K_s = \frac{A \cdot K_v}{4} = \frac{16.5 \times 3713.51}{4} = 15318.23$$

$$K_r = I_o \cdot K_v = 3.743 \times 3713.51 = 13899.67$$

$$i_o^2 = \frac{I}{m} = \frac{9.672}{9.02} = 1.072$$

$$e_o^2 = \frac{K_r}{K_s} = \frac{13899.67}{15318.23} = 0.907$$

$$Z_1 = \frac{1}{2S} (S^2 - e_o^2 - i^2) + \sqrt{\frac{1}{4S^2} (S^2 + e_o^2 - i_o^2) + i_o^2}$$

$$= \frac{1}{2 \times 1.438} \times (1.438^2 + 0.907 - 1.072) + \sqrt{\frac{1}{4 \times 1.438^2} \times (1.438^2 + 0.907 - 1.072)^2 + 1.072}$$

$$= 1.89$$

(3) 落石衝突後の衝突点での擁壁の速度Vの計算 (便覧式(5-34)～(5-38)から)

$$l_1 = Z_1 - S = 1.89 - 1.438 = 0.452$$

$$l_2 = l_1 + H = 0.452 + 3.5 = 3.952$$

$$l = l_1 + h = 0.452 + 3.15 = 3.602$$

$$\alpha' = \frac{4(b_2 \cdot l_2 - b_1 \cdot l_1)(l_2^2 + l_1 \cdot l_2 + l_1^2) - 3(b_2 - b_1)(l_2 + l_1)(l_2^2 + l_1^2)}{6l^2(b_1 + b_2)H}$$

$$= \{4 \times (1.65 \times 3.952 - 0.5 \times 0.452) \times (3.952^2 + 0.452 \times 3.952 + 0.452^2) - 3 \times (1.65 - 0.5) \times (3.952 + 0.452) \times (3.952^2 + 0.452^2)\} /$$

$$\{6 \times 3.602^2 \times (0.5 + 1.65) \times 3.5\} = 0.346$$

$$V = \frac{W_0}{W_0 + \alpha' \cdot W} V_0 = \frac{0.05}{0.05 + 0.346 \times 88.4} \times 22.36 = 0.036 \text{ m/s}$$

(4) 落石衝突による擁壁の回転角 θ 及び底面の変位量 δ の計算 (便覧式(5-39)～(5-43)から)

$$K_{r1} = -K_s(e_0^2 + l_1^2) = 15318.23 \times (0.907 + 0.452^2) = 17023.21$$

$$\delta_s = \frac{W_0 \cdot l_2}{K_{r1}} = \frac{0.05 \times 3.602^2}{17023.21} = 0.000038$$

$$\delta_d = \sqrt{\left(1 + \alpha' \frac{W}{W_0}\right) \frac{\delta_s \cdot V^2}{g}} = \sqrt{\left(1 + 0.346 \times \frac{88.4}{0.05}\right) \times \frac{0.000038 \times 0.036^2}{9.8}}$$

$$= 0.00175$$

$$\theta = \delta_d / l = 0.00175 / 3.602 = 0.00049$$

$$\delta_s = \delta_d - h \cdot \theta = \delta_d (1 - h/l) = 0.00175 \times (1 - \frac{3.15}{3.602}) = 0.00022$$

(5) 擁壁底面の中心における落石の衝突によるモーメントM及び水平力Hの計算
(便覧式(5-4)～(5-47)から)

$$M = K_r \cdot \theta = 13899.67 \times 0.00049 = 6.81 \text{ tf} \cdot \text{m}$$

$$H = K_s \cdot \delta_s = 15318.23 \times 0.00022 = 3.37 \text{ tf}$$

擁壁 1 m 当り

$$M' = M / L = 6.81 / 10 = 0.68 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$$

$$H' = H / L = 3.37 / 10 = 0.34 \text{ tf/m}$$

6) 荷重集計

(1) 落石時

表5.6 から偏心量は以下のようになる。

$$x = \frac{9.66 - 0.82}{8.99} = 0.983$$

転倒に対して

$$e = B/2 - x = 0.825 - 0.983 = -0.158$$

$$|e| = 0.158 < B/3 = 0.55$$

OK

表 5. 6 荷重集計 (落石時)

	V	H	x	y	V · X	H · Y
自 重	8.84	—	1.064	—	9.41	—
落 石	—	0.34	—	—	—	0.68
土 圧	0.15	0.41	1.65	0.35	0.25	0.14
計	8.99	0.75	—	—	9.66	0.82

滑動に対して

$$F = \frac{V \cdot \tan \phi B}{H} = \frac{8.99 \times 0.6}{0.75} = 7.2 > 1.5 \quad \text{OK}$$

支持に対して

$$\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\} = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{8.99}{1.65} \times \left\{ 1 \pm \frac{6 \times (-0.158)}{1.65} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 2.3 \text{ tf/m}^2 \\ 8.6 \text{ tf/m}^2 \end{matrix} \right\} < 30 \text{ tf/m}^2$$

OK

(2) 堆積時

表5.7 から偏心量は以下のようになる。

$$x = \frac{12.18 - 5.38}{10.52} = 0.646$$

転倒に対して

$$e = 0.825 - 0.646 = 0.179 < 0.55 \quad \text{OK}$$

滑動に対して

$$F = \frac{10.52 \times 0.6}{4.61} = 1.37 < 1.5 \quad (\text{OUT})$$

以上の結果から、底板幅1.65mではもたないことがわかる。

ちなみに $B = 2.0\text{m}$ の場合、 $F = 1.55$ で安全、 $F = 1.50$ のときの B は 1.90m 程度となる。

表 5. 7 荷重集計 (堆積時)

	V	H	x	y	V · X	H · Y
自 重	8.84	—	1.064	—	9.41	—
土 圧	1.68	4.61	1.65	1.167	2.77	5.38
計	10.52	4.61	—	—	12.18	5.38

質問－5 土砂流出及び落石防護対策工の設計について⁸⁾

国道220号沿いのある区間において道路上の斜面から年間数回の落石と数十回の土砂流出が発生し、過去に高さ100mの位置から落石(1tf)及び崩落土(50～3,000m³)が生じている。このような箇所における対策としての落石防止壁や洞門工の考え方について教示願いたい。

- 1) 崩土流出防止対策の必要空間幅について図5.10のように落石防止壁を設ければ、「落石対策便覧」(以下「便覧」と呼ぶ)の落石危険度判定(第二次判定)によって、道路への到達はないとしてよいか。

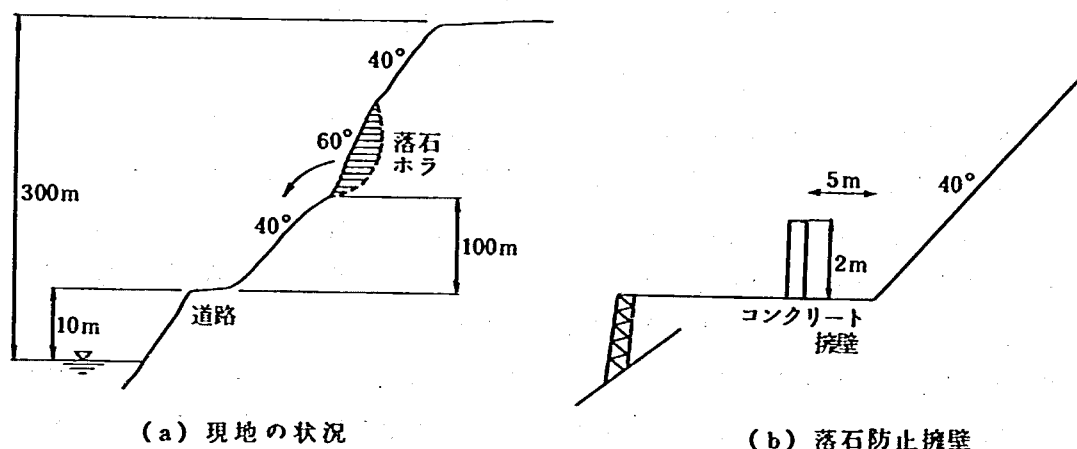


図5.10 現地の状況及び落石防止擁壁

- 2) 洞門工頂版の上部を斜面と同勾配にすれば、崩土はその上を滑って落ちるため崩土の衝撃力は便覧の式より小さいと考えてよいか。また、模型実験等によって斜面を滑動する土が構造物に与える外力を測定した例はないか。
- 3) 大規模な崩落土の発生時は他の箇所も崩落し交通不能となり、また、大規模落石、崩落土は10年に1回程度発生するのみであるから、洞門工の基礎の支持力の安全率を1.0(極限支持力)で設計できないか。

回答

- 1) 崩土流出防止対策の必要空間幅について

崩土については不明な点が多いため、「便覧」では落石防止壁の背後のポケットの必要幅について特に規定していない。

質問の場所についてごく単純に計算をしてみると次のようになる。崩壊土砂が極めて静かに落ちてきて図5.11のように水平に堆積すると仮定する。擁壁背後の斜面部分の断面積は12.4m²となり、道路延長方向にたとえば100mの幅にわたって崩土が堆積するとすると、そのときの体積は1,240m³であり、予想崩落土の体積の最大値3,000m³の半分以下であるから、土砂は道路に出てくることになる。

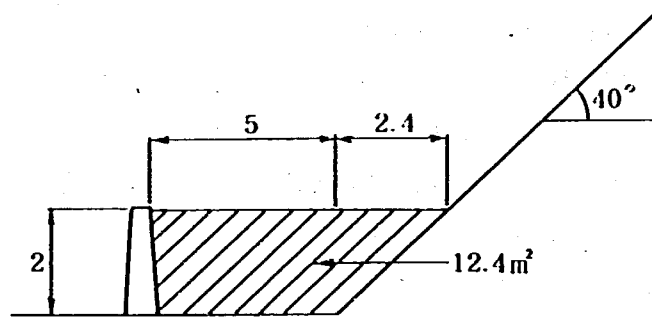


図 5. 11 崩土が水平に堆積した状況

したがって3,000m³の崩土が幅100mにわたって落ちてくると想定すれば図5.10のような擁壁では空間が不足することになる。現実には崩土が動くものであることをここでは考えていないが、それでも対処できないことを意味する。現実には、崩土は水平に堆積せずに図5.13のように堆積するであろうが、その一方大崩壊に先立ってポケットに土がたまっていることもあるであろうから、図5.12のBの部分は余裕として計算から除外した。

以上の計算はごく単純な計算であり、実際にきちんと設計しようとすると、崩土の体積、落下高さ、崩土を構成する土の粘性、斜面の傾斜角、斜面の状況等を考慮して設計しなければならないが、今のところ残念ながらこのような項目を考慮して設計する方法を提示することはできない。

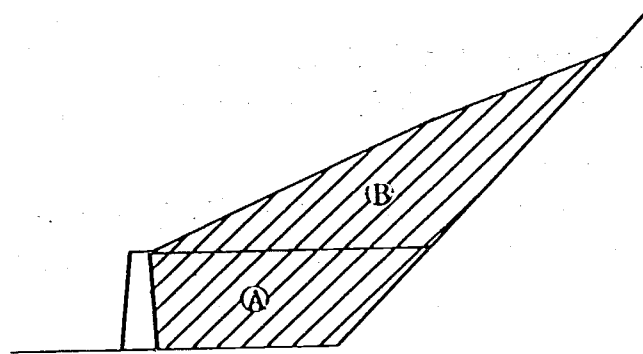


図 5. 12 実際の崩土の堆積状況

2) 崩土の外力（衝撃力）について

便覧では、壁面に作用する崩土の衝撃力の算定式として以下の式 (5.11) が提案されている。

$$P = \frac{\gamma}{g} A \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots (5.11)$$

ここに、P：壁面に作用する衝撃力 (tf)

γ ：崩土の単位体積重量 (tf/m³)

g：重量加速度 (9.8m/sec²)

A : 壁面に対する崩土の作用投影面積

v : 崩土の衝突速度

崩土の衝突方向と壁面がなす角を α とすれば、式(5.11)は元来、崩土の衝突角 α を考慮して式(5.12)で表わされる。

$$P = \frac{\gamma}{g} A \cdot v^2 \cdot \sin^2 \alpha \quad \dots\dots\dots (5.12)$$

ところで式(5.11)において $\sin \alpha = 1$ が採用されているのは大き目の値を与える(設計上は安全側)ことを考慮して直角に衝突するつまり $\alpha = 90^\circ$ としているからである。したがって、崩土の衝突角が小さくなれば衝撃力を小さく見積めることは原理的には妥当である。

スノーシェッドの設計における雪崩の衝撃力の算定においては、質問の主旨と同様な考え方を採用している。つまり、スノーシェッドの屋根勾配が斜面勾配にほぼ等しければ、衝撃力は考えなくてよいとしている。ただし、極端に斜面勾配が急な場合、衝撃力は考慮しなければならない。一般的には、屋根勾配を α_1 、斜面勾配を α_2 とした場合の衝撃力の算定式として以下の式(5.13)を提案している。

$$P = K \cdot \frac{\gamma}{g} v^2 \cdot \sin^2 (\alpha_2 - \alpha_1) \quad \dots\dots\dots (5.13)$$

ここに、K : 流れのタイプによる異なる定数(=1もしくは2) また、 α_1 と α_2 のわずかな差は、積雪によりカバーされるので、 $\alpha_2 - \alpha_1 < 20^\circ$ の場合には衝撃力を考慮しなくて良いとしている⁹⁾。

崩土の衝撃力に関しては、どのような条件が満たされれば衝撃力を式(5.11)により算定される値より小さく見積ることができるか、もしくは、無視することができるかについては明らかではないが、上記のような雪崩の分野での考え方を参考にすることも可能であろう。

スノーシェッドの設計では、もし雪崩の衝撃力が無視できる場合には、雪崩に関する荷重としては、以下に示す2つの力のみを考慮している¹⁰⁾。

$$\left. \begin{aligned} q_a &= \gamma_a \cdot h_2 \text{ (tf/m}^2\text{)} \\ q_a' &= \mu \cdot q_a \text{ (tf/m}^2\text{)} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.14)$$

ここに、 q_a : 雪崩の鉛直荷重

q_a' : 雪崩の水平荷重

γ_a : 雪崩の見かけ密度

h_2 : スノーシェッドの屋根上を通過する時の鉛直方向流雪深 (m) なお、

$$h_2 = h_1^3 \sqrt{\sin \alpha_2 / \sin \alpha_1}$$

h_1 : 発生地における雪崩の鉛直方向の層厚 (m)

α_1 : スノーシェッドの屋根勾配

α_2 : スノーシェッドから発生区までの平均勾配

μ : 雪崩の動摩擦係数

次に崩土の衝撃力に関する実験的な検討例としては、次のようなものがある。

中堤・谷¹¹⁾は、自由落下する崩落土による衝撃力を静的荷重としてどの程度評価すべきかを検討するために、布製の荷重袋に鉛玉等の荷重粒子を入れて落下させ衝撃力を測定した。

衝撃実験の結果、衝撃力を荷重の重量および自由落下高さの関数として以下の式 (5.15) を提案している。

$$P = \alpha W^{0.6} H^{0.5} \dots\dots\dots (5.15)$$

ここに、P：衝撃力 (tf)

W：崩土の重量 (tf)

H：崩土の自由落下高さ (m)

α ：係数、ただし、クッション材がない場合=14

クッション材がある場合=5

一方、仲野・右近は¹²⁾、斜面上を流下する崩土が待受け式擁壁に及ぼす衝撃力を検討するために、1.0mの砂を30°、40°および50°の斜面を流下させ待受け式擁壁に埋め込まれた土圧計により衝撃力を測定した。その結果、雪崩における衝撃力の式 (5.12) と同様な式 (5.16) を提案している。

$$P = \frac{\gamma}{g} A \cdot v^2 \cdot \sin^2 \alpha \dots\dots\dots (5.16)$$

ただし、崩土の衝突方向と壁面がなす角 α は、最大衝撃圧が発生する時点ではほぼ90°に等しいという実験時の観察結果から $\alpha=90^\circ$ つまり $\sin\alpha=1$ として解析を進めている。

以上のような提案式は、非常に限られた実験条件のみから導かれたものであり、現場段階において適用性が確認されたものではないことに注意を要する。これらを参考とする場合には、実験条件と現場条件を比較した上である程度の安全率を考慮した上で参考とすることが必要である。

3) 洞門工基礎杭の安全率について

「便覧」においては、洞門工本体のための荷重の組合せ及び許容応力度の考え方が記述されているが、洞門工を支える基礎の設計法については言及されていない。本体について道路橋の場合に準ずるようになっているから、基礎についてもまずそれに準ずることが不合理かどうかを検討すればよい。道路橋の場合、例えば、直接基礎の鉛直支持力に対しては、所要安全率を常時3、地震安全率を2としている。安全率は、設計計算原理、想定荷重、地盤条件等の不確定性や安全率に対応する被災程度をカバーするものとして導入されたものであり、洞門工の場合にも例外ではないと考えられる。

洞門工は、落石や崩土対策として建設される最も本格的な構造物であり、建設箇所設計上想定される大規模な崩壊に対して一応の機能を果たすべく耐えることがその使命であると考えられる。仮に外荷重が想定されたレベル以上のものであって洞門工が被災した場合、本体工の復旧に対して一般に基礎工の復旧はより困難であり道路交通に与える影響も長期間にわたるものと考えられる。したがって、このような場合、本体工の安全度より基礎工の安全度が低いことは望ましくないと考えられる。

これらのことから、崩土・落石を異常時荷重と考えて基礎工の安全率は2程度以上は確保することが望ましく、これにより設計荷重に対して生ずる被災の程度は許容されるレベル以下に抑えられるものと考えられる。

質問－6 のり面における転石等の対策について¹³⁾

国道169号の奥瀬道路は山間5流に沿うトンネル及び橋を主体とする道路である。トンネル坑口斜面に数多くの転石が分布している。また、本道路は吉野熊野国立公園内にあり、切取岩斜面等の景観保護が必要とされる。これらに対してどのように対処すべきか教示願いたい。

回答

質問は次の二つからなる。

- (1) 坑口斜面からの落石対策
- (2) 岩盤斜面の景観保全方法

考え方を以下に述べる。

1). 坑口斜面からの落石対策

落石対策上の計画・設計のための調査方法の概要は以下のようである。

(1) 落石危険度の調査

このために、現道沿いの斜面からの落石実態（堆積状況等）の把握及び斜面上の落石予備物質（落石になる可能性のある転石、浮石等）の状況の把握を行う。この場合、落石の大きさ・数・頻度・転石・浮石の分布状況・安定度を調査する。調査方法は、現地踏査によるほかないが、特に転石・浮石の分布状況・安定度を判断するためには、できる限り斜面に立入って見る必要がある。浮石の安定度は石の地山への根入状況、地山土質の安定状況・流失崩壊の可能性に支配される。この状況の判断は一般にはかなり困難な場合もあるが、専門技術者の詳細な現地踏査が最も有効である。石の安定状態を簡易に判定するために表5.8が参考となろう。

表5.8 石の安定状態(高速道路調査会)

区分	石の安定状態	安定係数 α
①	石が地山からほぼ完全に浮きあがったり（地上露出部分100～90％）、木の根にのっているもの、又は岩目が発達した極めて不安定な状態の石	1.00
②	石の下部の埋設が浅い（地上露出部分90～70％）もの、又は岩目がはっきりした不安定な状態の石	0.75
③	石の下部の埋設が比較的浅い（地下露出部分70～50％）もの、又は岩目があってやや不安定な状態の石	0.50
④	石の下部がほぼ埋設している（地上露出部分50～30％）もの、又は岩目はあるが明確でない、ほぼ安定した状態の石	0.25
⑤	石が地山に埋設している（地上露出部分30％以下）もの、又は岩目が未発達で安定した状態の石	0

(2) 施設の規模・位置、工法の選定のための調査

対策工の位置・規模等は、落石予備物質の大きさ・位置・不安定さの調査（1）と共通）、落石径路の予測を行う。落石径路の予測のためには、全体的な地形・落石通過径路の斜面の状態等の把握が必要である。

工法としては、落石予防工と落石防護工、さらに通常の斜面安定工との組み合わせに大別される。そのために次の項目についての調査が必要である。

- ① 落石予備物質の大きさ、位置
- ② 斜面状況
- ③ 道路側方余裕
- ④ 落石の道路への到達程度

以上の調査も、現地踏査による。

(3) 考えられる落石対策

対策工の一般的な選定フローは日本道路協会「落石対策便覧」(58年7月)において、図5.13(図4.12と同じ)のように示されている。すなわち、おおまかにいって、浮石・転石の斜面への固定が可能であれば、それらを固定する予防工の適用が考えられる。また、固定が困難な場合は、落石のエネルギー(落石重量×落下高)によって適切な耐力を持つ、または、道路への到達を防止する防護工を選定する。落石の状況によっては、これらの工法の組合せ、特に防護工を斜面中段にも設ける等の工夫が必要である。

2) 岩盤斜面の景観保全方法

一般に景観保全も考慮したのり面保護には植生工が考えられる。植生工の目的は、植物が十分繁茂した場合にのり面の侵食を防止する効果と合わせて、周辺環境の調和に役立つ緑化を行うことにある。植生工には、構造物を用いないものと用いるものがあるが、植生工自体には斜面の深い崩壊を防止する効果はないことに注意されたい。また、岩盤は、土砂化が進んだ軟岩を除いてそれだけでは植生はつかないので緑化を補助する手段が必要である。参考として、改訂された「道路土工のり面工・斜面安定工指針」では、図5.14のような切土のり面におけるのり面保護工選定のフローが提案されている。

すなわち、植生工の一般的な選定の目安は次のようである。

- (a) 土砂：種子散布工，筋工，張工など。
- (b) 軟岩，礫混り土砂：客土吹付工，植生穴工，構造物+植生工など
- (c) 硬岩，無土7地：一般には無処理，特に環境上緑化を要する場合には，厚層基材吹付工，構造物+植生工など

ここに、植生穴工とは、のり面へ削孔を行い、固定肥料などを穴の底部に投入し、のり面と同一面まで土砂などで十分充てんした後、金網張工や植生工を行うものである。厚層基材吹付工とは、計量した水、有機質基材、肥料、接合材(ボルトランドセメント、高分子系樹脂)、種子などをモルタル吹付用ガンに投入し、よく混合して所定の厚さ(5cm以上)に吹付ける。この工法は、のり勾配60°程度以下では、安定なものができるといわれているが、まだ歴史は比較的新しく(6～7年程度)長期間の耐久性には未だ不明な点もある。

また、細部において、現地に適した石材等を用いることも景観保全に有効である。

質問ー7 落石覆工の設計のための落石荷重について¹⁹⁾

落石覆工の設計は「落石対策便覧」により行っているが、この場合、落石覆工の設計荷重に用いる落石荷重は覆工の構造・工費に大きく影響する。現在、一手法として、浮石・転石が多く、路面への落石の可能性が大である箇所において10m×10mの範囲で落石の大きさ、個数を調査して、加積曲線を描き、90%を落石の設計径としている。残る10%については小割・除去等の方法により封

応することを考えて覆工を設計しているが、覆工の工費の経済性もあり、一般にどのように考えればよいか教示願いたい。

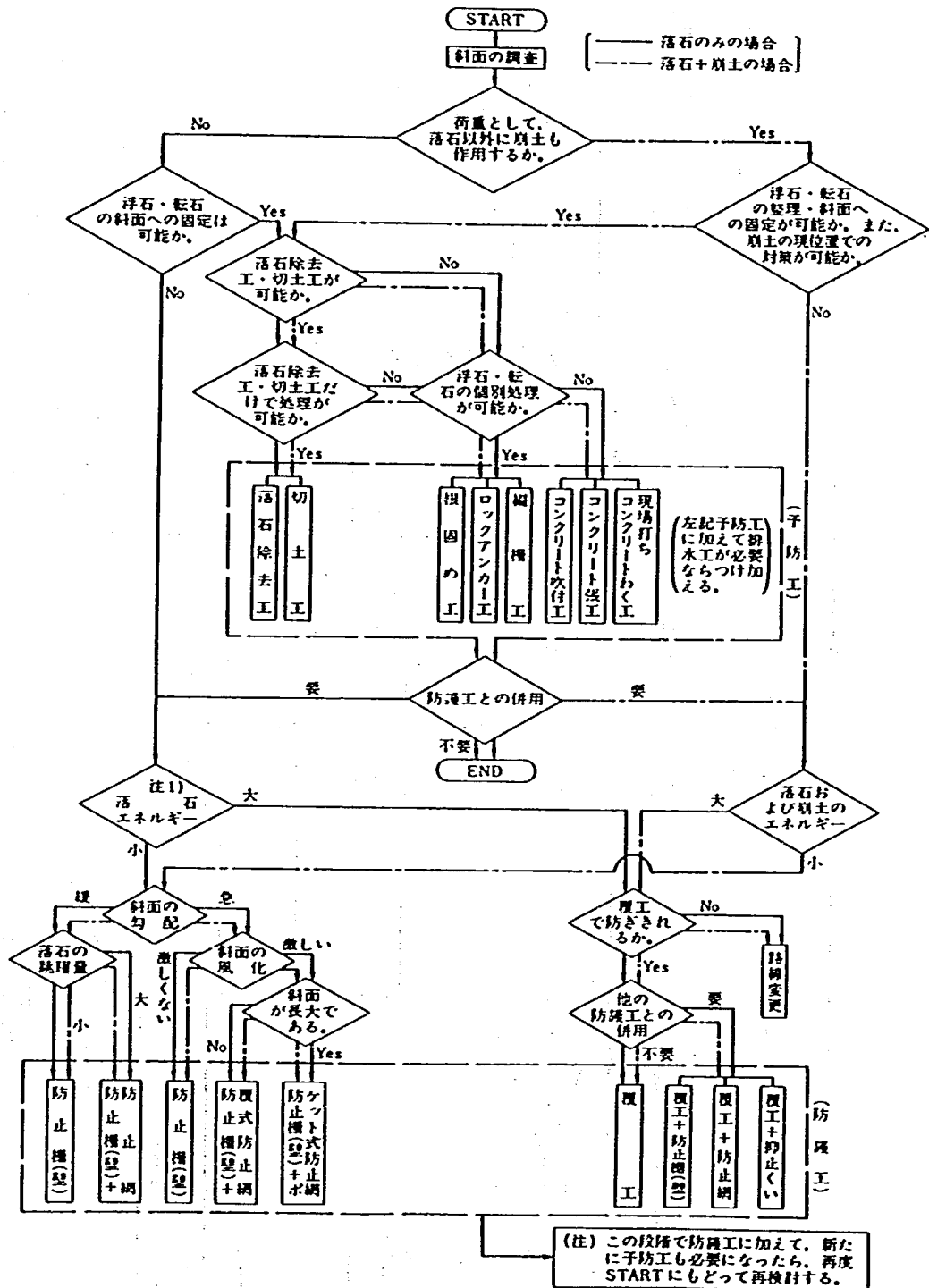


図5.13 対策工の選定フローチャート

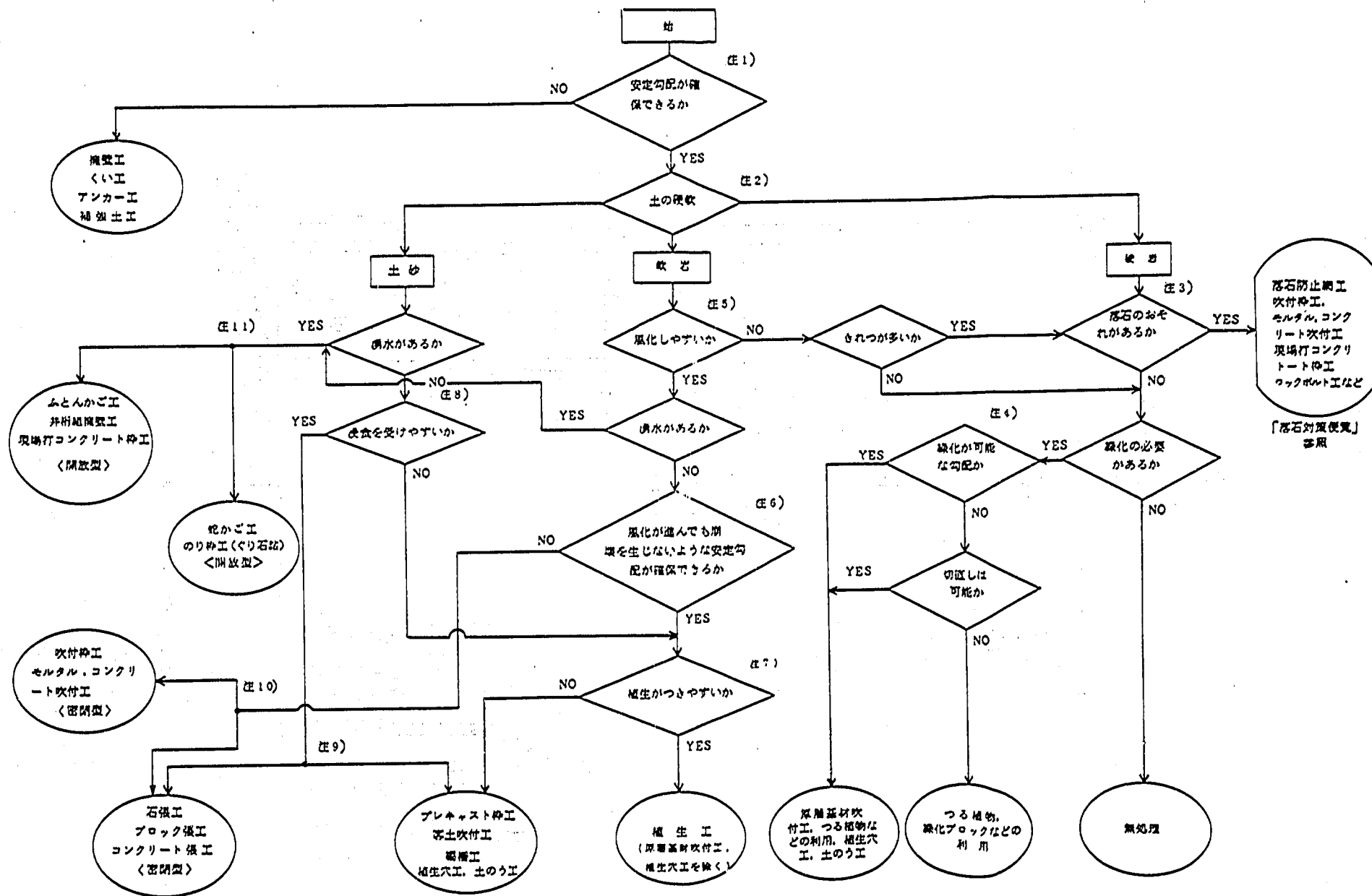


図 5. 14 切土のり面におけるのり面保護工選定のフロー (参考)

回答

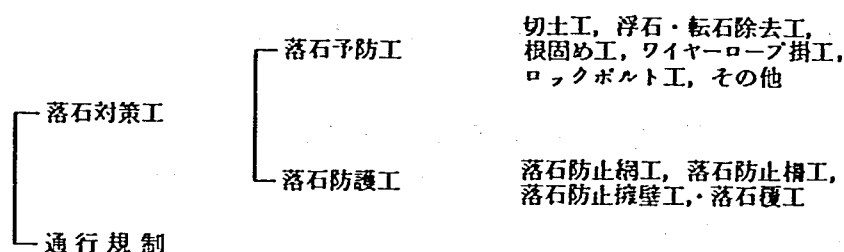
1) まえがき

落石による災害を防止するためにとり得る手段は表5.9のように分類される。

落石覆工（洞門工）は、落石防護工の中でも最も本格的で工費も高価な構造物であり、適用場所の選定、設計荷重の決定、本体構造及び基礎構造の設計について詳細な検討が必要とされる。

昭和58年に日本道路協会から刊行された「落石対策便覧」は落石対策全般について既往の技術情報を整理したものであり、落石覆工についても以下のような事項についての記述がある。

表5. 9 落石対策の種類



(1) 落石覆工の設計の考え方

落石覆工は、一般に道路の側方に余裕がなく、落石の発生し易い急傾斜面が連続する場合、あるいは落石の規模が大きかったり、落石防護柵等ではその上を飛び越すおそれのある場合などに使用される。

落石覆工のように衝撃力を受ける構造物を合理的に設計するためには、構造物の衝撃力に対する極限耐荷力を明確にしたうえで、構造物の弾塑性変形による吸収エネルギーを把握する必要があるが、落石覆工のように大規模かつ複雑な構造物をエネルギー概念に基づいて設計した例はほとんどなく、またその手法を確立するための知識も、研究は進められているもののまだ十分とは言えない。さらに、落石覆工は落石防護工としては最も高価であり、永久構造物としての使用が期待される傾向にあり、安易に変形を許す設計を行うことは問題が多い。したがって、当面はこれまで行われてきたように、落石による衝撃荷重を静的荷重に置き換えて、許容応力度法により設計するのが適当であろうと考えられている。

(2) 落石覆工設計のための落石の影響

落石覆工は斜面の状況により落石または崩土を対象として設計するものである。

落石覆工の落石荷重としては、落石の重量と落下高から求まる落石の衝撃力を考慮する。落石対策便覧によれば次式により落石の衝撃力 P が求められる。

$$P = 15.49W^{2/3} \cdot H^{3/5} \cdot \alpha \quad \dots\dots\dots (5.17)$$

ここに P : 落石の衝撃力 (tf)

W : 落石の重量 (tf)

H : 落下高 (m)

α : 覆工上の緩衝材の砂層厚による補正係数 (砂層厚90cm以上で1)

式 (5.17) で用いられている落下高は自由落下した場合のものであり、斜面を落下してくる場合には次式により換算した落下高 H' を用いることができる。

$$H' = \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) H \quad \dots\dots\dots (5.18)$$

ここに H' : 換算した落下高さ (m)

H : 斜面の落差 (m)

θ : 斜面の勾配 (度)

μ : 斜面の等価摩擦係数 (落石及び斜面の特性から求められる。一般には0.05～0.35の値をとることが多い。)

崩土荷重の考え方には、堆積土砂の静的荷重を考慮する方法と崩土の流下・衝撃による動的荷重を考慮する方法とがあるが、特に後者については不明の点が多い。

(3) 落石覆工の基礎

落石覆工の基礎は本体構造から様々な荷重を受けることと一般に急な斜面上に建設されるという制約があるが、落石対策便覧においては基礎の設計については言及されていない。

2) 落石覆工の設計に用いる落石について

1) で述べたように、落石覆工は落石または崩土の荷重を考慮して設計されるものであり、特に落石を対象とする場合には、設計用の落石の位置、重量、斜面の勾配・状況が与えられれば、落石による設計荷重が算定される。

ただし、ここで、「斜面上のどの石を設計用落石とするか」という課題がある。

このためには、次の事項の判定が必要となる。

(1) 施設の供用期間内に崩落する可能性のある斜面上の石の判定

(2) (1) が判断されたとして、斜面上のどの位置のどの石を設計用に用いるかという判断

(1) は、斜面上の落石の危険度判定法であり、落石対策便覧によると、以下のような方法を組合せることが述べられている。

① 巡回点検調査

② 既存資料調査

③ 空中写真判読

④ 現地踏査

⑤ 弾性波探査

⑥ ボーリングおよびサウンディング

① の巡回点検調査で通常行い得るのは、路面への崩落や既往の落石対策工や斜面安定工の変状の把握等である。これにより、当該斜面の落石の履歴・特性がある程度把握できる。

② の既存資料には、道路建設時の調査資料、工事記録、災害記録が含まれるが、これにより、① と同じく当該斜面の落石の履歴が把握できる。

③ の空中写真において大縮尺 (1/2000 程度) ものをを用いると、浮石等、個々の不安定物質の状態やその周辺の状態などの微細な地表の条件についても判読可能となる。

④ の概査における主として道路からの調査と、精査における落石等の発生源、通過径路および落石対策工設置位置の調査とがある。

現地踏査における留意点は、以下のようである。

- (a) 地形：斜面状況、勾配、微地形、崩壊、崖すい等
- (b) 地質・土質：地質構造及び岩質、浮石及び転石
- (c) 植生：植生状況、植生の変化

⑤の弾性波探査は、現地踏査や空中写真判読では知ることの難しい地山の深い所での基盤の深さ、岩盤の緩み、風化岩盤、弱層、崖すい等の厚さや分布状態を弾性波速度分布から推定できる。この探査法は斜面についての全般的な情報を得るためのものであって、個々の浮石や転石の安定性について直接情報を得ることはむずかしい。

⑥のボーリングやサウンディングによって得られる斜面についての情報には次のようなものがある。

- (a) 基盤岩に到達するまでの深さ
- (b) 地下水面
- (c) 緩み地盤の厚さおよび岩質と割れ目の状況
- (d) 風化岩の厚さおよび割れ目の状況
- (e) 崖すいの厚さと構成する土砂や岩塊の分布状況と性状
- (f) 斜面上の岩塊が浮石か転石かあるいは露岩かの区別

現時点で、個々の落石の崩落の可能性の判断は、④の現地踏査によるものが、最も有効と考えられる。具体的な判断は、落石の種別（抜け落ち型か、はく離型か）、斜面の状態等により、かなり困難になる場合があるが、例えば高速道路調査会によって、石の安定状態を評価するために表5.8のような区分が提案されている。

なお、最近では、浮石に振動を加えて測定する方法によって落石の安定度を判定する方法¹⁹⁾について研究が進められている。

以上のようないくつかの方法を総合的に組合せることによって将来生じ得る落石の発生可能性を判断することになる。

(2)は、(1)によって、将来生じ得る落石の判別がなされたとして、どの落石に対応して覆工を設計するかという問題である。まず、落石覆工の建設が検討されるような個所において落石に対応する方法として大別して次のような方策があろう。

- (a) 落石の規模が比較的小さい場合、可能落石の最大のを落石覆工に作用させて設計する。
- (b) 落石の規模が大きい場合、落石予防工として、規模が大きく不安定と考えられる落石を除去または、斜面に固定することにより、可能落石の最大値を低減させる。
- (c) 斜面途中に防止柵等を設け、落石覆工への大規模な石の直撃を避けるまたは、落下速度の軽減を図る。
- (d) 路肩下方の状況が許せば、落石覆工に作用する落石荷重を軽減するために、覆工上の土砂を傾斜させて堆積させ、落石がその上を転落するようにする。
- (e) その他、例えばトンネル構造に変更する。

以上のような方法のどれかにより落石覆工の設計を行う場合、落石荷重として現地調査により落石となりうる石のそれぞれについて式 (5.17) により求めた荷重の中で最も大きい荷重を用いるのがよい。

しかしながら、実際の設計では必ずしもそのような設計が安易に行い得るとは限らない。ここで、落石荷重の決定法の実態調査をもとにその現状を述べる。

この調査は、昭和61年度技術管理業務連絡会土質部会において全国（8地建及び北海道開発局）で昭和60年度に施工もしくは設計された落石覆工について、落石または崩土荷重およびその決定法について調査したものである。

図5.15は設計に用いた落石を決めた根拠をまとめたものであり、全国58箇所の調査箇所の多くが既往の落石実態のみならず現地踏査に基づいて設計用の落石を選定していることを示している。

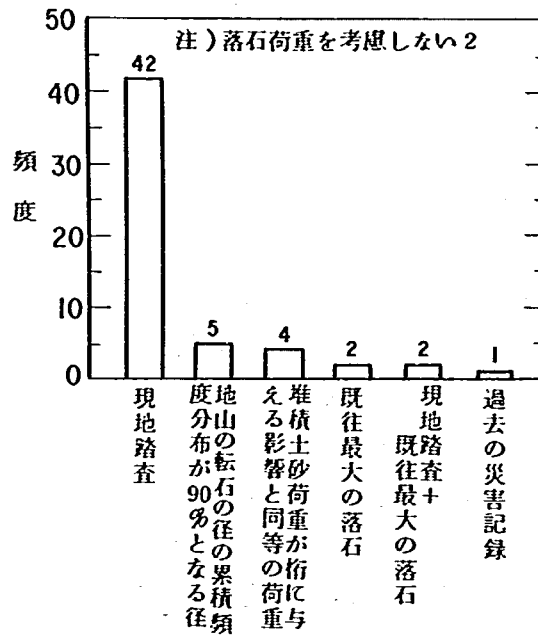


図5.15 設計に用いた落石を決めた根拠

図5.16では設計に用いた落石の諸元をまとめたものであり、設計に用いられる落石重量は通常最大10~20tf、位置エネルギーで言えば最大で200~300tf・mであることが分る。

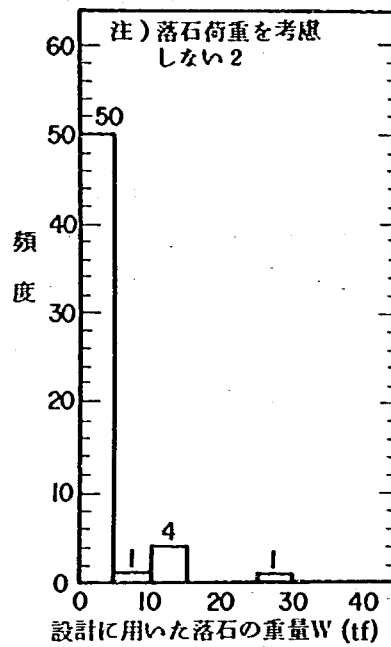
設計用落石は原理的に言えば、

- (a) ある頻度以上で発生の子想される落石に対して安全なように対策工を設ける（事故確率の方法）か、
- (b) 発生確率を考慮した災害による損失費と建設関連費用を経済的にバランスさせる（妥当投資の方法）、

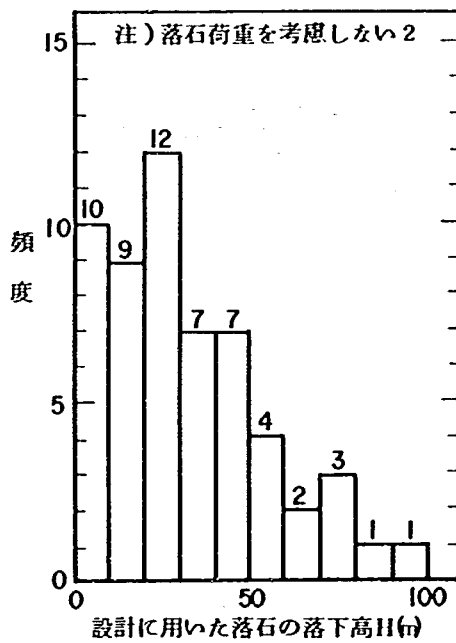
いずれかの観点から決定するのが合理的と考えられる。

どちらの方法も見方によれば、ある確率で災害が生ずることを前提とするものともいえるが、このような見方は本質的に他の多くの防災構造物（堤防等）に共通するものと考えることができる。

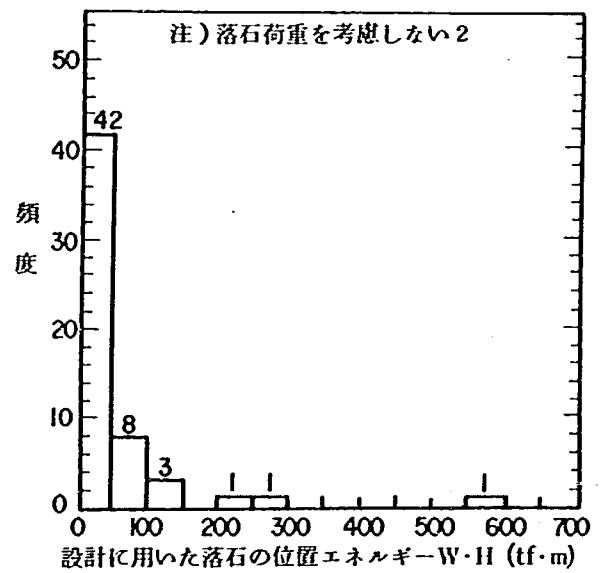
(a)(b)の方法とも厳密に言えば、当該斜面での落石の発生頻度・確率特性を把握することが必要であるが、これに関しては当研究室でも各地建技術事務所等の協力を得て全国のいくつかの調査箇所で調査開始したばかりであり、定量的データ・特性についてはほとんど知識は皆無である。



(a) 設計に用いた落石の重量



(b) 設計に用いた落石の落下高



(c) 設計に用いた落石の位置エネルギー

図 5. 16 設計に用いた落石の諸元

落石発生現象は、洪水や地震以上に局所的色合いが強く、また、従来の統計も不足しているため、各斜面における落石発生特性を個別定量化することはかなり困難でデータの集積にはかなり時間を必要とすると考えられる。

落石覆工の設計に際しては、設計用落石として、調査した落石の中で最大寸法のものを用いていることが多く、落石事故を未然に防ぎ、いいかえれば、事故確率に極小にしようとする考えが明らかに示されている。一方斜面上に存在する可能落石の度数分布に対して、95%径、90%径、75%径を用いている例もある。この考え方も、上述したどちらかの考えに基づくものと考えられるが、主として経験的判断に基づくもので定量的な解析によったものではないようである。

妥当投資の方法及び事故確率の方法は、原理的には、ある程度の成果を見ている¹⁰⁾が、具体的に各地で用いるためには、上述したように落石の確率等を簡易に定量化する手段等が必要であり、今後の調査が必要とされる。

3) あとがき

落石覆工の設計、特に設計用落石の決定法に関し、現時点での知見を述べた。今後、落石危険度の判定法及び現地での落石特性を具体的に反映した手法の確立が必要である。

6. あとがき

本報告書で述べたことをまとめると以下のようである。

- ① 落石覆工の設計荷重に関する実態調査では、覆工の設計に落石対策便覧がよく用いられていること、設計用の落石については現地踏査により、その大きさ、位置を把握して決定している例が多いが、決定に際し、必ずしも最大のものをを用いているわけではないことがわかった。
- ② 落石対策工の実態調査から、落石防止柵が用いられることが多く、また、吹付けについては防止柵、防止網と併用されて用いられることが多いことがわかった。
- ③ 落石対策工の選定法の実態調査から、落石覆工、防止壁、防止柵の落石エネルギーによる定量的な選定基準について、その実態がわかった。
- ④ 落石対策便覧における落石対策工の設計法について、便覧に掲載されている式の誘導、計算結果の例の問い合わせが多かった。

最後に、調査に協力していただいた技術管理業務連絡会土質部会のメンバーである、各地方建設局技術事務所、北海道開発局開発土木研究所の各位に謝意を表きたい。

参考文献

- 1) 古賀泰之, 伊藤良弘, 森下 義, 鷺田修三: 落石防災対策に関する調査報告書(その1), 土木研究所資料第2770号, 1989.
- 2) 土木学会: 土木技術者のための振動便覧, 1966.
- 3) 鋼材倶楽部: 新しい落石覆の開発に関する研究, 1973.
- 4) 吉田 博, 竹島 忠, 古市進作, 石塚賢吉: ロックシェード上の落石による衝撃力の推定に関する実験, 道路, 1976.10 pp.35~41
- 5) (社)土木学会: 昭和49年制定コンクリート標準示方書解説, 昭和55年版, 1985.
- 6) (社)日本道路協会: 落石対策便覧, 1983.p.175
- 7) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, IV 下部構造編, 1980.pp.308~315
- 8) 土木研究所: 九州地建における一日土研資料, 土木研究所資料第2255号, 1985.pp.170~175(動土質研究室, 急傾斜地崩壊研究室担当)
- 9) (財)日本建設機械化協会編: 新防雪工学ハンドブック, 森北出版, 1977.p.214
- 10) 9)の文献と同じ p.213
- 11) 中堤治朗, 谷 敬: 崩落土の衝撃力に関する実験的研究, 土木学会論文報告集第325号, 1982.pp.119~127
- 12) 仲野公章, 右近則男: 砂質崩土が擁壁に及ぼす衝撃力に関する実験, 土木技術資料, Vol.26. No12, 1984.pp.10~15
- 13) 土木研究所: 近畿地建における一日土研資料, 土木研究所資料第2411号, 1986.pp.234~238 (動土質研究室担当)
- 14) 土木研究所: 中部地建における一日土研資料, 土木研究所資料第2517号, 1987..pp. 138~154 (動土質研究室担当)
- 15) 奥園誠之ほか: 振動による落石危険度判定, 応用地質, Vol.21.No3, 1980.
- 16) 谷口栄一ほか: 落石防災対策における妥当投資額の推定方法, 第16回日本道路会議一般論文集, 1985.

付 録 1

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0101		設計に用いた落石を決めた根拠			
交通量		251 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)		
車線数		2			現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 斜面より浮石の径 (最大径) 及び道路面までの標高差と縦断方向の範囲、但し、調査図は作成していない。	
斜面	勾配	55 度				過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	斜面長	39 m					
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土					
面	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂		設計に用いた落石を決めた手順	1. 斜面上にある浮石の介在位置、範囲を、実測横断面図に記入し、構造物との比高差により落下高、落石の形態を判断した。 —— 現地調査の結果 —— 落石径 $\phi 50\text{cm}$ (4H 球形最大径) 比高差 10m (直高) 落石形態 山側斜面勾配 55° 斜面転落型 2. 以上の条件より振動便覧より斜面の入射角を考慮し、落石衝撃力を算出し設計荷重とした。なお、落下位置については、構造物に対して不利なスパン中央とした。 3. 覆工上のフッション厚については、スパン中央で1mとし、海側に10%勾配をつけた。 防災工調査、設計要領 (北海道開発局)		
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい					
落石のタイプ		(斜転型)・転石型					
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.5)m×()m×()m, 重量(0.17)ton, 落下高(10)m					
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個		設計に用いた			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない					
年降水量		1331 mm					
落石覆工の諸元	延長	40 m					
	型式	PC・(RC)・鋼					
	基礎型式	直接基礎					
	クッション材の材質	レキ質土					
クッション材の厚さ		100 cm		設計に用いた			
施工完了年月		昭和 61 年 9 月					
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領					
設計に用いた地震力		水平震度 K = 0.15					
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位体積重量 土砂 1.8 t/m ³ 雪 0.3 t/m ³ 動的荷重		設計に用いた			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他 $F = 2.455 \times \beta^{2/3} \times \lambda^{2/3} \times W^{2/3} \times H'^{2/3}$ $= 2.5 \times \beta^{2/3} \times \left(\frac{\beta = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta})}{\lambda = 3.02} \right)$					
	重量 W	0.17 ton					
	落下高さ H	10 m					
	斜面勾配 θ	55 度					
	砂層厚による割増係数 α						
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15					
	落石荷重 P	27.58 ton					

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0102		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		3,530 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	40 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 落石対策便覧 P.240 ~ P.248 による。
	斜面長	30 m			
	土質	(岩)・礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		剝離型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	1. 道路に、落石の影響を及ぼす斜面について、落石対策便覧のP.248表、3-15を作成し、危険度の判定を行ったその結果。 $A + B + C + D = 81$ 点、 評価値 116 点となり、落石対策が必要と判断した。 2. 落石荷重及び落下高 落石荷重は、道路面から、20m附近に、最も多く分布する、径50cmの落石荷重とし、 $W = 200 \text{ kg}$ を採用した。又、落下高は、転石、浮石分布位上端から、覆道屋根部迄 $H = 20.0 \text{ m}$ とした。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×()m×()m, 重量(0.2)ton, 落下高(20)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (30) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1,120 mm			
落石覆工の諸元	延長	15 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	鉄筋コンクリート場所打杭			
	ケガシ材の材質	砂			
ケガシ材の厚さ		50 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和62年11月			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.15$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位体積重量 動的荷重 雪崩荷重を想定 $\gamma = 0.45 \text{ t/m}^3$ $t = 0.25 \text{ m}$		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.2 ton			
	落下高さ H	20 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.37			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	44 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0103		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		702 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:20,000) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	90 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 「道路防災工調査設計要領」の 災害危険箇所判定要領による。
	斜面長	m			
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(割裂型)・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面上の浮石・転石の危険度を「道路防災工調査設計要領」の災害危険度判定要領に準じて判定した。 2. 現地踏査の結果から、落石実績として、20個/100m ² の落石が認められた。 3. 落石設計条件については、現地踏査の結果から、最大衝撃力を与える落石条件を設定するものとして、以下の条件を採用した。 落石径 $\phi = 2.0\text{m}$ 落下高 $H = 5\text{m}$ 斜面勾配 $\theta = 70^\circ$ 落石運動形態 自由落下型 (覆道に対し直下落下型) 落石衝撃力: $P = 293(\text{t})$
想定される最大エネルギーの落石		寸法 $(\phi 2.0\text{m} \times ()\text{m} \times ()\text{m}$, 重量 (10)ton, 落下高 (5.0)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1,253 mm			
落石覆工の諸元	延長	285 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	土・砂			
クッション材の厚さ		200 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和62年 12月			
設計に用いた基準		振動便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.15$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位体積重量 動的荷重		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $P = 2455 X W^{2/3} \times \lambda^{2/5} \times H^{2/5}$ $(\lambda = 300)$			
	重量 W	10 ton			
	落下高さ H	5 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	293 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0104		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		702 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:20,000) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	90 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石・転石の分布調査 方法 ・ 浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」の 災害危険箇所判定要領による。
	斜面長	m			
	土質	(岩)・礫・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂			
面	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	落石のタイプ	(割離型)・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(D2.0)m×()m×()m, 重量(10)ton, 落下高(5)m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面上の浮石・転石の危険度を「道路防災工調査設計要領」の災害危険箇所判定要領に準じて判定した。 2. 現地踏査の結果から、落石実績として20個/100㎡の落石が認められた。 3. 落石設計条件については、現地踏査の結果から、最大衝撃力を与える落石条件を、設定するものとして、以下の条件を採用した。 落石径 $\phi = 2.0m$ 落下高 $H = 5m$ 斜面勾配 $\theta = 90^\circ$ 落石運動形態：自由落下型 (覆道に対し、直下落下型) 落石衝撃力： $P = 293(t)$
浮石・転石の分布状況		100㎡ 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1,253 mm			
落石覆工の諸元	延長	45 m			
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	土砂			
クッション材の厚さ		200 cm			
施工完了年月		昭和60年11月		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた基準		振動便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.15$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位面積重量 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $P = 0.455 \times W^{3/4} \times \lambda^{3/4} \times H^{3/4}$ ($\lambda = 300$)			
	重量 W	10 ton			
	落下高さ H	5 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	293 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0105		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		702 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:20,000) ☒ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	90 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・浮石・転石の分布調査 ・浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」の 災害危険箇所判定要領による。
	斜面長	m			
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(割離型) 転石型		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面の浮石・転石の危険度を、「道路防災工調査設定要領」の、災害危険箇所判定要領に準じて、判定した。 2. 現地踏査の結果から、落石実績として、20個/100m ² の落石が認められた。 3. 落石設計条件については、現地踏査の結果から、最大衝撃力を与えた落石条件を設定するものとして、以下の条件を採用した。 落石径 $\phi = 2.0\text{m}$ 落下高 $H = 5\text{m}$ 斜面勾配 $\theta = 90^\circ$ 落石運動形態：自由落下型 (覆道に対し、直下落下型) 落石衝撃力： $P = 293(t)$
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.2の)×()×()m, 重量(10)ton, 落下高()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある) ない			
年降水量		1253 mm			
落石覆工の諸元	延長	39.9 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	ケレン材の材質	土砂			
ケレン材の厚さ		200 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和61年 11月			
設計に用いた基準		振動便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.15$			
設計に用いた崩土		静的荷重, 分布 単位体積重量 動的荷重		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $P = 2.455 \times W^{2/3} \times \lambda^{2/5} \times H'^{3/5}$ $(\lambda = 3.0)$			
	重量 W	10 ton			
	落下高さ H	5 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
落石荷重 P	293 ton				

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0107		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		2,433 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	60 度			
	斜面長	37 m			
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」に準じ、危険度・頻度・区間重要度の三項目から総合判定を行った。
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		割離型・(転石型)		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ/) _m ×() _m ×() _m , 重量(1.36)ton, 落下高() _m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り()個		設計に用いた落石を決めた手順	総延長の70%以上が落石主体であり、位置的に落石形態エネルギーの差が見られるため計画区間を数ブロックに分けてエネルギーを算出した。 その結果、起点側より測点340までは崩土主体で浮石程度、測点340～560まで、通常の100m前後の落石、測点560～現覆道取りつけまでは、この区間最大の落石と考え、以上の3ブロックに分けて設計に採用した。
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1,600 mm			
落石覆工の諸元	延長	240 m			
	型式	PC・(RC) 鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	土砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和62年11月完了予定			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地震力		水平震度K = 0.15			
設計に用いた崩土		静的荷重(1/10) (破壊角6°) 単位体積重量 γ = 1.8 動的荷重 $P = \frac{\gamma}{g} \cdot A \cdot V^2$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	136 ton			
	落下高さ H	26 m			
	斜面勾配 θ	60 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	130.8 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0108		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		1,390 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜 面	勾 配	90 度			
	斜面長	78 m			
	土 質	(岩)・礫・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
風化の程度		激しい・(中ぐらい)・小さい		現 地 踏 査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 道路防災工調査設計要領
落石のタイプ		(割離型) 転石型			
想定される最大 エネルギーの落石		寸法(0.8)m×(0.5)m×(0.5)m, 重量(0.5)ton,落下高(78)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個		過 去 の 落 石 の 調 査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・道路パトロール日誌の調査 ～過去5年分 ・災害記録の調査～過去5年分
積雪寒冷地であるか		(ある) ない			
年降水量		(4～11月) 降水量 770 mm (12～3月) 降水量 208 mm			
落 石 覆 工 の 諸 元	延 長	25 m		設 計 に 用 い た 落 石 を 決 め た 手 順	道路パトロール日誌及び現地聞き 取り調査から落石径を決定した。 落石形態は現地地山形状から、 自由落下型である。
	型 式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	V字質土			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和61年10月完了予定		設 計 に 用 い た 落 石 を 決 め た 手 順	
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K=0.15$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (堆積角 30°) 単位体積重量 $\gamma = 18 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮していない			
設 計 に 用 い た 落 石	落石荷重計算式	☒ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重 量 W	0.5 ton			
	落下高さ H	78 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による 割増係数 α	1.0			
	斜面の等価 摩擦係数 μ				
落石荷重 P		133 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0109		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		1390 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	90 度			
	斜面長	100 m			
	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
面	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の危険度判定 方法 道路防災工調査・設計要領 (P.4～ P.15)
	落石のタイプ	(割裂型)・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.8)m×(0.8)m×(0.8)m, 重量(1.3)ton, 落下高(25.5)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り(10)個		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 道路パトロール日誌の調査 ～過去5年分 ・災害記録の調査(現地調査) ～過去5年分
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		(4～11月) 降水量 950 (12～3月) 降水量 208 mm			
落石覆工の諸元	延長	108 m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 地形測量及び地表地質踏査(災害対策調査)を実施し、「道路防災工調査設計要領」の手法に従い、災害種の区分け、危険度の判定を行った。 2. 上記調査報告書より、代表断面(4断面)の落石を予想される形態に組み合わせた結果、落石規模は、石を球径と仮定し、落石重量 $W = 1.3 \text{ t/個}$ 、落下高 $H = 25.5 \text{ m}$ (覆工上面より)を用いることにした。
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	土 砂			
クッション材の厚さ	90 cm				
施工完了年月		昭和61年11月 完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.15$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (傾斜角30°) 単位面積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮していない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	1.3 ton			
	落下高さ H	25.5 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	130 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0110		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		1390 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	50.90 度			
	斜面長	57 m			
面	土質	(岩)・礫・砂・粘土・腐植土		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 道路防災工調査設計要領 (P.4 ~ P.15)
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(斜離型)・転石型		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 道路パトロール日誌の調査 ~過去5年分 ・災害記録の調査 (現地聞きとり) ~過去5年分
想定される最大エネルギーの落石		寸法(1.2)m×(1.2)m×(1.2)m, 重量(4.5)ton, 落下高(50)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	道路パトロール日誌及び現地聞きとり調査から、落石径は、1.0 ^m ~ 1.2 ^m とし、 落石形態は、現地地山形状から、3つのケースが想定された。 その中で、最大の数値を示すケースを設計に用いた。 落石径は 1.2 ^m 、落石形態は、斜面転落 → 自由落下型である。
年降水量		(4~11月) 降水量 970 (12~3月) 降雪量 20P mm			
落石覆工の諸元	延長	71.63 m			
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	レキ質土			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和61年9月 完了予定			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地震力		水平震度 K = 0.15			
設計に用いた崩土		静的崩壊 (崩壊角 30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮しない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他 $P = 15.49 \sqrt[3]{\frac{1}{3} \cdot (k_1 \cdot t \cdot \cos \theta + k_2 \cdot (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}))^{3/2} \cdot \alpha}$ $k_1 = 0.0, k_2 = 0.0, t = 0.7, \theta = \sin^{-1}(0.7 \cdot \cos \theta)$		
	重量 W	4.59 ton			
	落下高さ H	50 m			
	斜面勾配 θ	50 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	350 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0111		設計に用いた落石を決めた根拠		
交通量		1390 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)	
車線数		2			現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した - 方法: 浮石・転石の分布調査 - 浮石・転石の危険度判定 - 弾性波探査 - 道路防災工調査・設計要領 (P.4 ~ P.15)
斜	勾配	46 度				
	斜面長	125 m				
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土				
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した - 方法: 道路パトロール日誌の調査 ～過去5年分 - 災害記録の調査(現地開示) ～過去5年分	
	風化の程度	(激しい)・中ぐらい・小さい				
落石のタイプ		(斜離型) 転石型			設計に用いた落石を決めた手順	災害対策調査の実施により、「道路防災工調査・設計要領」(P.4 ~ P.15)の手法に従い、災害種の区分け、危険度の判定を行い、危険度判定した対象斜面のうち、荷重条件の異なる4断面を選び出し、各断面(4断面)の落石及び崩土を予想された形態に数種組み合わせた結果、落石規模は、落石径1.00m(球形と仮定)重量1.4t/個 崩土については、1回の崩土量24m³/m(平均厚h=1.50m)、斜面滑走距離140m/35mが最大のエネルギーとして算出したが、エネルギーの値については、新防雪工学ハンドブック(P.86, P.92)より、斜面有効滑走距離を最大50mとして、値を修正して算出した。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ100)×()×()m, 重量(1.4)ton, 落下高(90)m				
浮石・転石の分布状況		100㎡ 当り(50)個				
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない				
年降水量		920(4~118) mm				
落石覆工の諸元	延長	208 m		設計		
	型式	PC・(RC)・鋼				
	基礎型式	直接基礎				
	ケトン材の材質	土 砂				
ケトン材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順		
施工完了年月		昭和60年12月完了予定				
設計に用いた基準		落石対策便覧				
設計に用いた地震力		水平震度K=0.15				
設計に用いた崩土		砂礫堆積物 単位体積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的寄与 崩土 $P = \frac{1}{8} \times A \times V^2$				
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他				
	重量 W	1.36 ton				
	落下高さ H	90 m				
	斜面勾配 θ	46 度				
	砂層厚による割増係数 α	1				
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15				
落石荷重 P		258 ton				

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0114		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		4,500 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	6.5 度			
	斜面長	2.0 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 浮石・転石の分布調査 ・ 弾性波探査 ・ ボーリング
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(割離型) 転石型		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 道路パトロール日誌の調査 方法 ～過去 8 年分
想定される最大エネルギーの落石		寸法(1.0)m×(1.0)m×(1.0)m, 重量(1.0)ton, 落下高(2.6)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	現地地表踏査による岩盤の割れ目の状態、浮石の状況、土砂の安定勾配の把握と斜面堆積と岩盤の風化状況を把握するために付図-1に示すようにA・B・C・D測線の地震探査を実施し、これらの結果から付図-2を作製し落石荷重を決定した。
年降水量		1166 mm			
落石覆工の諸元	延長	114 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和62年10月完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=0.15			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位体積重量 静的荷重 $P = \frac{1}{g} \cdot A \cdot V^2$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	1.36 ton			
	落下高さ H	2.6 m			
	斜面勾配 θ	6.5 度			
	砂層厚による割増係数 α	1			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	127 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0115		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		568 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	65 度		現地踏査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	斜面長	35 m			
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(斜傾型)・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	設計業務発注時に監督員が現地立会い、決定した。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.3)m×()m×()m, 重量(0.04)ton, 落下高(30)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (80) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある) ない			
年降水量		m			
落石覆工の諸元	延長	130 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	PC・RC・(鋼)			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	(落石タイプ)砂 (土砂流タイプ)土砂			
	クッション材の厚さ	60 cm			
施工完了年月		昭和60年10月			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=0.18			
設計に用いた崩土		静的荷重 単位体積重量 動的荷重 土砂流荷重 (土砂流荷重も適用) $\begin{aligned} G_V &= W \cdot R_2 (1 + K \sin^2 \theta) \\ G_H &= W \cdot R_2 (K \cos^2 \theta) \end{aligned} \quad \begin{aligned} R_1 &= 1.8 \frac{H}{L} \\ R_2 &= R_1 \sqrt{\frac{2.5}{2.5 + H}} \end{aligned} $			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.04 ton			
	落下高さ H	30 m			
	斜面勾配 θ	65 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.25			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	17.1 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0116		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		未供用 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	50 度			
	斜面長	10 ~ 20 m			
面	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土		現地踏査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂			
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(剥離型)・転石型		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.3)m×()m×()m, 重量(0.04)ton, 落下高(10)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (50) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	設計業務発注時に監督員が現地立会し、決定した。
年降水量		mm			
落石覆工の諸元	延長	91.0 m			
	型式	PC・RC・(鋼)			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		40 cm			
施工完了年月		昭和61年10月 完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=0.18			
設計に用いた崩土		静的荷重分布 単位体積重量 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☒ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他		
	重量 W	0.04 ton			
	落下高さ H	10 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.5			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	10.82 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0117		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		未供用 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	50 度		現地踏査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	斜面長	10~30 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(割離型)・(転石型)		設計に用いた落石を決めた手順	設計業務発注時に監督員が現地立会い、決定した。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.3)m×()m×()m, 重量(0.0%)ton, 落下高(10)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (50) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		mm			
落石覆工の諸元	延長	115.0 m		設計	
	型式	PC・RC・(鋼)			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		40 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和61年10月 完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K=0.18 \times 0.9 \times 1.0$			
設計に用いた崩土		静的荷重のみ 単位体積重量 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.04 ton			
	落下高さ H	10 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.5			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	10.82 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0118		設計に用いた落石を決めた根拠		
交通量		未供用 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)	
車線数		2				
斜	勾配	6.3	度			
	斜面長	28	m			
面	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土		現地踏査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法	
	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・繁茂				
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい				
落石のタイプ		(割裂型)・転石型		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法	
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.5)m×()m×()m, 重量(0.17)ton, 落下高(27)m				
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (60) 個				
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	設計業務発注時に監督員が現地立会し、決定した。	
年降水量		mm				
落石覆工の諸元	延長	130	m			
	型式	PC・RC・(鋼)				
	基礎型式	直接基礎・杭基礎				
	クッション材の材質	砂				
クッション材の厚さ		8060 cm				
施工完了年月		昭和63年9月完了予定				
設計に用いた基準		落石対策便覧				
設計に用いた地震力		水平震度K=0.2 0.2×1.0×1.0×1.0				
設計に用いた崩土		斜面的崩壊分布 単位体積重量 斜面的荷重				
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他				
	重量 W	0.17	ton			
	落下高さ H	t=10m H=27, t=60m H=16m				
	斜面勾配 θ	6.3	度			
	砂層厚による割増係数 α	t=80cm α=1.05, t=60cm α=1.25				
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15				
	落石荷重 P	36.4 (H=27m) 29.9 (H=16m)		ton		

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0119		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		3,445 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	55 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・浮石・転石の危険度判定 落石対策便覧の付録 (P.241の方法)
	斜面長	30 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・繁茂		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・道路バトロール日誌の調査 ~過去5年分 ・災害記録の調査~過去5年分
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(射撃型)・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	斜面状況より大径の落石は発生せず30cm程度の浮石の落下はある。ただし、斜面と構造物との間のポケットが大きいので直撃の可能性は小さい。ゆえに、下部構造のみに落石荷重を考えている。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ×)mm×()mm×()mm, 重量(φ×)ton, 落下高()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		833.5 mm			
落石覆工の諸元	延長	125 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	ケガシ材の材質	レキ質土			
ケガシ材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和60年9月			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度k=0.18			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位体積重量 動的荷重 考慮していない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.037 ton			
	落下高さ H	27 m			
	斜面勾配 θ	55 度			
	砂層厚による割増係数 α	1			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	11.6 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0120		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		5650 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:15,000) ☒ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	50 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 ・浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」 (開発局)災害危険箇所判定要領に よる。
	斜面長	66 m			
	土質	(岩)・礫・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
面	風化の程度	(激しい)・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・道路パトロール日誌の調査 ~過去 7年分 ・災害記録・調査 ~過去 7年分
	落石のタイプ	(割離型)・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ1.2)m×()m×()m, 重量(2.3)ton, 落下高(47)m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 「道路防災工調査設計要領」の災害危険箇所判定要領(1.13)により落石危険度を判定した。 2. 落石経路は既往落石災害記録・現況落石実績・斜面上の危険転石調査などから、落石荷重条件を以下のとおりとした。 ・落石径 $\phi = 1.2m$ ・落下高 $H = 47m$ ・斜面勾配 $\theta = 50^\circ$ ・落石運動形態：斜面転落型 ・衝撃力 $P = 277(t)$ 3. 設計時の留意点 落石荷重の覆道設計への反映に際し、斜面と覆道との位置関係(覆道背後の斜面までの離隔距離)を考慮した。また、上記荷重条件及び基礎条件から覆道型式を数タイプに区分した。
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1157 mm			
落石覆工の諸元	延長	246 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	場所打RC杭(φ1.0)			
	クッション材の材質	レキ質土			
クッション材の厚さ		200 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和61年11月完了予定			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地盤力		水平震度 $K = 0.14$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 単位体積重量 $1.8 t/m^3$ 動的荷重		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $P = 2.455 \cdot W^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot H^{3/5}$ $(\lambda = 100 t/ft)$			
	重量 W	2.3 ton			
	落下高さ H	47 m			
	斜面勾配 θ	50 度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	277 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0121		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		5650 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:15,000) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	45 度			
	斜面長	70 m			
	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」 (開発局)災害箇所判定要領による。
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(割離型)・転石型		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・道路パトロール日誌の調査 方法 ・過去 10 年分 ・災害記録の調査 ・過去 10 年分
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ1.0)m×()m×()m, 重量(1.3)ton, 落下高(50)m			
浮石・転石の分布状況		100 m 当り (20) 個		設計に用いた落石を決めた手順	1. 「道路防災工調査設計要領」の災害危険箇所判定要領に基づき、落石危険度を判定した。 2. 落石条件は現況落石実績・斜面上の危険転石調査などから以下のとおりとした。 ・落石径 $\phi = 1.0 \text{ m}$ ・落下高 $H = 50 \text{ m}$ ・斜面勾配 $\theta = 45^\circ$ ・落石運動形態：斜面転落型 ・衝撃力 $P = 300 \text{ (t)}$ 3. 設計時の留意点： 斜面形態は、覆道計画区間で一様であり、このことから、落石条件は一定条件として、覆道型式は、1タイプとした。
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1157 mm			
落石覆工の諸元	延長	204 m			
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	場所打 RC 杭(φ1.2)			
	クッション材の材質	V 字質土			
クッション材の厚さ		100 cm			
施工完了年月		昭和64年11月完了予定			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.17$			
設計に用いた崩土		新断面の崩落 (地盤角 6°) 単位体積重量 1.8 t/m^3 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $P = 3.455 \cdot W^{2/3} \cdot \lambda^{2/3} \cdot H^{3/5} (\lambda = 1.0 \sim 1.5)$			
	重量 W	1.31 ton			
	落下高さ H	50 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	300 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号	0122		設計に用いた落石を決めた根拠
交通量	4065 台/日		航空写真等の利用 ☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:15,000) ☐ 斜視写真 (縮尺)
車線数	2		
斜	勾配	45 度	現地踏査 ☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石・転石の分布調査 方法 ・ 浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」 (開発局) 災害危険箇所所判定要領 に基づく。
	斜面長	200 m	
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土	
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂	過去の落石の調査 ☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 道路パトロール日誌の調査。 ～過去 10年分 ・ 災害記録の調査～過去 10年分
	風化の程度	(強い)・中ぐらい・小さい	
落石のタイプ	割離型 (転石型)		設計に用いた落石を決めた手順 1. 「道路防災工調査設計要領」の災害危険箇所判定要領に基づき落石危険度を判定した。 2. 落石条件は現況落石実績・斜面上の危険転石調査などから、以下のとおりとした。 ・ 落石径 $\phi = 3.0m$ ・ 落下高 $H = 20m$ ・ 斜面勾配 $\theta = 45^\circ$ ・ 落下運動形態：斜面転落型 ・ 衝撃力： $P = 1.112(t)$ 3. その他の外力条件として、崩壊の恐れもあることから、崩土荷重として、 $P = 54t/m$ を設定した。 4. 設計時の留意点： ・ 落石荷重の覆道設計への反映に際し、斜面と覆道の位置関係(覆道背後の斜面までの距離)を考慮し、覆道型式は 4タイプとした。
想定される最大エネルギーの落石	寸法(φ)の $m \times ()m \times ()m$, 重量(γ)ton, 落下高(h)m		
浮石・転石の分布状況	100 m ² 当り (50) 個		
積雪寒冷地であるか	(ある)・ない		
年降水量	1157 mm		
落石覆工の諸元	延長	144 m	設計に用いた 設計に用いた基準 道路防災工調査設計要領 設計に用いた地震力 水平震度 $K = 0.17$ 設計に用いた崩土 崩土荷重の分布 (堆積角 40°) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 t/m^3$ 動的荷重 $P = \frac{1}{8} \cdot A \cdot V^2$ $V = \sqrt{2gH}$ □ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ □ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ □ 自由落下 その他 $P = 2.455 \times (1 - \frac{\mu}{\tan \theta})^{3/5} \times \lambda^{1/5}$ $\times W^{2/3} \times H^{3/5}$ ($\lambda = 200\%$)
	型式	PC・(RC)・鋼	
	基礎型式	場所打ち	
	クッション材の材質	疎質土	
クッション材の厚さ	100 cm		
施工完了年月	昭和64年10月完了予定		
設計に用いた基準	道路防災工調査設計要領		
設計に用いた地震力	水平震度 $K = 0.17$		
設計に用いた崩土	崩土荷重の分布 (堆積角 40°) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 t/m^3$ 動的荷重 $P = \frac{1}{8} \cdot A \cdot V^2$ $V = \sqrt{2gH}$ □ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ □ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ □ 自由落下 その他 $P = 2.455 \times (1 - \frac{\mu}{\tan \theta})^{3/5} \times \lambda^{1/5}$ $\times W^{2/3} \times H^{3/5}$ ($\lambda = 200\%$)		
設計に用いた落石	落石荷重計算式		
	重量 W	ton	
	落下高さ H	20 m	
	斜面勾配 θ	45 度	
	砂層厚による割増係数 α		
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.25	
落石荷重 P	1.112 ton		

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0123		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		5650 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:15,000) ☒ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	68 度			
	斜面長	27 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 「道路防災工調査設計要領」 (開発局)災害危険箇所判定要領に1)
	風化の程度	(激しい)・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(斜型)・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ1.2)m×()m×()m, 重量(23)ton, 落下高(25)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1157 mm			
落石覆工の諸元	延長	336 m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 「道路防災工調査設計要領」の災害箇所判定要領 (P.13) に 1) 落石危険度を判定した。 2. 落石径は既往落石災害記録・現況落石実績・斜面上の危険転石調査から落石荷重条件を以下のとおりとした。 ・落石径：最大落石重量 (実績: 3.47t) $W = 2.3 \text{ t}$ より、球状として逆算、 $\phi = 1.2 \text{ m}$ ・落下高 $H = 25 \text{ m}$ ・斜面勾配 $\theta = 68^\circ$ ・落石運動形態：自由落下→斜面転落型 ・衝撃力 $P_{max} = 250 \text{ (t)}$ 3. 設計時の留意点 落石荷重の覆道設計への反映に際し、斜面と覆道の位置関係 (覆道背後の斜面までの離隔距離) を考慮した。また、上記荷重条件、基礎条件から覆道型式を数タイプに区分した。
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	場所打RC杭(φ10m)			
	クッション材の材質	レキ質土			
クッション材の厚さ	200 cm				
施工完了年月		昭和60年11月			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.14$			
設計に用いた崩土		斜的荷重の分布 単位面積重量 1.8 t/m^2 斜的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他 $P = 2.455 B^{3/4} \lambda^{3/4} W^{3/4} H^{3/4}$ $B = 1 - \frac{\mu}{\tan \theta}$ $\lambda = 1.01 - 1.23 \theta = 300 \text{ mm}$			
	重量 W	2.3 ton			
	落下高さ H	25 m			
	斜面勾配 θ	68 度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.25			
	落石荷重 P	250 ton			

落石防止工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0124		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		675 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	45 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 落石対策便覧の付録 (P.240) の方法 および道路防災工調査・設計手帳 (北海道開発局) による。
	斜面長	102 m			
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地) まばら・繁茂		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・聴取調査 (落石被害状況) ・落石堆積状況
	風化の程度	(激しい) 中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		剥離型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面。浮石の分布及び径、露頭岩の分布、亀裂、風化の状況、過去に落下堆積した落石の径の分布状況等より、落石の発生源は、斜面上部 (比高 72m 最大径 50cm) と斜面下部 (比高 13m 最大径 70cm) に分かち、落石エネルギーの大きい上部斜面よりの落石を設計落石とし、露頭岩よりの風化分離による落石による 0.5m x 0.5m の立方体の重量 0.313 t とした。 2. 落下高 H は、斜面上部の露頭岩よりの分離落下による落石の高さ 72m を採用した。
想定される最大エネルギーの落石		寸法 (0.5)m x (0.5)m x (0.5)m, 重量 (0.313) ton, 落下高 (72)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (40) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある) ない			
年降水量		1307 (34年平均) mm			
落石防止工の諸元	延長	28.00 m			
	型式	PC・RC・(鋼)			
	基礎型式	山側 逆杭 谷側 H鋼杭			
	クッション材の材質	土 砂			
クッション材の厚さ		100 cm			
施工完了年月		昭和61年1月 完了予定			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計手帳			
設計に用いた地震力		水平震度 K=0.14			
設計に用いた崩土		崩れ荷重の分布 単位体積重量 崩土の崩れはなし 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.313 ton			
	落下高さ H	72 m			
	斜面勾配 θ	45 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	0.5 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0125		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		2000 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	上: 30 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石・転石の分布調査 方法 ・ 浮石・転石の危険度判定 北海道開発局 建設部道路 建設課編「道路防災工調査 設計要領」
	斜面長	60 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
面	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	落石のタイプ	割離型・(転石型)			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ20)×()×()m, 重量(10.9)ton, 落下高(7.0)m		設計に用いた落石を決めた手順	現地踏査の際、浮石・転石の径が 1.5 ~ 2.0m であり、 $\phi = 2.0m$、$W = 10.9t$とした 落下高 H については、浮石・転石が分布している所から、覆道上部迄の高さ $H = 7.0m$とした。
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (20) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		950 mm			
落石覆工の諸元	延長	75 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	鉄筋コンクリート場所打ち			
	クッション材の材質	土 砂			
クッション材の厚さ		1.50 ~ 0.80 cm			
施工完了年月		昭和62年11月 完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.18$			
設計に用いた崩土		静的荷重・分布 (堆積角 25°) 単位容積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮していない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	10.9 ton			
	落下高さ H	7.0 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	250 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0126		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		2000 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	60 度			
	斜面長	60 m			
面	土質	(岩)・砂・粘土・崩植土		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 北海道開発局・建設部道路 建設課編「道路防災工調査 設計要領」
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		割離型・転石型		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.9)m×()m×()m, 重量(/)ton, 落下高(20)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (100) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面及びポケットに在る石を、スケールにて測定し、これにて得られた落石径別、分布図より、D=90~100cmを境にして、個々の分布は、急激に減少しており又、P=50~90cmで全体の90%を占めることから設計落石径=90cmを求めた。落石を球形と仮定し、落石の重量 W=1.0tを算出した。 2. 本設計は、標準タイプ設計のため、一律に落石エネルギーの大きな自由落下とし、又、落下高は覆道設計体系の最大値である20mを、採用した。
年降水量		1279 mm			
落石覆工の諸元	延長	120 m			
	型式	PC・(RC)・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	ケガシ材の材質	砂レキ			
ケガシ材の厚さ		30~123 cm			
施工完了年月		昭和64年 11月			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地震力		水平震度K=0.18			
設計に用いた崩土		静的崩落 (堆積角20°) 動的崩落 $I=1.8\%$ 動的荷重 考慮していない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☐ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H'=(1-\frac{\mu}{\tan\theta})H$ ☒ 自由落下 その他 $W=1.0$ $=245 \times W^{2/3} \times \frac{1}{2} \times H^{3/5} \times 500$ $H=20$		
	重量 W	/		ton	
	落下高さ H	20		m	
	斜面勾配 θ			度	
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	178		ton	

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0127		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		1000 台/日		☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)	
車線数		2			
斜面	勾配	63.4 度			
	斜面長	25+25(自然面) m			
	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・繁茂		☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 浮石・転石の危険度判定 道路防災工調査設計要領の方法	
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		剥離型・転石型		☐ 実施しなかった ☐ 実施した 方法	
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.3)m×(0.3)m×(0.3)m, 重量(0.027)ton, 落下高(20)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個		過去の落石の調査	
積雪寒冷地であるか		ある・ない			
年降水量		1341 mm		設計に用いた落石を決めた手順	
落石覆工の諸元	延長	115.3 m			
	型式	PC・RC・(鋼)			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂質土			
クッション材の厚さ		20 cm		1. 地表地質踏査により、対象斜面にある浮石・転石の状況を確認して「道路防災工調査設計要領」により危険度を判定し、浮石の露出部分が50～70%となる大半の石の径が30cm程度のため、石を球形と仮定して、石の重量を算出した。 2. 落下高Hについては対象斜面にモルタル吹付工が施工されているが経年変化に伴ない法面下部箇所劣化が著しく剥離状態にあり、最上端迄の路面からの高さH=20mを採用した。	
施工完了年月		昭和60年 9月			
設計に用いた基準		道路防災工調査設計要領			
設計に用いた地震力		水平震度K=0.18			
設計に用いた崩土		崩落角14° 単位体積重量 $\gamma = 1.8 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☐ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $P_{max} = 2.455 \cdot W^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot H^{3/5}$ ($\lambda = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$)		
	重量 W	0.037 ton			
	落下高さ H	20 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α				
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	10.379 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0201		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		12,490 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) } ☐ 斜め写真(縮尺) }
車線数		2			
斜	勾配	40 度			
	斜面長	120 m			
面	土質	岩・砂・粘土・腐植土		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 目視による判定
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・(繁茂)			
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		割離型・(転石型)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・災害記録の調査 方法 昭和55年9月～昭和56年2月
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×(0.3)m×(0.5)m, 重量(/)ton, 落下高(10)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (40) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	1. 落石の重量は地表踏査により、直径を0.9mと仮定した。として落石対策便覧5.6.4より $W=1.0$ とした。 2. 落下高Hは現地踏査により考えられた落下高を $H=10$ mとした。
年降水量		1143 mm			
落石覆工の諸元	延長	55 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	深礎杭			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和62年3月完了予定		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K=0.18$			
設計に用いた崩土		崩れ荷重の分布 単位面積重量 $t=1.5 \frac{W}{A}$ 動的荷重 $P_0 = \frac{1}{9} \cdot A \cdot V^2$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	/ ton			
	落下高さ H	10 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	62 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0202		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		860 9.250 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	8.0	度	現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石、転石の分布調査。 方法 ・ 浮石、転石の危険度判定。 目視
	斜面長	80	m		
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
面	風化の程度	(強い)・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 災害記録の調査。 ~過去10年分 (昭和52年、56年、57年)
	落石のタイプ	割離型・(転石型)			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ1.0)m×()m×()m, 重量(1.5)ton, 落下高(5.2)m		設計に用いた落石を決めた手順	・ 現地踏査において、φ30cm以上の落石を調査した結果、1ヶ所以上のものは、稀であり、又、斜面上の今後落石の可能性のあるものは、φ80cmφ100cmとしたので、φ100cmを落石と仮定した。 落石重量 φ100cm $W = \frac{4 \times \pi \times 0.50^3}{3} \times 2.6 \text{ t/m}^3$ $= 1.36 \text{ t/ヶ}$ 安全側に考えて、 $W = 1.5 \text{ t/ヶ}$ とする。 ・ 落下高 H については、測量結果より、斜面を落下していく速度を想定し、その速度から自由落下高を算出し、落石の飛跳高 2.0m を加えたものとした。 $H = 5.2 \text{ m}$
浮石・転石の分布状況		100 m 当り (40) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		1143 mm			
落石覆工の諸元	延長	150 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	場所打ち			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和61年3月			
設計に用いた基準		落石対策係数			
設計に用いた地震力		水平震度 K = 0.18			
設計に用いた崩土		崩落荷重(水平) (埋込角 10°) 単位面積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^2$ 鉛直荷重 考慮しない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	1.5	ton		
	落下高さ H	5.2	m		
	斜面勾配 θ		度		
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	5.4	ton		

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0301		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		T ₆₀ = 6431 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	上 6.8 下 4.5	度	現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 浮石、転石及び岩層の露出部の状態等の把握。
	斜面長	55	m		
面	土質	岩・礫・砂・粘土・腐植土		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら (繁茂)			
風化の程度		(激しい)・中ぐらい・小さい		設計に用いた落石を決めた手順	1. 落石の重量 (W) 尾根上に点在する浮石、転石の大きさ及び岩の露出部の節理のそれが最大30cm程度であった。これにより設計では余裕を見て50cmの落石を仮定し、 $W = 0.33$ tとした。 2. 落下高 (H) 尾根の高さから、覆工計画高までの高さを差し引いたものを、落下高とした。
落石のタイプ		(割離型)・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×(0.5)m×(0.5)m, 重量(0.33)ton, 落下高(39)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		560 953 mm			
落石覆工の諸元	延長	51.2 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	ベタ基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和61年 3月			
設計に用いた基準		落石対策便覧 昭62 国土院			
設計に用いた地震力		水平加速度 $K = 0.14$			
設計に用いた崩土		斜面的崩壊 重力崩壊 鉛直崩壊			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.33 ton			
	落下高さ H	39 m			
	斜面勾配 θ	45 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	53.8 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0202		設計に用いた落石を決めた根拠			
交通量		7400 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)		
車線数		2			現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石、転石の分布調査 方法 ・浮石、転石の危険度判定 ・ボーリング	
斜面	勾配	54 度				過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	斜面長	32 m					
	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土					
面	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・繁茂		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面を地形、落石方向等によりブロック区分し、各ブロック別に、30cm以上を対象として現地の浮石、転石にナンバリングを行い写真撮影を行い浮石、転石分布図を作成する。 2. 「落石対策便覧」を基準に危険度判定を行い、危険度3以上を対象に対策を検討。 3. 道路への影響が大きいと考えられた浮石、転石について衝撃力を算定し最も大きな荷重に対して設計を行う。 4. 対象とした落石条件及び衝撃力は下記のとおりである。 落石荷重 $W = 0.47 \text{ t}$ 落差 $h = 26.0 \text{ m}$ 斜面勾配 $= 54^\circ$ 衝撃力 $= 61.4 \text{ t}$		
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい					
落石のタイプ		(剥離型)・転石型					
想定される最大エネルギーの落石		寸法 $(0.7) \text{ m} \times (0.7) \text{ m} \times (0.7) \text{ m}$, 重量 $(0.47) \text{ ton}$, 落下高 $(26) \text{ m}$					
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (30) 個		設計に用いた			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)					
年降水量		1726 mm					
落石覆工の諸元	延長	60 m					
	型式	(PC)・RC・鋼					
	基礎型式	直接基礎					
	ケガシ材の材質	砂					
ケガシ材の厚さ		90 cm		設計に用いた			
施工完了年月		昭和63年3月 完了予定					
設計に用いた基準		落石対策便覧					
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.18$					
設計に用いた崩土		目的荷重 q 分 ※ 落石に比べ土砂崩壊の発生頻度の低い斜面、崩土に設計荷重(死荷重)とせず、仮に堆積した場合を除くことと設計には反映させない。 目的荷重		設計に用いた			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他 振動速度の算定式 $P_{max} = 2.455 W^{2/3} \cdot H'^{2/3} \cdot \lambda^{2/3}$ $\lambda = 100$					
	重量 W	0.47 ton					
	落下高さ H	26 m					
	斜面勾配 θ	54 度					
	砂層厚による割増係数 α	1.0					
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.25					
落石荷重 P		61.4 ton					

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号	0303		設計に用いた落石を決めた根拠
交通量	3400 台/日		航空写真等の利用 ☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数	2		
斜面	勾配	45 度	現地踏査 ☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ボーリング 方法 ・湧水の発生等による地すべりの変状調査
	斜面長	120 m	
	土質	岩・砂・粘土・腐植土	
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・(繁茂)	
風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい		過去の落石の調査 ☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
落石のタイプ	割離型・(転石型)		
想定される最大エネルギーの落石	寸法(φ0.3)×()×()m, 重量(0.037)ton, 落下高(25.0)m		設計に用いた落石を決めた手順 1. 現地調査により、落石の可能性のある石が直径30cmであることから、この値を採用した。落下高は道路面から岩の露頭位置までの直行 H=85mとした。 2. 現地踏査、ボーリング、植生状態、湧水等により、大規模な表層のすべり破壊が予想されるため、その対策工として覆工を設計した。その荷重については「落石対策便覧」の P.236、2-3 崩土の衝撃力の項によった。 3. 結果的には落石と表層破壊の比較により、荷重は表層破壊に従った。
浮石・転石の分布状況	100 m ² 当り (1~2) 個		
積雪寒冷地であるか	ある・(ない)		
年降水量	1726 mm		
落石覆工の諸元	延長	585.0 m	設計に用いた落石を決めた手順
	型式	(PC)・(RC)・鋼	
	基礎型式	ベタ基礎 (基礎コンクリート) 梁破砕	
	ケガシ材の材質	砂	
ケガシ材の厚さ	100 cm		設計に用いた落石を決めた手順
施工完了年月	昭和63年3月完了予定		
設計に用いた基準	落石対策便覧		
設計に用いた地震力	水平震度 K = 2.18		
設計に用いた崩土	崩落荷重の算定 崩土荷重 (崩土体全重量) 単位体積重量 PCコンクリート設計施工仕様 崩土体全重量と考える。 $W = (1 + \mu \cdot \tan \theta \cdot B \cdot \cos \theta) \cdot L$ $L = 1.0m, \mu = 0.5, B = 25m$ $W = 164.4kN, L = 1.0m, \mu = 0.5, B = 25m$		
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他	
	重量 W	0.037 ton	設計に用いた落石
	落下高さ H	25.0 m	
	斜面勾配 θ	45 度	
	砂層厚による割増係数 α	1.0	
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.25	
落石荷重 P	19.01 ton		

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0304		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		760 = 10.535 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 不明) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	上 45 下 60	度	現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石、転石の分布調査 方法 ・ 浮石、転石の危険度判定 ・ ネットフェンス及び落石対策便覧(案)のP.218の 弾性波探査の資料方法 ・ 計測した不足箇所に「ボーリング」 についてボーリングを行った。
	斜面長	27	m		
	土質	岩・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・(繁茂)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 道路パトロール日誌の調査 方法 ・ 過去5年分 ・ 災害記録の調査 ・ 過去5年分
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		(剥離型)・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	1) 落石の大きさ 過去の災害記録から最大φ80cm が記録され、現地踏査より下図に示す ようなネットフェンス背面に溜った最大 径が50cmであることから設計では φ100cmとした。 2) 落下高 現況の地形から判断し自由落下高を 15mとし $V = 20 \text{ m/sec}$ とした。この結果は 便覧(案)の図1-8, 図1-10から妥当で あると思われた。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.5)m×()m×()m, 重量(0.17)ton, 落下高(19)m			
浮石・転石の分布状況		100 m 当り (30) 個			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)			
年降水量		1347 mm			
落石覆工の諸元	延長	160 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	ケystone材の材質	砂			
ケystone材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和63年3月			
設計に用いた基準		落石対策便覧, 道路橋示方書			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.18$			
設計に用いた崩土		動的荷重 単位体積重量 動的荷重 7.1		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.17 ton			
	落下高さ H	19 m			
	斜面勾配 θ	45 度			
	砂層厚による割増係数 α	/			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35			
落石荷重 P		28 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0305		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		T ₆₀ = 10,235 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) } ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	4.2 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石・転石の危険度判定 方法 落石対策便覧 P.64~65の表によった。
	斜面長	35 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら(繁茂)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 災害記録の調査 方法 ~過去10年分
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		割離型・(転石型)		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にある浮石・転石の状況、過去の落石データ、防止網内の残留落石により石の径を30cmとした。それを球形と仮定し、石の重量を $W = 0.037$ と算出した。 2. 落下高については落石供給発生源より、覆工上端までの高さを、自由落下と考えて斜面補正し、 $H = 17.0$ mとした。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.3)m×()m×()m, 重量(2.4)ton, 落下高(7.0)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り(10)個			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)			
年降水量		1347 mm			
落石覆工の諸元	延長	28 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和63年3月			
設計に用いた基準		落石対策便覧 道路防落工設計マニアル			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.18$			
設計に用いた崩土		斜め荷重・水平 単位体積重量 動的荷重			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.037 ton			
	落下高さ H	17.0 m			
	斜面勾配 θ	4.2 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.25			
	落石荷重 P	2.4 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		D J 06		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		T60 = 10,335 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	44 ~ 59 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 落石対策便覧 P.64 ~ 65 の表によった。
	斜面長	40 m			
	土質	(岩) 礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・(繁茂)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 災害記録の調査 ~ 過去10年分
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		割離型・(転石型)		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にある浮石・転石の状況。過去の落石データ。防止網内の残留落石により石の径を70cmとした。それを球形と仮定し、石の重量を $W=0.47t$ と算出した。 2. 落下高については落石発生源より、覆工上端までの高さを自由落下と考えて斜面補正し、 $H=24.0m$ とした。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.7)m×()m×()m, 重量(0.47)ton, 落下高()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (10) 個			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)			
年降水量		1347 mm			
落石覆工の諸元	延長	14 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	(RC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和63年3月			
設計に用いた基準		水平震度 $K=0.18$			
設計に用いた地震力		落石対策便覧 道路対策工設計マニュアル			
設計に用いた崩土		静的荷重のみ 単位体積重量		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	$P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.47 ton			
	落下高さ H	24.0 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
落石荷重 P		63.0 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0307		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		T60=10.235 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	上45° 下13° 度			
	斜面長	50 m			
面	土質	岩・砂・粘土・腐植土		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・転石・浮石の分布調査 ・浮石・転石の危険度判定
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・(繁茂)			
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい			
落石のタイプ		割離型・(転石型)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・道路パトロール日誌の調査 ～過去5年分
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×()m×()m, 重量(0.17)ton, 落下高()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り(10)個			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象区間の調査結果(落石対策便覧及び国鉄の手引)から求めた。危険度から石の直径50cmとした。 2. 実測横断面図から、対象区間内で最も上端のH=35mを採用した。
年降水量		1.347 mm			
落石覆工の諸元	延長	60 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和63年3月			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=(0.18)			
設計に用いた崩土					
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.17 ton			
	落下高さ H	35.0 m			
	斜面勾配 θ	13 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	40.2 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0401		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		7900 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2車線			
斜	勾配	標準部 60 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 浮石・転石の分布調査
	斜面長	300 m			
	土質	④・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・盛茂		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 道路パトロール日誌の調査 ～過去 5 年分 ・ 災害記録の調査～過去 5 年分
	風化の程度	④・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		割離型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	洞門新潟側の山側斜面に岩盤の露出があり、その高さが洞門屋根面より約 7.0m 程度であった。 しかしながら、落石径については、設定が困難であったため、堆積土砂荷重と落石荷重を同等とし、落石高さから逆算し、落石径 0.6m、重量 0.3t を用いた。
想定される最大エネルギーの落石		寸法 (0.6)m × ()m × ()m, 重量 (0.3)ton, 落下高 ()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		④・ない			
年降水量		2740 mm			
落石覆工の諸元	延長	47.6 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	④・RC・鋼			
	基礎型式	(山側)梁礎杭(山側)管打杭			
	ケボン材の材質	石			
ケボン材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和 61 年 12 月 完 了 予 定			
設計に用いた基準		道路外側工設計ニ関スル基準			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = (0.17)$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (1/3 傾斜 30°) 単位体積重量 1.6 t/m^3 動的荷重 考慮していない		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.3 ton			
	落下高さ H	70 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
落石荷重 P	22.3 ton				

落石工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0402		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		7900 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(横尺) ☐ 斜め写真(横尺)
車線数		2車線			
斜	勾配	標準部 60 退部 25	度		
	斜面長	300	m		
	土質	⑤・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・ ~~繁茂~~		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定
	風化の程度	④・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		割離型・ ~~転石型~~		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・道路パトロール日誌の調査 方法 ・過去5年分 ・災害記録の調査～過去5年分
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.6)m×()m×()m, 重量(0.3)ton, 落下高()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り()個		設計に用いた落石を決めた手順	洞門 東側の山側斜面に岩盤の露出があり、その高さが洞門屋根面より約2.0m程度であった。 しかしながら、落石径については、設定が困難であったため、堆積土砂荷重と落石荷重を同等とし、落石高さから逆算し、落石径 0.6m, 重量 0.3t を用いた。
積雪寒冷地であるか		⑤・ない			
年降水量		2740 mm			
落石工の諸元	延長	68.5 m			
	型式	④・RC・鋼			
	基礎型式	(1)鋼管杭(2)鋼管杭RC杭(工法)			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和62年11月完了予定			
設計に用いた基準		道路防災設計(国)土砂防除法			
設計に用いた地震力		水平震度 K = (0.17)			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (地盤角 30°) 単位体積重量 1.6 t/m ³ 動的荷重 考慮していない。			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.3 ton			
	落下高さ H	7.0 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	22.3 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		04 03		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		7,900 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2車線			
斜	勾 配	標準 60 度 実地 25		現 地 踏 査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 浮石・転石の分布調査
	斜面長	300 m			
	土 質	砂・礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・落葉		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 道路パトロール 日誌の調査 ～過去 5 年分 ・ 災害記録の調査 ～過去 5 年分
	風化の程度	強い・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		割離型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	・ 洞門 東側の山側斜面に岩盤の露出があり、その高さが洞門屋根面より約 7.0 m 程度であった。 しかしながら、落石径については、設定が困難であるため、堆積土砂荷重と落石荷重を同等とし、落石高さから逆算し、落石径 0.6 m、重量 0.3 t を用いた。
想定される最大エネルギーの落石		寸法 (0.6) m × () m × () m, 重量 (0.3) ton, 落下高 () m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		ある・ない			
年降水量		2,740 mm			
落石覆工の諸元	延長	59.5 m		設計に用いた基準	水平震度 $K = (0.17)$ 静的荷重の分布 (圧縮 30°) 単位体積重量 1.6 t/m^3 重心的荷重 考慮していない
	型 式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	(H型) 杭 (H型) 場所打杭 (H型)			
	ケレン材の材質	石砂			
	ケレン材の厚さ	90 cm		設計に用いた地震力	設計に用いた基準 設計に用いた地震力 設計に用いた崩土
施工完了年月		昭和 62 年 11 月 竣工			
設計に用いた基準		落石災害工設計基準 (H型) 場所打杭 (H型)			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = (0.17)$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (圧縮 30°) 単位体積重量 1.6 t/m^3 重心的荷重 考慮していない		設計に用いた落石を決めた手順	・ 洞門 東側の山側斜面に岩盤の露出があり、その高さが洞門屋根面より約 7.0 m 程度であった。 しかしながら、落石径については、設定が困難であるため、堆積土砂荷重と落石荷重を同等とし、落石高さから逆算し、落石径 0.6 m、重量 0.3 t を用いた。
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重 量 W	0.3 ton			
	落下高さ H	7.0 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
落石荷重 P		22.3 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0404		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		7900 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2車線			
斜	勾配	45 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 浮石、転石の分布調査
	斜面長	180 m			
	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・(繁茂)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 道路パトロール日誌の調査 ・ 過去5年分 ・ 災害記録の調査～過去5年分
	風化の程度	(微し)・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		割離型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	洞門 東側の山側斜面に岩盤の露出があり、その高さが洞門屋根面より約7.0m程度であった。 しかしながら、落石径については、設定が困難であったため、堆積土砂荷重と落石荷重を同等とし、落石高さから逆算し、落石径0.6m重量0.3tを用いた。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.6)m×()m×()m, 重量(0.3)ton, 落下高()m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		ある・ない			
年降水量		2740 mm		設計に用いた落石を決めた手順	
落石覆工の諸元	延長	144.0 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	(U型)基礎杭(4本)・深部地中壁(2本)			
	クッション材の材質	石砂			
クッション材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和62年7月 完了			
設計に用いた基準		道路防災工設計マニュアル(第2版)土砂災害			
設計に用いた地震力		水平震度 K=(0.17)			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (堆積角30°) 単位体積重量 1.6 t/m ³ 動的荷重 考慮していない		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.3 ton			
	落下高さ H	7.0 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
落石荷重 P		22.3 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0405		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		6,800 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2車線			
斜	勾配	60 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ 浮石・転石の分布調査方法
	斜面長	30 m			
	土質	(岩)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	(強い)・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(転石型)・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	洞門山側斜面は岩盤が露出しており、その高さが30m程度である。その上は、雑木が繁茂し、落石の危険度が低いと考えられた。 落石重量については、同路線の他地区と同等と考え、0.3tを用いた。
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.6)m×()m×()m, 重量(0.3)ton, 落下高(30)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		(あり)・ない			
年降水量		2740 mm			
落石覆工の諸元	延長	50.0 m			
	型式	(RC)・RC・鋼			
	基礎型式	(山側)直挿基礎(山側)直挿基礎			
	クッション材の材質	石			
クッション材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和61年10月完了予定			
設計に用いた基準		道路防犯工設計ニ関する(第)次標準			
設計に用いた地震力		水平震度 K = (0.17)			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (45度角30°) 単位・体積重量 1.8t/m ³ 動的荷重 考慮しない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.3 ton			
	落下高さ H	30 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	53.4 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0406		設計に用いた落石を決めた根拠		
交通量		9043 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺 1:5,000) ☒ 斜め写真 (縮尺 1:5,000)	
車線数		2				
斜 面	勾 配	45 度				
	斜面長	100 m				
	土 質	岩・礫・砂・粘土・腐植土				
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら (繁茂)		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 ・落石対策便覧付録 (P.241) の方法	
	風化の程度	激しい・中ぐらい (小さい)				
落石のタイプ		割離型・転石型		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・道路パトロール日誌の調査 方法 ・過去 2~3 年分 ・毎年春先のパトロール調査点検	
想定される最大エネルギーの落石		寸法 () m × () m × () m, 重量 () ton, 落下高 () m				
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り () 個		設計に用いた落石を決めた手順	1. 点検結果により、落石覆工か、土砂覆工を決める。土砂覆工は堆積型覆工と崩落型覆工に分ける。 落石対策便覧 P.174 ~ より、堆積型を採用した。	
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない				
年降水量		2948 mm				
落石覆工の諸元	延長	60.5 m				
	型 式	(PC)・RC・鋼				
	基礎型式	深礎杭				
	クッション材の材質	砂				
クッション材の厚さ		90 cm				
施工完了年月		昭和60年11月完了				
設計に用いた基準		道路防災覆工設計マニュアル				
設計に用いた地盤力		水平震度 K = (0.15)				
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (23度角30%) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮していない。				
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他 ※設計荷重は、土砂堆積荷重を用いた。				
	重 量 W			ton		
	落下高さ H			m		
	斜面勾配 θ			度		
	砂層厚による割増係数 α					
	斜面の等価摩擦係数 μ					
	落石荷重 P			ton		

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号	0407	
交通量	9043	台/日
車線数	2	
斜面	勾配	50度
	斜面長	100m
	土質	(岩・砂)・砂・粘土・腐植土
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂
	風化の程度	激しい・(中ぐらい)・小さい
	落石のタイプ	割裂型・転石型
想定される最大エネルギーの落石	寸法()×()×() 重量()ton, 落下高()m	
浮石・転石の分布状況	100 m 当り()個	
積雪寒冷地であるか	(ある)・ない	
年降水量	2948	mm
落石覆工の諸元	延長	45m
	型式	(PC)・RC・鋼
	基礎型式	梁礎杭
	クッション材の材質	砂
	クッション材の厚さ	90cm
施工完了年月	昭和62年10月完了予定	
設計に用いた基準	落石対策便覧(道路防衛計画)	
設計に用いた地震力	0.15	
設計に用いた崩土	静的荷重の分布(半径R30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮していない。	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☐ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他 設計荷重は、土砂堆積荷重を用いた。
	重量 W	ton
	落下高さ H	m
	斜面勾配 θ	度
	砂層厚による割増係数 α	
	斜面の等価摩擦係数 μ	
	落石荷重 P	ton
設計に用いた落石を決めた根拠		
航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 約 1:5,000) ☒ 斜め写真 (縮尺 約 1:5,000)	
	現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石・転石の分布調査 方法 ・浮石・転石の危険度判定 落石対策便覧付録(P.241~)の方法。
過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・道路パトロール日誌の調査 方法 ~過去 2.3 年分 毎年春先のパトロール調査点検	
設計に用いた落石を決めた手順	1. 点検結果により、落石覆工が、土砂覆工を定める。土砂覆工は、堆積型覆工と、崩落型覆工に分ける。 落石対策便覧 P.174~より、堆積型を採用した。	

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0408		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		4,180 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:1,000) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	40 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・サウンディング ・ボーリング ・KKT試験 ・LST試験
	斜面長	50 m			
	土質	(岩)・礫・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	(激しい)・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		割離型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	設計区間の山腹斜面は、傾斜角 40° 比高差 20m、30m で地質は安山岩溶岩である。 災害形態としては、落石が考えられ、このことから落下高は、$H = 20m, 30m$ と決めた。 現地踏査より、落石形状直径 60cm の球体と仮定して、落石重量 $W = \frac{4}{3} \times \pi \times 0.30^3 \times 2.6 \approx 0.3t$ と決めた。
想定される最大エネルギーの落石		寸法 (0.6)m × (0.6)m × (0.6)m, 重量 (0.3)ton, 落下高 (30)m			
浮石・転石の分布状況		100 m 当り () 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		3,200 mm			
落石覆工の諸元	延長	156.0 m			
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	深礎杭(谷側)直接基礎(山側)			
	クッション材の材質	砂・覆土			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和13年12月完了予定			
設計に用いた基準		道路防災設計要領(角速度)			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = (0.17)$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (地盤 30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 t/m^3$ 動的荷重 考慮していない			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.3 ton			
	落下高さ H	30 m			
	斜面勾配 θ	40 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15			
	落石荷重 P	46.8 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0409		設計に用いた落石を決めた根拠			
交通量		4,180 台/日		航空写真等の利用	☐ 利用しなかった ☒ 利用した ☐ 新規 ☒ 既存 ☒ 垂直写真 (縮尺 1:1,000) ☐ 斜め写真 (縮尺)		
車線数		2					
斜 面	勾 配	63 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・ サウディング ・ ボーリング ・ 孔内横方向載荷試験 (KKT測定)		
	斜面長	50 m					
	土 質	岩・砂・粘土・腐植土					
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂					
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☐ 実施した 方法		
落石のタイプ		割離型・転石型					
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×(0.5)m×(0.7)m, 重量(0.17)ton, 落下高(7)m		設計に用いた落石を決めた手順	落石の落下高さ、切取斜面小段上でバウンドした落石が何秒の理由で覆工屋根上に落下するものと想定し、計画小段高の $H = 7.0m$ と想定し、現地踏査結果より落石形状直径50cmの球体と仮定して落石重量 $W = \frac{4}{3} \times \pi \times 0.30^3 \times 2.6 \approx 0.17t$ と決めた。		
浮石・転石の分布状況		100 m 当り () 個					
積雪寒冷地であるか		ある・ない					
年降水量		3200 mm					
落石覆工の諸元	延長	98 m		設計に用いた落石を決めた手順			
	型 式	(RC)・RC・鋼					
	基礎型式	鋼管杭(山側)直接基礎(山側)					
	クッション材の材質	砂質土					
	クッション材の厚さ	70 cm		設計に用いた落石を決めた手順			
施工完了年月		昭和61年12月完了予定					
設計に用いた基準		道路防災覆工設計(案) (案)					
設計に用いた地震力		水平震度 $K = 0.15$					
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (傾角 15°) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 t/m^3$ 動的荷重 考慮していない。		設計に用いた落石を決めた手順			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他					
	重 量 W	0.17 ton					
	落下高さ H	7 m					
	斜面勾配 θ	1:0.5 度					
	砂層厚による割増係数 α	1.12					
	斜面の等価摩擦係数 μ						
	落石荷重 P	17.1 ton					

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0410		設計に用いた落石を決めた根拠		
交通量		6,700 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった	
車線数		2			☐ 利用した	☐ 新規 ☐ 既存
斜面	勾配	40 度		現地踏査	☐ 実施しなかった	
	斜面長	90 m			☒ 実施した	
	土質	岩・砂・粘土・腐植土			方法	・ボーリング (N=12) (山側斜面地より検討済み) ・その他 (当該箇所は既設の洞内及びスリットをやり替えてあり、洞内上の落石調査を行なう)
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂				
面	風化の程度	(数し)・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった	
	落石のタイプ	割離型・転石型			☒ 実施した	
想定される最大エネルギーの落石		寸法(1.60)m×(0.99)m×(0.60)m, 重量(0.94)ton, 落下高(13.4)m		設計に用いた落石を決めた手順	方法	・既設洞内上の落石 (過去19年分)
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (不明) 個				
積雪寒冷地であるか		(あ)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	1. 当該設計箇所は線形改良に伴い、既存の洞内及びスリット区間の洞内の更新であり、落石荷重の設定にあたり、既存洞内及びスリット上の落石(約19年分)調査を行ない、既往最大の落石重量が $W=0.84$ t であるので、採用した。	
年降水量		2,093 mm			2. 落下高 H は、については浮石が最も多く分布している区域の上端部、洞内天端部の高さ $H=13.4$ m を採用した。	
落石覆工の諸元	延長	36 m				
	型式	(RC)・RC・鋼				
	基礎型式	深礎杭				
	クッション材の材質	砂				
クッション材の厚さ		90 cm				
施工完了年月		昭和61年11月完了予定				
設計に用いた基準		道路法、道路構造令、落石対策要領、道路設計				
設計に用いた地震力		水平震度 $k=0.20$				
設計に用いた崩土		静的荷重の分布(傾角 25°) 単位体積重量 $\gamma=18$ t/m ³ 動的荷重 考慮していない				
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☐ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	0.84 ton				
	落下高さ H	13.4 m				
	斜面勾配 θ	40 度				
	砂層厚による割増係数 α	1.0				
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35				
	落石荷重 P	65.44 ton				

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

[illegible]

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0502		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		6418 台/日		航空写真等の利用	
車線数		2		☐ 利用しなかった ☒ 利用した	
斜面	勾配	40 度		☐ 新規 ☒ 既存	
	斜面長	250 m		☒ 垂直写真 ☒ 斜め写真	
	土質	岩・(砂)砂・粘土・腐植土		垂直写真の全体像をつかむため (縮尺)	
	樹木の繁茂状況	裸地・(まばら)・繁茂			
面	風化の程度	(激しい)・中ぐらい・小さい		☐ 実施しなかった ☒ 実施した	
	落石のタイプ	割離型・(転石型)		方法 落石、転石の分布調査 落石、転石の危険度判定 (55年、落石等通行危険箇所点検調査)	
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.9)m×(0.9)m×(0.9)m, 重量(1)ton, 落下高(10)m			
浮石・転石の分布状況		100㎡ 当り(50)個		☐ 実施しなかった ☒ 実施した	
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)		方法 昭和55年 落石等通行危険箇所点検調査	
年降水量		2725 mm		☐ 実施しなかった ☒ 実施した	
落石調査の諸元	延長	686.5 m		方法 昭和55年 落石等通行危険箇所点検調査	
	型式	PC・(RC) 鋼			
	基礎型式	山側一直持 11側 根礎杭			
	ケガシ材の材質	砕石ゼリ			
ケガシ材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和66年3月 京丹波		1. 国鉄の落石、落石調査資料を参考に、石の径の累積度数分布により95%となる石の径を求めた。落石径φ=90cmとなり重量W=1.0tとなる。	
設計に用いた基準		道路橋示方書Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ 基礎杭の設計に準拠 設計に準拠 設計に準拠		2. 横断図より算出した落石エネルギーEは、平均7.5t・最大12.1t・E=10.0tとすれば、二重上り3地点が1箇所だけとなるため、発生頻度所見て妥当と考えらる。	
設計に用いた地震力		水平震度K=(0.18)		3. したがって落下高H=E/w=100mとなる。	
設計に用いた崩土		静的荷重の分布(1/30) 単位体積重量1.8t/m³ 動的荷重なし		※落石防護施設の設置に際して調査研究報告書(高速道路調査会)P14.	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	1 ton			
	落下高さ H	10 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
落石荷重 P		61.7 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0503		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		8962 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	48 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 浮石、転石の分布調査 方法 浮石、転石の危険度判定 (落石対策便覧の付録(124)の方法 及び建設省直轄道路管理調査要綱(案)を 基準とした。
	斜面長	50 m			
	土質	岩(砂) 砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂			
風化の程度		(微しい)・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 災害記録の調査 方法
落石のタイプ		割離型・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.8)m×(0.8)m×(0.8)m, 重量(0.7)ton, 落下高(34)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (29) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない		設計に用いた落石を決めた手順	・対象斜面にある浮石、転石の危険度も落石対策便覧の付録(126)及び建設省直轄道路管理調査要綱(案)を基準として、各ブロックに分けて危険度を判定した。 ・各ブロックの代表的断面にて、浮石、転石の換算径別の個数による加積曲線から90%に対応する石の径を算出した結果 $\phi 80\text{cm}$、$w=0.7\text{t}$ とした。 ・落下高Hについては、各ブロックで最も多く、浮石・転石が分布している箇所の、対策工までの高さ $H=61.8\text{m}$ 換算落下高 $h=34\text{m}$ を採用した。
年降水量		1920 mm			
落石覆工の諸元	延長	120 m			
	型式	PC・RC・鋼			
	基礎型式	III型:モレ式落壁・深礎杭 山側:直接基礎			
	クッション材の材質	石叩			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和62年3月 完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K=(0.18)$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布(15m×30°) 単位体積重量 $\gamma=1.8\text{t/m}^3$ 動的荷重 なし			
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☒ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H'=(1-\frac{\mu}{\tan\theta})H$ ☒ 自由落下 その他 $H'=(1-\frac{\mu}{\tan\theta})(H_1+H_2) \times 0.45 \times \frac{H_1+H_2}{H_1+H_2}$ $H_1=40\text{m}$ $H_2=21.8\text{m}$		
	重量 W	0.7 ton			
	落下高さ H	61.8 m			
	斜面勾配 θ	44' 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35			
	落石荷重 P	162 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0504		設計に用いた落石を決めた根拠		
交通量		4,308 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった	
車線数		2			☐ 利用した	☐ 新規 ☐ 既存
斜	勾配	35 度			☐ 垂直写真(縮尺)	
	斜面長	200 m				
	土質	岩・砂・粘土・腐植土				
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂		現地踏査	☐ 実施しなかった	
	風化の程度	激しい・中くらい・小さい			☒ 実施した	方法 浮石、転石の分布調査 浮石、転石の危険度判定 建設省直轄道路管理調査要綱(案)を基準とした。
落石のタイプ		割離型・転石型		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった	
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×(0.5)m×(0.5)m, 重量(0.1)ton, 落下高(40)m			☒ 実施した	方法 道路パトロール日誌の調査(過去7年分)
浮石・転石の分布状況		100㎡ 当り(145)個		設計に用いた落石を決めた手順	・対象斜面にある浮石、転石の危険度も、建設省直轄道路管理調査要綱(案)を基準として、各ポイントに分けて危険度も判定した。 ・各ポイントの代表的断面にて、浮石・転石の換算径別の個数に対する加積曲線から、90%に対応する石の径も算出(結果φ50cm, W=0.17)となった。 ・落下高Hについては、各ポイントで最も多く、浮石、転石が分布している箇所から、対策工までの高さH=59.5m換算落下高h=61.7mを採用した。	
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない				
年降水量		1,430 mm				
落石覆工の諸元	延長	75 m				
	型式	RC・鋼				
	基礎型式	山側:モルタル擁壁 深礎杭 山側:直接基礎 深礎杭				
	ケガシ材の材質	石				
ケガシ材の厚さ		90 cm				
施工完了年月		昭和63年3月完了予定				
設計に用いた基準		落石対策便覧				
設計に用いた地震力		水平震度K=(0.18)				
設計に用いた崩土		静的荷重の分布(傾角30°) 単位体積重量γ=1.8 動的荷重なし				
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) (H_1 + H_2)$ $H_1 = 31.5m, H_2 = 31.5m, H' = 61.7m$				
	重量 W	0.17 ton				
	落下高さ H	59.5 m				
	斜面勾配 θ	83 度				
	砂層厚による割増係数 α	1.0				
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.3				
	落石荷重 P	56.4 ton				

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0505		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		5,000 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	上 28 ~ 55 下 58 ~ 72	度	現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 落石対策便覧の付録 (P.41) の方法
	斜面長	100	m		
	土質	(岩)・砂・粘土・(腐植土)			
	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・(繁茂)			
風化の程度		激しい・(中ぐらい)・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 災害記録の調査 方法 (過去 10 年分)
落石のタイプ		割離型・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法 (0.6)m × (0.6)m × (0.7)m, 重量 (0.7)ton, 落下高 (50)m		設計に用いた落石を決めた手順	・設計区間の地山調査を行ない、転石・浮石の多い箇所を数箇所選定し、不安定な石 (20cm 以上) の数も数え、加積曲線を作成し、その 90% の石の径を設計径とす。 A 地区 $W = 0.697t$ ($\phi 80cm$) B 地区 $W = 0.697t$ ($\phi 80cm$) ・落下高は転動する斜面高の最高 $H = 40m$ とし、それに自由落下エネルギーを加えて、落石エネルギーを算出した。但し、斜面高が低く 40m 未満の場合は丁上までの高さとした。
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (50) 個			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)			
年降水量		4000 mm			
落石覆工の諸元	延長	38 m			
	型式	(RC)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	ケガシ材の材質	ゼリ材			
ケガシ材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和 61 年 3 月完了			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = (0.18)$			
設計に用いた崩土		・静的荷重の分布 単位体積重量 (考慮していない) ・動的荷重 (考慮していない)			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.697 ton			
	落下高さ H	40 m			
	斜面勾配 θ	28° ~ 72° 度			
	砂層厚による割増係数 α	1			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15 or 0.35			
	落石荷重 P	110 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0506		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		5,000 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) }
車線数		2			
斜面	勾配	上 22° ~ 55° 下 56° ~ 75°	度	現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 浮石・転石の分布調査 方法 浮石・転石の危険度判定。 (落石対策便覧の付録(P291)の方法)
	斜面長	90	m		
	土質	(岩・砂・砂・粘土・樹植)			
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂			
面	風化の程度	数しい・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 災害記録の調査 方法 (過去10年分)
	落石のタイプ	(割離型・転石型)			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(0.5)m×(0.5)m×(0.5)m, 重量(0.3)ton, 落下高(70)m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 設計区間の地山踏査を行ない、 転石、浮石の多い箇所を数箇所 選定し、下安定な石(20cm程度以上)の 数も数え、加積曲線を作成し、 その90%の石の径を設計径とした。 A地区 $W=0.0871^t$ ($\phi 40cm$) B地区 $W=0.294^t$ ($\phi 60cm$) 2. 当該地点付近の過去の災害履歴高H ₄₀ として、それに自由落下エネルギーを加えて、 落石エネルギーを算定した。
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (数個) 個			
積雪寒冷地であるか		ある・(ない)			
年降水量		約 4,000 mm			
落石覆工の諸元	延長	140 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	(RC・RC・鋼)			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	ビリ材			
クッション材の厚さ		90 cm		設計に用いた落石を決めた手順	
施工完了年月		昭和61年3月完了			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=(0.18)			
設計に用いた崩土		・静的荷重の分布(傾角30°) 単位体積重量 $1.8^t/m^3$ ・動的荷重 考慮していない。		設計に用いた落石を決めた手順	
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P=15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	0.0871 0.294	ton		
	落下高さ H	58 61	m		
	斜面勾配 θ	75° ~ 22°	度		
	砂層厚による割増係数 α	1			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.15 or 0.35			
落石荷重 P	40 ^t , 80 ^t	ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0507		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		8900 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	平均 42 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 浮石、転石の分布調査 方法 浮石、転石の危険度判定 (落石対策便覧の方法を参考に判定)
	斜面長	60 m			
	土質	(岩)・砂・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	(裸地)・まばら・繁茂			
面	風化の程度	(激しい)・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 災害記録の調査 方法
	落石のタイプ	(転石型)・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ0.9)m×()m×()m, 重量(1.0)ton, 落下高(40)m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面の危険度調査(地形、斜面状況、地質、植生等) により、危険と判断される斜面に存在する転石、浮石の最大ものを球径換算し、最大重量を $W=1.0$ t を算定した。 (φ90cm) 2. 落下高については、対象斜面内にある危険度の高い落石の最大高さとした。 H_{max} は 40m 以上となるが、 H は 40m を越えれば落下速度が一定となること、実験結果を基に落下高で $H=40$ m とした。
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (10) 個			
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		平均 2,349.1 mm			
落石覆工の諸元	延長	180 m			
	型式	PC・RC・鋼			
	基礎型式	既設擁壁の補強(1) (様式参照)			
	クッション材の材質	石			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和62年3月完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $k=(0.20)$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布(傾斜角30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 $P = \frac{1}{\gamma} \cdot A \cdot v^2$ $\gamma = 0.9 \text{ t/m}^3$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $H = \frac{(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) (H_1 + H_2)}{2} \times 0.45$ $(= 35.11 + \text{自由落下} + 1.5) \times 0.45$ $H_1 = 18.55 \text{ m}$ $H_2 = 15 \text{ m}$			
	重量 W	1.0 ton			
	落下高さ H	40 m			
	斜面勾配 θ	42 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.4			
	落石荷重 P	80 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0508		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		8900 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	平均 38 度			
	斜面長	65 m			
	土質	(5) (6)・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・鬱茂		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 浮石・転石の分布調査 方法 浮石・転石の危険度判定 (落石対策便覧の方法を参考にして判定)
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		斜解型・転石型		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 災害記録の調査 方法 (昭和 28年 34年) (0.75t) (0.3m³)
想定される最大エネルギーの落石		寸法(1.2)m×(0.6)m×(0.4)m, 重量(0.75)ton, 落下高(4.0)m			
浮石・転石の分布状況		100㎡ 当り(50)個		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にある浮石・転石の危険度も、 ①石の大き、②被覆率、③防止工の有無、 ④石の形状 ⑤ 斜面の傾斜 ⑥ 植生等により、 危険度の高いもの(被覆率0.7以上、防止工、 石の形状が良い)について、石の大きさを、 球径に換算し、最大重量、W=0.75tを 算出した。 2. 当該地点の過去の災害記録においても、 0.75tonの落石があったことから、安全を以て、 0.8tonを設計落石重量とした。 3. 落石高Hは対象斜面内にある 危険度の高い落石の最大高さとした。 ただし、H>40mとなるので、H=40mとして 荷重を計算した。 ※ 被覆率 0.7 (H>40mに於て落下速度が一定になるという実験結果)
積雪寒冷地であるか		(ある) ない			
年降水量		530~59 平均 2,349.9 (雨量計上) mm			
落石覆工の諸元	延長	230 m			
	型式	PC・RC・鋼			
	基礎型式	場所打ちコンクリート			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和63年3月完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=(0.18)			
設計に用いた崩土		・静的荷重の分布(地表面30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$ ・動的荷重 $P = \frac{1}{3} \cdot A \cdot V^2$ $A = 0.9 \text{ m}^2, H = 30 \text{ m}$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他仮出式(334+135F) $H_1 = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) (1 + \beta) H_1 + H^2$ $\frac{1}{4} \beta^2 \gamma H_1^2 H_2 = \gamma H_1 H_2$			
	重量 W	0.8 ton			
	落下高さ H	47 m			
	斜面勾配 θ	38 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35			
	落石荷重 P	100 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0509		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		8,842 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	45 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・浮石、転石の分布調査 方法 ・浮石、転石の危険度判定 (落石対策便覧の方法を参考に判定) ・ホーミング
	斜面長	65 m			
	土質	⑤・砂・⑥・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・ ~~繁茂~~			
風化の程度		激しい・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した ・災害記録の調査 方法 (昭和60年)
落石のタイプ		①・②・③・④・⑤・⑥・⑦・⑧・⑨・⑩・⑪・⑫・⑬・⑭・⑮・⑯・⑰・⑱・⑲・⑳・㉑・㉒・㉓・㉔・㉕・㉖・㉗・㉘・㉙・㉚・㉛・㉜・㉝・㉞・㉟・㊱・㊲・㊳・㊴・㊵・㊶・㊷・㊸・㊹・㊺・㊻・㊼・㊽・㊾・㊿・㋀・㋁・㋂・㋃・㋄・㋅・㋆・㋇・㋈・㋉・㋊・㋋・㋌・㋍・㋎・㋏・㋐・㋑・㋒・㋓・㋔・㋕・㋖・㋗・㋘・㋙・㋚・㋛・㋜・㋝・㋞・㋟・㋠・㋡・㋢・㋣・㋤・㋥・㋦・㋧・㋨・㋩・㋪・㋫・㋬・㋭・㋮・㋯・㋰・㋱・㋲・㋳・㋴・㋵・㋶・㋷・㋸・㋹・㋺・㋻・㋼・㋽・㋾・㋿・㌀・㌁・㌂・㌃・㌄・㌅・㌆・㌇・㌈・㌉・㌊・㌋・㌌・㌍・㌎・㌏・㌐・㌑・㌒・㌓・㌔・㌕・㌖・㌗・㌘・㌙・㌚・㌛・㌜・㌝・㌞・㌟・㌠・㌡・㌢・㌣・㌤・㌥・㌦・㌧・㌨・㌩・㌪・㌫・㌬・㌭・㌮・㌯・㌰・㌱・㌲・㌳・㌴・㌵・㌶・㌷・㌸・㌹・㌺・㌻・㌼・㌽・㌾・㌿・㍀・㍁・㍂・㍃・㍄・㍅・㍆・㍇・㍈・㍉・㍊・㍋・㍌・㍍・㍎・㍏・㍐・㍑・㍒・㍓・㍔・㍕・㍖・㍗・㍘・㍙・㍚・㍛・㍜・㍝・㍞・㍟・㍠・㍡・㍢・㍣・㍤・㍥・㍦・㍧・㍨・㍩・㍪・㍫・㍬・㍭・㍮・㍯・㍰・㍱・㍲・㍳・㍴・㍵・㍶・㍷・㍸・㍹・㍺・㍻・㍼・㍽・㍾・㍿・㏀・㏁・㏂・㏃・㏄・㏅・㏆・㏇・㏈・㏉・㏊・㏋・㏌・㏍・㏎・㏏・㏐・㏑・㏒・㏓・㏔・㏕・㏖・㏗・㏘・㏙・㏚・㏛・㏜・㏝・㏞・㏟・㏠・㏡・㏢・㏣・㏤・㏥・㏦・㏧・㏨・㏩・㏪・㏫・㏬・㏭・㏮・㏯・㏰・㏱・㏲・㏳・㏴・㏵・㏶・㏷・㏸・㏹・㏺・㏻・㏼・㏽・㏾・㏿・㐀・㐁・㐂・㐃・㐄・㐅・㐆・㐇・㐈・㐉・㐊・㐋・㐌・㐍・㐎・㐏・㐐・㐑・㐒・㐓・㐔・㐕・㐖・㐗・㐘・㐙・㐚・㐛・㐜・㐝・㐞・㐟・㐠・㐡・㐢・㐣・㐤・㐥・㐦・㐧・㐨・㐩・㐪・㐫・㐬・㐭・㐮・㐯・㐰・㐱・㐲・㐳・㐴・㐵・㐶・㐷・㐸・㐹・㐺・㐻・㐼・㐽・㐾・㐿・㑀・㑁・㑂・㑃・㑄・㑅・㑆・㑇・㑈・㑉・㑊・㑋・㑌・㑍・㑎・㑏・㑐・㑑・㑒・㑓・㑔・㑕・㑖・㑗・㑘・㑙・㑚・㑛・㑜・㑝・㑞・㑟・㑠・㑡・㑢・㑣・㑤・㑥・㑦・㑧・㑨・㑩・㑪・㑫・㑬・㑭・㑮・㑯・㑰・㑱・㑲・㑳・㑴・㑵・㑶・㑷・㑸・㑹・㑺・㑻・㑼・㑽・㑾・㑿・㒀・㒁・㒂・㒃・㒄・㒅・㒆・㒇・㒈・㒉・㒊・㒋・㒌・㒍・㒎・㒏・㒐・㒑・㒒・㒓・㒔・㒕・㒖・㒗・㒘・㒙・㒚・㒛・㒜・㒝・㒞・㒟・㒠・㒡・㒢・㒣・㒤・㒥・㒦・㒧・㒨・㒩・㒪・㒫・㒬・㒭・㒮・㒯・㒰・㒱・㒲・㒳・㒴・㒵・㒶・㒷・㒸・㒹・㒺・㒻・㒼・㒽・㒾・㒿・㓀・㓁・㓂・㓃・㓄・㓅・㓆・㓇・㓈・㓉・㓊・㓋・㓌・㓍・㓎・㓏・㓐・㓑・㓒・㓓・㓔・㓕・㓖・㓗・㓘・㓙・㓚・㓛・㓜・㓝・㓞・㓟・㓠・㓡・㓢・㓣・㓤・㓥・㓦・㓧・㓨・㓩・㓪・㓫・㓬・㓭・㓮・㓯・㓰・㓱・㓲・㓳・㓴・㓵・㓶・㓷・㓸・㓹・㓺・㓻・㓼・㓽・㓾・㓿・㔀・㔁・㔂・㔃・㔄・㔅・㔆・㔇・㔈・㔉・㔊・㔋・㔌・㔍・㔎・㔏・㔐・㔑・㔒・㔓・㔔・㔕・㔖・㔗・㔘・㔙・㔚・㔛・㔜・㔝・㔞・㔟・㔠・㔡・㔢・㔣・㔤・㔥・㔦・㔧・㔨・㔩・㔪・㔫・㔬・㔭・㔮・㔯・㔰・㔱・㔲・㔳・㔴・㔵・㔶・㔷・㔸・㔹・㔺・㔻・㔼・㔽・㔾・㔿・㕀・㕁・㕂・㕃・㕄・㕅・㕆・㕇・㕈・㕉・㕊・㕋・㕌・㕍・㕎・㕏・㕐・㕑・㕒・㕓・㕔・㕕・㕖・㕗・㕘・㕙・㕚・㕛・㕜・㕝・㕞・㕟・㕠・㕡・㕢・㕣・㕤・㕥・㕦・㕧・㕨・㕩・㕪・㕫・㕬・㕭・㕮・㕯・㕰・㕱・㕲・㕳・㕴・㕵・㕶・㕷・㕸・㕹・㕺・㕻・㕼・㕽・㕾・㕿・㖀・㖁・㖂・㖃・㖄・㖅・㖆・㖇・㖈・㖉・㖊・㖋・㖌・㖍・㖎・㖏・㖐・㖑・㖒・㖓・㖔・㖕・㖖・㖗・㖘・㖙・㖚・㖛・㖜・㖝・㖞・㖟・㖠・㖡・㖢・㖣・㖤・㖥・㖦・㖧・㖨・㖩・㖪・㖫・㖬・㖭・㖮・㖯・㖰・㖱・㖲・㖳・㖴・㖵・㖶・㖷・㖸・㖹・㖺・㖻・㖼・㖽・㖾・㖿・㗀・㗁・㗂・㗃・㗄・㗅・㗆・㗇・㗈・㗉・㗊・㗋・㗌・㗍・㗎・㗏・㗐・㗑・㗒・㗓・㗔・㗕・㗖・㗗・㗘・㗙・㗚・㗛・㗜・㗝・㗞・㗟・㗠・㗡・㗢・㗣・㗤・㗥・㗦・㗧・㗨・㗩・㗪・㗫・㗬・㗭・㗮・㗯・㗰・㗱・㗲・㗳・㗴・㗵・㗶・㗷・㗸・㗹・㗺・㗻・㗼・㗽・㗾・㗿・㘀・㘁・㘂・㘃・㘄・㘅・㘆・㘇・㘈・㘉・㘊・㘋・㘌・㘍・㘎・㘏・㘐・㘑・㘒・㘓・㘔・㘕・㘖・㘗・㘘・㘙・㘚・㘛・㘜・㘝・㘞・㘟・㘠・㘡・㘢・㘣・㘤・㘥・㘦・㘧・㘨・㘩・㘪・㘫・㘬・㘭・㘮・㘯・㘰・㘱・㘲・㘳・㘴・㘵・㘶・㘷・㘸・㘹・㘺・㘻・㘼・㘽・㘾・㘿・㙀・㙁・㙂・㙃・㙄・㙅・㙆・㙇・㙈・㙉・㙊・㙋・㙌・㙍・㙎・㙏・㙐・㙑・㙒・㙓・㙔・㙕・㙖・㙗・㙘・㙙・㙚・㙛・㙜・㙝・㙞・㙟・㙠・㙡・㙢・㙣・㙤・㙥・㙦・㙧・㙨・㙩・㙪・㙫・㙬・㙭・㙮・㙯・㙰・㙱・㙲・㙳・㙴・㙵・㙶・㙷・㙸・㙹・㙺・㙻・㙼・㙽・㙾・㙿・㚀・㚁・㚂・㚃・㚄・㚅・㚆・㚇・㚈・㚉・㚊・㚋・㚌・㚍・㚎・㚏・㚐・㚑・㚒・㚓・㚔・㚕・㚖・㚗・㚘・㚙・㚚・㚛・㚜・㚝・㚞・㚟・㚠・㚡・㚢・㚣・㚤・㚥・㚦・㚧・㚨・㚩・㚪・㚫・㚬・㚭・㚮・㚯・㚰・㚱・㚲・㚳・㚴・㚵・㚶・㚷・㚸・㚹・㚺・㚻・㚼・㚽・㚾・㚿・㜀・㜁・㜂・㜃・㜄・㜅・㜆・㜇・㜈・㜉・㜊・㜋・㜌・㜍・㜎・㜏・㜐・㜑・㜒・㜓・㜔・㜕・㜖・㜗・㜘・㜙・㜚・㜛・㜜・㜝・㜞・㜟・㜠・㜡・㜢・㜣・㜤・㜥・㜦・㜧・㜨・㜩・㜪・㜫・㜬・㜭・㜮・㜯・㜰・㜱・㜲・㜳・㜴・㜵・㜶・㜷・㜸・㜹・㜺・㜻・㜼・㜽・㜾・㜿・㝀・㝁・㝂・㝃・㝄・㝅・㝆・㝇・㝈・㝉・㝊・㝋・㝌・㝍・㝎・㝏・㝐・㝑・㝒・㝓・㝔・㝕・㝖・㝗・㝘・㝙・㝚・㝛・㝜・㝝・㝞・㝟・㝠・㝡・㝢・㝣・㝤・㝥・㝦・㝧・㝨・㝩・㝪・㝫・㝬・㝭・㝮・㝯・㝰・㝱・㝲・㝳・㝴・㝵・㝶・㝷・㝸・㝹・㝺・㝻・㝼・㝽・㝾・㝿・㞀・㞁・㞂・㞃・㞄・㞅・㞆・㞇・㞈・㞉・㞊・㞋・㞌・㞍・㞎・㞏・㞐・㞑・㞒・㞓・㞔・㞕・㞖・㞗・㞘・㞙・㞚・㞛・㞜・㞝・㞞・㞟・㞠・㞡・㞢・㞣・㞤・㞥・㞦・㞧・㞨・㞩・㞪・㞫・㞬・㞭・㞮・㞯・㞰・㞱・㞲・㞳・㞴・㞵・㞶・㞷・㞸・㞹・㞺・㞻・㞼・㞽・㞾・㞿・㠀・㠁・㠂・㠃・㠄・㠅・㠆・㠇・㠈・㠉・㠊・㠋・㠌・㠍・㠎・㠏・㠐・㠑・㠒・㠓・㠔・㠕・㠖・㠗・㠘・㠙・㠚・㠛・㠜・㠝・㠞・㠟・㠠・㠡・㠢・㠣・㠤・㠥・㠦・㠧・㠨・㠩・㠪・㠫・㠬・㠭・㠮・㠯・㠰・㠱・㠲・㠳・㠴・㠵・㠶・㠷・㠸・㠹・㠺・㠻・㠼・㠽・㠾・㠿・㡀・㡁・㡂・㡃・㡄・㡅・㡆・㡇・㡈・㡉・㡊・㡋・㡌・㡍・㡎・㡏・㡐・㡑・㡒・㡓・㡔・㡕・㡖・㡗・㡘・㡙・㡚・㡛・㡜・㡝・㡞・㡟・㡠・㡡・㡢・㡣・㡤・㡥・㡦・㡧・㡨・㡩・㡪・㡫・㡬・㡭・㡮・㡯・㡰・㡱・㡲・㡳・㡴・㡵・㡶・㡷・㡸・㡹・㡺・㡻・㡼・㡽・㡾・㡿・㢀・㢁・㢂・㢃・㢄・㢅・㢆・㢇・㢈・㢉・㢊・㢋・㢌・㢍・㢎・㢏・㢐・㢑・㢒・㢓・㢔・㢕・㢖・㢗・㢘・㢙・㢚・㢛・㢜・㢝・㢞・㢟・㢠・㢡・㢢・㢣・㢤・㢥・㢦・㢧・㢨・㢩・㢪・㢫・㢬・㢭・㢮・㢯・㢰・㢱・㢲・㢳・㢴・㢵・㢶・㢷・㢸・㢹・㢺・㢻・㢼・㢽・㢾・㢿・㣀・㣁・㣂・㣃・㣄・㣅・㣆・㣇・㣈・㣉・㣊・㣋・㣌・㣍・㣎・㣏・㣐・㣑・㣒・㣓・㣔・㣕・㣖・㣗・㣘・㣙・㣚・㣛・㣜・㣝・㣞・㣟・㣠・㣡・㣢・㣣・㣤・㣥・㣦・㣧・㣨・㣩・㣪・㣫・㣬・㣭・㣮・㣯・㣰・㣱・㣲・㣳・㣴・㣵・㣶・㣷・㣸・㣹・㣺・㣻・㣼・㣽・㣾・㣿・㤀・㤁・㤂・㤃・㤄・㤅・㤆・㤇・㤈・㤉・㤊・㤋・㤌・㤍・㤎・㤏・㤐・㤑・㤒・㤓・㤔・㤕・㤖・㤗・㤘・㤙・㤚・㤛・㤜・㤝・㤞・㤟・㤠・㤡・㤢・㤣・㤤・㤥・㤦・㤧・㤨・㤩・㤪・㤫・㤬・㤭・㤮・㤯・㤰・㤱・㤲・㤳・㤴・㤵・㤶・㤷・㤸・㤹・㤺・㤻・㤼・㤽・㤾・㤿・㥀・㥁・㥂・㥃・㥄・㥅・㥆・㥇・㥈・㥉・㥊・㥋・㥌・㥍・㥎・㥏・㥐・㥑・㥒・㥓・㥔・㥕・㥖・㥗・㥘・㥙・㥚・㥛・㥜・㥝・㥞・㥟・㥠・㥡・㥢・㥣・㥤・㥥・㥦・㥧・㥨・㥩・㥪・㥫・㥬・㥭・㥮・㥯・㥰・㥱・㥲・㥳・㥴・㥵・㥶・㥷・㥸・㥹・㥺・㥻・㥼・㥽・㥾・㥿・㦀・㦁・㦂・㦃・㦄・㦅・㦆・㦇・㦈・㦉・㦊・㦋・㦌・㦍・㦎・㦏・㦐・㦑・㦒・㦓・㦔・㦕・㦖・㦗・㦘・㦙・㦚・㦛・㦜・㦝・㦞・㦟・㦠・㦡・㦢・㦣・㦤・㦥・㦦・㦧・㦨・㦩・㦪・㦫・㦬・㦭・㦮・㦯・㦰・㦱・㦲・㦳・㦴・㦵・㦶・㦷・㦸・㦹・㦺・㦻・㦼・㦽・㦾・㦿・㧀・㧁・㧂・㧃・㧄・㧅・㧆・㧇・㧈・㧉・㧊・㧋・㧌・㧍・㧎・㧏・㧐・㧑・㧒・㧓・㧔・㧕・㧖・㧗・㧘・㧙・㧚・㧛・㧜・㧝・㧞・㧟・㧠・㧡・㧢・㧣・㧤・㧥・㧦・㧧・㧨・㧩・㧪・㧫・㧬・㧭・㧮・㧯・㧰・㧱・㧲・㧳・㧴・㧵・㧶・㧷・㧸・㧹・㧺・㧻・㧼・㧽・㧾・㧿・㨀・㨁・㨂・㨃・㨄・㨅・㨆・㨇・㨈・㨉・㨊・㨋・㨌・㨍・㨎・㨏・㨐・㨑・㨒・㨓・㨔・㨕・㨖・㨗・㨘・㨙・㨚・㨛・㨜・㨝・㨞・㨟・㨠・㨡・㨢・㨣・㨤・㨥・㨦・㨧・㨨・㨩・㨪・㨫・㨬・㨭・㨮・㨯・㨰・㨱・㨲・㨳・㨴・㨵・㨶・㨷・㨸・㨹・㨺・㨻・㨼・㨽・㨾・㨿・㩀・㩁・㩂・㩃・㩄・㩅・㩆・㩇・㩈・㩉・㩊・㩋・㩌・㩍・㩎・㩏・㩐・㩑・㩒・㩓・㩔・㩕・㩖・㩗・㩘・㩙・㩚・㩛・㩜・㩝・㩞・㩟・㩠・㩡・㩢・㩣・㩤・㩥・㩦・㩧・㩨・㩩・㩪・㩫・㩬・㩭・㩮・㩯・㩰・㩱・㩲・㩳・㩴・㩵・㩶・㩷・㩸・㩹・㩺・㩻・㩼・㩽・㩾・㩿・㪀・㪁・㪂・㪃・㪄・㪅・㪆・㪇・㪈・㪉・㪊・㪋・㪌・㪍・㪎・㪏・㪐・㪑・㪒・㪓・㪔・㪕・㪖・㪗・㪘・㪙・㪚・㪛・㪜・㪝・㪞・㪟・㪠・㪡・㪢・㪣・㪤・㪥・㪦・㪧・㪨・㪩・㪪・㪫・㪬・㪭・㪮・㪯・㪰・㪱・㪲・㪳・㪴・㪵・㪶・㪷・㪸・㪹・㪺・㪻・㪼・㪽・㪾・㪿・㫀・㫁・㫂・㫃・㫄・㫅・㫆・㫇・㫈・㫉・㫊・㫋・㫌・㫍・㫎・㫏・㫐・㫑・㫒・㫓・㫔・㫕・㫖・㫗・㫘・㫙・㫚・㫛・㫜・㫝・㫞・㫟・㫠・㫡・㫢・㫣・㫤・㫥・㫦・㫧・㫨・㫩・㫪・㫫・㫬・㫭・㫮・㫯・㫰・㫱・㫲・㫳・㫴・㫵・㫶・㫷・㫸・㫹・㫺・㫻・㫼・㫽・㫾・㫿・㬀・㬁・㬂・㬃・㬄・㬅・㬆・㬇・㬈・㬉・㬊・㬋・㬌・㬍・㬎・㬏・㬐・㬑・㬒・㬓・㬔・㬕・㬖・㬗・㬘・㬙・㬚・㬛・㬜・㬝・㬞・㬟・㬠・㬡・㬢・㬣・㬤・㬥・㬦・㬧・㬨・㬩・㬪・㬫・㬬・㬭・㬮・㬯・㬰・㬱・㬲・㬳・㬴・㬵・㬶・㬷・㬸・㬹・㬺・㬻・㬼・㬽・㬾・㬿・㭀・㭁・㭂・㭃・㭄・㭅・㭆・㭇・㭈・㭉・㭊・㭋・㭌・㭍・㭎・㭏・㭐・㭑・㭒・㭓・㭔・㭕・㭖・㭗・㭘・㭙・㭚・㭛・㭜・㭝・㭞・㭟・㭠・㭡・㭢・㭣・㭤・㭥・㭦・㭧・㭨・㭩・㭪・㭫・㭬・㭭・㭮・㭯・㭰・㭱・㭲・㭳・㭴・㭵・㭶・㭷・㭸・㭹・㭺・㭻・㭼・㭽・㭾・㭿・㮀・㮁・㮂・㮃・㮄・㮅・㮆・㮇・㮈・㮉・㮊・㮋・㮌・㮍・㮎・㮏・㮐・㮑・㮒・㮓・㮔・㮕・㮖・㮗・㮘・㮙・㮚・㮛・㮜・㮝・㮞・㮟・㮠・㮡・㮢・㮣・㮤・㮥・㮦・㮧・㮨・㮩・㮪・㮫・㮬・㮭・㮮・㮯・㮰・㮱・㮲・㮳・㮴・㮵・㮶・㮷・㮸・㮹・㮺・㮻・㮼・㮽・㮾・㮿・㯀・㯁・㯂・㯃・㯄・㯅・㯆・㯇・㯈・㯉・㯊・㯋・㯌・㯍・㯎・㯏・㯐・㯑・㯒・㯓・㯔・㯕・㯖・㯗・㯘・㯙・㯚・㯛・㯜・㯝・㯞・㯟・㯠・㯡・㯢・㯣・㯤・㯥・㯦・㯧・㯨・㯩・㯪・㯫・㯬・㯭・㯮・㯯・㯰・㯱・㯲・㯳・㯴・㯵・㯶・㯷・㯸・㯹・㯺・㯻・㯼・㯽・㯾・㯿・㰀・㰁・㰂・㰃・㰄・㰅・㰆・㰇・㰈・㰉・㰊・㰋・㰌・㰍・㰎・㰏・㰐・㰑・㰒・㰓・㰔・㰕・㰖・㰗・㰘・㰙・㰚・㰛・㰜・㰝・㰞・㰟・㰠・㰡・㰢・㰣・㰤・㰥・㰦・㰧・㰨・㰩・㰪・㰫・㰬・㰭・㰮・㰯・㰰・㰱・㰲・㰳・㰴・㰵・㰶・㰷・㰸・㰹・㰺・㰻・㰼・㰽・㰾・㰿・㱀・㱁・㱂・㱃・㱄・㱅・㱆・㱇・㱈・㱉・㱊・㱋・㱌・㱍・㱎・㱏・㱐・㱑・㱒・㱓・㱔・㱕・㱖・㱗・㱘・㱙・㱚・㱛・㱜・㱝・㱞・㱟・㱠・㱡・㱢・㱣・㱤・㱥・㱦・㱧・㱨・㱩・㱪・㱫・㱬・㱭・㱮・㱯・㱰・㱱・㱲・㱳・㱴・㱵・㱶・㱷・㱸・㱹・㱺・㱻・㱼・㱽・㱾・㱿・㲀・㲁・㲂・㲃・㲄・㲅・㲆・㲇・㲈・㲉・㲊・㲋・㲌・㲍・㲎・㲏・㲐・㲑・㲒・㲓・㲔・㲕・㲖・㲗・㲘・㲙・㲚・㲛・㲜・㲝・㲞・㲟・㲠・㲡・㲢・㲣・㲤・㲥・㲦・㲧・㲨・㲩・㲪・㲫・㲬・㲭・㲮・㲯・㲰・㲱・㲲・㲳・㲴・㲵・㲶・㲷・㲸・㲹・㲺・㲻・㲼・㲽・㲾・㲿・㳀・㳁・㳂・㳃・㳄・㳅・㳆・㳇・㳈・㳉・㳊・㳋・㳌・㳍・㳎・㳏・㳐・㳑・㳒・㳓・㳔・㳕・㳖・㳗・㳘・㳙・㳚・㳛・㳜・㳝・㳞・㳟・㳠・㳡・㳢・㳣・㳤・㳥・㳦・㳧・㳨・㳩・㳪・㳫・㳬・㳭・㳮・㳯・㳰・㳱・㳲・㳳・㳴・㳵・㳶・㳷・㳸・㳹・㳺・㳻・㳼・㳽・㳾・㳿・㴀・㴁・㴂・㴃・㴄・㴅・㴆・㴇・㴈・㴉・㴊・㴋・㴌・㴍・㴎・㴏・㴐・㴑・㴒・㴓・㴔・㴕・㴖・㴗・㴘・㴙・㴚・㴛・㴜・㴝・㴞・㴟・㴠・㴡・㴢・㴣・㴤・㴥・㴦・㴧・㴨・㴩・㴪・㴫・㴬・㴭・㴮・㴯・㴰・㴱・㴲・㴳・㴴・㴵・㴶・㴷・㴸・㴹・㴺・㴻・㴼・㴽・㴾・㴿・㵀・㵁・㵂・㵃・㵄・㵅・㵆・㵇・㵈・㵉・㵊・㵋・㵌・㵍・㵎・㵏・㵐・㵑・㵒・㵓・㵔・㵕・㵖・㵗・㵘・㵙・㵚・㵛・㵜・㵝・㵞・㵟・㵠・㵡・㵢・㵣・㵤・㵥・㵦・㵧・㵨・㵩・㵪・㵫・㵬・㵭・㵮・㵯・㵰・㵱・㵲・㵳・㵴・㵵・㵶・㵷・㵸・㵹・㵺・㵻・㵼・㵽・㵾・㵿・㶀・㶁・㶂・㶃・㶄・㶅・㶆・㶇・㶈・㶉・㶊・㶋・㶌・㶍・㶎・㶏・㶐・㶑・㶒・㶓・㶔・㶕・㶖・㶗・㶘・㶙・㶚・㶛・㶜・㶝・㶞・㶟・㶠・㶡・㶢・㶣・㶤・㶥・㶦・㶧・㶨・㶩・㶪・㶫・㶬・㶭・㶮・㶯・㶰・㶱・㶲・㶳・㶴・㶵・㶶・㶷・㶸・㶹・㶺・㶻・㶼・㶽・㶾・㶿・㷀・㷁・㷂・㷃・㷄・㷅・㷆・㷇・㷈・㷉・㷊・㷋・㷌・㷍・㷎・㷏・㷐・㷑・㷒・㷓・㷔・㷕・㷖・㷗・㷘・㷙・㷚・㷛・㷜・㷝・㷞・㷟・㷠・㷡・㷢・㷣・㷤・㷥・㷦・㷧・㷨・㷩・㷪・㷫・㷬・㷭・㷮・㷯・㷰・㷱・㷲・㷳・㷴・㷵・㷶・㷷・㷸・㷹・㷺・㷻・㷼・㷽・㷾・㷿・㸀・㸁・㸂・㸃・㸄・㸅・㸆・㸇・㸈・㸉・㸊・㸋・㸌・㸍・㸎・㸏・㸐・㸑・㸒・㸓・㸔・㸕・㸖・㸗・㸘・㸙・㸚・㸛・㸜・㸝・㸞・㸟・㸠・㸡・㸢・㸣・㸤・㸥・㸦・㸧・㸨・㸩・㸪・㸫・㸬・㸭・㸮・㸯・㸰・㸱・㸲・㸳・㸴・㸵・㸶・㸷・㸸・㸹・㸺・㸻・㸼・㸽・㸾・㸿・㹀・㹁・㹂・㹃・㹄・㹅・㹆・㹇・㹈・㹉・㹊・㹋・㹌・㹍・㹎・㹏・㹐・㹑・㹒・㹓・㹔・㹕・㹖・㹗・㹘・㹙・㹚・㹛・㹜・㹝・㹞・㹟・㹠・㹡・㹢・㹣・㹤・㹥・㹦・㹧・㹨・㹩・㹪・㹫・㹬・㹭・㹮・㹯・㹰・㹱・㹲・㹳・㹴・㹵・㹶・㹷・㹸・㹹・㹺・㹻・㹼・㹽・㹾・㹿・㺀・㺁・㺂・㺃・㺄・㺅・㺆・㺇・㺈・㺉・㺊・㺋・㺌・㺍・㺎・㺏・㺐・㺑・㺒・㺓・㺔・㺕・㺖・㺗・㺘・㺙・㺚・㺛・㺜・㺝・㺞・㺟・㺠・㺡・㺢・㺣・㺤・㺥・㺦・㺧・㺨・㺩・㺪・㺫・㺬・㺭・㺮・㺯・㺰・㺱・㺲・㺳・㺴・㺵・㺶・㺷・㺸・㺹・㺺・㺻・㺼・㺽・㺾・㺿・㻀・㻁・㻂・㻃・㻄・㻅・㻆・			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0510		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		8676 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺) ☐ 斜め写真(縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	43 度			
	斜面長	65 m			
	土質	(岩)砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	(裸地)まばら・繁茂		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 浮石・転石の分布調査 方法 浮石・転石の危険度判定 (落石対策便覧(P24)による方法)
	風化の程度	(強い)・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(割離型)・(転石型)		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 道路/アウトロード誌の調査 方法 (過去13年分) ・災害記録の調査 (過去13年分)
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ90)mm×()mm×()mm, 重量(1.0)ton, 落下高(13)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り(≧み)個		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にある浮石・転石の危険度を「落石対策便覧」(P24の方法)により判定し、危険度の高い落石のうち、最大径のものより、落石重量を算定した。(700)(0.47 ton) 2. 落下高Hについては、対象斜面内における危険度の高い落石の最大高さとして、かつ H > 40m の場合は H = 40m とした。
積雪寒冷地であるか		(ある)・ない			
年降水量		S.13~59年 平均 1856.8 (長野県統計)			
落石覆工の諸元	延長	247.2 m			
	型式	PC・RC・鋼			
	基礎型式	深礎杭			
	クッション材の材質	石			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和66年3月完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 K = (0.20)			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布(おおよそ30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$ ・動的荷重 $P = \frac{1}{8} A \cdot V^2$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式		☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他 $H' = \frac{H}{\tan \theta} \times (H + H_0) H_0 + H_0 \times 0.45$ $H_0 = 40m (=35m + 自由落下 (H_0 = 2m))$ $H_2 = 7m$ ($H_2 = 10.2m$) $H' = 15.5m$ ($H' = 11.2m$)		
	重量 W	0.47 (1.0) t (1.0) t			
	落下高さ H	47 (13) m			
	斜面勾配 θ	43 (32°) 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35			
	落石荷重 P	50 (70) ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0511		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		1,832 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	48 度			
	斜面長	50 m			
	土質	⑤・⑥・砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・ ~~繁茂~~			
面	風化の程度	激しい・ ~~中ぐらい~~ ・小さい		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 ・ 浮石、転石の分布調査
	落石のタイプ	割離型・ ~~転石型~~			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ08)mm×()mm×()mm, 重量(0.7)ton, 落下高(40)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (30) 個		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
積雪寒冷地であるか		☒ ある・ ☐ ない			
年降水量		545~59 平均 1,984.8 mm			
落石覆工の諸元	延長	67 m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にある浮石、転石の分布を調査し、落石の危険度の高いもの、(被覆率、斜面状況等により判定)の中で、はく離型の浮石については、1m 径のものもあり、片岩類であり、転石中の衝撃で、斜面に沿って割れ、等も考慮して、落石径を80cmとし、落石重量0.7tonを算出した。 2. 落下高Hについては、対象斜面内における危険度の高い落石の最大高さとして、ただし、H>40mとなるので H=40mとした。
	型式	PC・ ~~RC~~ ・鋼			
	基礎型式	直接基礎・ ~~杭基礎~~			
	クッション材の材質	石			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		昭和65年3月完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度k=(0.20)			
設計に用いた崩土		・ 静的荷重の分布 (おおよそ30°) 単位体積重量 $\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$ ・ 動的荷重 $P = \frac{1}{8} \cdot A \cdot V^2$ $V = 0.9 \text{ km/h}$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他①(自由落下+斜面摩擦) $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) (1 + \frac{H}{H_0}) H_0 + H_0$ $H_0 = 4.4 \text{ m}$ $H_1 = 11.1 \text{ m}$ $H_2 = 18.7 \text{ m}$			
	重量 W	0.7 ton			
	落下高さ H	51.6 m			
	斜面勾配 θ	48 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35			
	落石荷重 P	70 ton			

落石工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0701		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		1200 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真(縮尺)
車線数		2			
斜	勾配	42 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した・浮石、転石の分布調査 方法 浮石、転石の危険度判定 (落石対策便覧の資料編 (P241)の方法)
	斜面長	210 m			
	土質	岩・砂・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂		過去の落石の調査	☒ 実施しなかった ☐ 実施した 方法
	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい			
落石のタイプ		(斜解型・転石型)		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にあり浮石、転石(直径20cm以上)の危険度で「落石対策便覧」の資料編の方法により判定し、危険度区分②以上の石の径の累積度数分布図を作成し、75%以上となる石の重量 $W = 20t$ を決定。 2. 落下高さは便覧により $H = 40m$ 以上とし、落下速度は一定値に達する傾向を認め、浮石及び転石の分布が $H = 40m$ 以上の範囲に約70%以上であること等より、設計に用いる H は $40m$ に決定。
規定される最大エネルギーの落石		寸法 $(1.0)m \times (1.0)m \times (0.8)m$, 重量 $(2)ton$, 落下高 $(40)m$			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (3) 個			
積雪寒冷地であるか		() ない			
年降水量		1960 mm			
落石工の諸元	延長	230 m			
	型式	(P)・RC・鋼			
	基礎型式	直接基礎			
	クッション材の材質	石			
	クッション材の厚さ	90 cm			
施工完了年月		昭和63年3月 完了予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $K = (0.18)$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (3mm以上) 単位体積重量 $\gamma = 1.8 t/m^3$ 動的荷重 考慮 ()			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	2 ton			
	落下高さ H	40 m			
	斜面勾配 θ	42 度			
	砂層厚による割増係数 α	1			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.35			
	落石荷重 P	112 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0702		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		12,400 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺)
車線数		2車線			
斜	勾配	平均 45 度		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した・浮石、転石の分布調査 方法 浮石、転石の危険度判定 (落石便覧を参考に判定した) ・弾性波探査 (簡易) ・ボーリング
	斜面長	85 m			
	土質	岩・砂(砂)・粘土・腐植土			
面	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☐ 実施した・道路ハザード・日誌の調査 方法 (過去 5 年) 但し 詳細にはわかっていない
	風化の程度	激しい・中ぐらゝ・小さい			
落石のタイプ		斜解型・転石型		設計に用いた落石を決めた手順	1. 対象斜面にある浮石、転石(直径10cm)の危険度判定をし、径別にまとめ、100cm以下が93%と、100cm以上は7%となった。 2. 上記径100cm以上が93%を(10で割ると)径1mを対象とすると石の重量は約1.5tとなり、1.5tで考えることにした。 3. 物理探査、ボーリング、既存の工面調査跡により、土石の崩落を推定すると、法長40m、厚さ3m程度の範囲で考えられた。 4. 落石の落下高さは転石分布、他にH=40m以上の場合は一定となるため、H=40mを採用することにした。 5. 上記により計算すると崩落土時と、落石時の断面力はほぼ等しくなり上記の崩落及び落石のどちらに対処出来る構造とした。 (危険度判定は落石便覧等を参考にしている)
想定される最大エネルギーの落石		寸法(1.0)×(0.7)×(0.8)m、重量(1.5)ton、落下高(56.6)m			
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (4) 個程度			
積雪寒冷地であるか		ある・ない			
年降水量		2094 (S60年)mm			
落石覆工の諸元	延長	160 m		設計に用いた落石を決めた手順	
	型式	(PC)・RC・鋼			
	基礎型式	梁石礎杭			
	クッション材の材質	石			
	クッション材の厚さ	90 cm			
施工完了年月		昭和63年度末予定			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度K=(0.15)			
設計に用いた崩土		・静的荷重の分布(傾斜角30°) 単位体積重量 1.8t/m ³ ・動的荷重 $P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^2$ $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot (A \cdot B - C \cdot D)}$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H'^{3/5} \alpha$ ☒ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☐ 自由落下 その他			
	重量 W	1.5 ton			
	落下高さ H	40 m			
	斜面勾配 θ	15° 度			
	砂層厚による割増係数 α	1.0			
	斜面の等価摩擦係数 μ	0.25			
落石荷重 P		156.3 ton			

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0801		設計に用いた落石を決めた根拠		
交通量		T60=8210 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった	
車線数		2			☐ 利用した	☐ 新規 ☐ 既存
斜面	勾配	約45度			現地踏査	☐ 垂直写真(縮尺)
	斜面長	120 m				☐ 実施しなかった ☒ 実施した 方法 落石、転石の分布調査
	土質	岩・砂・粘土・腐植土				
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂				
面	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☐ 実施した 方法	
	落石のタイプ	(分離型) 転石型				
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ137)mm×()mm×()mm, 重量(3.52)ton, 落下高(64.5)m		設計に用いた落石を決めた手順	1. 現地調査により 7×10×15m (約300t) の大塊の危険岩塊が見つかれば、この岩塊も設計に用いることは無理であるため、既に施工済の洞門の設計荷重も調べ、この落石荷重と比べ、300tを用いておけば大抵分る、今回も300tを用いることとした。 2. 落石高 H とは、斜面が長大となり落下高が 40m を超えれば落石荷重は一定値(終端速度)に達する傾向があるため、(落石対策便覧(PII) 図-4 参照) 落下高が 40m 以上(今回は 100m(路面から危険岩塊部)) では、$V=260\text{ m/s}$ に達する。$V=\sqrt{2gH}$ より逆算し、$H=34.5\text{ m}$ とした。 3. 落石の荷重としては落石荷重 300t とし、落下高 34.5m より、$15.49\text{ W}^{2/3} H^{3/5}$ の逆算にて $W=3.52\text{ t}$ を設計に用いることとした。	
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (50) 個				
積雪寒冷地であるか		ある・ない				
年降水量		3,200 mm				
落石覆工の諸元	延長	120 m		設計に用いた落石を決めた手順		
	型式	PC・RC・組				
	基礎型式	下部工の型式+上部工の型式+基礎型式				
	クッション材の材質	石				
クッション材の厚さ		135 cm		設計に用いた落石を決めた手順		
施工完了年月		昭和62年3月完了予定				
設計に用いた基準		落石対策便覧				
設計に用いた地震力		水平震度 K=(0.15)				
設計に用いた崩土		静的荷重の分布、角度 30° 単位体積重量、 $\gamma=1.8\text{ t/m}^3$ 動的荷重 考慮していない。		設計に用いた落石を決めた手順		
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P=15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☐ $H'=(1-\frac{\mu}{\tan\theta})H$ ☒ 自由落下 その他				
	重量 W	3.52 ton				
	落下高さ H	34.5 m				
	斜面勾配 θ	度				
	砂層厚による割増係数 α	1.00				
	斜面の等価摩擦係数 μ					
落石荷重 P		300 ton		設計に用いた落石を決めた手順		

落石覆工の設計荷重に関する実態調査表

調査番号		0901		設計に用いた落石を決めた根拠	
交通量		7645 台/日		航空写真等の利用	☒ 利用しなかった ☐ 利用した ☐ 新規 ☐ 既存 ☐ 垂直写真 (縮尺) ☐ 斜め写真 (縮尺)
車線数		2			
斜面	勾配	上40度 下35 度			
	斜面長	120 m			
	土質	岩 (砂) 砂・粘土・腐植土			
	樹木の繁茂状況	裸地・まばら・繁茂			
面	風化の程度	激しい・中ぐらい・小さい		現地踏査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した・落石・転石の分布調査方法
	落石のタイプ	割離型・転石型			
想定される最大エネルギーの落石		寸法(φ=3.0)×()×()m, 重量(37)ton, 落下高(120)m		過去の落石の調査	☐ 実施しなかった ☒ 実施した 災害記録の調査方法 (昭和51. 52. 53年)
浮石・転石の分布状況		100 m ² 当り (0~2) 個			
積雪寒冷地であるか		ある・ない		設計に用いた落石を決めた手順	1. 昭和51年度の斜面実態調査資料より、落石径はφ0.5~φ3.0mであり、崩落5ヶ所の平均径はφ0.6~φ0.9mのため、φ0.9mと決定した。 落石の重量は石を球状と仮定して $W = 10^t$ とした。 2. 落下高Hについては災害発生地点の頂上GH=120m付近であり、洞門工設置予定地の天端高さはGH=20m付近となるため、$H = 120 - 20 = 100$ mと決定した。 3. 上記内容は昭和59年度の洞門工準備設計時の設計荷重であり、この荷重を採用する基礎工である梁礎の巨額となるため、詳細設計においては目下鋭意作業中であるが落石は崩落土と共に滑落する判断し、設計荷重は土砂と地震の2つとした。
年降水量		860=2047 mm			
落石覆工の諸元	延長	360 m			
	型式	RC・鋼			
	基礎型式	梁礎杭			
	クッション材の材質	砂			
クッション材の厚さ		90 cm			
施工完了年月		未定 (予定) 86年度新設			
設計に用いた基準		落石対策便覧			
設計に用いた地震力		水平震度 $k=0.14$			
設計に用いた崩土		静的荷重の分布 (均等分布30°) 単位体積重量 $\gamma_c = 1.8 \text{ t/m}^3$ 動的荷重 (崩落土) $P_0 = \frac{1}{g} \cdot A \cdot \cos \theta \cdot v^2$			
設計に用いた落石	落石荷重計算式	☒ $P = 15.49 W^{2/3} H^{3/5} \alpha$ ☐ $H' = (1 - \frac{\mu}{\tan \theta}) H$ ☒ 自由落下 その他			
	重量 W	39.2 ton			
	落下高さ H	75 m			
	斜面勾配 θ	度			
	砂層厚による割増係数 α	1			
	斜面の等価摩擦係数 μ				
	落石荷重 P	514 ton			

付 録 2

箇所 番号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)	箇所 番号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
1-1	落石防止網	52	137	68	1-54	落石防止網+落石防止柵	36	27	65
1-2	"	132	34	45	1-55	落石覆工	108	100	60
1-3	"	159	161	68	1-56	"	132	120	45
1-4	落石覆工	282	50	40	1-57	"	72	100	60
1-5	落石防止柵	160	70	65	1-58	"	25	110	65
1-6	コンクリート吹付	55	25	73	1-59	コンクリート吹付+アンカー	70	100	60
1-7	落石覆工	117	5	90	1-60	落石覆工	301	23	63
1-8	落石防止柵	170	80	50	1-61	コンクリート擁壁	60	40	55
1-9	"	120	50	45	1-62	落石防止網	56	20	73
1-10	落石覆工	45	5	90	1-63	"	22	15	73
1-11	"	28	5	90	1-64	落石覆工	130	27	65
1-12	落石防止網	20	70	65	1-65	コンクリート擁壁	70	80	45
1-13	"	196	70	55	1-66	落石防止網	16	39	55
1-14	"	44	160	70	1-67	落石覆工	114	30	63
1-15	落石防止壁+落石防止柵	40	10	63	1-68	切土+軽量のり枠	85	17	55
1-16	"	130	30~70	25~40	1-69	"	39	7	55
1-17	落石防止柵	111	25	40	1-70	落石防止網	44	16	51
1-18	"	32	11	63	1-71	落石覆工	91	15	50
1-19	"	41	11	45	1-72	"	115	20	50
1-20	"	78	29	45	1-73	落石防止網	28	36	78
1-21	落石防止網	92	11	45	1-74	"	40	40	68
1-22	"	68	7	59	1-75	軽量のり枠	200	13	26
1-23	落石覆工	40	150	85	1-76	落石覆工	144	25	45
1-24	落石防止柵	51	30	73	1-77	落石防止壁	25	30	38
1-25	モルタル吹付	23	14	63	1-78	軽量のり枠	250	12	26
1-26	落石防止柵	24	22	48	1-79	落石覆工	246	47	50
1-27	コンクリート吹付のり枠	22	22	59	1-80	落石防止壁	24	28	87
1-28	"	32	22	63	1-81	落石覆工	204	50	45
1-29	落石覆工	84	100	40	1-82	吹付コンクリートのり枠	17	13	50
1-30	落石防止網	32	29	55	1-83	軽量のり枠	160	11	26
1-31	"	88	63	65	1-84	落石覆工	78	70	40
1-32	落石覆工	60	80	65	1-85	"	165	50	45
1-33	"	40	150	85	1-86	落石防止網	130	80	45
1-34	落石防止柵	96	25	40	1-87	"	57	50	45
1-35	落石防止網	80	17	26	1-88	"	89	50	45
1-36	コンクリート吹付+ロックネット	95	40	63	1-89	落石覆工	28	50	60
1-37	落石防止網	12	22	63	1-90	落石防止網	70	50	55
1-38	落石防止柵+落石防止網	154	100	40	1-91	"	57	70	40
1-39	重力式擁壁+落石防止柵	27	50	45	1-92	岩盤切土+吹付のり枠	50	27	30
1-40	"	27	47	45	1-93	"	90	25	30
1-41	落石覆工	84	60	50	1-94	吹付のり枠	67	29	60
1-42	"	66	80	65	1-95	落石防止網	68	15	65
1-43	コンクリート吹付+アンカー	45	40	85	1-96	"	80	28	65
1-44	重力式擁壁+落石防止柵	48	7	45	1-97	"	68	22	65
1-45	コンクリート吹付のり枠	101	35	63	1-98	"	80	60	70
1-46	"	76	30	59	1-99	"	42	65	70
1-47	"	210	40	45	1-100	"	44	65	70
1-48	落石覆工	288	26	60	1-101	軽量のり枠、吹付のり枠	48	34	45~60
1-49	落石防止柵	42	20	51	1-102	落石覆工	228	40	50
1-50	重力式擁壁+落石防止柵	50	25	51	1-103	落石防止柵(土中建込)	30	20	30
1-51	コンクリート吹付のり枠	74	28	68	1-104	落石覆工	120	90	50
1-52	コンクリート吹付のり枠+重力式擁壁+落石防止柵	20	48	51	1-105	"	60	60	60
1-53	落石防止柵	84	28	55	1-106	"	96	110	65
					1-107	"	673	30	70

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)	箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
1-108	落石覆工	75	20	60	2-34	落石防止柵	30	24~30	60
1-109	"	796	100	65	2-35	"	151	30	40
1-110	"	160	90	55	2-36	"	51	25	40
1-111	"	550	120	55	2-37	"	70	25	40
1-112	吹付のり枠	290	16	55	2-38	"	62	25	40
1-113	吹付のり枠+落石防止柵	41	30	50	2-39	"	38	30~50	40
1-114	吹付のり枠+落石防止柵+ 落石防止柵	133	30	55	2-40	落石防止柵(枠式、 覆式)	130	30~50	40
1-115	落石覆工	271	32	63	2-41	モルタル吹付	156	25	40
1-116	吹付のり枠	180	24	55	2-42	落石防止柵	139	20	60
1-117	網 枠	49	11	55	2-43	"	104	40	55
1-118	吹付のり枠	51	14	55	2-44	"	102	20	55
1-119	落石覆工	15	30	63	2-45	"	82	15	36
1-120	吹付のり枠	20	26	55	2-46	"	117	20	45
1-121	落石防止壁+落石防止柵	18	20	45	2-47	"	34	40	65
1-122	吹付のり枠	06	19	55	2-48	"	73	20	60
1-123	"	15	21	55	2-49	落石防止柵	20	-	-
1-124	落石覆工	269	40	60	2-50	落石防止柵	24	5	45
1-125	"	198	25	63	2-51	落石防止柵(覆式)	44	4	45
2-1	落石防止柵	129.5	25	63	2-52	落石防止柵	79	8	50
2-2	"	98	17	45	2-53	"	54	10~18	45~60
2-3	落石防止柵	60	20	63	2-54	"	42	30	70
2-4	"	90	20	63	2-55	落石防止柵(覆式)	56	8	60
2-5	落石覆工	45	80	42	2-56	落石防止柵	33	10	50
2-6	"	150	80	42	2-57	落石防止柵(ポケット式)	60	10	55
2-7	"	22.5	120	40	2-58	吹付のり枠、丸柱のり枠	50	25	50
2-8	落石防止壁+落石防止柵	110	80	42	2-59	プレキャストのり枠	167	6~7	45
2-9	落石覆工	35	120	40	2-60	井桁組擁壁	16	3	30
2-10	落石防止柵(覆式)	68	50	55	2-61	フトン籠	20	6	50
2-11	"(覆式)	104	25	45	2-62	落石防止柵	52	15	50
2-12	落石防止柵	48	15	50	2-63	落石防止柵	52	10	45
2-13	落石防止柵(覆式)	48	20	40	2-64	"	12	10	40
2-14	"(覆式)	52	20	45	2-65	"	90	7	45
2-15	"(覆式)	110	5	45	2-66	"	44	50	50
2-16	"(覆式)	35	25	60	2-67	"	74	50	45
2-17	"(覆式)	70	20	65	2-68	落石防止柵	24	33	45
2-18	"(ポケット式)	30	13	55	2-69	コンクリート擁壁+落石防止柵	28	40	40
2-19	"	70	25	50	2-70	落石防止柵	97	0.5~3	34~57
2-20	"(ポケット式)	100	30	50	2-71	"	10	6~7	34~57
2-21	落石防止柵	31	50	40	2-72	落石防止柵	12	11	55
2-22	"	28	40	60	2-73	"	12	11	50
2-23	落石防止柵(覆式)	120	15	60	2-74	"	30	14	70
2-24	"(覆式)	87	20	60	2-75	落石防止柵	27	6	55
2-25	"(覆式)	45	5	50	2-76	"	19	15	48
2-26	"(覆式)	55	10	55	3-1	落石防止柵	45	11	35
2-27	"(覆式)	20	6	50	3-2	"	96	-	25
2-28	"(ポケット式)	50	20	50	3-3	"	42	-	30
2-29	"(覆式)	30	25	50	3-4	"	297	-	35
2-30	"(覆式)	50	20	50	3-5	落石防止柵+落石防止柵	72	53	40
2-31	"(ポケット式)	301	50	50	3-6	"	28	45	45
2-32	"(覆式)・吹付 のり枠・PC7カー	32	50	70	3-7	落石防止柵	20	35	40
2-33	落石防止柵	96	30	55	3-8	"	26	-	15
					3-9	"	5	4	35

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)	箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
3-10	落石防止柵	8	9	35	3-60	のり枠+アンカー	65	—	—
3-11	"	15	—	20	3-61	深礎杭	147	—	—
3-12	"	88	40	35	3-62	井桁70×70+張コンクリート+重 力式擁壁+もたれ式擁壁	94	—	—
3-13	落石防止柵+コンクリート吹付	29	45	45	4-1	落石覆工	48	300	60
3-14	落石防止柵	29	35	45	4-2	"	35	300	60
3-15	"	84	45	60	4-3	"	63	300	60
3-16	"	128	5	40	4-4	"	81	300	60
3-17	"	34	12	55	4-5	"	50	30	60
3-18	"	113	15	35	4-6	落石防止網	41	26	90
3-19	落石防止壁+落石防止柵	132	20	60	4-7	落石防止柵	58	30	40
3-20	落石覆工	28	23	65	4-8	切土+吹付工	60	15	45
3-21	"	160	32	60	4-9	落石防止壁+落石防止柵	30	20	45
3-22	"	83	37	65	4-10	現場打のり枠(アンカー付)	32	18	80
3-23	落石防止壁+落石防止柵	90	26	55	4-11	ブロック張工+切土	80	11	45
3-24	"	60	15	50	4-12	のり枠工	355	20	53
3-25	落石防止網	55	45	60	4-13	落石覆工	100	30	30~45
3-26	落石覆工	52	50	50	4-14	"	96	20~30	30~40
3-27	"	20	12	60	4-15	抑止杭	(32本)	40	45
3-28	"	6	13	75	4-16	吹付のり枠	(1468㎡)	22	60
3-29	モルタル吹付+のり枠工	40	31	60	4-17	落石防止柵	33	85	45
3-30	落石防止網	40	87	70	4-18	"	117	20	45
3-31	落石覆工	7	15	60	4-19	"	18	10	40
3-32	モルタル吹付+のり枠工	30	35	60	4-20	"	42	20	80
3-33	落石覆工	27	30	60	4-21	"	56	30	33
3-34	"	48	9	70	4-22	"	83	40	45
3-35	落石防止網	24	11	73	4-23	"	65	40	55
3-36	"	51	15	67	4-24	落石防止柵, モルタル吹付	46	43	43
3-37	落石防止柵	12	22	41	4-25	吹付のり枠	(1034㎡)	22	60
3-38	"	29	19	52	4-26	落石防止網	(3970㎡)	120	50
3-39	"	10	19	55	4-27	落石防止網, モルタル吹付	(3110㎡)	85	45
3-40	"	38	48	34	4-28	吹付のり枠	359	20	50
3-41	のり枠工	26	20	50	4-29	落石防止柵	193	40	45
3-42	コンクリート吹付	33	22	69	4-30	吹付のり枠	(1588㎡)	22	60
3-43	"	44	20	69	4-31	落石覆工(堆積型)	60.5	100	45
3-44	落石防止柵	42	8	61	4-32	"	45	100	50
3-45	コンクリート吹付	16	15	71	4-33	落石防止網	112	48	71
3-46	落石防止柵	89	60	45	4-34	落石防止柵	207	15	45
3-47	"	174	60	45	4-35	落石覆工+落石防止網	36	28	40
3-48	擁壁+落石防止網	340	15	—	4-36	落石防止壁	20	6	45
3-49	擁壁+落石防止柵+のり 面処理	1,100 110	— —	— —	4-37	落石防止柵	112	15	45
3-50	張石+擁壁+落石防止網 +落石防止柵	110	—	—	4-38	"	92	8	45
3-51	落石防止柵+重力式擁壁	180	15	—	5-1	落石防止柵	75	10~15	64
3-52	のり面処理+擁壁	270	—	—	5-2	"	57	5.5	45
3-53	落石防止柵+重力式擁壁 +ブロック積擁壁	638	8	—	5-3	落石防止柵, モルタル吹付	81	16	45
3-54	落石覆工	48	5	—	5-4	落石防止柵, のり枠工	169	7	40
3-55	落石防止柵	78	5	—	5-5	落石防止柵, モルタル吹付	60	14	55
3-56	70×70積擁壁+落石防止柵	240	5	—	5-6	落石防止網	65	40	50
3-57	コンクリート吹付+落石防止柵 +落石防止網+擁壁	307	15	—	5-7	落石防止網, モルタル吹付	90	40	65
3-58	擁壁+深礎杭	127	—	—	5-8	"	210	40	60
3-59	のり枠+擁壁+深礎杭	20	—	—	5-9	落石防止柵	95	40	50
					5-10	落石防止網	50	40	60

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)	箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
5-11	落石防止網	42	20	55	5-65	落石覆工 (堆積型)	60	53	50
5-12	落石防止柵	23	40	35	5-66	落石覆工	192	52	50.5
5-13	落石防止網, 鉄釘吹付	120	40	45	5-67	"	200	70	44.1
5-14	落石防止柵	70	40	40	5-68	落石防止柵かさあげ工	44	-	40
5-15	落石防止網	50	40	45	5-69	落石防止壁	9	149	50
5-16	落石防止柵	100	40	40	5-70	落石防止柵	142	300	40
5-17	落石防止網	70	40	45	5-71	"	61	255	25
5-18	落石覆工	33.6	40	40	5-72	"	51	247	40
5-19	"	136	40	50	5-73	"	184	-	40
5-20	落石防止柵	40	40	60	5-74	落石防止網	(498㎡)	173	30
5-21	"	152	40	60	5-75	落石覆工	25.8	50	44
5-22	落石防止網	33	40	70	5-76	" (堆積型)	72.6	52	45
5-23	"	24	40	50	5-77	落石防止壁	116	48	39
5-24	落石防止柵	60	40	35	5-78	落石覆工	187	52	50.5
5-25	落石防止網, 鉄釘吹付	447	40	50	5-79	"	50	56	38
5-26	落石防止柵	100	40	35	5-80	"	200	70	44.1
5-27	落石防止網	25	40	50	5-81	落石防止網	(2920㎡)	350	30
5-28	落石防止網, 鉄釘吹付	180	40	60	5-82	落石覆工	44.4	65	59.5
5-29	落石防止柵	35	40	40	5-83	落石防止柵	59.7	255	40
5-30	落石防止網	60	40	50	5-84	"	66	-	-
5-31	落石防止柵	30	40	40	5-85	落石防止網	488	295	35
5-32	"	45	40	30	5-86	落石覆工	62.5	79	49
5-33	落石覆工, 落石防止柵	331	40	50	5-87	" (堆積型)	75	76	40
5-34	落石覆工	128	40	40	5-88	"	80	61	41
5-35	落石防止柵	180	40	60	5-89	"	60	65	42.5
5-36	"	100	40	60	5-90	落石防止壁	144	41	43
5-37	トンネル	215	40	75	5-91	落石覆工	177	68	83
5-38	落石防止柵	170	40	70	5-92	落石防止壁	113	40	40
5-39	"	330	40	35	5-93	のり枠工	109	10	45
5-40	落石防止網+吹付工	220	40	60	5-94	落石防止柵+ブロック積擁壁	209	15	50
5-41	落石防止壁+落石防止柵	20	40	45	5-95	落石防止網	81	40	55
5-42	落石防止網	45	40	50	5-96	落石防止柵+鉄釘吹付	257	42	50
5-43	落石防止柵	30	40	40	5-97	現場打コンクリート枠	30	68	40
5-44	吹付工	120	-	70	5-98	"	50	86	40
5-45	落石防止柵	30	40	45	5-99	落石防止網+ブロック積擁壁	84	45	60
5-46	"	240	40	40	5-100	落石防止柵+鉄釘吹付	81	40	55
5-47	"	140	40	35	5-101	落石防止網	130	45	55
5-48	"	45	40	45	5-102	のり枠工, 落石防止柵	141	15	40
5-49	"	120	40	40	5-103	落石防止柵+鋼鉄維補強 モルタル吹付	83	35	45
5-50	"	20	40	40	5-104	"	76	35	45
5-51	"	90	40	60	5-105	落石防止柵	141	15	40
5-52	落石覆工	127	40	40	5-106	"	412	130	35
5-53	落石覆工, 落石防止柵	57	40	50	5-107	"	516	130	35
5-54	落石覆工	421	40	50	5-108	コンクリート吹付	75	17.6	60
5-55	トンネル	215	40	75	5-109	落石防止柵	105	26	45
5-56	落石防止柵	150	40	70	5-110	"	80	10	45
5-57	"	162	100	45	5-111	モルタル吹付	10	22	70
5-58	落石覆工	17.4	25	45	5-112	コンクリート吹付+落石防止柵	60	33	45
5-59	落石防止柵	174	-	-	5-113	コンクリート吹付	54	36.5	45
5-60	落石防止網	(120㎡)	300	40	5-114	モルタル吹付	20	22	50
5-61	落石覆工	28.3	65	59.5	5-115	"	44	29.4	65
5-62	" (堆積型)	56	57	40	5-116	"	36	24.5	50
5-63	" (")	37.5	60	45	5-117	落石防止網	18	15.5	70
5-64	" (")	62	60	45					

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
5-118	モルタル吹付	30	24.2	50
5-119	落石防止網+落石防止柵	100	25	60
5-120	落石防止柵	190	10	45
5-121	モルタル吹付	100	90	60
5-122	"	40	25	63
5-123	落石防止網、モルタル吹付	90	35	45
5-124	落石防止網	80	30	51
5-125	"	87	15	47
5-126	落石防止柵	25	15	43
5-127	落石防止網	93	40	49
5-128	"	57	30	50
5-129	"	108	35	43
5-130	"	57	30	57
5-131	"	66	35	51
5-132	落石防止柵	120	15	35
5-133	落石防止網	150	25	52
5-134	"	78	35	50
5-135	落石防止柵	172	10	37
5-136	"	88	15	45
5-137	落石防止網	164	20	56
5-138	"	72	15	42
5-139	"	105	30	48
5-140	"	131	35	49
5-141	"	39	15	42
5-142	"	99	20	54
5-143	"	192	20	47
5-144	落石防止柵	116	15	39
5-145	"	31	15	35
5-146	"	37	20	40
5-147	落石防止網	62	20	46
5-148	落石防止柵	31	15	39
5-149	落石防止網+モルタル吹付	156	25	54
5-150	落石防止柵	132	10	39
5-151	"	75	15	37
5-152	落石防止網	158	20	39
5-153	落石防止柵	44	15	39
5-154	落石防止網	58	35	53
5-155	落石防止柵	123	25	39
5-156	"	49	15	31
5-157	落石防止網	177	40	68
5-158	落石防止柵	66	20	44
5-159	落石防止網	107	25	51
5-160	"	52	30	50
5-161	落石防止柵	49	15	39
5-162	落石防止網	72	20	45
5-163	"	166	35	58
5-164	落石覆工	38	40	54
5-165	イ型防護工	28	25	39
5-166	"	123	35	50
5-167	落石覆工	42	40	53
5-168	落石防止網	44	40	35
5-169	落石防止柵	25	20	27
5-170	落石防止網	80	35	42
5-171	"	147	35	48

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
5-172	落石防止柵	52	25	39
5-173	"	48	30	35
5-174	落石防止網+モルタル吹付	204	20	65
5-175	落石防止網	48	30	46
5-176	"	63	20	44
5-177	"	61	25	48
5-178	落石防止柵	13	20	31
5-179	落石防止網	39	20	46
5-180	"	78	25	45
5-181	落石防止柵	93	20	40
5-182	"	40	20	38
5-183	"	43	15	39
5-184	"	61	15	39
5-185	"	141	15	40
5-186	"	99	15	41
5-187	落石防止網	84	35	45
5-188	"	81	35	47
5-189	落石防止柵	27	25	48
5-190	落石防止網	65	30	45
5-191	"	118	35	45
5-192	落石覆工	56	35	51
5-193	イ型防護工	194	30	53
5-194	落石防止柵	67	290	60
5-195	落石防止壁	68	290	60
5-196	落石防止網	41	50	70
5-197	落石防止柵	91	144	35
5-198	"	166	193	40
5-199	コンクリート吹付	73	308	60
5-200	落石防止柵	18	76	40
5-201	"	44	64	35
5-202	"	30	120	65
5-203	"	13	144	40
5-204	"	15	144	35
5-205	"	47	380	35
5-206	"	44	30	40
5-207	"	213	190	45
5-208	落石防止網	33	160	50
5-209	落石防止柵	76	68	60
5-210	"	60	52	50
5-211	"	25	86	40
5-212	"	104	101	40
5-213	"	72	211	35
5-214	"	59	67	35
5-215	落石覆工	70	25	59
5-216	落石防止柵+コンクリート吹付	191	28	38
5-217	落石防止柵+落石防止網	40	21	48
5-218	落石覆工	40	18	66
5-219	落石防止柵	17	—	—
5-220	"	77	18	47
5-221	コンクリート吹付	35	18	47
5-222	コンクリート吹付+落石防止柵	28	26	47
5-223	落石覆工+モルタル吹付	55	23	52
5-224	落石防止網+落石防止柵	36	22	41
5-225	落石覆工	40	51	28

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
5-226	モルタル吹付	60	51	28
5-227	落石覆工+モルタル吹付	70	20	57
5-228	落石防止網	32	18	55
5-229	落石覆工	60	23	44
5-230	"	55	22	41
5-231	落石防止柵+コンクリート吹付	196	26	48
5-232	"	169	28	40
5-233	落石覆工	40	21	43
5-234	落石防止柵	51	17	45
5-235	落石防止網	30	17	45
5-236	落石覆工	40	27	47
5-237	落石防止柵	37	22	38
6- 1	コンクリート吹付, 落石防止柵	137	10	35
6- 2	落石防止柵, 落石防止網, コンクリート吹付	270	15	50
6- 3	落石防止柵	105	15	40
6- 4	コンクリート吹付, 落石防止柵	137	35	70
6- 5	落石防止柵	153	15	40
6- 6	"	102	15	35
6- 7	"	130	15	40
6- 8	落石防止柵, 落石防止網, コンクリート吹付	243	20	65
6- 9	"	60	20	45
6-10	コンクリート吹付	25	25	50
6-11	落石防止網 (ポケット式)	32	37	56
6-12	コンクリート吹付	65	18	61
6-13	落石防止柵	45	52	40
6-14	落石防止柵+コンクリート吹付	53.1	25	40
6-15	落石防止柵	58	30	45
6-16	"	87	25	50
6-17	のり枠工	120	18	45
6-18	落石防止網 (ポケット式)	218	30	70
6-19	落石防止柵	224	30	55
6-20	落石防止柵+コンクリート吹付	300	10	73
6-21	コンクリート吹付	200	30~50	55
6-22	落石防止柵	74	30~50	45
6-23	"	103	5~30	45
6-24	コンクリート吹付, 落石防止柵	200	25	50
6-25	コンクリート吹付	78	15	45
6-26	落石防止柵	63	25	75
6-27	落石防止網, 落石防止柵, コンクリート吹付	109	30	60
6-28	"	258	20	50
6-29	コンクリート吹付, 落石防止柵	47	25	55
6-30	落石防止網, 落石防止柵, コンクリート吹付	286	25	40
6-31	コンクリート吹付, 落石防止柵	117	20	45
6-32	落石防止網, 落石防止柵	147	20	50
6-33	落石防止網, 落石防止柵, コンクリート吹付	204	20	35
6-34	落石防止柵+コンクリート吹付	141	10	62
6-35	落石防止柵	131	13	51
6-36	"	160	10	46

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
6- 37	コンクリート吹付	222	15	51
6- 38	落石防止網 (ポケット式)	140	17	51
6- 39	コンクリート吹付	58	11	54
6- 40	落石防止柵	238	12	54
6- 41	"	239	15	50
6- 42	落石防止柵+コンクリート吹付	20	20	65
6- 43	"	100	100	45~70
6- 44	落石防止柵	103	25	50
6- 45	落石防止網	22	25	55
6- 46	コンクリート吹付	55	50	45
6- 47	落石防止柵	96	50	45
6- 48	"	45	35~50	55
6- 49	"	534	10	45
6- 50	"	112	20	50
6- 51	落石防止網, コンクリート吹付	96	20	55
6- 52	"	180	35	45
6- 53	コンクリート吹付, 落石 防止柵, 落石防止網	240	25	40
6- 54	落石防止網, コンクリート吹付	165	30	45
6- 55	"	86	20	50
6- 56	"	168	25	45
6- 57	コンクリート吹付, 落石 防止柵, 落石防止網	78	20	60
6- 58	"	150	25	70
6- 59	落石防止網, コンクリート吹付	87	30	50
6- 60	コンクリート吹付, 落石 防止柵, 落石防止網	121	25	45
6- 61	"	138	20	60
6- 62	落石防止柵	23.9	25	75
6- 63	"	17.4	21	65
6- 64	"	91.9	20	90
6- 65	"	86.3	12	80
6- 66	"	111.8	25	80
6- 67	落石防止柵+落石防止網 (ポケット式)	183	19	50
6- 68	コンクリート吹付+落石 防止網 (ポケット式)	49	23	45
6- 69	落石防止柵	103	12	50
6- 70	落石防止網 (ポケット式)	30	18	50
6- 71	" (覆式)	49	12	50
6- 72	落石防止柵	105	12	48
6- 73	落石防止網 (ポケット式)	57	23	56
6- 74	のり枠工	81.4	28	50
6- 75	"	77	31	50
6- 76	落石防止柵	190	25	50
6- 77	"	155.5	15	60
6- 78	落石防止柵+コンクリート吹付	249	10	73
7- 1	落石防止壁, 落石防止柵, 吹付工	70	35	45
7- 2	落石防止壁, 落石防止柵	60	30	55
7- 3	落石防止壁, 落石防止柵, 吹付工	110	40	45
7- 4	落石防止壁, 落石防止柵	143	20	50

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)	箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
7-5	落石防止壁, 落石防止柵	88	20	45	7-58	落石防止網	120	60	55
7-6	"	185	25	50	7-59	"	80	50	45
7-7	"	40	30	35	7-60	"	210	70	65
7-8	モルタル吹付	40	20	55	7-61	"	90	50	55
7-9	落石防止網, 吹付工	73	25	60	7-62	落石覆工	80	40	45
7-10	"	37	25	60	7-63	モルタル吹付	30	25	31
7-11	"	62	30	60	7-64	"	45	11	35
7-12	"	86	25	45	7-65	"	100	12	39
7-13	モルタル吹付	110	15	55	7-66	落石防止柵, コンクリート擁壁	43	10	27
7-14	落石防止網	56	25	60	7-67	"	46	12	35
7-15	吹付工更新	90	25	45	7-68	コンクリート吹付	120	12	31
7-16	落石防止壁, 落石防止柵	64	35	45	7-69	モルタル吹付	80	20	11
7-17	"	43	20	55	7-70	"	75	20	11
7-18	"	76	20	40	7-71	コンクリート吹付	120	25	39
7-19	吹付工更新	168	30	55	7-72	"	74	20	45
7-20	落石防止壁, 落石防止柵	61	20	45	7-73	"	40	11	35
7-21	"	31	30	60	7-74	モルタル吹付	40	20	35
7-22	"	85	20	45	7-75	"	100	20	27
7-23	"	16	25	45	7-76	コンクリート吹付	50	6	31
7-24	"	82	15	40	7-77	モルタル吹付	70	13	27
7-25	落石防止網	110	40	50	7-78	コンクリート吹付	150	12	31
7-26	吹付工更新	40	18	50	7-79	現場打のり枠	26	7	14
7-27	落石防止壁, 落石防止柵	68	15	50	7-80	落石防止柵, コンクリート擁壁	130	70	45
7-28	"	34	12	45	7-81	落石防止柵	450	20	45
7-29	吹付工更新	120	10	45	7-82	落石防止柵, コンクリート擁壁	65	60	35
7-30	"	40	15	45	7-83	"	115	60	35
7-31	"	45	20	50	7-84	コンクリート吹付	99	6	35
7-32	"	70	20	55	7-85	"	72	8	35
7-33	"	70	15	45	7-86	"	148	11	31
7-34	"	50	15	45	7-87	落石防止柵, コンクリート擁壁	230	35	39
7-35	落石防止壁, 落石防止柵	67	20	50	7-88	コンクリート吹付	76	20	42
7-36	"	62	30	45	7-89	現場打のり枠	38	8	35
7-37	"	57	20	55	7-90	落石防止柵, コンクリート擁壁	138	20	35
7-38	"	83	10	45	7-91	現場打のり枠	30	40	39
7-39	吹付工更新	160	40	60	7-92	コンクリート吹付	50	37	39
7-40	落石防止網	39	30	55	7-93	現場打のり枠	50	15	39
7-41	落石防止壁	130	40	35	7-94	擁壁工	410	7	27
7-42	落石防止壁, 落石防止柵, 落石防止網	130	30	45	7-95	モルタル吹付	70	12	39
7-43	落石防止壁, 落石防止柵	109	20	45	7-96	コンクリート吹付	120	25	39
7-44	"	133	15	45	7-97	現場打のり枠	46	7	45
7-45	"	73	10	45	7-98	落石防止柵, コンクリート擁壁	85	7	39
7-46	"	40	20	45	7-99	落石防止柵	880	35	39
7-47	吹付工更新	39	12	45	7-100	ブロック積擁壁, 盛土	55	10	61
7-48	"	105	12	45	7-101	落石防止柵, コンクリート擁壁	60	20	56
7-49	落石防止柵	46	40	50	7-102	コンクリート吹付	70	35	35
7-50	"	36	70	45	7-103	"	180	12	35
7-51	落石防止網	132	40	60	7-104	"	180	12	31
7-52	落石防止柵	210	80	45	7-105	落石防止網	80	25	17
7-53	落石防止網	300	100	65	7-106	"	80	25	17
7-54	"	322	60	60	7-107	"	230	30	27
7-55	"	240	90	60	7-108	落石防止柵, コンクリート擁壁	50	18	31
7-56	落石防止柵	40	70	45	7-109	"	80	18	35
7-57	"	80	30	40	7-110	現場打のり枠	130	8	39
					7-111	落石防止柵, コンクリート擁壁	220	22	35

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
7-112	コンクリート吹付	45	40	39
7-113	落石防止柵, コンクリート擁壁	130	23	42
7-114	現場打のり枠	85	10	45
7-115	落石防止柵, コンクリート擁壁	65	30	50
7-116	"	230	30	45
7-117	現場打のり枠	56	27	45
7-118	落石防止柵, コンクリート擁壁	130	40	39
7-119	モルタル吹付	54	23	42
7-120	"	74	35	39
7-121	"	100	9	35
7-122	"	62	15	61
7-123	"	66	20	60
7-124	コンクリート擁壁, 丸杭打のり枠	65	14	29
7-125	現場打のり枠, 落石防止柵	32	22	55
7-126	コンクリート吹付	54	17	50
7-127	落石防止柵	109	35	53
7-128	丸杭擁壁, 客土吹付	88	10	55
7-129	落石防止柵, モルタル吹付	139	25	56
7-130	モルタル吹付	95	15	59
7-131	"	56	15	59
7-132	落石防止柵	20	10	39
7-133	張ブロック	35	5	55
7-134	コンクリート吹付	80	13	63
7-135	落石防止柵	70	20	56
7-136	吹付のり枠	80	23	53
7-137	モルタル吹付	85	10	73
7-138	現場打のり枠	58	8	55
7-139	モルタル吹付	37	12	63
7-140	"	37	11	59
7-141	落石防止柵	111	22	25
7-142	"	24	18	21
7-143	"	48	8	21
7-144	落石覆工	60	140	42
7-145	落石防止柵	66	19	45
7-146	"	53	23	45
7-147	落石覆工	65	140	42
7-148	モルタル吹付	24	8	45
7-149	"	148	17	51
7-150	現場打のり枠, 落石防止柵	60	15	35
7-151	"	115	20	30
7-152	現場打のり枠, 落石防止柵, モルタル吹付, コンクリート擁壁	80	20	25
7-153	コンクリート吹付, 落石防止柵	100	25	35
7-154	現場打のり枠, 落石防止柵	55	30	45
7-155	コンクリート吹付, 落石防止柵	50	20	45
7-156	現場打のり枠, 落石防止柵, コンクリート吹付	50	25	45
7-157	現場打のり枠, 落石防止柵	40	15	40
7-158	コンクリート吹付, 落石防止柵	90	20	60
7-159	モルタル吹付, 落石防止柵	20	40	50
7-160	現場打のり枠, 落石防止柵	60	15	30
7-161	コンクリート吹付, 落石防止柵	40	25	60
7-162	はし式擁壁, 落石防止柵	150	30	55
7-163	現場打のり枠, 落石防止柵	30	15	40

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
7-164	現場打のり枠, 落石防止柵, コンクリート吹付	70	70	60
7-165	現場打のり枠, 落石防止柵	70	15	40
7-166	コンクリート吹付, コンクリート擁壁, 落石防止柵	110	30	50
7-167	"	130	20	35
7-168	"	80	50	60
7-169	もたれ式擁壁, 落石防止柵, 大型落石防止壁	210	100	40
7-170	コンクリート擁壁, 落石防止柵	60	10	65
7-171	現場打のり枠, 落石防止柵	35	20	55
7-172	"	50	70	60
7-173	現場打のり枠, 落石防止柵, コンクリート吹付	105	70	60
7-174	落石防止柵	69	8	45
7-175	モルタル吹付	76	15	60
7-176	コンクリート擁壁, 落石防止柵	39	20	60
7-177	モルタル吹付	33	18	60
7-178	コンクリート擁壁, 落石防止柵	30	18	45
7-179	"	67	20	45
7-180	"	67	25	45
7-181	"	54	25	45
7-182	モルタル吹付	102	20	45
7-183	コンクリート擁壁, 落石防止柵	58	15	45
7-184	"	25	20	45
7-185	モルタル吹付	15	20	45
7-186	コンクリート擁壁, 落石防止柵	48	20	70
7-187	"	82	20	60
7-188	"	9	20	45
7-189	"	31	25	60
7-190	"	58	5	45
7-191	モルタル吹付	31	20	60
7-192	コンクリート擁壁, 落石防止柵	223	15	45
7-193	"	70	20	60
7-194	"	163	20	70
7-195	"	59	20	45
7-196	"	93	25	45
7-197	モルタル吹付	81	25	45
7-198	コンクリート擁壁, 落石防止柵	139	20	45
7-199	"	329	20	45
7-200	"	46	20	60
7-201	"	62	20	60
8- 1	落石防止柵	95	30	50
8- 2	"	90	20	40
8- 3	"	30	15	40
8- 4	"	65	25	45
8- 5	"	45	30	40
8- 6	落石防止柵+落石防止柵+コンクリート吹付	60	40	45
8- 7	落石防止柵	45	15	60
8- 8	"	75	25	60
8- 9	"	55	30	55
8-10	"	20	10	50

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
8-11	落石防止柵	40	10	55
8-12	"	90	15	35
8-13	"	45	20	40
8-14	"	220	20	45
8-15	落石防止柵+落石防止網	65	20	65
8-16	落石防止柵	90	15	35
8-17	"	35	15	60
8-18	"	160	30	65
8-19	"	150	15	40
8-20	"	130	20	35
8-21	"	55	20	45
8-22	"	169	30	45
8-23	"	127	50	60
8-24	"	86	20	50
8-25	"	56	20	60
8-26	"	75	15	45
8-27	"	61	30	45
8-28	"	63	30	45
8-29	"	98	20	45
8-30	"	73	20	30
8-31	"	85	40	50
8-32	"	40	25	50
8-33	落石防止網	30	40	50
8-34	落石防止柵	70	30	65
8-35	"	45	35	50
8-36	"	65	20	60
8-37	"	50	25	50
8-38	"	20	20	35
8-39	"	45	20	50
8-40	"	55	30	60
8-41	"	70	20	60
8-42	"	45	20	85
8-43	"	75	30	45
8-44	"	30	15	65
8-45	"	60	25	60
8-46	"	110	20	60
8-47	"	35	25	55
8-48	"	60	20	45
8-49	落石防止柵, コンクリート吹付	30	15	60
8-50	落石防止柵, 落石防止網	50	20	70
8-51	落石防止柵	45	10	60
8-52	"	110	20	40
8-53	"	95	30	40
8-54	"	65	25	55
8-55	"	120	30	45
8-56	"	110	25	50
8-57	"	35	25	40
8-58	"	60	20	50
8-59	"	35	15	50
8-60	"	271	25	45
8-61	"	141	25	45
8-62	"	49	20	45
8-63	"	110	30	55

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
8-64	落石防止柵	70	30	55
8-65	"	50	15	60
8-66	"	110	10	50
8-67	"	35	25	50
8-68	"	85	20	50
8-69	"	55	10	45
8-70	"	85	25	80
8-71	"	70	20	35
8-72	"	65	15	50
8-73	"	60	10	60
8-74	"	260	30	50
8-75	"	80	10	50
8-76	"	35	10	60
8-77	"	175	20	60
8-78	"	75	15	50
8-79	"	85	20	55
8-80	"	55	15	50
8-81	"	225	15	35
8-82	コンクリート吹付	40	15	60
8-83	"	40	10	50
8-84	"	60	15	70
8-85	落石防止柵	55	20	50
8-86	"	10	10	45
8-87	"	80	30	60
8-88	"	105	30	55
8-89	"	15	15	50
8-90	落石防止柵, コンクリート吹付	85	40	50
8-91	落石防止柵	90	25	50
8-92	"	30	25	50
8-93	"	205	30	45
8-94	"	275	25	35
8-95	"	100	20	55
8-96	"	45	10	50
8-97	"	68	50	45
8-98	"	101	20	45
8-99	"	63	50	40
8-100	"	125	20	45
8-101	"	109	30	45
8-102	"	79	20	60
8-103	"	200	20	60
8-104	落石防止柵+吹付のり枠 (一部アンカー)	93	25	45
8-105	落石防止柵+吹付のり枠	79	20	45
8-106	落石防止柵+岩盤緑化	66	15	45
8-107	落石防止柵+コンクリート吹付	131	20	45
8-108	"	100	20	45
8-109	落石防止柵+岩盤緑化	130	25	45
8-110	落石防止柵+吹付のり枠 +アンカー工	144	20	45
8-111	落石防止柵+吹付のり枠	60	30	45
8-112	落石防止柵+岩盤緑化	71	20	45
8-113	落石防止柵+吹付のり枠 +アンカー工	45	15	45
8-114	落石防止柵+吹付のり枠	72	25	45

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
8-115	落石防止柵+吹付のり枠	88	25	45
8-116	落石防止柵, 擁壁工	60	10	60
8-117	落石防止柵, 擁壁	130	10	45
8-118	落石防止柵	200	10	45
8-119	"	73	10	30
8-120	落石防止柵, 擁壁工	70	20	30
8-121	落石防止柵	300	10	45
8-122	"	60	15	45
8-123	落石防止柵, 擁壁	30	20	30
8-124	落石防止柵	43	20	45
8-125	"	100	10	45
8-126	落石防止柵	40	20	45
8-127	"	100	20	55
8-128	落石防止柵, 擁壁工	120	20	45
8-129	落石防止柵	100	10	45
8-130	落石防止柵	70	10	45
8-131	落石防止柵	80	10	45
8-132	落石防止柵	120	15	45
8-133	落石防止柵, 落石防止柵, 擁壁	60	20	45
8-134	落石防止柵	40	10	30
8-135	"	120	10	30
8-136	"	150	10	45
8-137	落石防止柵	100	30	60
8-138	落石防止柵	80	10	45
8-139	"	230	15	45
8-140	"	60	10	45
8-141	"	100	15	45
8-142	"	80	10	45
8-143	"	60	10	45
8-144	"	100	10	45
8-145	"	140	10	45
8-146	"	100	10	45
8-147	のり枠工	100	50	45
8-148	落石防止柵	70	20	50
8-149	落石防止柵, 落石防止柵	100	20	40~80
8-150	張コンクリート, 落石防止柵	110	20	40
8-151	切土, 落石防止柵	45	10	50
8-152	張コンクリート, 落石防止柵	70	20	60
8-153	"	190	10	60
8-154	"	90	10	60
8-155	落石防止柵	40	20	80
8-156	"	80	20	90
8-157	落石防止柵	110	40	60
8-158	"	60	20	60
8-159	コンクリート擁壁, 落石防止柵	200	30	60
8-160	"	240	30	60
8-161	落石防止柵	150	20	60
8-162	"	230	30	60
8-163	"	100	20	60
8-164	"	100	20	60
8-165	のり枠工, ロックアンカー	100	50	60
8-166	落石覆工	120	100	40~50
8-167	落石防止柵	80	25	50

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
8-168	落石防止柵	255	15	60
8-169	落石防止柵+落石防止柵	90	20	60
8-170	落石防止柵	160	10	45
8-171	"	170	10	45
8-172	"	140	10	45
8-173	張コンクリート, 落石防止柵	80	20	60
8-174	落石防止柵	30	20	70
8-175	"	110	40	40
8-176	コンクリート吹付	50	15	60
8-177	張コンクリート, 落石防止柵	60	30	60
8-178	コンクリート擁壁, アンカー工	70	15	60
8-179	張コンクリート, 落石防止柵	110	10	70
8-180	落石防止柵	70	20	50
8-181	"	70	20	60
8-182	"	100	30	70
8-183	"	100	20	60
8-184	落石防止柵, 落石防止柵	90	60	60
8-185	コンクリート擁壁, 落石防止柵	60	20	60
8-186	"	230	20	60
8-187	コンクリート擁壁	110	20	60
8-188	コンクリート擁壁, 落石防止柵	210	20	60
8-189	切 土	40	20	90
8-190	落石防止柵	140	15	70
8-191	落石防止柵, 落石防止柵	50	10	60
8-192	落石防止柵	80	40	60
8-193	"	170	10	50
8-194	"	120	10	45
8-195	擁壁工, 落石防止柵	100	20	60
8-196	コンクリート吹付, 落石防止柵	70	10	60
8-197	切土, のり面緑化, のり 枠, 落石防止柵	110	50	45
8-198	落石防止柵	140	100	45
8-199	落石防止柵	200	20	70
8-200	落石防止柵, 擁壁	680	—	—
8-201	"	110	—	—
8-202	"	100	—	—
8-203	"	120	—	—
8-204	"	850	—	—
8-205	"	260	—	—
8-206	コンクリート吹付	40	10	70
8-207	"	170	18	70
8-208	"	150	38	60
8-209	"	240	20	65
8-210	"	80	15	63
8-211	コンクリートのり枠	250	40	29
8-212	コンクリート吹付	100	20	51
8-213	"	216	25	51
8-214	落石防止柵+擁壁工	28	15	68
8-215	落石防止柵+コンクリート吹付	42	28	55
8-216	落石防止柵, 擁壁工	360	—	—
8-217	"	290	—	—
8-218	"	450	—	—
8-219	"	600	—	—

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
8-220	落石防止柵、擁壁工、コンクリート吹付	45	35	50
8-221	コンクリート吹付	240	28	60
8-222	"	200	26	60
8-223	"	240	39	75
8-224	"	150	20	75
8-225	ロックアンカー工	40	5	75
8-226	"	24	7	80
8-227	落石防止柵	500	-	-
8-228	コンクリート吹付	140	17	70
9- 1	落石防止柵+コンクリート擁壁 +のり面整形	227.2	25~35	30~60
9- 2	切土+岩盤緑化（一部モ ルタル吹付）	80	20~35	40~60
9- 3	切土+モルタル吹付	87	10~22	50~70
9- 4	切土+岩盤緑化	60	7	45
9- 5	落石防止柵+コンクリート擁壁	140	10	60
9- 6	モルタル吹付	186	22~32	50
9- 7	落石防止柵	101	13	35
9- 8	モルタル吹付	30	30	50
9- 9	コンクリート擁壁、落石防止柵	210	20~30	45~50
9-10	"	60	30	30
9-11	"	250	20~50	40~45
9-12	"	49	30	50
9-13	"	259	30~40	45~60
9-14	"	46	40	45
9-15	"	121	10~30	30~80
9-16	コンクリート擁壁、落石防止柵、 モルタル吹付	16	30	45
9-17	コンクリート擁壁、落石防止柵	18	20	80
9-18	モルタル吹付	23	10	45
9-19	コンクリート擁壁、落石防止柵、 モルタル吹付	52	20	45
9-20	落石防止柵+アンカー工	64	32.5	71
9-21	落石防止柵	102	9	75
9-22	コンクリート擁壁、落石防止柵	79	4~5	30~40
9-23	"	46	8	60
9-24	モルタル吹付、のり砕工	30	20	70~80
9-25	落石防止柵	10	22	70~80
9-26	落石防止柵	51	14	70~80
9-27	モルタル吹付	160	17	65
9-28	コンクリート擁壁+コンクリートのり砕	70	13	35
9-29	コンクリート擁壁、落石防止柵	210	15	48
9-30	"	40	10	45
9-31	"	40	10	41
9-32	落石防止柵	36	30	55
9-33	"	67	25	50
9-34	"	75	22	60
9-35	岩盤緑化	76	9	60
9-36	"	122	16	45
9-37	"	89	8	45
9-38	落石防止柵	80	30	40
9-39	"	52	20	45

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
9- 40	のり砕工	61	13	45
9- 41	"	88	13	45
9- 42	落石防止柵	73	50	60
9- 43	"	180	30	80
9- 44	モルタル吹付、岩盤緑化、 種子吹付	106	20	75
9- 45	落石防止柵	96	38	50
9- 46	"	117	30	80
9- 47	"	52	28	80
9- 48	"	40	24	75
9- 49	落石防止柵	45	23	50
9- 50	落石防止柵	46	75	45
9- 51	"	174	30	70
9- 52	モルタル吹付、落石防止 柵更新	39	20	65
9- 53	落石防止柵	150	20	60
9- 54	"	120	50	60
9- 55	"	200	100	60
9- 56	擁壁工、のり面工	152	65	40
9- 57	擁壁工、落石防止柵	200	20	39
9- 58	"	185	22	65
9- 59	落石覆工	174.4	100	45
9- 60	擁壁工、落石防止柵	90	100	30
9- 61	コンクリート擁壁、落石防止柵	189	15	73
9- 62	落石防止柵	119	50	45
9- 63	落石防止柵+コンクリート擁壁	91.5	10	50
9- 64	切土+岩盤緑化+落石防 止柵	155	7~20	40~60
9- 65	落石防止柵+コンクリート擁壁	262	50~200	40~50
9- 66	落石防止柵	260	50~200	40~50
9- 67	落石防止柵+コンクリート擁壁	29	30~50	40~50
9- 68	モルタル吹付	100	20	40~50
9- 69	"	80	30	40~50
9- 70	吹付のり砕+モルタル吹付	51	9	45
9- 71	"	40	20	40
9- 72	落石防止柵	47	10	35
9- 73	"	134	15	40
9- 74	落石防止柵+コンクリート吹付	96	5	25
9- 75	落石防止柵	151	10~15	40~55
9- 76	吹付のり砕+モルタル吹付	57	13	40
9- 77	落石防止柵+モルタル吹付	58	25	35
9- 78	落石覆工	131	26	35
9- 79	コンクリート擁壁、落石防止柵	26	30	30
9- 80	"	77	50	45
9- 81	"	91	70	45
9- 82	"	75	40	60
9- 83	落石防止柵	40	22	60
9- 84	落石防止柵+アンカー工	204	30	71
9- 85	落石防止柵	100	30	68
9- 86	コンクリート擁壁、落石防止柵	51	5	70
9- 87	"	69	14	40
9- 88	コンクリート擁壁	63	25	50
9- 89	コンクリート吹付	253	10~12	53~56

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
9-90	コンクリート擁壁, コンクリート吹付, 落石防止柵	74	11	65
9-91	コンクリート吹付	26	12	70~80
9-92	落石防止柵	100	20	70~80
9-93	コンクリート擁壁, コンクリートめ枠	120	9	40
9-94	コンクリート擁壁, 落石防止柵	30	10	40
9-95	モルタル吹付	70	19	65
9-96	落石防止柵	110	45	55
9-97	"	36	50	55
9-98	落石防止柵	53	25	45
9-99	"	91	30	45
9-100	"	117	30	35
9-101	"	66	40	35
9-102	"	136	20	45
9-103	"	84	30	45
9-104	張コンクリート	163	6	80
9-105	落石防止柵	46	25	60
9-106	落石防止柵, もたれ吹付	32	50	55
9-107	落石防止柵	63	40	65
9-108	"	66	48	45
9-109	"	99	40	60
9-110	"	175	47	60
9-111	"	125	28	65
9-112	"	116	55	50
9-113	"	78	38	65
9-114	落石防止柵	55	80	63
9-115	"	51	30	50
9-116	"	80	30	50
9-117	"	34	100	60
9-118	落石覆工	70	100	30
9-119	落石覆工, 擁壁工	90	100	30
9-120	擁壁工, 落石防止柵	191	40	45
9-121	擁壁工, のり枠工	218	30	43
9-122	擁壁工, 落石防止柵	145	20	60
9-123	のり枠工	123	20	45
9-124	コンクリート擁壁, 落石防止柵	139	15	73
9-125	落石覆工	130	100	45
9-126	擁壁工, 落石防止柵	50	50	45
9-127	落石防止柵	186	20~150	50~80
9-128	"	128	25~40	70~80
9-129	落石防止柵+コンクリート擁壁	112	40~120	50~70
9-130	モルタル吹付	252	20~24	40
9-131	"	250	14~16	40~50
9-132	"	55	16	40~60
9-133	吹付のり枠+もたれ吹付	140	14	45
9-134	モルタル吹付	100	10	40
9-135	抑止杭+落石防止柵	33	35	30
9-136	吹付のり枠+もたれ吹付	92	30	33
9-137	落石防止柵	137	20	40
9-138	コンクリート吹付	48	17	33
9-139	のり枠工, 落石防止柵	60	10	40
9-140	落石防止柵	169	60	45
9-141	落石防止柵, コンクリート擁壁	101	50	45
9-142	"	178	100	45

箇 所 番 号	工 種	延 長 (m)	斜 面 高 さ (m)	斜 面 勾 配 (度)
9-143	落石防止柵, コンクリート擁壁	59	100	35
9-144	モルタル吹付	28	15	80
9-145	"	20	15	75
9-146	"	162	7	75
9-147	落石防止柵, コンクリート擁壁	50	50	50
9-148	切土, モルタル吹付	128	25	70
9-149	コンクリート擁壁, 落石防止柵	309	23	76
9-150	"	131	8	18
9-151	"	116	13	35
9-152	"	88	18	50
9-153	抑止杭, コンクリート吹付	63	26	50
9-154	モルタル吹付	60	20	70~80
9-155	"	122	18	70~80
9-156	コンクリート吹付, 落石防止柵	36	25	70~80
9-157	コンクリート擁壁, もたれ吹付	96	9	45
9-158	コンクリート擁壁, 落石防止柵	70	7	47
9-159	コンクリート擁壁, コンクリートめ枠	90	10	42
9-160	コンクリートのり枠	130	18	40
9-161	コンクリート擁壁+落石防止柵	30	12	45
9-162	モルタル吹付	92	5	65
9-163	"	80	6	65
9-164	コンクリート擁壁+落石防止柵	37	10	42
9-165	モルタル吹付	10	7	90
9-166	"	55	5	55
9-167	"	58	19	47
9-168	"	30	9	35
9-169	"	70	10	80
9-170	落石防止柵	87	35	65
9-171	"	114	30	65
9-172	落石防止柵	96	35	60
9-173	"	138	45	35
9-174	落石防止柵	120	25	70
9-175	落石防止柵	87	25	60
9-176	落石防止柵	73	15	65
9-177	のり枠工	65	11	45
9-178	"	82	8	45
9-179	のり枠工, 岩盤緑化	110	10	55
9-180	落石防止柵	105	40	80
9-181	"	155	40	100
9-182	"	75	60	80
9-183	"	42	46	45
9-184	モルタル再吹付	34	30	80
9-185	もたれ式擁壁	40	7	70
9-186	モルタル再吹付	68	30	60
9-187	"	62	40	70
9-188	落石防止柵	81	35	55
9-189	落石防止柵	40	15	65
9-190	落石覆工, 擁壁工	200	70	35
9-191	土留工, アンカー工	63	70	35
9-192	擁壁工	74	50	30

落石防災対策に関する調査報告書
(その2)

I S S N 0386 - 5878
土木研究所資料第2771号
平成元年3月 (1989)

要 旨 技術管理業務連絡会土質部会を通じて行った各種調査のうち、落石覆工の設計荷重に関する実態調査、落石対策工の実態調査、落石対策工の選定法の実態調査についてまとめた。
落石覆工の実態調査では、ヒストグラムを中心とした図により、現場実態を整理した。
落石対策工の実態調査では、どの工種が多く用いられているかを整理した。
落石対策工の選定法の実態調査から、定量的な判断基準による対策工の選定方法の一例が示された。
また、その他に、落石対策便覧における落石対策工の設計法の取扱いについて、当研究室に問い合わせのあったものを例にとり説明した。

キーワード：落石，落石覆工，落石対策工，選定方法

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

動土質研究室 御中

Na _____

Na _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第2771号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住 所)

氏 名

印