

走行困難な砂利道に適用した安定処理工法の効果

齋藤 二郎
西林 清茂

細谷 芳巳
濱 真一
(野洲川工事事務所)

Effects of Stabilization Methods Applied to Gravel Roads of Poor Trafficability

Jiro Saito Yoshimi Hosoya
Kiyoshige Nishibayashi Shin-ichi Hama

Abstract

In general, transport roads for construction work are built utilizing local materials and almost all of these materials can be used without trouble. However, in case of gravelly soils consisting of rounded uniform particle sizes, with moreover, high content of coarse gravels, compaction is not possible and trafficability is extremely poor.

This report clarifies the causes of such phenomena encountered in river improvement works through laboratory soil tests, and further, introduces the results of gradation adjustment and in-situ tests of effects of cement stabilization methods adopted as countermeasures.

As a result, it was confirmed that roads with gradation merely adjusted supplementing particle sizes lacking were effective in improvement of the situation of impossible compaction and poor trafficability, but there was susceptibility to influences of meteorological actions such as the impairment of trafficability due to rainfall and flying up of dust when dry. In contrast, with roads with gradation adjustment further stabilized with cement, not only were compaction and trafficability properties greatly improved, but it was also found that variations in the environment could be amply coped with.

概 要

一般に、工事用運搬道路は現地材料を利用して仮造成されるが、そのほとんどが支障なく供用できる。しかし、現地材料が丸い均一な粒径で、しかも粗粒土を主とするような砂礫質土では、転圧不能・走行不能といった現象が生じる。

本報告は、河川改修工事で遭遇したこのような現象の原因を室内土質試験により明らかにし、さらに、その対策案として採られた粒度調整・セメント安定処理工法の効果を現場試験の結果とともに紹介するものである。不足粒度を補足しただけの粒度調整道は、このような材料の転圧性能・走行性能の改善には有効であるが、降雨時のトラフィックビリティ低下、埃のまき上る現象など気象作用の影響を受け易いことがわかった。これに対し、粒度調整土をさらにセメント安定処理したものは、転圧性能・走行性能を大幅に改善できるだけでなく、環境の変化にも十分対応できることが判明した。なお、当工事は建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所のもとで実施したものである。豊田高司所長をはじめ関係各位の指導および御協力を得たことをここに付記し、深謝いたします。

1. まえがき

従来、工事用運搬道路はダンプトラックなどがごく普通に運行できる程度、または最小限の維持経費をもって障害なく交通できる程度に現地土砂を利用して上層に砂、碎石などを敷いただけのいわゆる土質道が主である。これらの道路は、一般の走行道路造成にみられるような厳しい材料の選択、転圧・締固め、整形・仕上げは行なわれなくても、造成時における走行機械のくり返し転圧に

より、供用時にはほとんど支障のない状態になっているのが通例である。

ところが、今回ここに取り上げたような現地材料が比較的均一な丸い粒径で、しかも粗粒土を主とする河川砂利による道路造成では転圧不能、走行不能といった現象が生じる。

本文は、琵琶湖に注ぐ野洲川の河川改修工事で遭遇した事例をもとに、工事用運搬道路という制約条件を考慮して対処した粒度調整・セメント安定処理工法の効果に

ついて室内土質試験結果および現場試験結果とあわせて述べるものである。

2. 工事概要¹⁾

野洲川は水量の多い天井川であり、図-1に示すように、現南流と現北流の2方向に分れて琵琶湖に流れ込んでいる。工事は、この現南・北流を廃川にして水の流れを一本化し、河幅を現在の約100mから約300mに拡幅するための掘削・運搬が主となる。延長距離は約4kmであり、掘削土量は約130万m³であるが、工事期間が6ヶ月と短く、稼働日数を考えると1日当りの運搬土量は1.2万m³近くなる。このため、運搬は重ダンプトラック（積載重量約60トン）が計画されたが、重交通でしかも使用頻度の激しい工事用道路造成の良否が当工事の決め手となる。

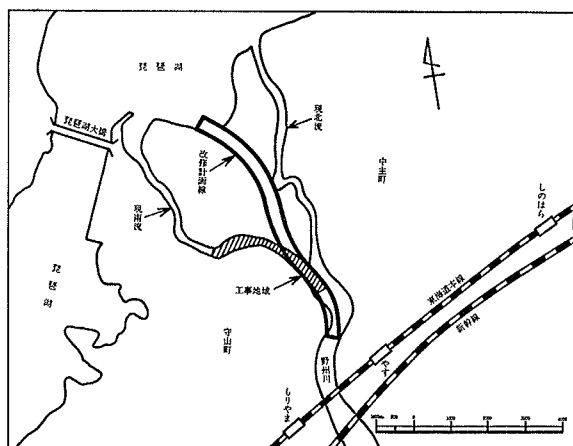


図-1 改修工事位置図

3. 現地土砂による造成道路の走行状況と対策

現状の河川砂利により、図-2に示す6種類の道路を造成し、転圧・走行試験を実施した。

使用機械は以下のとおりであり、結果を写真-1~5に

TYPE	模 式 図	造 成 法
a		現状低水敷の表面をブルドーザで地均したものの
b		TYPE aの上に砂質土を盛ったものの
c		TYPE aの上にTYPE bと同じ土取場の玉石混り砂を盛ったものの
d		TYPE aの上に現場上部の表土を盛ったものの
e		現状低水敷の上に、同じく現状低水敷の砂礫を盛ったものの
f		現状低水敷に側溝を設けただけで、手を加えないもの

図-2 現地土砂による造成道路の種類

示す。

- 掘 削: バックホー RH-9 (0.9m³)
- 運搬・走行試験: 11トンダンプトラック
- 整 地: D50P ブルドーザ
- 転 圧: 8トン(空)タイヤローラ, 10トンマカダムローラ

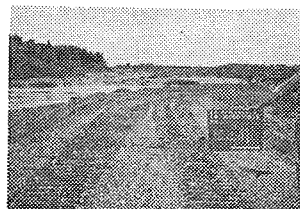


写真-1 (Type a)

現況低水敷のブルドーザによる敷均し直後の状態

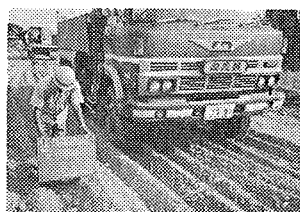


写真-2 (Type f)

11トンダンプトラックによる走行試験結果 タイヤのめり込み現象

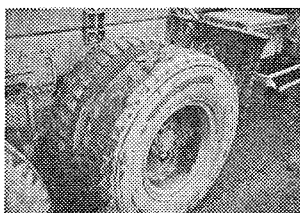


写真-3 (Type e)

タイヤのから回りによる摩耗現象 (鉄線の露出)

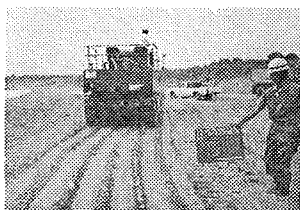


写真-4 (Type c)

タイヤローラによる転圧試験結果 わだちが残り、転圧効果なし



写真-5 (Type d)

くり返し走行による細粒表土のもぐり込みと砂礫の露出現象

転圧・走行試験の結果、Type d 以外は写真にみられるように転圧不能・走行不能であった。Type d の11トンダンプトラックによる低速走行は可能であったが、他に次のような現象が認められた。

- (1) 降雨後の路面はぬかるみ、走行不能となる。
- (2) 乾燥時、特に 30 km/h 以上の走行時には激しく埃が立つ
- (3) くり返し走行により表土が現地盤中にもぐり込む (写真-4)
- (4) 急ブレーキ、急発進、旋回、バウンドにより路面

が凹凸状になる

以上のように、Type a から Type f まで現地河川敷内に存在する土砂で道路を造成したが、全く走行不能か、あるいは走行できても外的気象条件、走行条件により現状のままでは工事用道路としての機能を果さないことが判明した。

ところで、当工事における運搬道路の造成に当っては、

- (イ) できる限り現地土砂を利用すること、
- (ロ) 約6ヶ月の使用に耐えられる構造であること、
- (ハ) 重ダンプの走行に支障（補修は可）がないこと、
- (ニ) 経済的に低廉であること、
- (ホ) 防塵効果を発揮すること、

といった制約条件があるが、工事用仮設道路であることを考慮し、あくまでも現地土砂を利用した土質道の造成を目標として、粒度調整土あるいはセメント安定処理工を基本対策工として選んだ。

検討の進め方は、まず室内土質試験により現状土および粒度調整土、セメント安定処理土の基本特性を明確にし、現場試験によりその効果を把握して本工事の施工仕様を決定するものとした。

4. 室内土質試験による検討

4.1. 試験方法

4.1.1. 現地造成材料 利用できる造成材料としては下記の4種類である。

- No. 1 玉石混り砂礫（主材料）
- No. 2 表土（堤防材料）
- No. 3 均等質砂
- No. 4 混合砂礫

4.1.2. 試験法 物理特性を把握するため含水比、粒度、コンシステンシー試験を実施し、また力学特性を把握するため締固め、CBR、一軸圧縮試験を実施した²⁾³⁾。

4.2. 現状土の基本特性

試験結果をまとめて表一1に示す。

使用材料	自然含水比 W %	比重 G	最大乾燥密度 γ_d^{max} g/cm ³	最適含水比 Wopt %	液性限界 LL %	塑性限界 PL %
NO1	2.0	2.57	1.99	5.0	18.8	N.P
NO2	9.2	2.61	1.75	15.4	24.0	N.P
NO3	1.8	2.59	1.74	6.0	N.P	N.P
NO4	2.4	2.63	2.04	5.0	19.6	N.P

表一1 現状土砂の室内土質試験結果

4.2.1. 物理特性 比重はいずれも2.6前後であり、自然含水比も2~9%と小さい。特に、コンシステンシーで N.P 表示されるものが多く、粘土分の少ない砂質土であることがわかる。

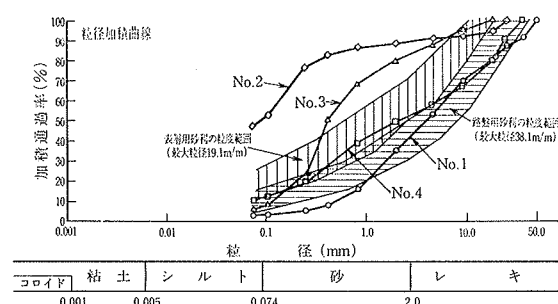
4.2.2. 締固め特性 均等質な表土 (No. 2)、砂 (No.

3)の最大乾燥密度は $\gamma_d^{max}=1.75$ 程度であるが、礫分を適当に含む No. 1, No. 4 では $\gamma_d^{max}=2.0$ 前後と密度が大となる。自然含水比と最適含水比の値から、現状土に3~4%の水が供給された場合に最も良く締固まることがわかる。

4.2.3. 砂利道としての適用性 現状土の粒度試験結果を路盤用砂利あるいは表層用砂利の粒度範囲規定⁴⁾と比較したものが図一3である。図から明らかなように、

- No. 1 礫分が多く、細粒分が少ない、
- No. 2 逆に礫分が少なく、細粒分が多い、
- No. 3 細粒分は適当だが、余りにも均等質な砂、
- No. 4 礫分が多すぎ、細粒分も下限に近い、

となり、いずれも規定外であり、現状土砂での転圧不能走行不能がこの結果からも理解できる。



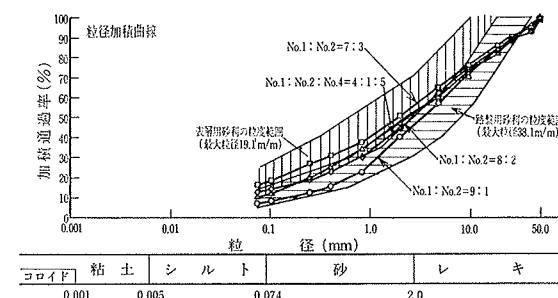
図一3 現状土の砂利道としての適用判定

4.3. 粒度調整土の特性

現状土の粒度試験の結果、細粒分の不足が明らかとなったので、規定範囲内に収まるよう細粒表土 (No. 2) を補足材料とし、玉石混り砂礫土 (No. 1) を主材料とした粒度配合を以下のように定めた。

- イ. No. 1:No. 2=7:3
- ロ. No. 1:No. 2=8:2
- ハ. No. 1:No. 2=9:1
- ニ. No. 1:No. 2:No. 4=4:1:5

4.3.1. 粒度特性 上記のように配合した場合の粒度加積曲線を算定し、先の表層用砂利、路盤用砂利の粒度規定と比較したものが図一4である。規定外の粗粒な礫を約10%含んでいるが、ほぼ規定の範囲内に収まって



図一4 粒度調整土の粒度分布

いる。

4.3.2. 締固め特性 図-4に粒度調整土の締固め試験結果を示す。図より、細粒表土 (No. 2) の増加に伴って最適含水比

W_{opt} は増加し、逆に最大乾燥密度 γ_d^{max} は小さくなっていく。しかし、表-1に示した現状土の値と比較すると粒度調整土の締固め効果が大きく改善されていることがわかる。

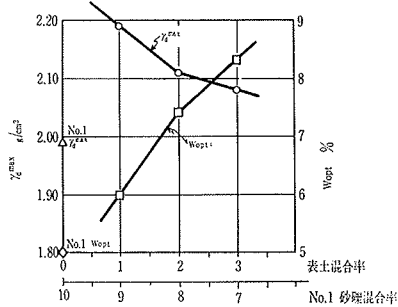


図-5 粒度調整土の配合と締固め特性

4.4. セメント安定処理土の強度特性

現状土の土質改良のため、4.3. で定めた粒度調整土に、セメントを添加してその強度特性を調べた。セメント混合率は、自然含水状態の粒度調整土重量に対し、3%、5%、7%の3種類とし、混合時に加える水は、現状土の最適含水比に相当する量とした。

図-6は、粒度調整土のセメント混合率と一軸圧縮強度の関係を示したものである。セメント混合率の増加により一軸圧縮強度も増加している。また、表土の混合率が少なくなる

ほど強度は増加しており、礫質土に近いものほど大きな強度を示している。図中には粒径の非常にそろった砂 (No. 3) の場合も示しているが、粒度調整土に比べ強度は小さい。

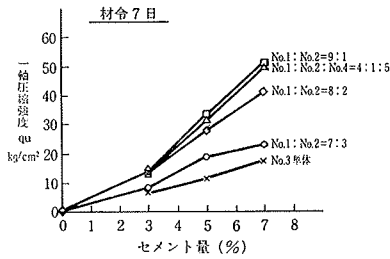


図-6 セメント安定処理土の一軸圧縮強度

5. 現場試験による検討

5.1. 試験概要

5.1.1. 試験目的 室内土質試験により、基本的対策工法として選ばれた粒度調整およびセメント安定処理工法が有効であることが判明した。しかし、室内土質試験の結果はあくまでも標準の規定にもとづく実験結果であり、現地における実際の混合効果、施工性、重ダンプトラックの走行性、防塵効果、降雨後の状況などについては予測し難い。現場フィールド実験の目的は、こういっ

た問題点を明らかにし、本工事の仕様を定める資料とすることである。

5.1.2. 現場フィールドの規模 現場フィールドは、図-7に示すように現状土単独道路、セメント安定処理道路、粒度調整道路の比較のために5工区を定めた。1工区の大きさは、トラックの車幅、走行距離を考慮して6m×30mとした。造成場所は、現地河川敷内である。

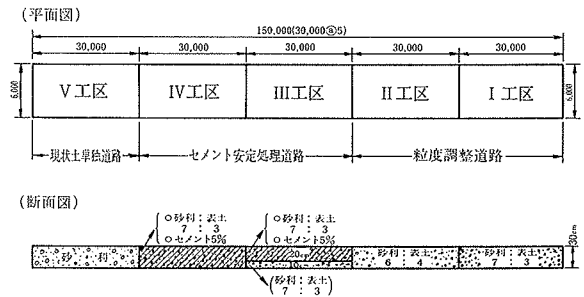


図-7 現場フィールドの規模と仕様

5.1.3. 工区仕様 I工区、II工区は粒度調整道路である。室内試験の結果から、I工区の配合は砂利7、表土3を採用したが、図-4の粒度分布から粒径20mm以上の礫が約15%含まれていることより、II工区における表土の割合を増すこととした。

III工区、IV工区は、セメント安定処理道路である。いずれも砂利7、表土3の粒度調整土にセメント5%混合したものであるが、III工区は下部10cmをセメント処理しないで残している。

V工区は現計画の砂利単独道路である。

5.1.4. 施工機械

施工機械の一覧を表-2に示す。

使用機械	用途
ブルドーザ D50P	表土、砂利のまき出し、整地
バックホー 0.9m ³	表土、砂利の投削、積込み
タイヤローラー 8-10t	転圧、散水
マカダムローラー 10-12t	転圧(表面仕上げ)
ロードスタビライザー(シーマン型)	攪拌混合
ダンプトラック 11t	表土、砂利の運搬

5.2. 施工状況

代表的なセメント安定処理道の施工状況を写真-6~12に示す。

表-2 施工機械一覧



写真-6

ブルドーザによる整地

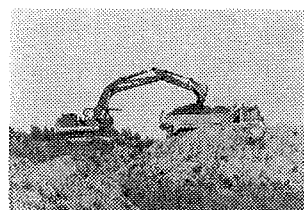


写真-7

バックホーによる表土の積込み

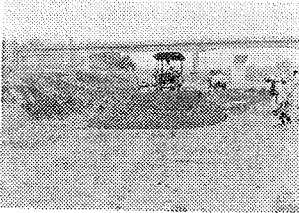


写真-8
ブルドーザによる表土のまき出し
(1層10cm×3層)



写真-9
セメントの散布
(100kg/1m³)

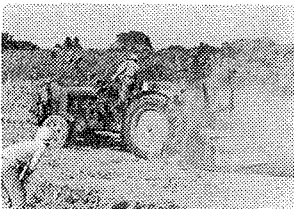


写真-10
スタビライザーによる攪拌 (2往復)

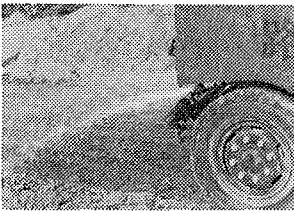


写真-11
タイヤローラによる散水と転圧

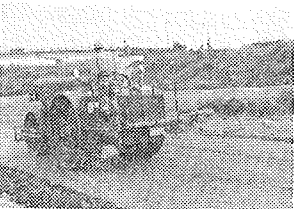


写真-12
マカダムローラによる表面仕上げ

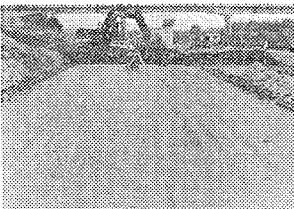


写真-13
仕上り状況
(第Ⅲ工区)

5.3. 試験結果

5.3.1. 現場密度, 含水比 砂置換法によって求めた現場密度, 施工含水比の結果を表-3に示す。

現場密度は室内実験値と比較して90%以上確保されており, また施工含水比は8

工区	乾燥密度 γ _d g/cm ³	室内試験値 γ _d g/cm ³	締固め度 (%)	現場含水比 W (%)
第Ⅰ工区	1.89	2.08	91.2	9.0
第Ⅱ工区	1.83	—	—	11.4
第Ⅲ工区	2.06	2.08	99.5	8.5
第Ⅳ工区	1.91	2.08	91.9	8.9
第Ⅴ工区	—	—	—	—

表-3 現場密度・施工含水比

~11%と図-5の室内実験結果と比べて若干大きいがほぼ良好な施工結果を示している。

5.3.2. 走行試験 走行試験は降雨後の路面で実施した。走行車輛は, 11トンダンプトラックと30トンリアダンプトラックを使用し, 空車時および積載時について, トラック重量の相違, 急ブレーキ・急発進時の状況, 走行回数とわだち深さなどについて調査した。使用した11トンダンプトラックと30トンリアダンプトラックの仕様を表-4に示す。

	車 輛 総重量 (kg)	前 軸 重 量 (kg)	後 軸 重 量 (kg)	輪 荷 重 (kg)	接 地 積 面 (cm ²)	接地圧 (kg/cm ²)
空車時	9,475	3,745	5,730	1,873	333	5.6
積載時	19,675	4,685	14,990	2,343	431	5.4

(a) 日野 ZM11¹: ダンプトラック諸元

	車 輛 総重量 (kg)	前 軸 重 量 (kg)	後 軸 重 量 (kg)	輪 荷 重 (kg)	接 地 積 面 (cm ²)	接地圧 (kg/cm ²)
空車時	27,600	9,200	18,400	4,600	706	6.5
積載時	59,650	19,900	39,750	10,000	1,608	6.2

(b) CAT769B32¹: リアダンプトラック諸元

表-4 11トンダンプトラックおよび30トンリアダンプトラックの仕様

(1) 粒度調整道

降雨後の粒度調整道における走行後の状態を写真-14に示す。

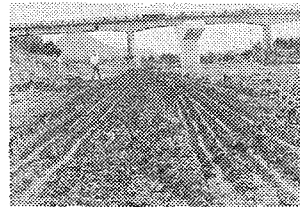


写真-14
ダンプトラック走行後の路面
(降雨後第Ⅰ, 第Ⅱ工区)

第Ⅰ, 第Ⅱ工区とも路面はぬかるみ状態となった。走行は可能であったが, 急ブレーキ, 急発進時には横スベリする現象がみられた。粒度配合の差は明確でなかったが, 表土含有量の多い第Ⅱ工区の方が第Ⅰ工区に比べてぬかるみの程度が大きいようであった。

(2) 粒度調整・セメント安定処理道

粒度調整・セメント安定処理道および砂利単独道における降雨後の走行状況を写真-15に示す。

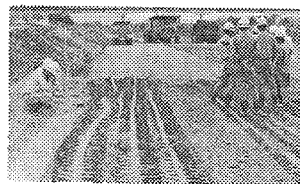


写真-15
ダンプトラック走行後の路面
(降雨後第Ⅲ, 第Ⅳ, 第Ⅴ工区
手前が第Ⅴ工区)

第Ⅲ工区, 第Ⅳ工区の路面には降雨後わずかな水たまりがあったが, 第Ⅰ, 第Ⅱ工区のような保水した状態で

はなく、ダンプトラックの走行によってもぬかるむ現象は全く見られなかった。また、急ブレーキ、急発進してもタイヤのスベリは見られなかった。

11トンダンプと30トンリアダンプの比較走行試験の結果、空積時には両工区ともその差は見られなかったが、満載時には30トンリアダンプの走行により、車輪の移動とともに弾性的なたわみを生じる現象が、安定処理層厚のうすい第Ⅲ工区にみられた。

(3) 砂利単独道

砂利単独道は走行不能とまではいかないが、写真にみられるように大きなわだちが生じた。

5.3.3. 強度試験結果 走行試験前後に実施したCBR試験、平板載荷試験の結果を表-5に示す。

粒度調整道およびセメント安定処理道とも走行後の支持力値は低下しているが、セメント安定処理道の支持力値は非常に大きい。

工区	試験値	CBR (%)		支持力係数 K_{30} (kg/cm ²)	
		走行前	走行後	走行前	走行後
I		9.3	11.6	12.2	8.2
II		7.1	8.2	10.4	8.8
III		200.8	171.5	49.6	42.0
IV		232.8	188.0	55.2	49.6
V		—	—	—	—

表-5 走行による CBR, K_{30} の変化

第Ⅲ工区と第Ⅳ工区を比較すると、やはり処理版厚の違いが支持力にも表われており、第Ⅳ工区の方が大である。

なお、砂利7、表土3の粒度調整土でセメント5%添加した場合の室内 CBR 試験結果は、CBR=259%であるので、現場での施工は室内の70~80%程度確保できることがわかった。

6. あとがき

流水により細粒分が洗い流され、粗粒でしかも丸味のある河川砂利を道路材として使用する場合、粒度分布の

悪さから十分な粘着力を確保できず、転圧不能・走行不能となるケースが多い。これに対する方策としては、不足細粒土を補足する粒度調整工法が有効である。また、さらにこれをセメント安定処理すれば支持力を増し、降雨などの環境変化に対しても有効なものとすることができる。

今回、こういった事例に対処する機会に恵まれ、室内試験、現場試験を通じてこれらの効果を確かめることができた。この貴重な経験を今後の土工事に生かしてゆきたいと考えている。

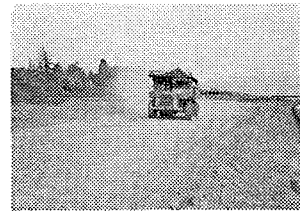


写真-16

本工事に適用されたセメント安定処理道を走る32tリアダンプトラック

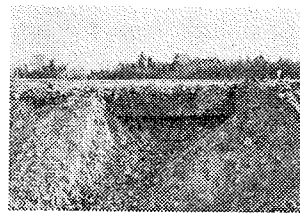


写真-17

本工事におけるセメント安定処理路盤（厚さ20cm）

参考文献

- 1) 瀬尾克美：野洲川放水路工事(上), (下), 土木施工, Vol. 19, No. 11, No. 12, (1978)
- 2) 土質工学会：締固め試験・CBR 試験, 土質試験法, (1969)
- 3) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱 4-7, (1978)
- 4) 吉本 彰：道路工学(舗装編), 学献社, (1972), pp. 139~151