

土 木 研 究 所 資 料

環境を考慮したコンクリート表面処理に 関する研究

平成 2 年 1 月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

「Copyright © (1990) 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、
複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

環境を考慮したコンクリート表面処理に 関する研究

砂防研究室 室 長 水山高久
主任研究員 阿部宗平
矢島重美

要 旨

砂防設備を周辺環境と調和させる工法の事例を整理し、その工法を体系化した。また、周囲の自然環境に調和する砂防設備のコンクリート表面の処理方法とその効果を評価する方法を検討し、コンクリート表面に凹凸をつける方法と、コンクリートに顔料を混ぜる方法を試験し、最適な方法を提案した。

キーワード：環境、砂防、コンクリート表面処理、環境評価試験

Methods to Harmonize Concrete Structures with Surroundings

Sabo Division, Sabo Department
Head of Division : Takahisa MIZUYAMA
Senior Researcher : Sohei ABE
Shigemi YAJIMA

Synopsis

Examples of methods to harmonize concrete structures with surroundings are collected and analyzed. The methods to moderate the reflection by concrete surfaces are discussed. To make unevenness on a concrete surface and to add pigments to concrete are tested. They are evaluated by brightness.

KEY WORDS : environment, sado, concrete surface, environment appraisal

目 次

はじめに

1. 環境を考慮した砂防設備の事例	1
1.1 研究目的	1
1.2 コンクリート以外の材料を使った砂防設備	1
1.2.1 自然石を使った砂防設備	1
1.2.2 鋼材を使った砂防設備	3
1.3 コンクリート表面の処理	4
1.3.1 コンクリート表面の色	4
1.3.2 コンクリート表面の凹凸	6
1.3.3 砂防ダムの壁面の絵	8
1.4 コンクリート表面の自然物による被覆	8
1.4.1 自然石による被覆	8
1.4.2 盛土による被覆	10
1.4.3 つた等の植物による被覆	12
2. コンクリート表面処理方法に関する実験	13
2.1 実験の目的	13
2.2 コンクリート表面の凹凸の検討	13
2.2.1 実験の概要	13
2.2.2 実験結果と考察	14
2.2.2.1 陰影のでき方	14
2.2.2.2 陰影の見え方	17
2.2.2.3 明度階級の変化	20
2.2.2.4 コンクリート表面の凹凸の評価	20
2.3 着色コンクリートに関する検討	21
2.3.1 実験の概要	21
2.3.2 実験結果と考察	22
2.3.2.1 黒色酸化鉄の含有率と明度階級の変化	22
2.3.2.2 黒色酸化鉄を混合した表面処理の評価	22
2.4 着色コンクリートで凹凸をつけたコンクリート表面処理の検討	24
2.4.1 実験の概要	24
2.4.2 実験結果と考察	24

2.4.2.1 陰影の作り方, 見え方	24
2.4.2.2 照度と陰影の作り方	24
3. 表面処理を施した砂防ダムのフォト・モンタージュによる評価実験	25
3.1 実験の概要	25
3.2 実験結果と考察	31
3.2.1 7段階評定尺度法	31
3.2.2 順序付け等	37
4. ま と め	41
4.1 コンクリート表面に凹凸をつける方法	41
4.2 顔料を混合する方法	42
4.3 着色と凹凸をつける方法	42
5. おわりに	43
参考文献	44

は　じ　め　に

砂防事業はその性格上、国立公園内やその周辺の地域で実施されることが多い。このような地域に建設する砂防設備も、これまで、どちらかと言えば、国土保全のみを重視してきたが、生態系の保全や景観の保全をも意識することが、社会的に要求されるようになってきている。

砂防設備をとりまく環境問題には、①砂防設備が動植物など生態系に与える影響、②砂防工事中に生じる濁水、騒音、③砂防設備の周辺環境との不調和、④人間と自然とのふれあいの機会の喪失がある。①の例としては、特定地域に生息する動植物や各地の魚があるが、各々の地域で個別に検討しなければならないことが多く、魚道以外の一般論は難しい。②については、経験的な方法、工事機械の改良などにより対応、改善されてきている。また、④は、環境整備事業や水と緑の砂防ゾーン創出事業などにおいて、親水護岸など種々の工夫をこらした流路工、遊砂地が考えられている¹⁾。本研究は、③の周囲の自然環境に調和するコンクリートの表面処理方法に対する評価手法とその開発の方向を与えることが目的である。

本文では、砂防設備を周辺環境に調和させる工夫、事例を整理し、周囲の自然環境に調和させる工法を体系化した。また、環境を考慮したコンクリートの表面処理方法について、凹凸をつける方法と色を着ける方法を試み、その効果を明度によって定量的に評価する手法を示した。さらに、表面処理をほどこした砂防ダムフォトモンタージュによる評価実験を行い表面処理方法を評価した。

1. 環境を考慮した砂防設備の事例

1.1 研究の目的

砂防ダム、床固、護岸、山腹工の基礎工など、従来ほとんどコンクリートで造られてきた構造物を周辺環境と調和させる方法として次のようなものが考えられる。

- (1) 自然石、鋼材などコンクリート以外の材料を使う。
- (2) 色を着ける、表面に凹凸をつける、壁面に絵を描くなど、コンクリート表面を処理する。
- (3) つたをはわせる、土砂を盛る、自然石を貼る、自然石で覆うなど、コンクリート表面を自然物で被覆する。

以下では、この分類に従って、すでに実用化されているものや、試験されているものがある場合はそれを紹介し、それが無い場合は基本的な考え方を示す。

1.2 コンクリート以外の材料を使った砂防設備

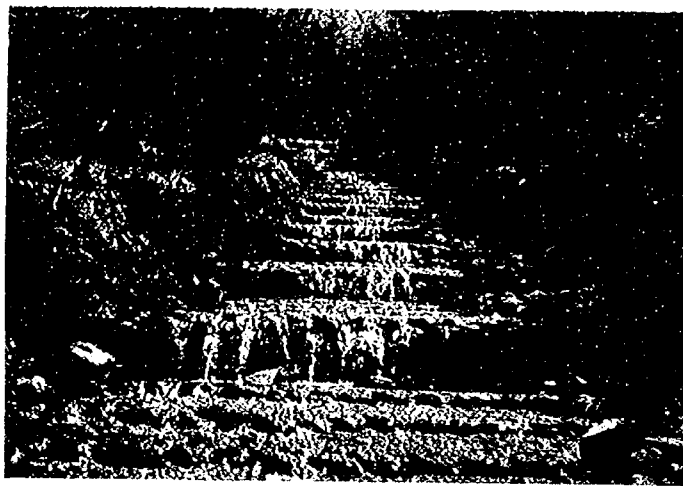
1.2.1 自然石を使った砂防設備

明治時代より砂防設備には自然石が使用されてきている。写真－1.1は巨石を使った砂防ダム、写真－1.2は自然石を使った低落差の階段工の例である。これらは、特に自然環境との調和を考慮したものではないが、結果的に自然環境とよく調和している。最近では、環境対策として自然石が護岸の材料に使われている（写真－1.3）。



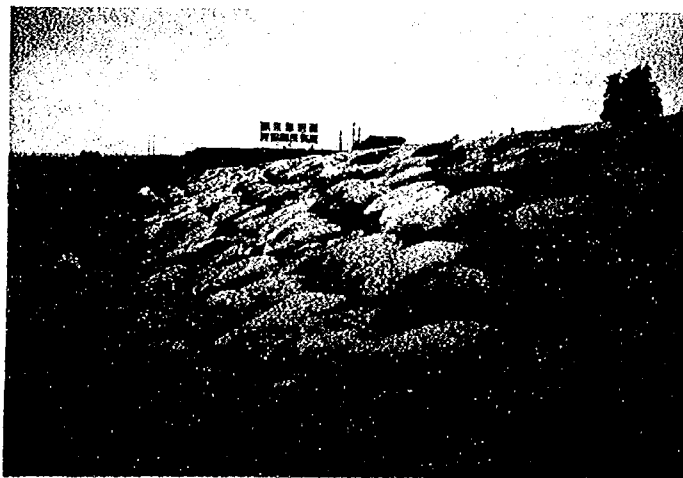
写真－1.1 鬼谷川の石造り砂防ダム（福井工事事務所提供）

明治41年に築造した空石積の砂防ダムの高さは6m、長さは40mで、石の直径は50～80cmである。現在は自然公園法、特別区域に指定されているが、築造時は、自然環境との調和を考慮したものではない。



写真－1.2 牛伏川の階段工（信濃川上流工事事務所提供）

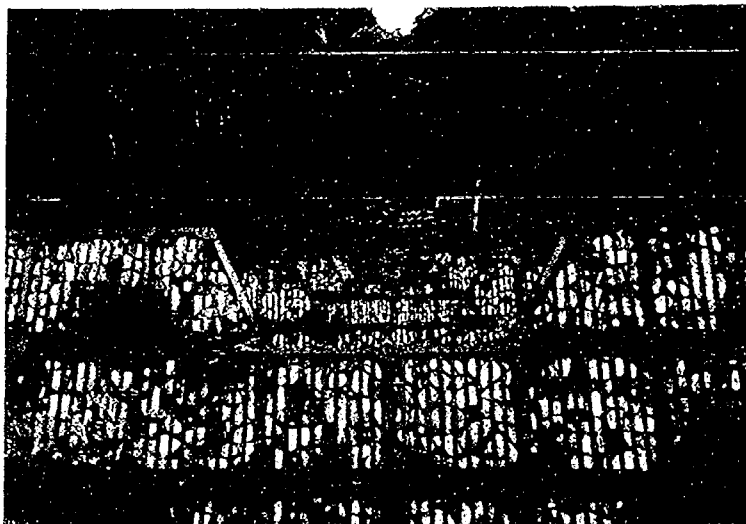
明治時代に築造された石積みの階段工。特に環境を意識したものではないが、自然に調和した砂防設備だと言える。



写真－1.3 自然石を使用した護岸（日光砂防工事事務所提供）修景護岸として低水路護岸に直径0.5～1.0m程度の自然石を使用している。法勾配は2割である。

1.2.2 鋼材を使った砂防設備

自然環境との調和を図る目的で鋼材を使用した砂防ダム、床固、山腹斜面对策がある（写真－1.4，写真－1.5）。



写真－1.4 鋼製枠構造の床固群（松本砂防工事事務所提供）
鋼製枠構造とし、自然環境との調和を図っている床固群。中詰の自然石の間に植生が進入し、より一層、異和感を和らげている。

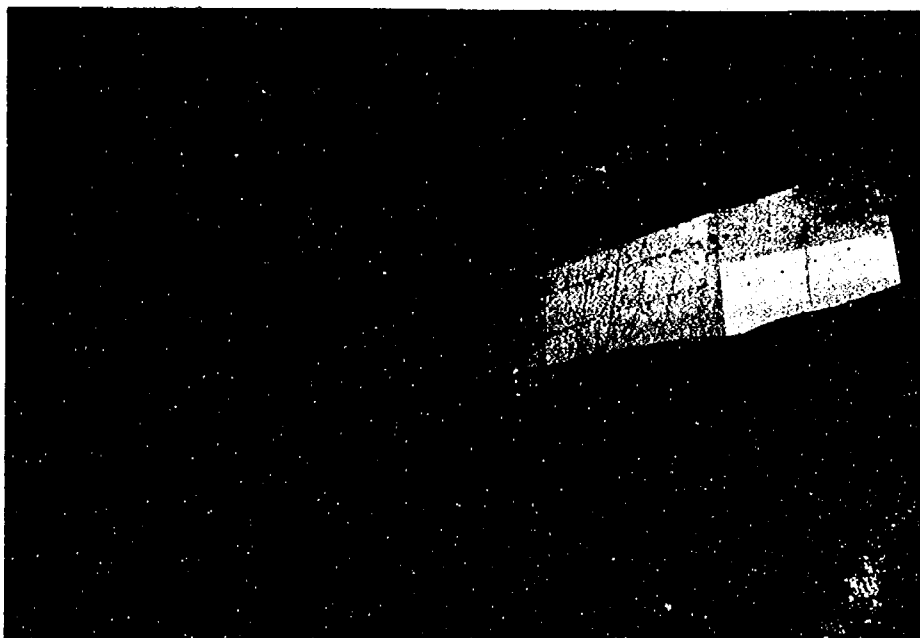


写真－1.5 鋼製枠構造の山腹崩壊防止対策工（富士砂防工事事務所提供）遠景からの異和感をなくすことを配慮した山腹崩壊防止対策としての鋼製枠工。

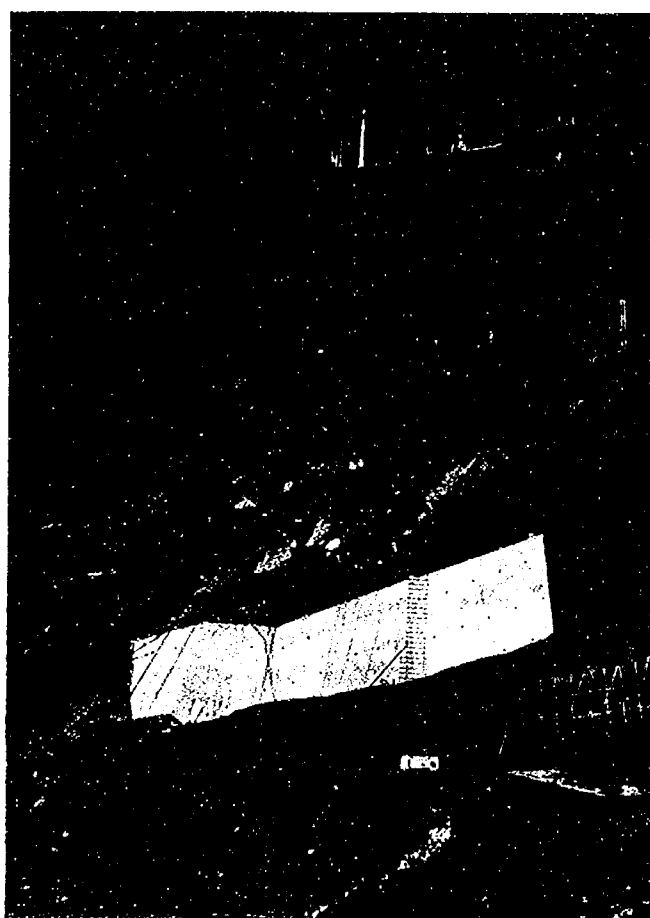
1.3 コンクリート表面の処理

1.3.1 コンクリートの表面の色

水山¹⁾らはコンクリート砂防ダムの経年的な明度変化を調べて、コンクリートの色調が、自然環境と調和するまでに要する年数を検討しているが、顔料をコンクリートに混合して、もっと積極的にコンクリート表面に自然環境と調和する色をつくり出す検討が行われたことがある。モルタル量の0%、3%、5%の顔料をコンクリートに混和して、コンクリート表面の色の变化を調べているが、天候、太陽の位置によってコンクリート表面の色は变化する。写真-1.6は曇天日の状態で、顔料の使用量の差が色彩に現れ、顔料が5%の場合には、周辺の土と同系の色彩となっている。ところが、晴天日には写真-1.7に示すように顔料の混和量の差が曇天日のように良く現れないで、顔料0%の通常のコンクリート表面と同様な色彩になる。天候や太陽の位置によってコンクリートの色彩が変わらない工夫が必要である。なお、黒は炭素、赤は鉄さびを用いて安価に色をつけることができるが、緑は高価である。コンクリートの表面を塗装する工夫が開発されているが、自然環境と調和する色を評価する手法の確立が急がれる。



写真－ 1.6 顔料を混和した色彩コンクリート試験（富士砂防工事事務所）
顔料の含有率は左から5％，3％，0％である。曇天日には顔料の含有率の差が壁体の色彩に現われ，含有率が5％の場合には周辺の土と同系色になる。

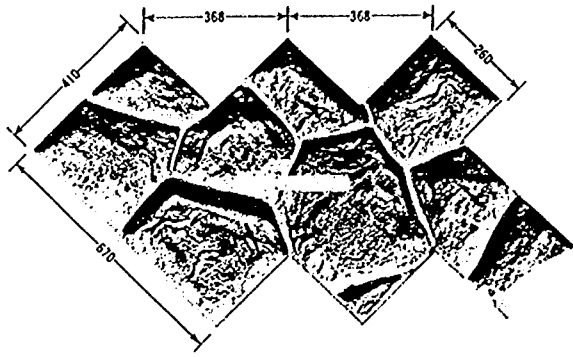


写真－ 1.7 顔料を混和した色彩コンクリート試験
（富士砂防工事事務所提供）晴天日で強い太陽光線が壁体に当たる場合には，顔料の含有率の差が壁体の色彩に現われない。

1.3 2 コンクリート表面の凹凸

この方法には、自然石模様の特種型枠を使用して、コンクリート表面を自然石で造ったようにみせかけるものと、コンクリート表面を多段斜面構造にして凹部に陰影をつけて、コンクリートの異和感を和らげる方法が検討され、実際に施工されている。特種型枠には多くの種類があり、模様の高さは3 cm～6 cm程度である。図－1.1にその1例を示すが、近景か遠景かの視認位置によって、それに適する特種型枠を選定することが大切である。模様高さの低い特種型枠を使用したコンクリート表面仕上げは、写真－1.8、写真－1.9でみるように遠望する場合には、コンクリートの表面を滑面に仕上げる場合とほとんど差がない。近景を視認する場合には、滑面のコンクリート表面仕上げのような異和感はない(写真－1.10)。

本四南北備讃瀬戸大橋のアンカレイジは、巨大なコンクリート壁面の景観対策と船舶用レーダー電波障害防止対策を兼ねた表面仕上げが行われている。図－1.2に示すように、上向きに5°の傾斜を有する1.5 m～3 mの多段構造とし、陰影をつけてコンクリート壁面の異和感を和らげると同時にレーダー偽像対策がとられている。



●拡大断面図



図-1.1 特殊型枠の形状の例 (単位:mm)



写真-1.8 特殊型枠による表面仕上げの建設中の砂防ダム (立山砂防工事事務所提供)

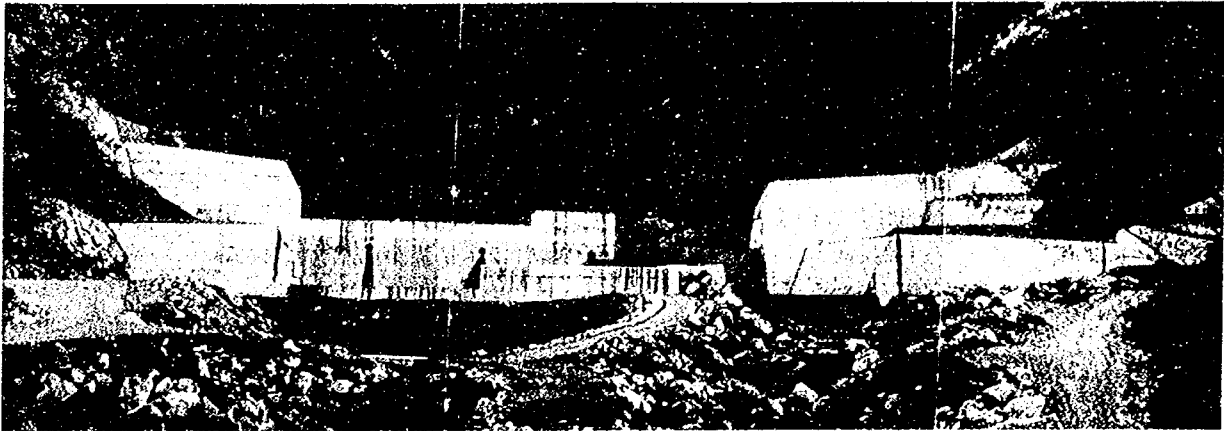


写真-1.9 特殊型枠による表面仕上げ建設中の砂防ダム (立山砂防工事事務所提供)
遠景では通常のコンクリート表面仕上げと区別がつけにくい。

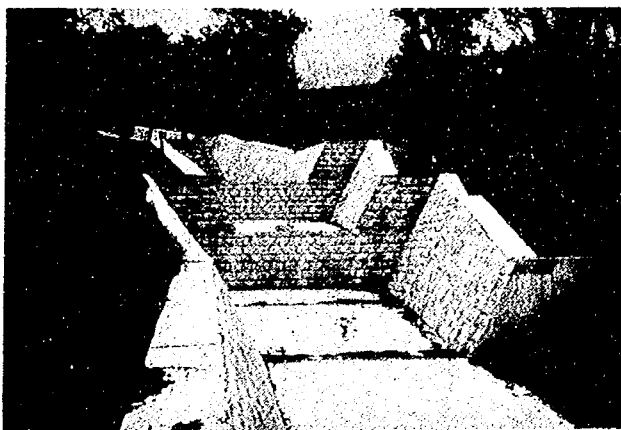


写真-1.10 自然石模様の特種型枠を使用してコンクリート表面を仕上げた流路工 (東京都提供)

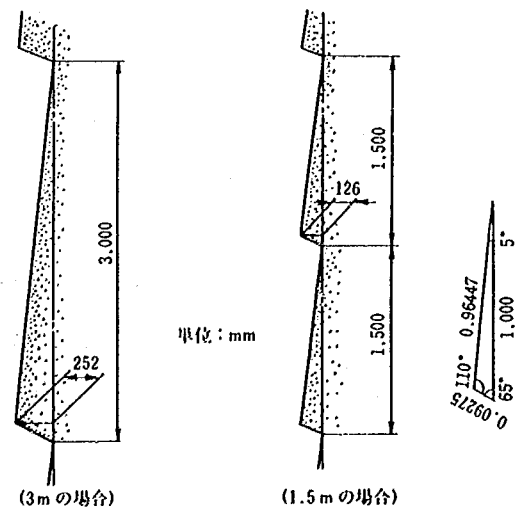


図-1.2 アンカレイジの標準断面図

1.3.3 砂防ダム壁画の絵

砂防ダムは、市街地から見ると山麓にむきだしになっていることから、壁面に絵を描いて住民に親しまれている砂防ダムがある（写真－1.11）。



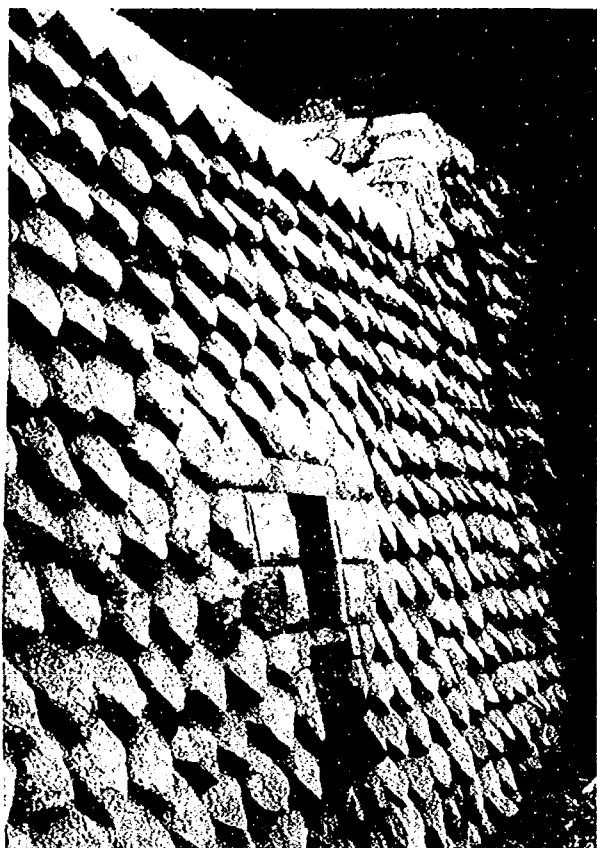
写真－1.11 砂防ダムの表面に描かれた絵（富山県提供）

自然景観と調和させる方法として砂防ダムに描かれた七福神の壁画。現在この周辺は七福の森と呼ばれ、住民に親しまれている。

1.4 コンクリート表面の自然物による被覆

1.4.1 自然石による被覆

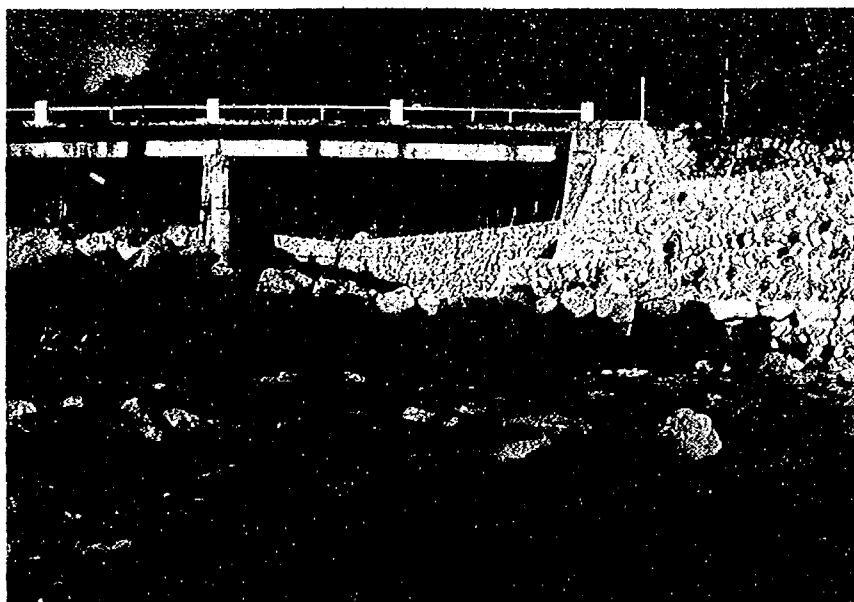
前述したように、多くの石積みの砂防設備が施工されてきている。特に自然環境の調和を意識した設備でなくても、自然環境に良く調和することが認識されている。写真－1.12は、石積みの砂防ダムである。表面は起伏に富み、コンクリートの表面仕上げの砂防ダムに比べると異和感が少ない。石材には、価格が低廉であること、耐久性に富むこと、強度が大きいこと等が要求されるが、現在では、石工が少ない、石材の加工に多大な手間を要する、コンクリート打設に比べて施工が面倒で工事費がかさむこと等の理由で、自然環境との調和を図る設備以外の施工例は少なくなっている。自然環境との調和を考慮して施工された砂防ダムを写真－1.13に示す。また、コンクリートの表面を河床に存在する転石で仕上げた流路工の例を写真－1.14に示す。床固めの天端に使用した石の大きさは、周辺の河床表面の石の大きさに合わせる等のきめの細かい施工が行われている。



写真－ 1.12 石積みの砂防ダム
表面は凹凸が大きく変化に富む



写真－ 1.13 コンクリートの表面を自然石（間知石）で張った砂防ダム（神通川水系砂防工事事務所提供）



写真－ 1.14 自然石を利用した石張り流路工（青森県提供）
床固めに使用した石の大きさは、直径35cm程度のもので、
天端は周囲の石礫の径に合わせて90cm程度のものを使用している。

1.4.2 盛土による被覆

砂防ダムの袖部の下流に盛土して、コンクリートの露出部を最小にする工夫をしている砂防ダムがある(写真-1.15)。施工後、数年経過しており、現在は盛土部に植生が進入して、自然環境との調和に役立っている。砂防ダムの袖部が図-1.3に示すように非常に長いので、袖部の下流部を盛土し、さらに植樹して積極的に袖部の周辺を緑化する計画の砂防ダムがある(写真-1.16)。盛土部の詳細を図-1.4に示す。法面の直径1m前後の転石を階段上に積み、その中を埋戻し、樹高2~3mの白樺を植樹する等して緑化の促進を図ることにしている。



写真-1.15 盛土によるコンクリート表面の被覆(飯豊山系砂防工事事務所提供) 砂防ダムの袖部下流に盛土することで、コンクリートの露出部を最小にして自然環境と調和させている。

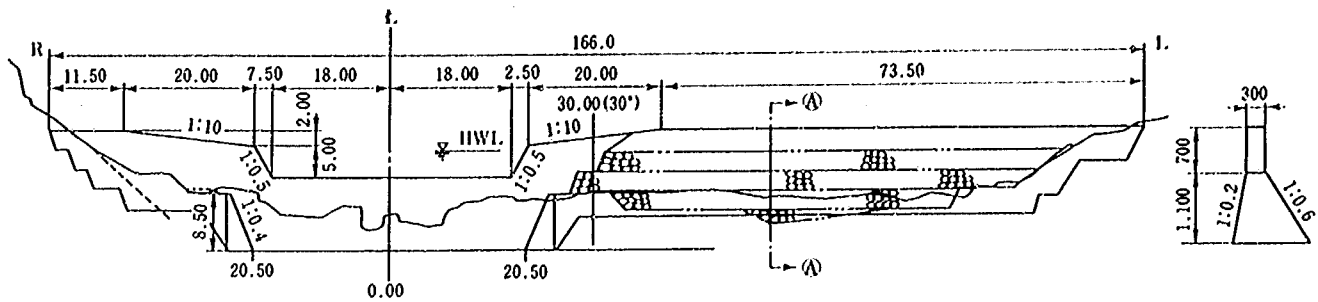


図-1.3 砂防ダムの正面図

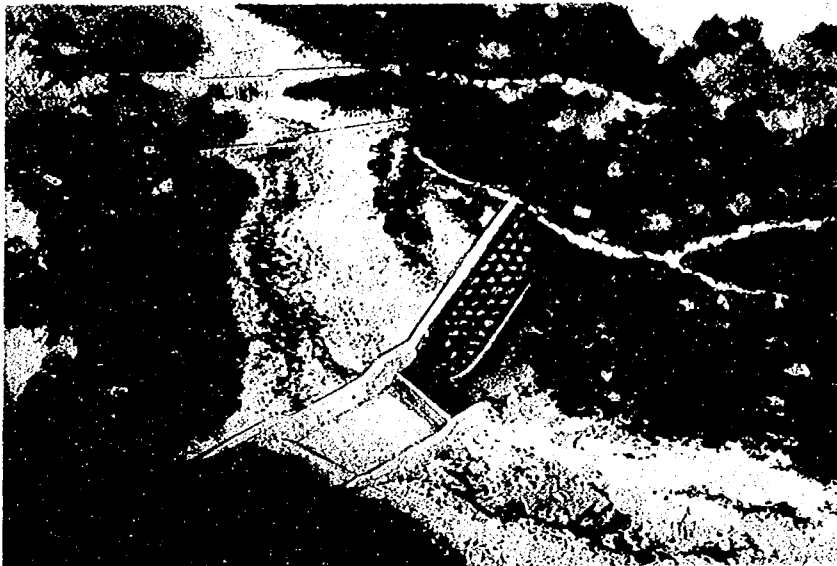


写真-1.16 盛土と緑化によるコンクリート表面の被覆（神通川水系砂防工事事務所提供）左岸の袖部を緑化して自然環境に調和させる計画のある砂防ダム。

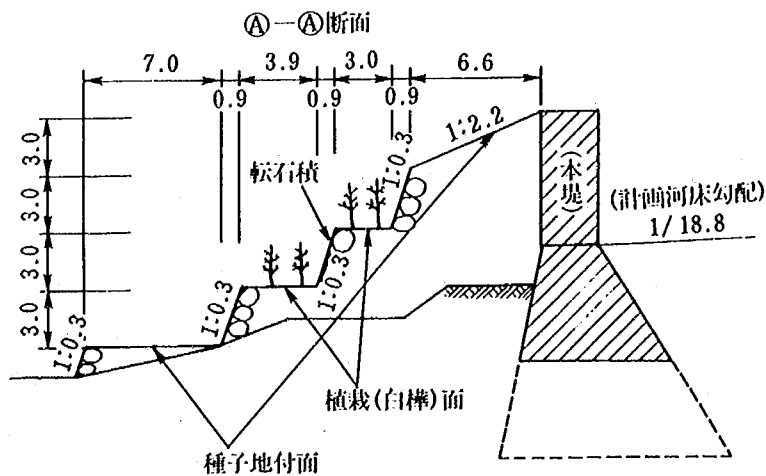


図-1.4 盛土部詳細図

1.4.3 つた等の植物による被覆

土留擁壁や護岸等の法面を植物で被覆するコンクリートブロックが開発されている。その構造を図-1.5に示す。ブロックの中空部に土砂が内蔵でき、植栽緑化が可能である。施工例を写真-1.17に示す。

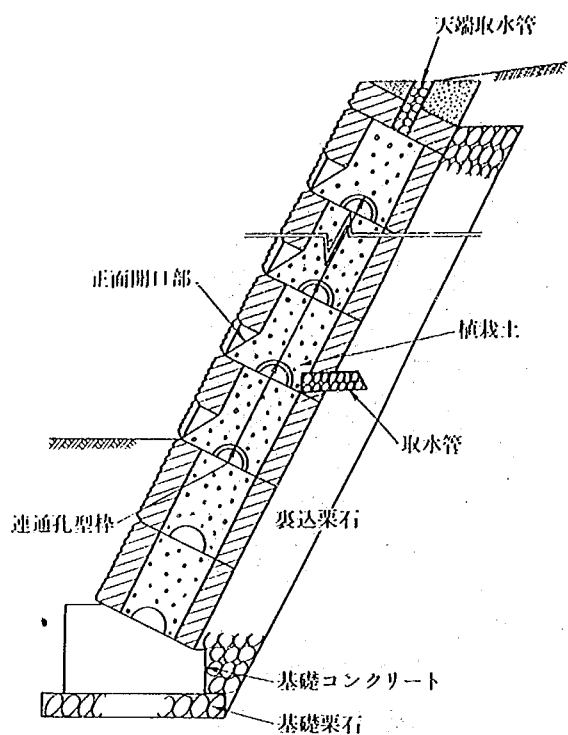


写真-1.17 植物で被覆された護岸

図-1.5 植栽緑化が可能なブロックの構造

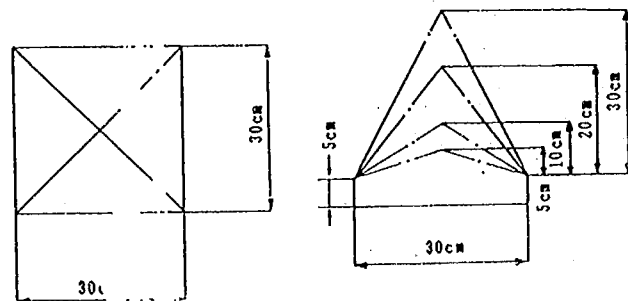
2. コンクリート表面処理方法に関する実験

2.1 実験の目的

前述のように砂防設備を周囲の自然環境に調和させるために、自然石や鋼材など、コンクリート以外の材料を使う方法やコンクリートの表面を植物や土などの自然物で被覆する方法がとられているが、ここでは、周囲の自然環境に調和するコンクリート表面の処理方法について検討する。

最近、自然石模様の特殊型枠（化粧型枠と呼ばれている）を使用して、コンクリート表面を自然石で造ったようにみせかける方法がとられているが、その効果が定量的に評価されていないために、太陽の位置や砂防設備を見る位置によっては、効果が十分でない例もある。効果を確かなものとするためには、コンクリート構造物の表面処理の効果を定量的に評価する手法を確立させる必要がある。

水山ら¹⁾は、砂防ダムの施工後、15年程度を経過し、コンクリートの明度階級が5程度以下になると、砂防ダムは周囲の環境に調和すると報告している。本研究では、砂防設備の完成直後から、砂防設備が自然環境に調和させることができないかと考え、コンクリートの表面に凹凸をつける、色を着ける方法を検討し、陰影のでき方、見え方や明度を調べて、表面処理方法を評価しようとするものである。



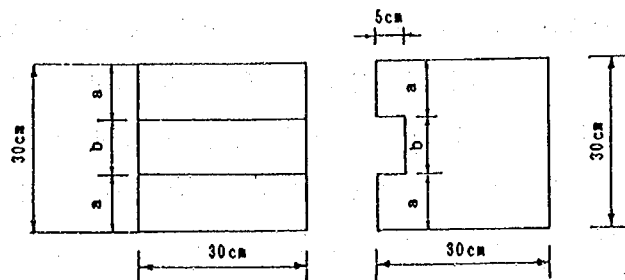
(1) 山型ブロック

2.2 コンクリート表面の凹凸の検討

2.2.1 実験の概要

コンクリート表面に凹凸をつける方法では、図-2.1に示す形状の山型ブロックと目地ブロックを製作した。ブロック1個の大きさは30cm×30cmで、山型ブロックの高さは5cm、10cm、20cm、30cmの4種類、目地ブロックの目地間隔は4.4cm、6cm、10cmの3種類で、目地の深さは5cmとした。

	図2.1	図2.2	図2.3
a	10cm	6cm	4.4cm
b	10cm	6cm	4.4cm



(2) 目地ブロック

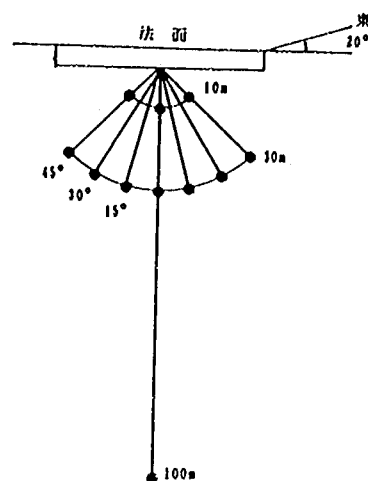
図-2.1 ブロックの形状

ブロックの設置状況を写真-2.1に示す。ブロックは、法面勾配を1:0.2、1:0.5、

1:1、1:2の4種類に変化させて、図-2.2に示すように東—西に対して20度の角度をつけて設置した。写真撮影を行った位置を図-2.2に示す。写真から陰影のでき方、見え方をブロックの形状、法面勾配ごとに観察し、測定した。写真撮影は、晴天日の10時～16時の間で1時間ごとに、人間の目の高さである地上約1.5mの位置で行った。



写真－2.1 ブロックの設置状況
左から4.4cm, 6cm, 10cmの目地ブロック, 高さ30cm,
20cm, 10cm, 5cmの山型ブロック, 平板の順



図－2.2 写真撮影地点

2.2.2 実験結果と考察

2.2.2.1 陰影のでき方

ブロックの面積とブロックの表面にできる陰影の投影面積の比を陰影率と呼ぶこととし、法面勾配をパラメータに用いた陰影率の時間的な変化を示すと図－2.3と図－2.4のようになる。なお、実験は、太陽高度及び太陽方位角が小さく、陰影のできにくい1月に実施した。図－2.3と図－2.4より陰影率は、ブロックの高さ、目地間隔、法面勾配によって異なり、時刻（太陽の位置）によって変化することが分かる。図－2.3の山型ブロックの場合、高さ5cmでは陰影ができないが、10cm以上になると陰影ができ、高さ20cmと30cmの山型ブロックの陰影率とその時間的な変化は、あまり差がないことが分かる。一方図－2.4の目地ブロックの場合、目地の数が多い程陰影率が高い。また、法面勾配と太陽高度の和が、 90° に近い1:0.5のときに陰影のできない時間帯が長い。法面が急な勾配に対して山型ブロックより目地ブロックの方が陰影ができやすいのは、ブロックの形状の差によるものと考えられる。さらに、図－2.4より法面勾配が緩い場合の陰影率は、朝から夕に向って、大きくなるのに対して、法面勾配が急な場合の陰影率の変化は朝から夕に向って減少するなど、陰影のでき方は太陽の位置と法面勾配に影響される。

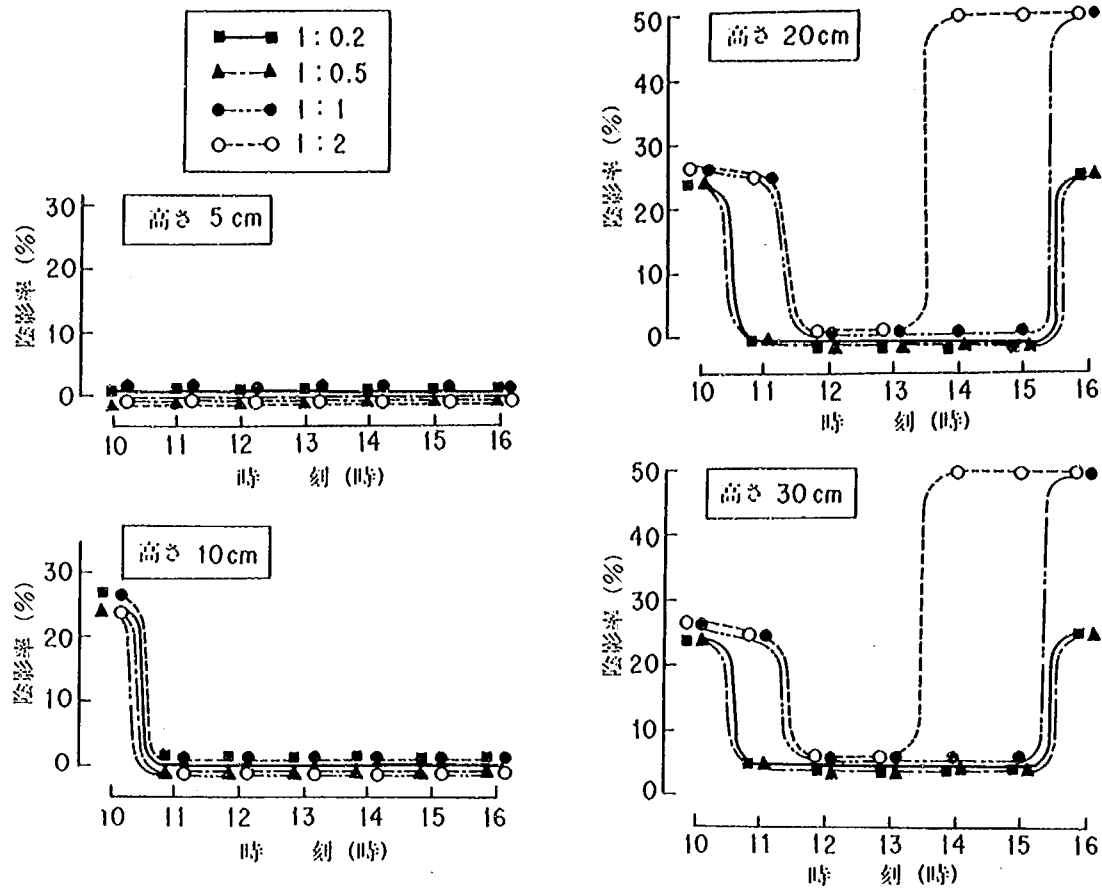


図-2.3 陰影率の時間的変化 (山型ブロック)

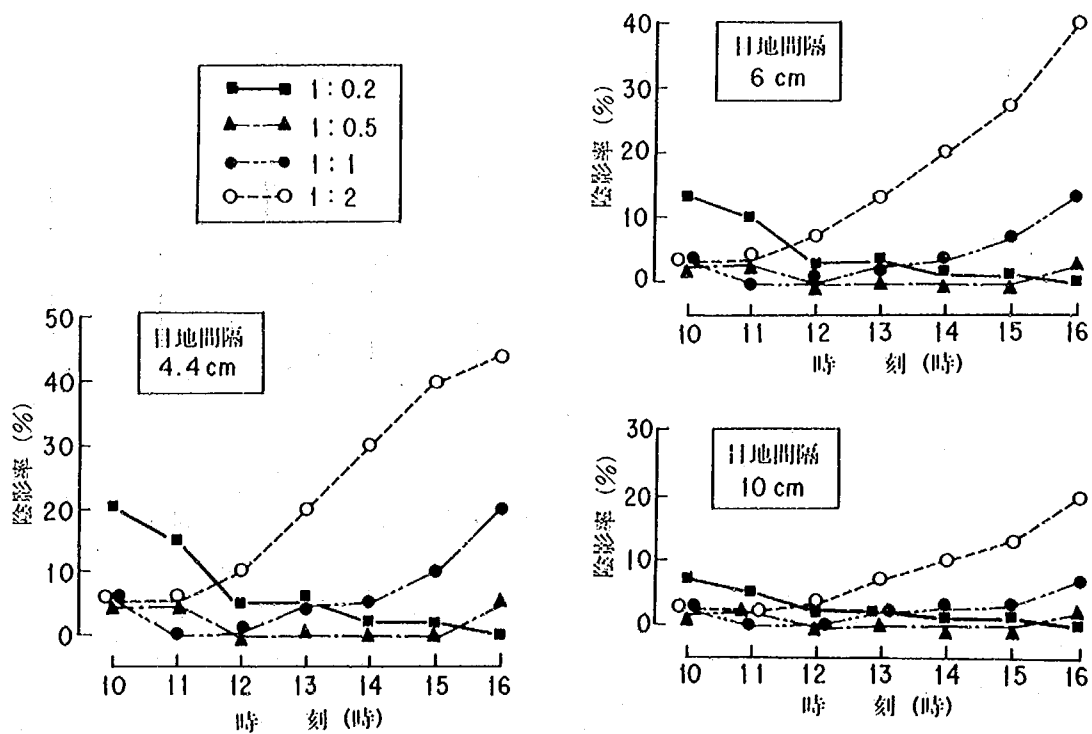


図-2.4 陰影率の時間的変化 (目地ブロック)

陰影は、太陽高度、太陽方位角、ブロックの法面勾配、法面の方位角、目地ブロックの深さに関係する。太陽高度は式(1)で、太陽方位角は式(2)で求めることができ²⁾、図-2.5に示す関係より陰影幅は式(3)で計算できる。

$$h = \sin^{-1} (\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos t) \quad \text{..... (1)}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\sin h \cdot \sin \phi - \sin \delta}{\cos h \cdot \cos \phi} \quad \text{..... (2)}$$

$$\ell = H \cdot \cot (h + \beta) \cdot \cos (\theta - \alpha) \quad \text{..... (3)}$$

ここに、

h ; 太陽高度

θ ; 太陽方位角

δ ; 太陽の赤緯

立春, 立冬 ;	$-16^{\circ} 21'$
春分, 秋分 ;	$0^{\circ} 0'$
立夏, 立秋 ;	$16^{\circ} 11'$

ϕ ; その地域の緯度

(つくばの場合 $38^{\circ} 10'$)

t ; 時角

1 時間に 15° の割合で 12 時
を中心にとった値

H ; 目地の深さ

α ; ブロックを設置する法面の方位角

β ; 法面勾配

ℓ ; 陰影の幅

である。

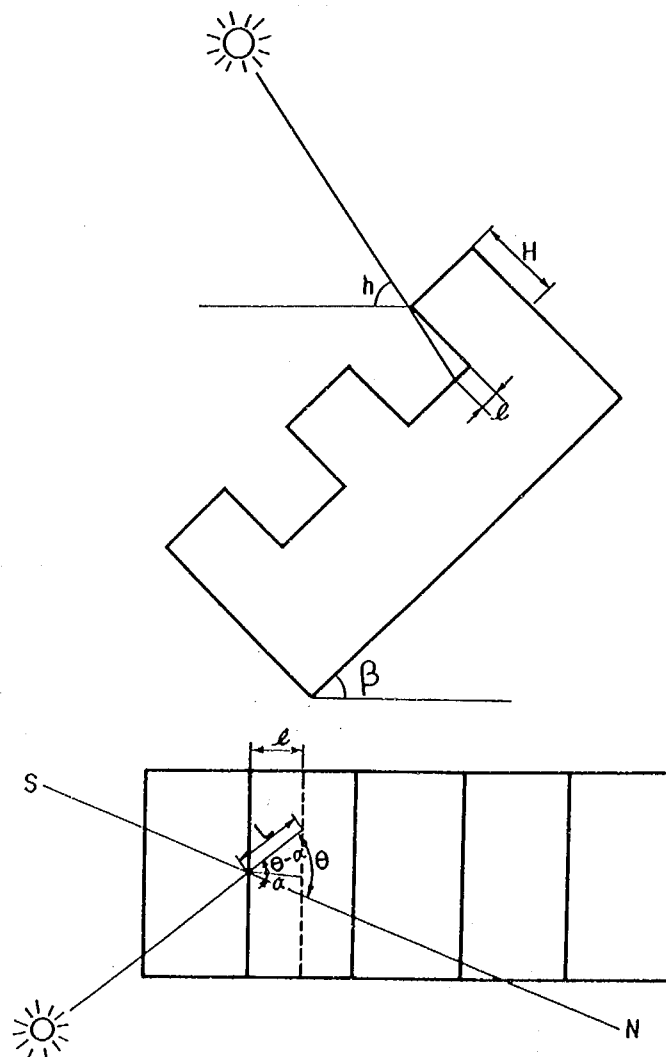


図-2.5 目地ブロックの底面にできる陰影

立春に近い季節（1月28日）に行った実験と同じ条件で計算した陰影幅を図-2.6に示す。図-2.6で陰影幅の正の値は、陰影が凹部の上側に、負の値は下側にできることを示す。図-2.6より陰影のできる位置は、実験値と計算値で一致するが、陰影幅は一致するとは言い難い。これは、撮影する位置によって陰影の見え方が変化すること、陰影がブロックの凸部で隠れることもあって、実際の陰影幅と測定に用いた写真上の陰影幅とに差が生じたためである。陰影幅は、それを見る位置によってかなり変化するので、計算値は相対的な参考としての意味をもつと考えた方が適當である。

2.2.2.2. 陰影の見え方

視点の位置によってブロックの見え方どのような差異があるかを検討した。山型ブロックは、ブロックの面に陰影ができて

も視点の位置によっては陰影が別のブロックの面に隠れて見えないことがある。写真-2.2は図-2.2に撮影地点を示すようにブロックの設置面から10m離れた正面から、写真-2.3は、ブロックの設置面から10m離れて、その中心線より右45°の位置からブロックを見たものである。山型ブロックは、正面と45°の位置とではブロックの見え方が異なり、写真-2.2で陰影ができていたブロックの面が、写真-2.3ではブロックの凸部に隠れていて見えない。一方、目地ブロックは、陰影が凹部の全面にできるので、ブロックを見る位置が変わっても陰影の見え方にほとんど差がない（写真-2.2、写真-2.3）。

法面勾配の違いによっても見え方に差が生じる。写真-2.4は、1:0.2の勾配で、写真-2.5は1:2の勾配に設置した場合のブロックの見え方を示すものである。法面勾配が緩やかな場合、山型ブロックの上側の面がブロックの凸部で隠れて見えない。一方、目地ブロックは勾配が緩いと凹部が見えなくなるので、陰影ができても見えにくい。また、ブロックの設置面から100m離れると、陰影は確認できるが、山型ブロックの肌理は細かくなってブロックの凹凸は平面的に見え、目地の間隔が6cm以下のブロックは、目地の区別ができなくなる。

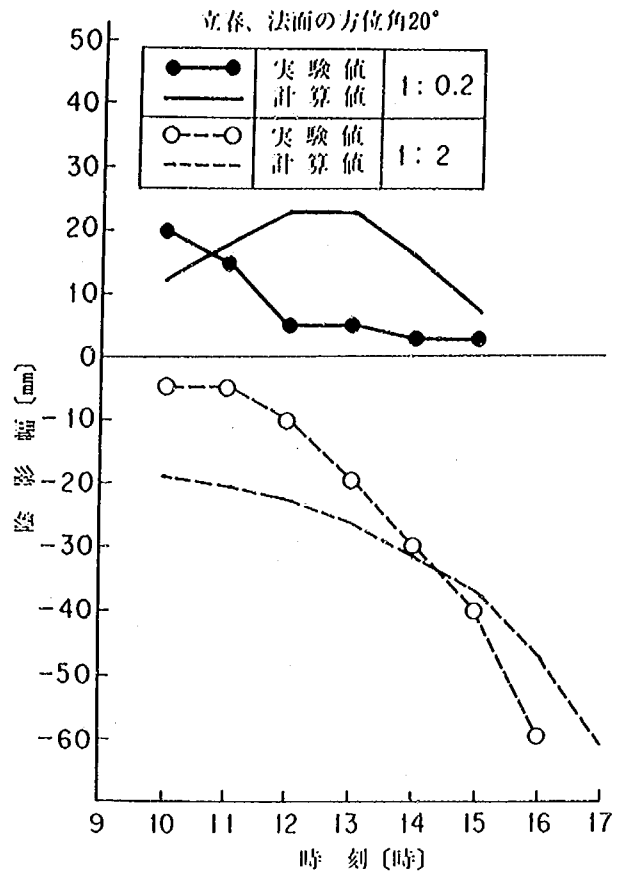
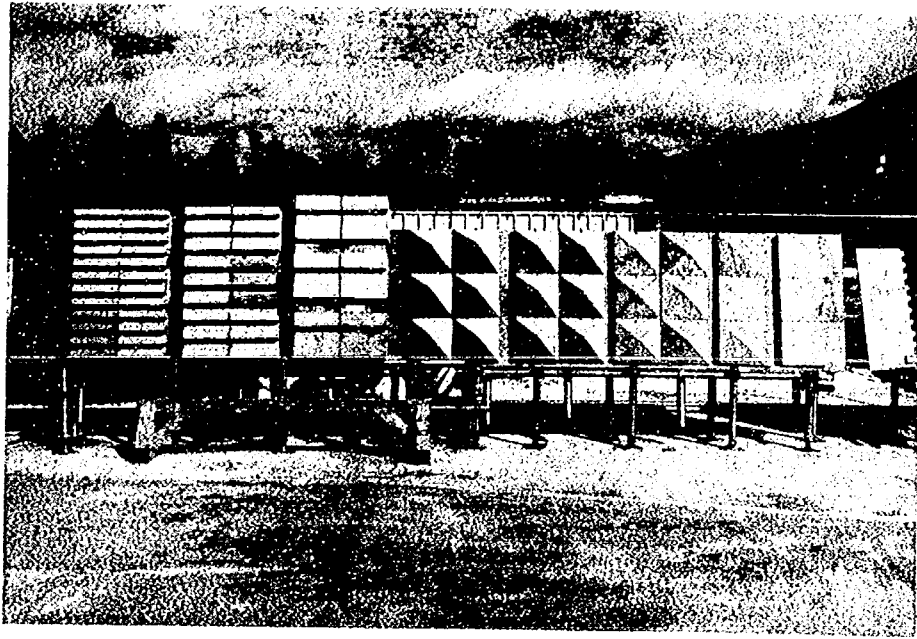
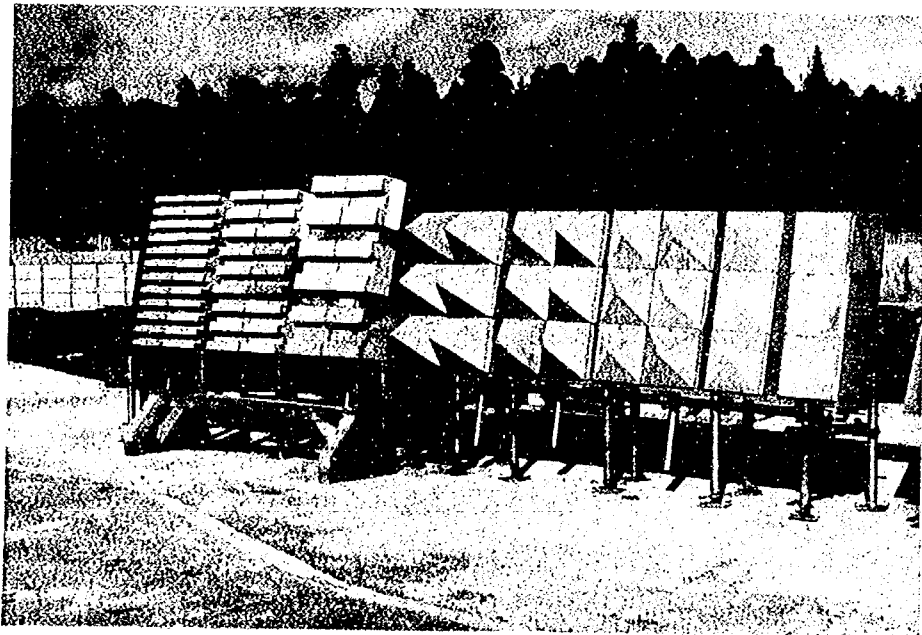


図-2.6 陰影幅の実験値と計算値の比較
(立春、法面の方位角20°)



写真－ 2.2 ブロックの設置面の中心線上で10m離れた位置からのブロックの見え方（法勾配 1:0.2）



写真－ 2.3 ブロックの設置面の中心から10m，右 45°の位置からのブロックの見え方（法勾配 1:0.2）

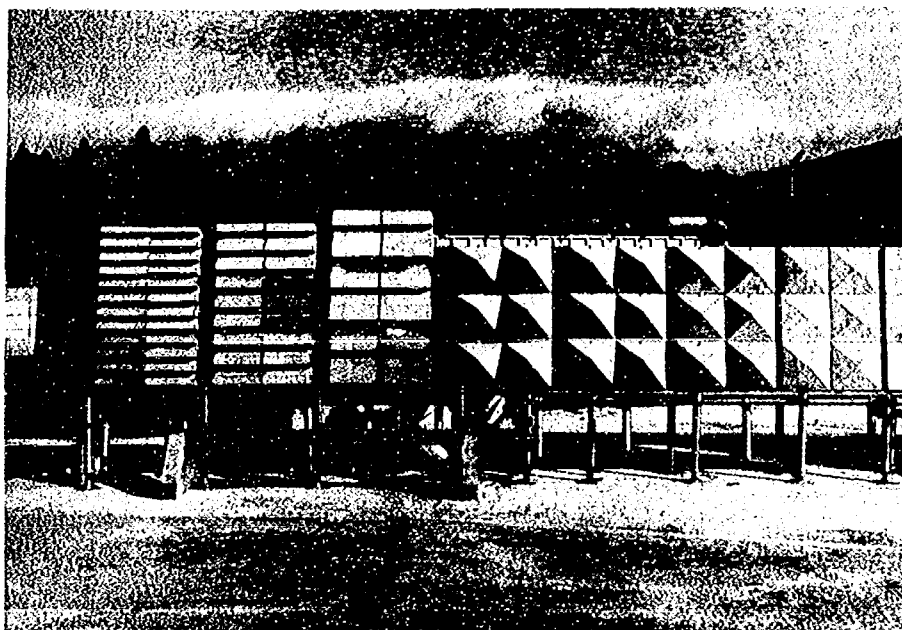


写真- 2.4 法面勾配が1:0.2のブロックの見え方



写真- 2.5 法面勾配が1:2のブロックの見え方

2.2.2.3 明度階級の変化

ブロック面にできる陰影の明度階級の時間的な変化は、図-2.7のようになる。図-2.7の山型ブロックの陰影の明度は、マンセルの明度階級で2.5～5.5の範囲を示し、陰影のできない平面仕上げのブロックの面に比べて明度階級は1.5～4.5低下した。この陰影の明度の幅は、周囲からの光の乱反射の照射量の差異によるものと考えられるが、本実験では明らかにされていない。一方、目地ブロックの陰影の明度階級は法面勾配に関係なく、約2であった。ただし、曇天の時（12時と13時）の明度階級は5.5で、晴天時に比べて高いことから、陰影の明度は太陽の照度の差異によって変わると推察できる。なお、ブロック全面の相対的な平均明度階級は、図-2.8に示すように7～5の範囲を示し、平面仕上げのブロックの明度階級に対して0～2程度低下した。また、目地ブロックの場合の明度は、時間的な変化が大きい。

2.2.2.4 コンクリート表面の凹凸の評価

コンクリート表面に凹凸をつけると、太陽高度及び、太陽高度の小さい条件下においても陰影ができ、コンクリート表面の明度階級を低くする効果があることが分かった。陰影のでき方は、太陽の位置、法面勾配、ブロックの型と大きさによって大きく変化し、またブロックの見え方は視点の位置によって変化する。このような変化は、目地ブロックより山型ブロックの方が顕著にあらわれ、山型ブロックの場合に陰影ができてブロックの凸部に隠れて見えないことがあるので、砂防設備と視点の位置関係、時間帯などを考慮して、最適なブロックを選択する必要がある。

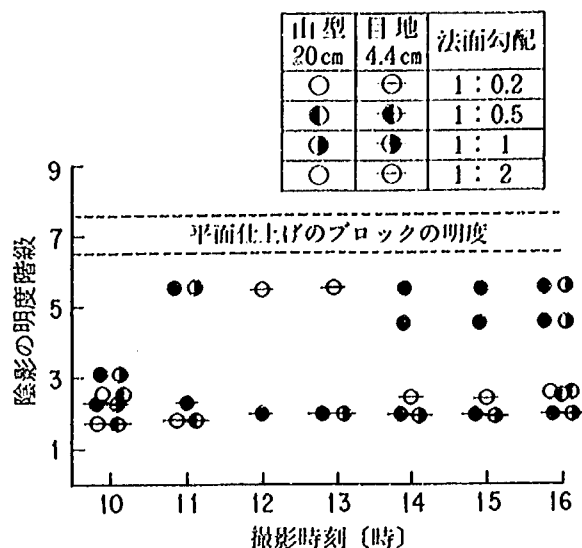


図-2.7 陰影の明度

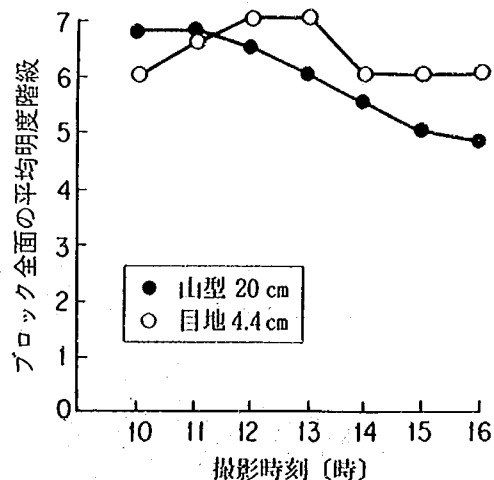


図-2.8 ブロック全面の平均明度

2.3 着色コンクリートに関する検討

2.3.1 実験の概要

自然環境に対する色彩の調和方法には、一般に①周囲の自然環境と同一か類似の色彩で調和させる。②自然環境に対応する色彩で調和させる方法が考えられる。

②の方法は、補色関係にある色彩同士が強調されることになり、砂防設備を目立たせないことを考えると適切ではない。そこで、①の方法について検討する。砂防ダムの周辺が植生で覆われている場合には、植生が有する緑系統のものが考えられるが、緑系統の色は、紅葉や落葉などの季節にはかえって目立つことになり、砂防設備の色としては、選択しにくい。一方、土壌の色は季節によって変化しないので、土壌の色と同じ、あるいは類似する色をコンクリートの表面につけると、砂防設備は見やすくなることが期待できる。コンクリートの表面に色をつける方法には塗装する方法やコンクリートの表面に土壌と同じ色彩の自然石を張るなどの方法もあるが、ここでは顔料を混合してコンクリートに色をつけることを検討した。

コンクリートに色をつける方法は、コンクリートに黒色酸化鉄を混合して黒色系の土壌の色に類似させることを検討した。実験に用いたブロックは30cm×30cmの大きさの平板で、そのコンクリート(モルタル)の配合比は、セメント1、砂3、水0.5の割合である。また、黒色酸化鉄のセメント重量に対する含有率は、0%～4%の範囲で変化させた。また、火山地域の黒色系の土壌をコンクリートの骨材に用いて、コンクリートに色をつけることも検討した。実験は、供試体製作日より30日を経過した晴天日に行った。コンクリートに色をつける方法の評価は、写真上で明度階級を測定することによって行った。なお、写真撮影はブロックの設置面から約1.0 m離れ、地上約1.5 mの位置で行っている。

2.3.2 実験結果と考察

2.3.2.1 黒色酸化鉄の含有率と明度階級の変化

コンクリートの明度と顔料の含有率の関係を示すと図-2.9のようになる。黒色酸化鉄を混合するとコンクリートの表面に黒色が発色し、顔料の含有率が0%から4%に増加することによって、明度階級は7から4に低下する。また、顔料の含有率が2%のときの明度は、4~5であって、それ以上に顔料を多くしても明度階級は、わずかに低下する程度である。水山ら¹⁾の言うように明度階級が5程度以下ならば、周囲の自然環境に調和すれば、セメントの使用量の2%程度の黒色酸化鉄を混合すると、砂防設備は施工の直後から見やすくなるものと期待される。

次に黒色酸化鉄1.5%と酸化第二鉄0.5%を混合して、茶色の土壌の色にコンクリートの色を類似させた。この場合、茶色の発色はよくなかったが、明度階級は4~5で顔料を混合しない場合の明度階級の7~7.5に比べて低下した。写真-2.6は顔料を混合した供試体を示す。

コンクリート骨材に火山地域の黒色系の砂を用いる方法で、コンクリート表面は土壌に近い色に発色したが、セメントの白い色が混って、黒色は後退する。コンクリート表面の明度階級は、5.5~6で土壌の明度階級である3~4よりも高いが通常のコンクリートに比べて明度を低くする効果はある。

2.3.2.2 黒色酸化鉄を混合した表面処理の評価

コンクリートに黒色酸化鉄を混合すると、コンクリートの明度階級は低下し、砂防設備が完成した直後からみやすいものになることが期待できる。現地の砂を骨材に用いたコンクリートは、現地の砂の色に比べて黒色が後退し、その明度は顔料が1%のときの明度に近い5.5~6.5であった。顔料の含有率を増しても、明度階級を低くすることに限度があることが分かった。

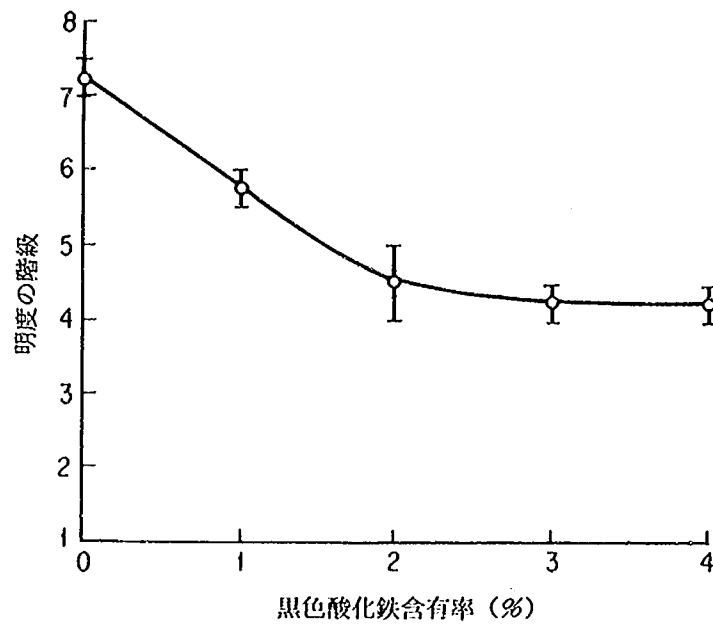


図- 2.9 黒色酸化鉄の含有率と明度の関係

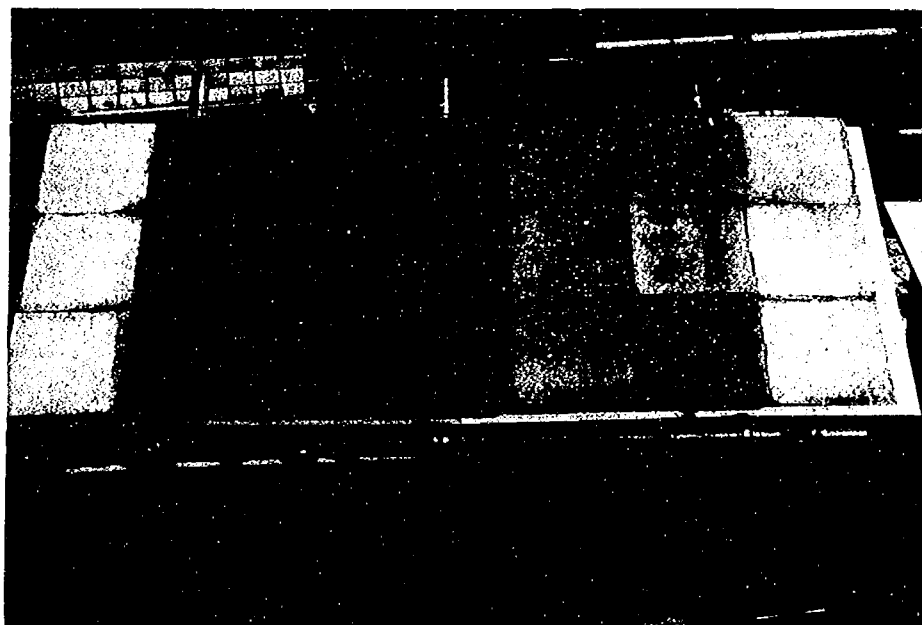


写真- 2.6 顔料の含有率と明度

(左から, 黒色酸化鉄 0 %, 4 %, 3 %, 2 %, 1 %, 黒色酸化鉄 1.5 %と酸化第二鉄 0.5 %の混合, 0 %の順)

2.4 着色コンクリートで凹凸をつけたコンクリート表面処理の検討

2.4.1 実験の概要

セメント使用量の2%の黒色酸化鉄を顔料に使用して色を着けたコンクリートで、2.2.1で説明したブロックの凹凸の形状のものに加えて、図-2.10に示す高さ5cm、目地間隔5cmの形状のブロック（改良型ブロックと言う）を製作した。実験は、ブロックのタイプごとに陰影のでき方、明度の変化、視点の位置とブロックの見え方、照度と明度の関係を測定した。なお、実験日は、9月21日～9月29日で、秋分に近い季節の実験である。

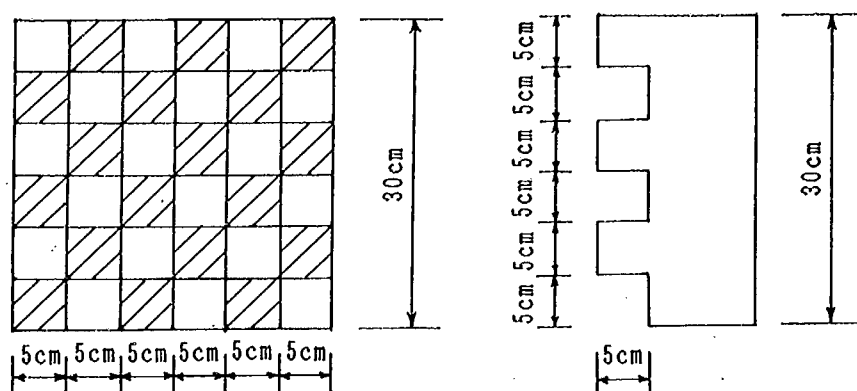


図-2.10 改良型ブロックの形状

2.4.2 実験結果と考察

2.4.2.1 陰影のでき方、見え方

太陽高度の高い9月の実験であるので、前述の1月に行った色を着けない山型ブロック、目地ブロックに対して陰影のできる面積は大きくなった。また、ブロック面に陰影ができる時間帯が長くなり、ほぼ終日中、陰影ができた。陰影のできる面とできない面の明度の差は、その時の天候（照度）によって異なる。また、顔料を混合した場合とそうでない場合の明度の差は相対的に同様であった。このことから、陰影の有無による明度の差は、コンクリート自体の明度によらず、天候にも大きく支配されることがわかる。

陰影の見え方は、色を着けたコンクリートの方が、全体的に落ち着いた感じに見える。これは明度が高い（白に近い）と軽くて光った感じに見えるためであると思われ、人間の目には、ある明度以下になると落ち着いた感じに見える臨界点があることが予想される。なお、改良型ブロックは、天候によらず陰影ができやすい傾向がみられた。

2.4.2.2 照度と陰影のでき方

照度10,000～120,000のデータが得られたが、これによると10,000～30,000ではほとんど陰影はできない。40,000～60,000では明らかな陰影ができるが、明度を1下げる程度である。70,000以上になると陰影はさらにはっきりし、明度を2下げる様になる。

これらのことから陰影による効果を期待できるのは照度40,000以上であり、70,000以上ではかなりコントラストが強くなることが明らかとなった。

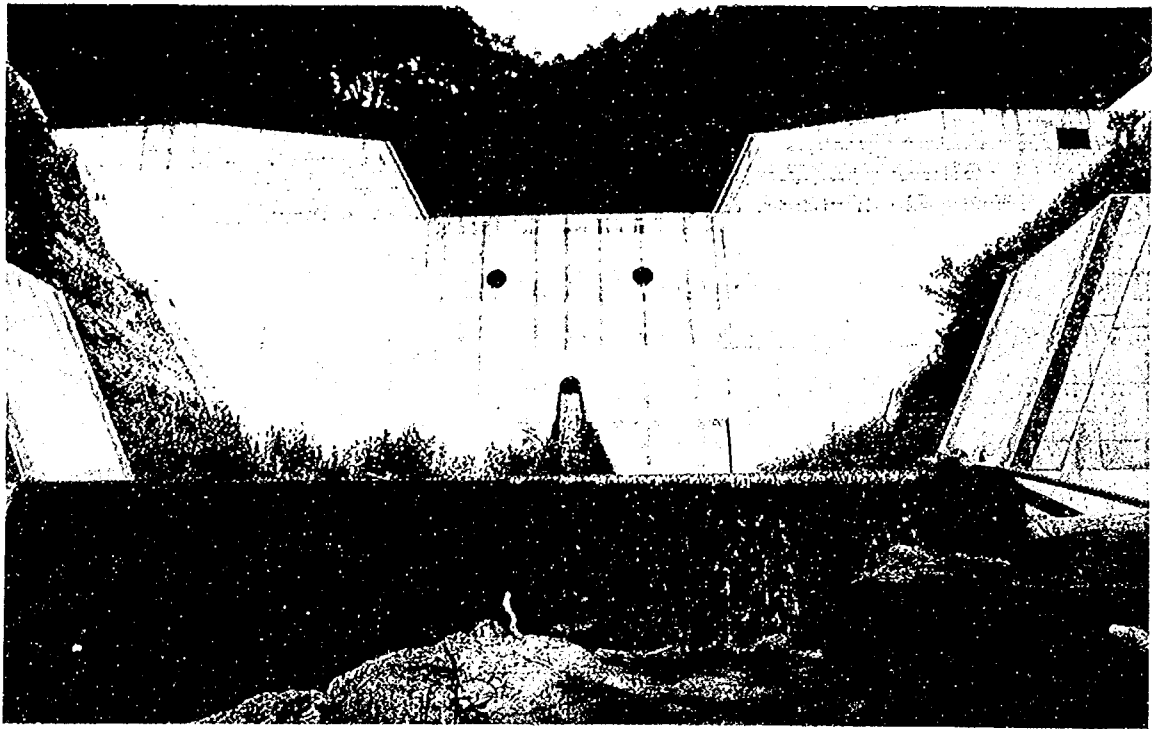
3. 表面処理を施した砂防ダムのフォトモンタージュによる評価実験

3.1 実験の概要

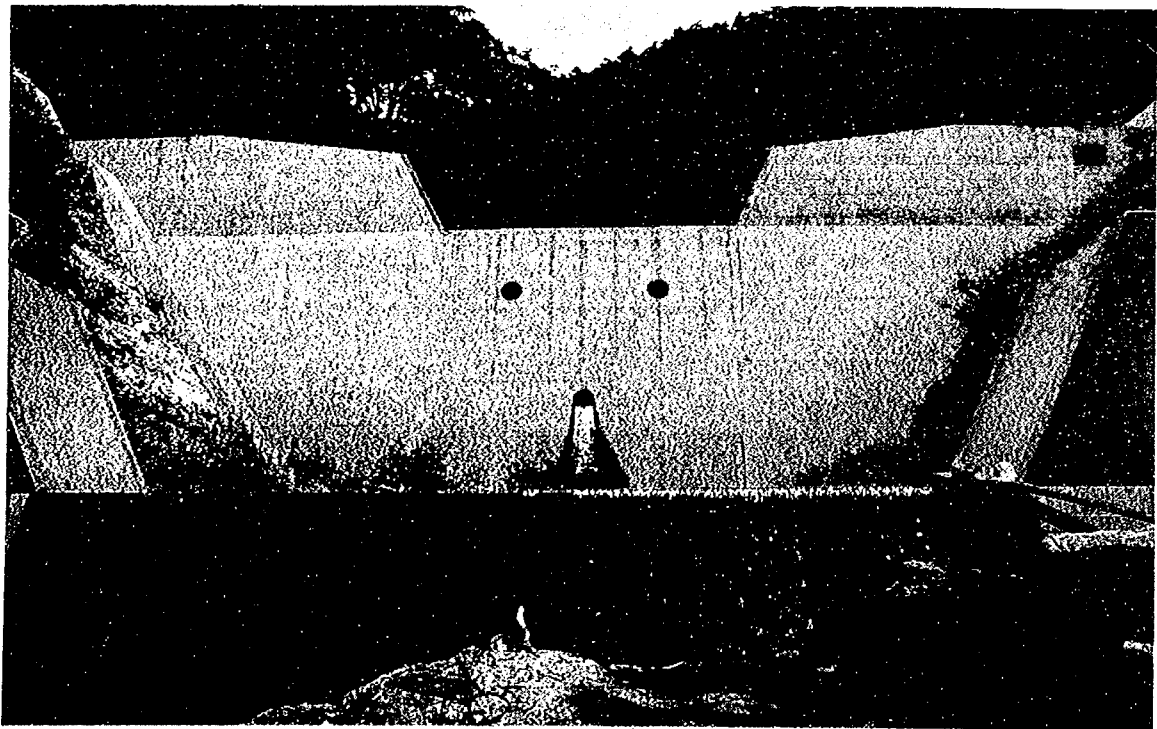
砂防ダムが写真画面内の％程度の面積になるような近景の位置の現況写真を基に、フォトモンタージュを作成した。フォトモンタージュは、前項の2.4の実験で得た写真のなかから、①平面仕上げ、②目地間隔が4.4 cmの目地ブロック、③目地間隔が10cmの目地ブロック、④高さ5 cmの山型ブロック、⑤高さ20cmの山型ブロック、及び⑥改良型ブロックの6種類を選定し、これを現況写真の中に描写した。その結果を写真－3.1～写真－3.7に示す。なお、これらのコンクリート表面の明度は5.5～7.5の範囲であった。

作成したフォトモンタージュ6種類及び現況写真の合計7種類の写真を使用し、7段階評定尺度法及び順序付け等による評価実験を行い、景観構成要素としての砂防設備の位置付け、及び評価構造を明らかにし、適切なコンクリート表面処理の方法を検討する。

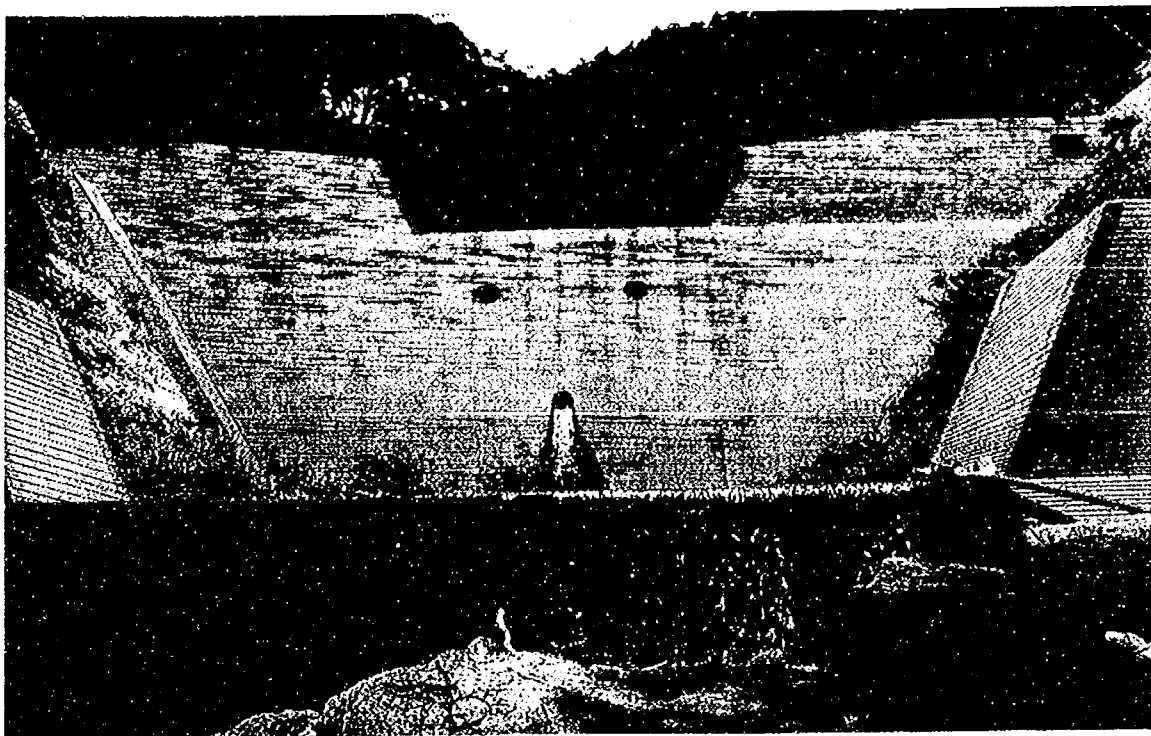
実験は、50名の被験者に対し、7種類の写真を示し、表－3.1のアンケート用紙に記入する方法をとった。ここで、7段階評定尺度法は、7枚の写真をランダムな順序で提示し、3つの評価軸について評価してもらう方法である。また、順序付けによる実験は、7枚の写真を提示し、砂防設備が周辺環境と調和していると思われる順序付けをしてもらう。また、この順序のうち、景観として許せる範囲を判断してもらう方法をとった。被験者の属性を表－3.2に示した。



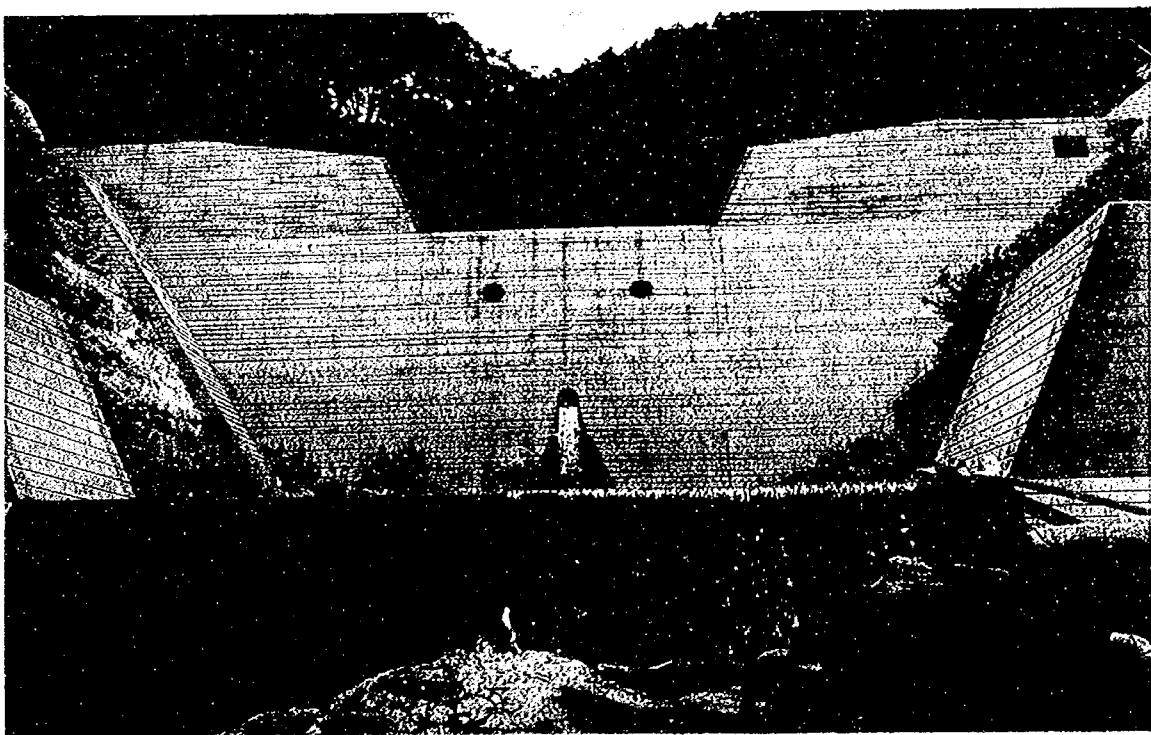
写真－ 3.1 現況の砂防ダム（明度 7.5）



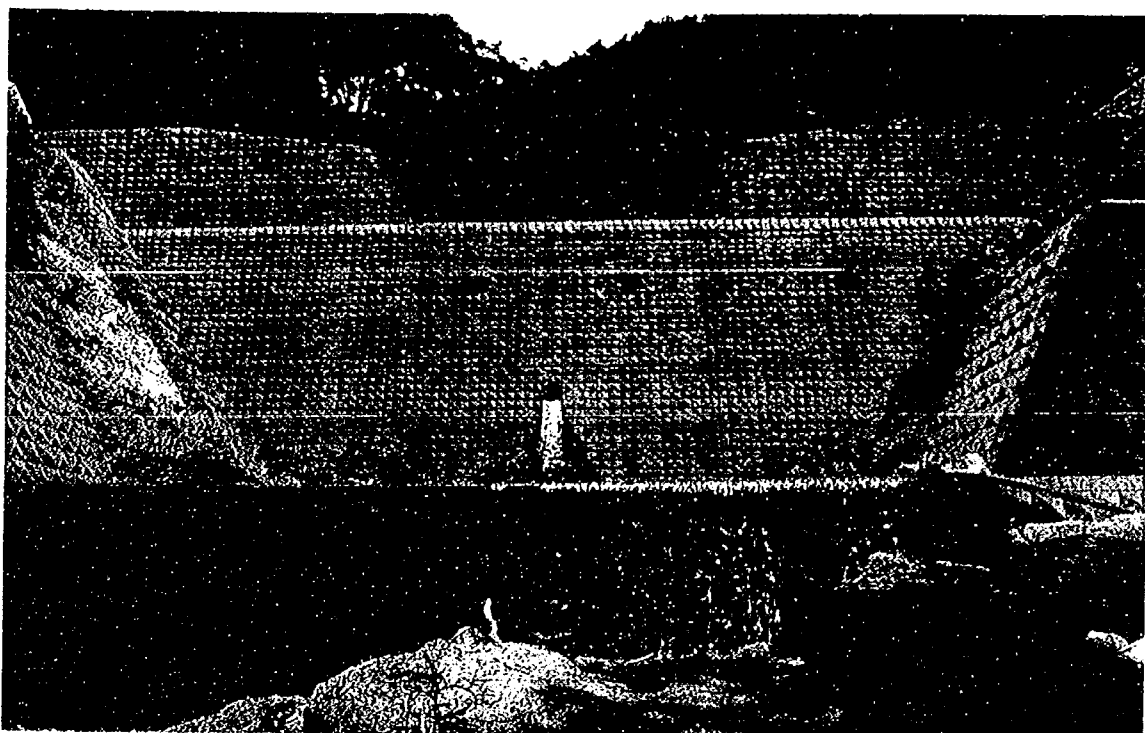
写真－ 3.2 黒色酸化鉄 2%を混合した平面仕上げの砂防ダム（明度 5.5）



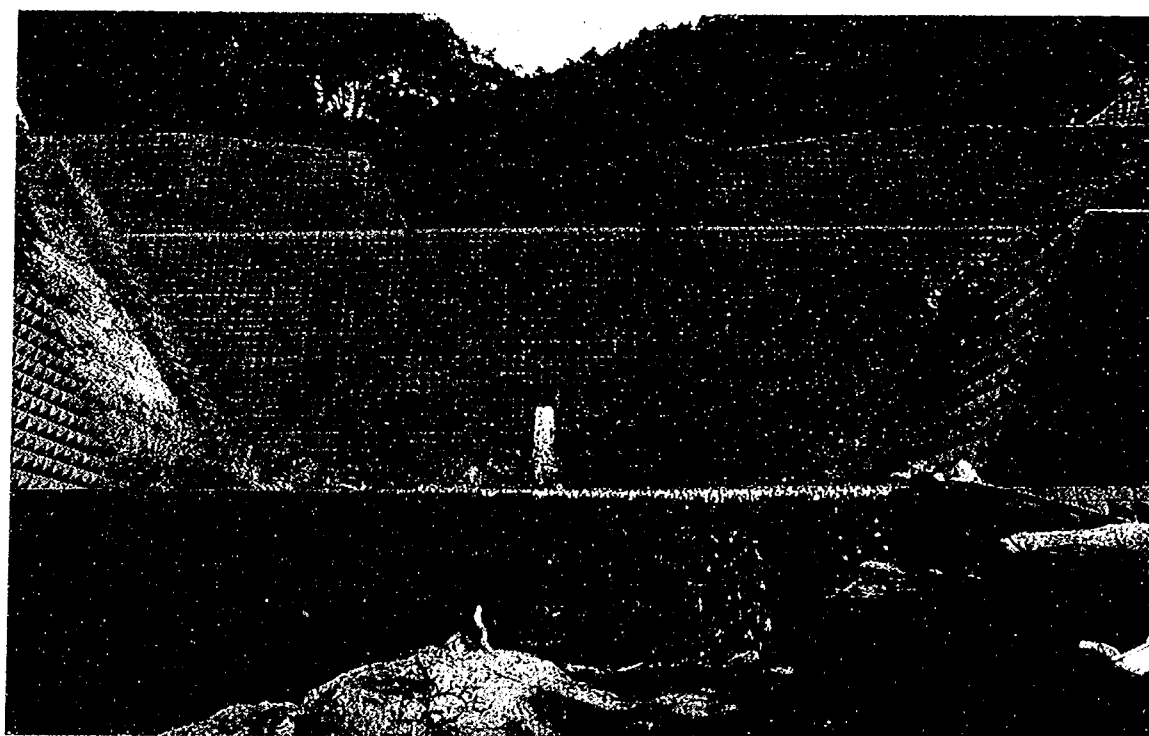
写真－ 3. 3 目地間隔を 4.4 cm に仕上げた砂防ダム
(黒色酸化鉄 2 %, 明度 5.5)



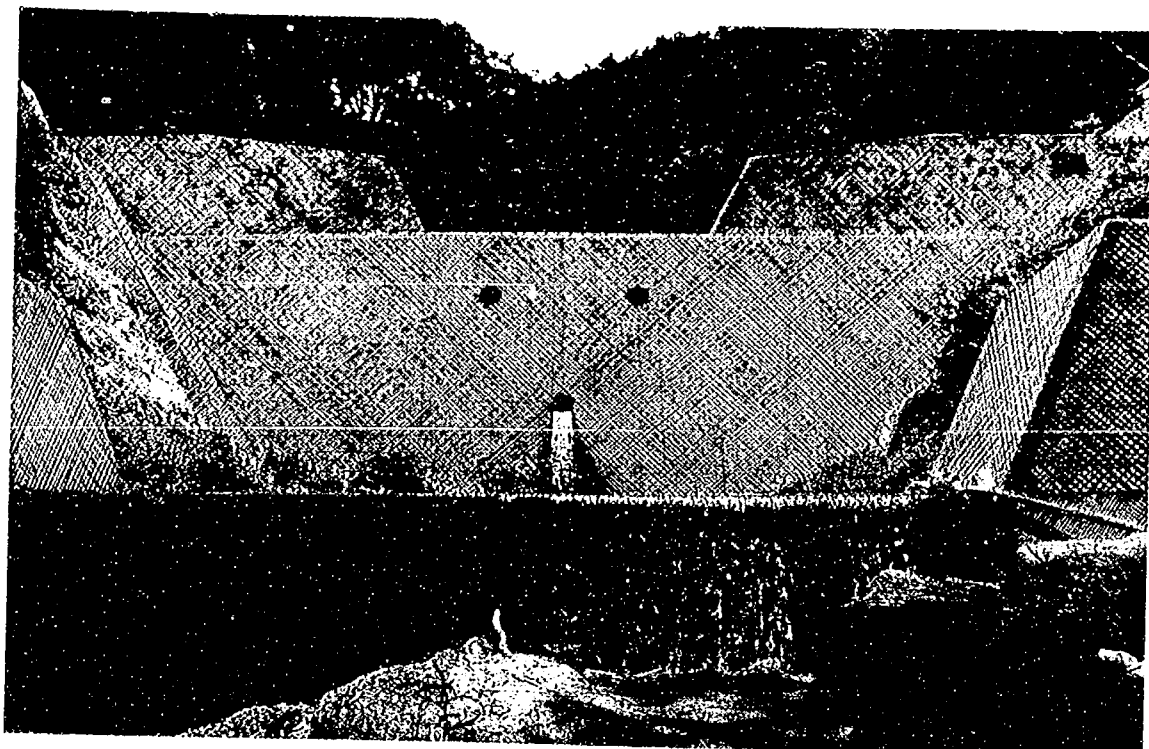
写真－ 3. 4 目地間隔を 10 cm に仕上げた砂防ダム
(黒色酸化鉄 2 %, 明度 5.5)



写真－ 3. 5 高さ 5 cm の山型の凹凸で仕上げた砂防ダム
(黒色酸化鉄 2 %, 明度 5.5)



写真－ 3. 6 高さ 20 cm の山型の凹凸で仕上げた砂防ダム
(黒色酸化鉄 2 %, 明度 5.5)



写真－ 3.7 改良型の幾何学模型に仕上げた砂防ダム
(黒色酸化鉄 2%, 明度 5.5)

表－ 3.2 被験者の属性

項 目	住 所	年 令	職 業	性 別	専 攻・専 門
分 類	茨 城 県：31	20代：25	会社員：16	男：34	土 木 系：17
	千 葉 県： 2	30代：19	公務員：24		その他理系：11
	東 京 都：13	40代： 4	学 生： 2	女：16	文 系：22
	神奈川県： 4	50代： 2	主 婦： 1		
			その他： 7		

表-3.1 アンケート用紙

<属性> ・現住所 ・氏名 ・年齢 ・職業 ・性別 ・専攻・専門 <Q 1> これから7カットの写真を順次提示します。各写真についてお感じになった印象について、主観的判断でお答え下さい。 写真 1 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table> 写真 2 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table> 写真 3 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table> 写真 4 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table>		非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況									非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況									非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況									非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況								写真 5 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table> 写真 6 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table> 写真 7 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">非常に良い</th> <th style="width: 10%;">良い</th> <th style="width: 10%;">やや良い</th> <th style="width: 10%;">どちらか</th> <th style="width: 10%;">やや悪い</th> <th style="width: 10%;">悪い</th> <th style="width: 10%;">非常に悪い</th> </tr> <tr> <td>・風景全体について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・砂防設備について</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>・風景全体と砂防設備の調和の状況</td> <td colspan="7" style="border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> </table> <Q 2> 今まで見ていただいた7カットの写真を風景全体と砂防設備が調和していると思う順序に並べて下さい。また、景観としてゆるせると思うものとゆるせないと思うものの境界に線を引いて下さい。		非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況									非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況									非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い	・風景全体について								・砂防設備について								・風景全体と砂防設備の調和の状況							
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	
	非常に良い	良い	やや良い	どちらか	やや悪い	悪い	非常に悪い																																																																																																																																																																																																																										
・風景全体について																																																																																																																																																																																																																																	
・砂防設備について																																																																																																																																																																																																																																	
・風景全体と砂防設備の調和の状況																																																																																																																																																																																																																																	

3.2 実験結果と考察

3.2.1 7段階尺度法

実験結果は表－3.3及び図－3.1及び図－3.2のとおりであり、全体的に極端な評価（非常によい、又は非常に悪い）は少なく、あいまいな評価（「ややよい」～「やや悪い」）が80％前後を占めた。

1) 風景全体について

全体的に評価は低く、「非常によい」と評価されたものは全くなかった。特に写真－3.1及び写真－3.7は評価が低く、よい評価（「ややよい」以上）は、各々11人（22％）に止まった。一方、写真－3.4及び写真－3.5はよい評価が各々25人（50％）、26人（52％）と半数であった。

また、許せる評価（「どちらとも言えない」以上）では、写真－3.1が22人（44％）と低いのに比べ、他の写真では26～35人（52～70％）と過半数の者が許せると評価しており、現況（写真－3.1）では評価が低かったものが、コンクリートの表面処理を行うことにより、少なくとも過半数が許せる風景に改善できる可能性が示唆された。

2) 砂防設備について

全体的には「風景全体について」とほぼ同様の傾向を示したが、許せる評価では、現況（写真－3.1）を含め全ての写真が26～40人（52～80％）と過半数であり、特に写真－3.4、写真－3.5、写真－3.6については、75％以上の者が許せると評価している。なお、写真－3.7については、よい評価及び許せる評価ともに現況（写真－3.1）よりも低い評価であり砂防設備としてそのデザインについて再考の必要性が示唆された。しかし、砂防設備そのものは比較的高く評価されており、さらに表面処理を行うことにより大半の者から許せる評価を得ることができると示唆された。

表- 3.3 7段階尺度法評価結果

(単位：人、被験者数：50)

写真 No.	項 目	非常に よい	かなり よい	やや よい	どちらとも いえない	やや 悪い	かなり 悪い	非常に 悪い
3.1	風景全体	0	2	9	11	9	13	6
	砂防設備	0	1	13	14	8	8	6
	調和の状況	0	4	8	7	9	13	9
3.2	風景全体	0	2	12	13	17	5	1
	砂防設備	0	0	16	17	13	3	1
	調和の状況	0	2	13	10	20	3	2
3.3	風景全体	0	4	15	16	9	6	0
	砂防設備	0	3	18	14	11	4	0
	調和の状況	0	5	11	16	13	5	0
3.4	風景全体	0	2	23	8	15	2	0
	砂防設備	1	4	20	15	7	3	0
	調和の状況	1	4	14	12	18	1	0
3.5	風景全体	0	6	20	9	11	4	0
	砂防設備	1	9	22	6	10	2	0
	調和の状況	1	13	13	9	11	3	0
3.6	風景全体	0	7	12	10	17	4	0
	砂防設備	1	6	17	15	8	3	0
	調和の状況	1	9	16	8	14	2	0
3.7	風景全体	0	3	8	15	14	9	1
	砂防設備	0	3	9	14	15	6	3
	調和の状況	0	2	9	10	19	9	1

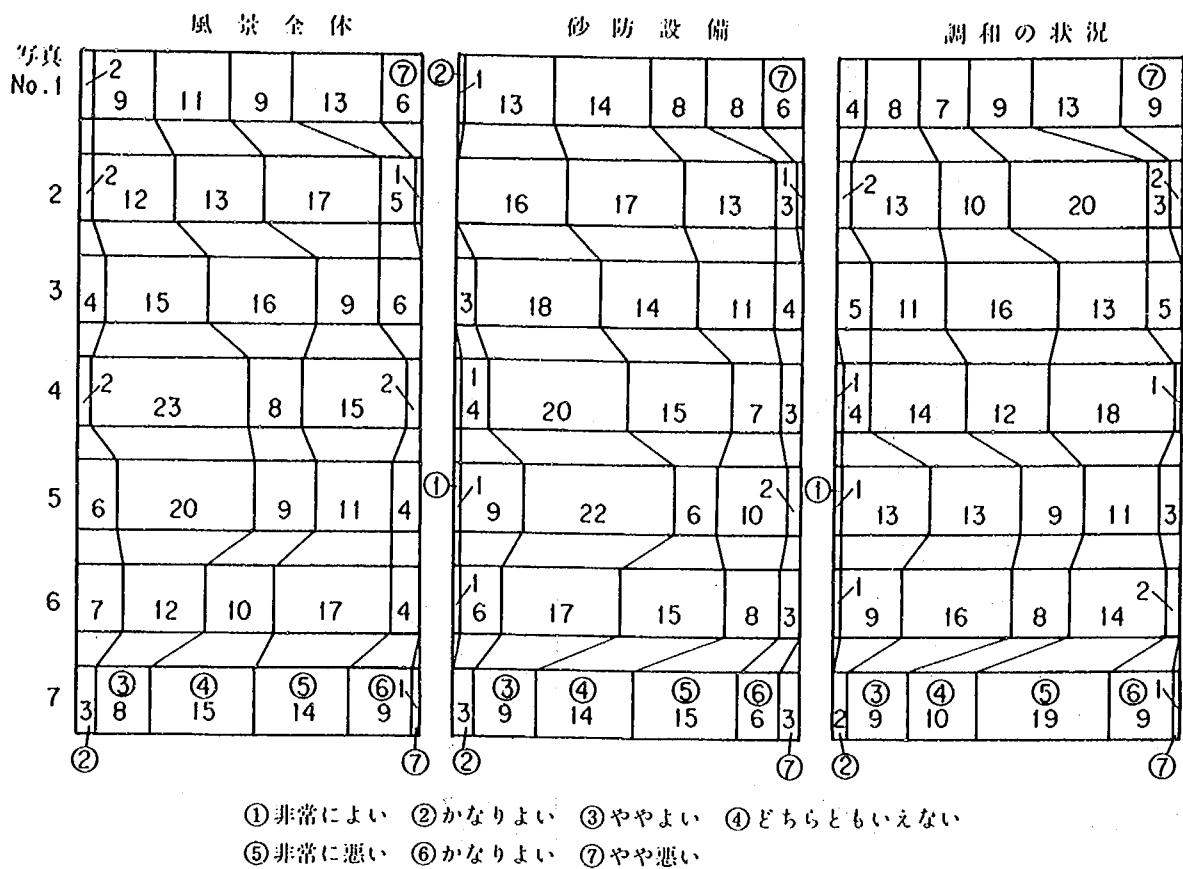


図-3.1 7段階尺度法評価結果 ①
(単位:人, 被験者数:50)

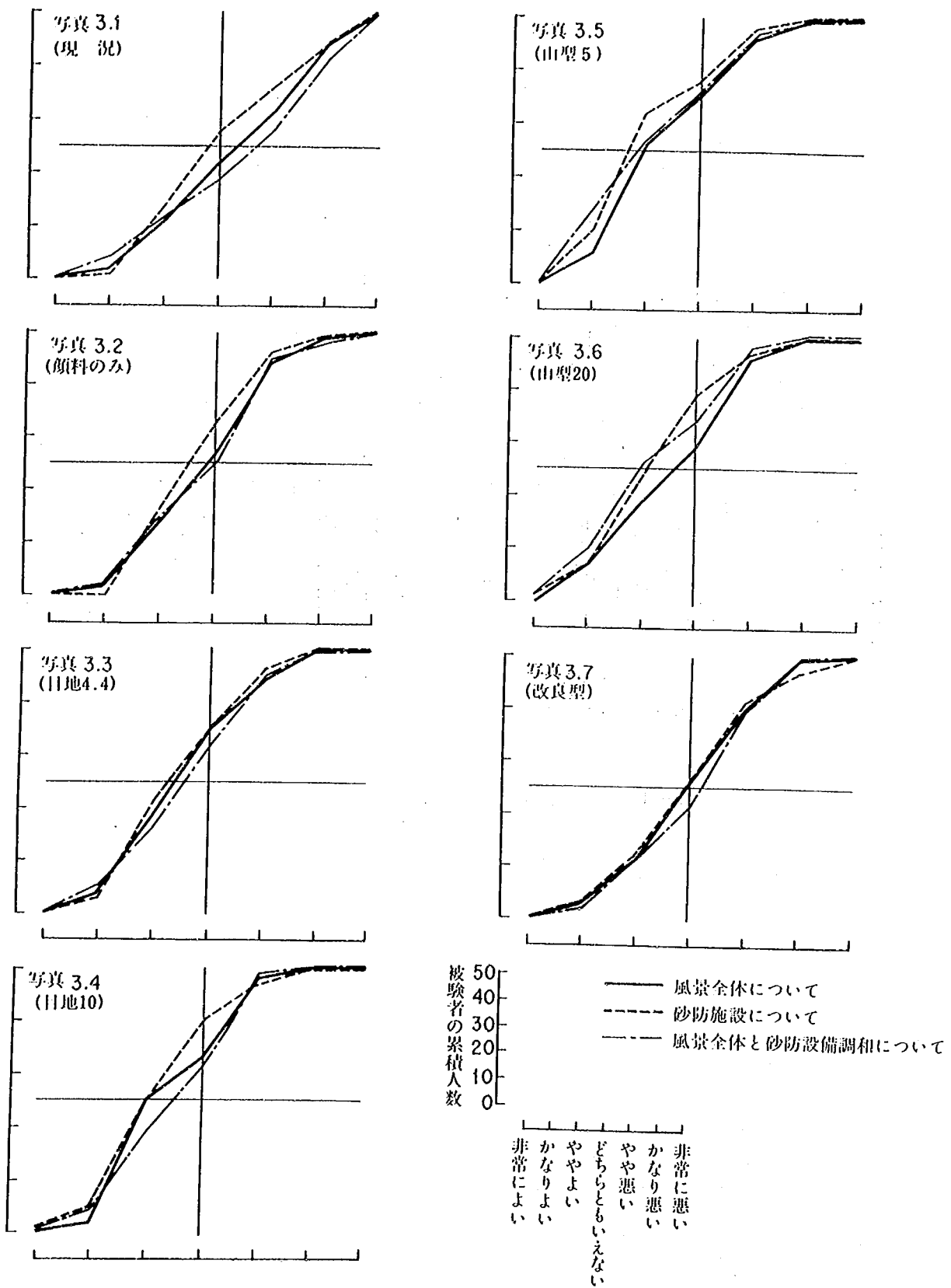


図-3.2 7段階尺度法評価結果②

3) 調和の状況について

風景全体と砂防設備の調和の状況についても、「風景全体について」とほぼ同様の傾向を示したが、よい評価が過半数であったのは写真－3.5及び写真－3.6（山型5及び山型20）であり、本実験の風景とは山型が調和することが示唆された。

また、許せる評価で過半数に満たなかったのは現況（写真－3.1）に加え、写真－3.7が挙げられた。

4) 考察

これら得られた評価について、点数化し、各々の平均値を求めた。

点数化については、+3：非常によい、+2：かなりよい、+1：ややよい、±0：どちらともいえない、-1：やや悪い、-2：かなり悪い、-3：非常に悪いとした。その結果は表－3.4及び図－3.3のとおりである。

全体的にどちらとも言えないとの評価を得ており、現況（写真－3.1）よりは高い評価となっているが、写真－3.2（顔料のみ）及び写真－3.7では、負の平均値を得ている。

また、評価項目別に見ると、写真－3.6及び写真－3.7を除き、砂防設備が最も高く評価されており砂防設備としては比較的よいが、調和が悪いため風景全体としても評価が悪くなる傾向がみられた。

表-3.4 点数化結果

写真No.	風景全体	砂防設備	調和の状況
3.1	-0.80	-0.56	-0.92
3.2	-0.28	-0.12	-0.30
3.3	0.04	0.10	-0.04
3.4	0.16	0.36	0.10
3.5	0.28	0.56	0.50
3.6	0.02	0.36	0.38
3.7	-0.22	-0.46	-0.54

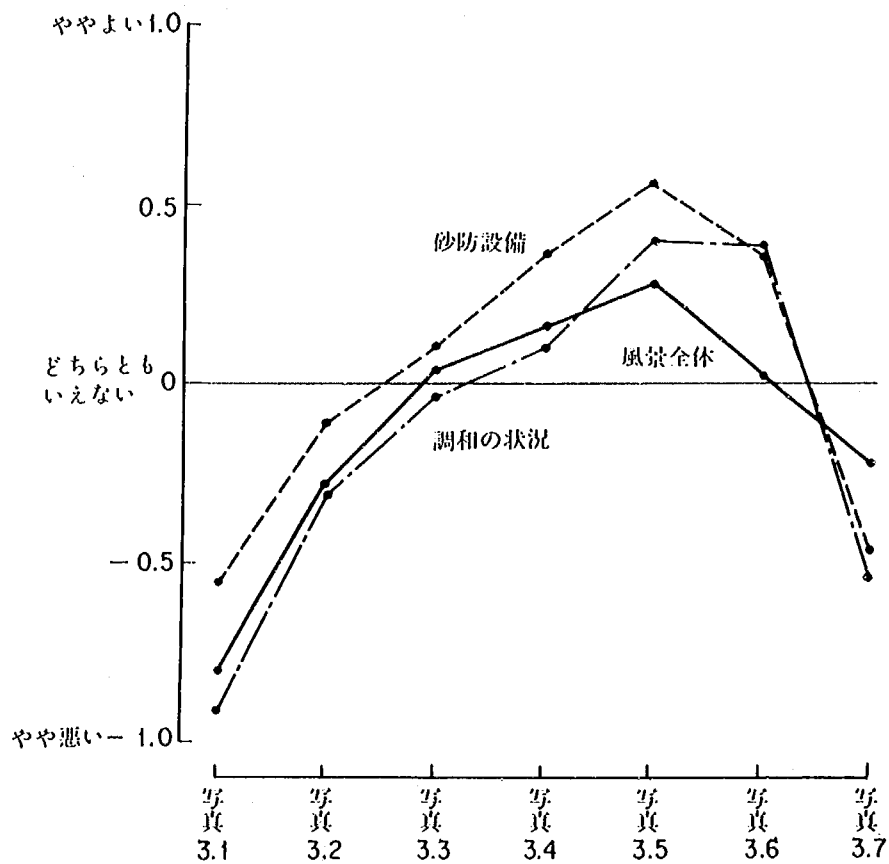


図-3.3 7段階尺度法評価結果③

3.2.2 順序付け等

1) 順序付け

実験結果は表-3.5及び図-3.4のとおりである。

写真-3.1及び写真-3.2は下位(6,7位)にランクされることが多く、写真-3.3及び写真-3.4は中位(3,4,5位)にランクされることが多かった。また、写真-3.5及び写真-3.6は上位(1,2位)にランクされることが多かったが、写真-3.6は下位にランクされることも多く、評価が分かれた。写真-3.7については評価も定かではなかった。

以上のように、現況(写真-3.1)や顔料のみ(写真-3.2)に比べ、表面処理を行ったものの方が上位にランクされており、表面処理により風景としてよりよいものが創造できることが示唆された。なお、山型(写真-3.5及び写真-3.6)の方が目地(写真-3.3及び写真-3.4)よりも上位にランクされることが多いが、山型の凸高さが大きい山型20では平均順位は目地とほぼ同様になり、好き嫌いが著しくなる傾向がみられた。このことから設置する位置や周囲の状況に応じて、山型と目地を使い分ける必要性が示唆された。

表-3.5 順序付け評価結果

写真No	第1位	第2位	第3位	第4位	第5位	第6位	第7位	平均順位
3.1	5	1	1	7	4	8	24	5.5
3.2	4	6	8	2	4	22	4	4.6
3.3	5	9	9	18	6	2	1	3.4
3.4	6	8	8	8	18	1	1	3.6
3.5	13	15	5	5	5	6	1	2.9
3.6	14	8	3	6	5	5	9	3.6
3.7	3	3	16	4	8	6	10	4.4

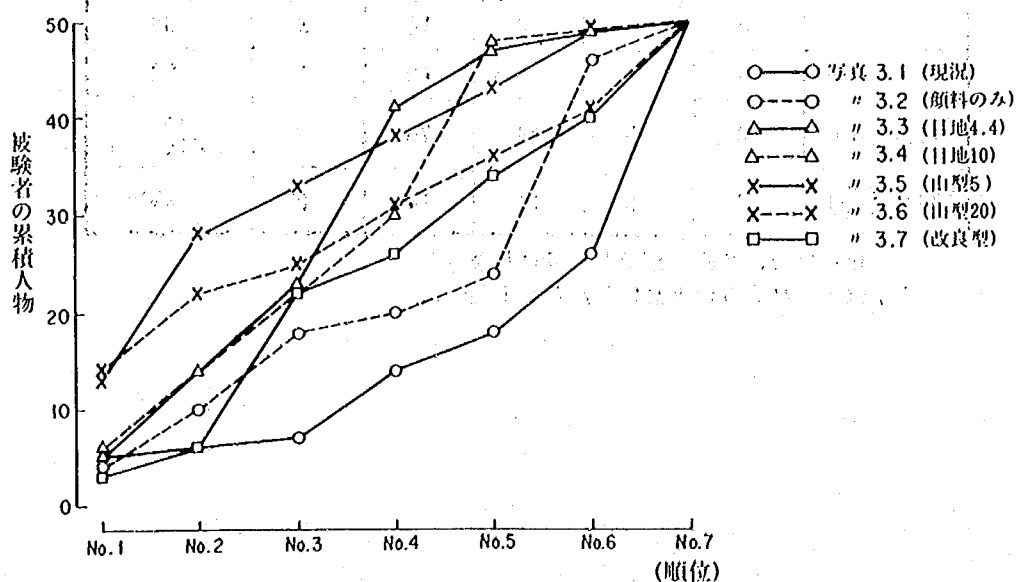


図-3.4 順序付け評価結果

2) 許せる評価

上述の順序付けに関し、風景として許容できる範囲を示す許せる評価については、表-3.6に示した。

被験者50人に対し、合計185枚(52.9%)が許されると評価された。許せる枚数は2~6枚で、1枚だけ又は7枚全部許せると評価した者はなく、7枚全部許せないと評価したものが1名いた。平均の許せる枚数は3.7で過半数が許された。

写真別にみると、現況(写真-3.1)、顔料(写真-3.2)及び改良型(写真-3.7)は11~23人(22~46%)と許せると評価した者は半数に満たなかった。

山型及び目地(写真-3.3~写真-3.6)は、31~34人(62~68%)が許せると評価しており、その差はほとんどなかった。

これらのことから、現況では約2割しか許されなかったものが、表面処理を行うことにより、6割以上が許すようになり、表面処理の効果が、かなり期待できることが示唆された。

表-3.6 許せる評価結果

写 真 No.	n 枚許せる時に許された回数 *1					合 計
	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	
3.1	0	2	4	4	1	11
3.2	1	7	5	7	2	22
3.3	2	6	9	13	2	32
3.4	2	8	5	14	2	31
3.5	5	7	8	12	2	34
3.6	4	8	8	10	2	32
3.7	0	7	5	10	1	23
合計(a)	14	45	44	70	12	185 (平均3.7)
回数($\frac{a}{n}$)	7	5	11	14	2	49*2

* 1: 1枚だけ及び7枚全部許した者はなかった。

* 2: 7枚全て許しないと評価した者が1名いた。

3) 順序と許せる評価

上述の順序と許せる評価に関し、順序だけでは写真－3.5が最も高く評価され、写真－3.3、写真－3.4及び写真－3.6がほぼ同様の値で続いたが、許せる評価だけでは、写真－3.3～3.6が高く評価され、その差異はみられなかった。

そこでここでは、この両者を合わせ、さらに、少ない枚数だけ許された場合と多くの枚数許した場合での評価の重みが違うと思われることから、重み付けをした点数化によって解析を試みた。

点数化に当っては、許される側に＋100点、許されない側に－100点を与え、順序によって点数に重み付けをした（表－3.7）。

重み付けした点数の結果は、表－3.8及び図－3.5のとおりであり、全体として7段階尺度法の点数化結果と同様の結果が得られた。

現況（写真－3.1）が最も低い値であるが、顔料のみ（写真－3.2）や改良型（写真－3.7）では負の値を示して、山型又は目地（写真－3.3～3.6）で正の値を示している。最も高い値を得たのは山型5（写真－3.5）である。

これらのことから、表面処理により現況より高く評価されるが、顔料のみでは効果は薄く、山型又は目地により風景として許されるものに改善できる可能性が示唆された。

また、目地よりも山型の方が効果が大きい場合もあるが、凸高さが大きくなると逆効果になる可能性が示唆された。

表－3.7 点数化の基準

許された枚数	第1位	第2位	第3位	第4位	第5位	第6位	第7位
0	－4	－7	－11	－14	－18	－21	－25
2	100	－5	－10	－14	－19	－24	－29
3	67	33	－7	－13	－20	－27	－33
4	50	33	17	－10	－20	－30	－40
5	40	30	20	10	－17	－33	－50
6	29	24	19	14	10	5	－100

表-3.8 点数化結果

写真 No.	平均点
3.1	-25.5
3.2	-6.9
3.3	8.5
3.4	8.6
3.5	15.3
3.6	6.3
3.7	-8.3

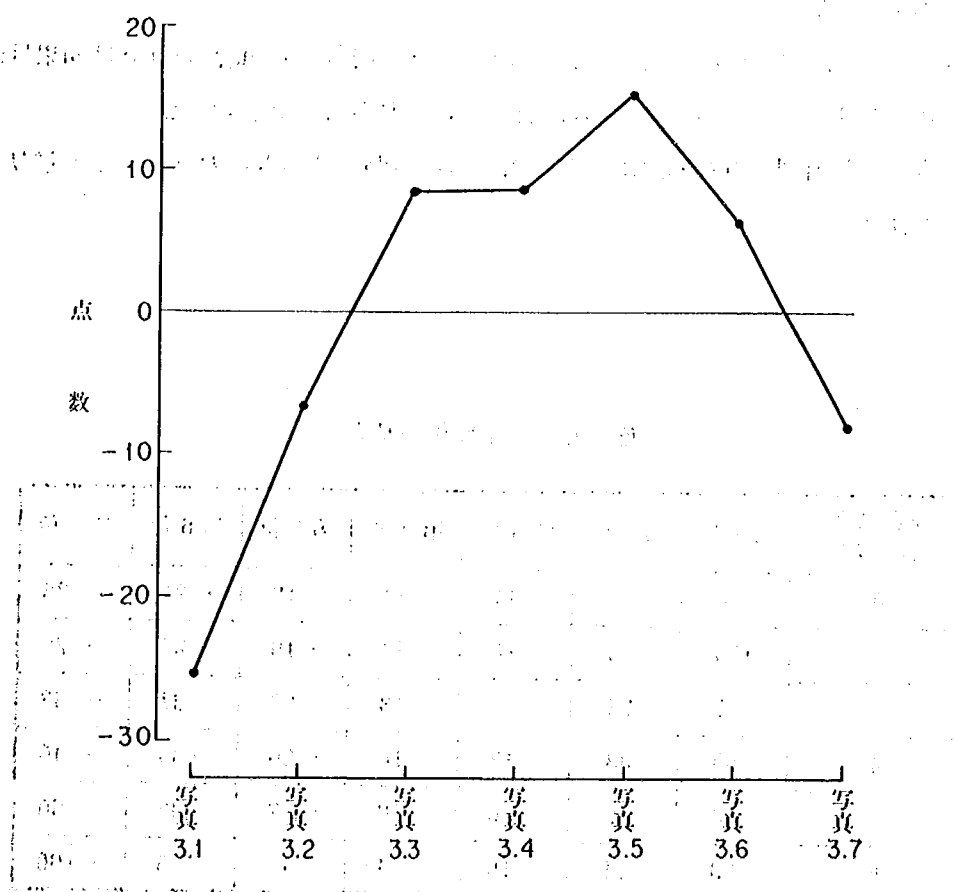


図-3.5 点数化結果

4. ま と め

4.1 コンクリート表面に凹凸をつける方法

1) 陰影のでき方

(1) 基本条件

コンクリート表面に陰影ができるためには、ある程度の照度が必要である。これは天候及び太陽光線の量（時間、季節によって異なる）によって決定される。まず、天候については晴天時及び比較的明るい曇天時には陰影ができるが、それ以外では陰影ができない。これは、太陽光線が平行線に近い状況で入射して来るか、乱反射して入射して来るかによるためである。

また、太陽光線の量については、昼間には陰影ができるが、夜間にはできないことから明らかにある照度が陰影ができるか否かの限界値となる。今回行った実験から、40,000 Lux 程度がこの限界値と考えられる。

(2) 陰影形成の要因

(1)の基本条件のもとで陰影ができるか否かを決定するのは、コンクリート面への太陽光線の入射角である。これは大きく3つの要因に分けられる。

1つは太陽の位置である。太陽の位置はその高度、方位によって決定され、これは時間や季節によって異なる。

次に考えられるのは斜面の方位である。日本の場合、傾斜面が北以外にあることが必要である。

3つめに考えられるのはブロック表面の形状である。今回検討した形状については、目地は凹部の幅及び深さ、山型については山の高さが決定要因となる。

2) 陰影の見え方

陰影の見え方は、視感覚及び視点と砂防設備の位置関係によって異なる。視感覚については、色の認識と見た目の印象に分けられる。

色の認識については陰影のできる部分とできない部分との対比で異なる。一般的に色は明度、色相、彩度の3つの要因で構成され、陰影ができることより、これらの要因は変化する。

今回の実験では、コンクリートの色がグレイであり、色相及び彩度がないため、明度だけが変化することとなる。そのため、陰影ができることによる明度の低下の割合が見え方に影響を与える。この明度の低下の割合は照度により変化する。ただし陰影のできない部分の明度は照度によって大きく変化しないため、陰影のできる面の明度の低下が問題となる。今回の実験では40,000 Lux以上で明度が1下がり、70,000 Lux以上で明度が2下がることがわかった。

次に、見た目の印象は1つのブロックの中での陰影のできる面の質や量によって異なる。量の違いはブロックの単位面積当りの陰影のできる面の量の大小による。また、質の違いは陰影のできるパターンにより、今回の実験では、アンケート結果から目地のように縞状のものと山型のように面的なもので印象が異なることがわかった。

視点とブロックの位置関係については、距離と視線入射角（水平角、垂直角）に分けられる。

距離については砂防設備の視野内での大きさの変化、距離による色の変化がある。視野内の大きさは距離が大きくなるに従って小さくなる。色の変化は今回の実験（最長 100 m）では明らかでないが、一般的に距離が大きくなると明度は大きくなる。

視線入射角は水平角及び垂直角に分けられるが、砂防設備の視野内での大きさが変化する。今回の実験では水平角について数地点から調査したが、視線入射角が異なると見え方が異なることが明らかとなった。特に山型ブロックでは印象の変化が大きい。

4.2 顔料を混合する方法

色をつけた砂防設備の見え方は、陰影の見え方と同様、視感覚及び視点と砂防設備の位置関係によって異なる。

視感覚はこの場合、色の認識であり、コンクリート表面の明度の違いにより見え方が異なる。今回のアンケート調査からコンクリートの明度は小さい方がよい印象であることがわかったが、これは水山らの報告でも明度 2～3 が最も好ましく、明度 5 以下なら周辺環境と調和するとしている結果と一致している。

コンクリート表面の明度は、視点とブロックの距離によって変化し、距離が大きくなると明度が上がる。

4.3 着色と凹凸をつける方法

陰影のでき方は 4.1 と同様である。また見え方についても基本的には 4.1 及び 4.2 と同様であるが、色の認識について、陰影のできる部分とできない部分の明度の差の見た目の印象が異なる。明度の低下の度合は着色の有無によって変化はしないが、高明度での明度の差と低明度でのそれでは前者の方がコントラストが強く出る可能性がある。

お　わ　り　に

コンクリート表面に凹凸をつける方法及び色をつける方法により、壁状のコンクリート構造物を周辺環境と調和したものに変わることがわかった。凹凸による方法は、天候等の条件が必要であり、また、コントラストが強すぎることや視点の位置により見た目の印象が大きく異なる可能性がある等の問題点がある。また、色による方法では、視点からの距離が大きいと色の効果が減衰する傾向がある。

しかし、これらの問題は、凹凸をつける方法と色をつける方法を組合せることにより解決できる点が多く、併用することが好ましいと思われる。この方法について今後さらに研究する必要があると思われる。

参 考 文 献

- 1) 水山高久, 中野陽子: 砂防ダムコンクリートの明度の経年変化, 新砂防 Vol. 41, No 5, pp. 30 ~ 31, 1989年1月
- 2) 村田正信: 南北備讃瀬戸大橋のアンカレイジ表面仕上, 本四技報, No 23, 1983年, p 24

環境を考慮したコンクリート
表面処理に関する研究

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2852号
平成2年1月(1990)

要 旨

水山高久, 阿部宗平, 矢島重美

砂防設備を周辺環境と調和させる工法の事例を整理し, その工法を体系化した。
また, 周囲の自然環境に調和する砂防設備のコンクリート表面の処理方法とその
効果を評価する方法を検討し, コンクリート表面に凹凸をつける方法と, コンク
リートに顔料を混ぜる方法を試験し, 最適な方法を提案した。

キーワード: 環境, 砂防, コンクリート表面処理, 環境評価試験



郵便はがき

四十一円切
手をはって
下さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
砂防研究室 行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2852 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印