

土木研究所資料

ガス導管が舗装に与える影響に 関する実験報告書

平成9年7月

建設省土木研究所
道路部舗装研究室

Copyright©(1997) 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。

ガス導管が舗装に与える影響に 関する実験報告書

舗装研究室 室長 池田 拓哉
研究員 谷 口 聡

要 旨

ガス導管の埋設にあたっては、路上工事の縮減、環境対策が求められている。一方、平成7年3月31日閣議決定された「規制緩和推進計画」の中の一つに「ガス導管、地中線類の埋設深さ」の規制緩和があげられた。そこで、土木研究所道路部舗装研究室はガス導管の浅層・小幅埋設が舗装に与える影響に関する実験ならびに管埋設後の道路復旧工事に関する実験を、実物大の試験舗装を用いて行った。本報告書はこれらの実験結果をとりまとめたものである。

キーワード：ガス導管，浅層埋設，小幅掘削，路面性状調査，FWD，密度測定，仮復旧，
本復旧

ま え が き

道路空間は交通の用に供されるだけではなく、上下水道、ガス導管、電線等の収容空間としても重要な役割を果たしており、これらの施設の埋設深さについては、施設に応じて規定が設けられている。政府は、平成7年3月31日に「規制緩和推進計画」を策定し、その中でガス導管の埋設深さに関する規制緩和について検討することとした。また、円滑な交通確保のための路上工事縮減および環境保全のための掘削発生材抑制もまた、社会的な要請となっており、これに対する検討も必要な状況となっていた。そこで、建設省土木研究所舗装研究室は、ガス導管が舗装に与える影響を調査するため、「ガス導管が舗装に与える影響に関する実験」を行った。

本報告書は、これらガス導管の浅層埋設による舗装への影響に関する調査、掘削発生土削減のための工法に関する調査、適切な本復旧工事の方法に関する調査を行った結果をとりまとめたものである。



目 次

まえがき

1. 実験の概要	1
1.1 実験の背景	1
1.1.1 路上工事の効率化	1
1.1.2 現行の道路復旧工事における発生材の抑制	1
1.1.3 管埋設深度に関する規制緩和の要望	2
1.2 実験の目的	3
1.2.1 浅層埋設に関する実験	3
1.2.2 仮復旧及び本復旧に関する実験	3
1.3 実験の概要	3
1.3.1 実験に用いたガス管	6
1.3.2 荷重車の運転	7
1.3.3 調査方法	7
2. 浅層埋設に関する実験	10
2.1 試験舗装の施工	10
2.1.1 試験舗装の概要	10
2.1.2 施工の概要	14
2.1.3 掘削工及び管埋設工	16
2.1.4 舗装工	17
2.2 路面性状調査	20
2.2.1 調査の概要	20
2.2.2 わだち掘れ量測定結果	22
2.2.3 平坦性測定結果	24
2.2.4 ひびわれ調査結果	25
2.2.5 路面性状調査のまとめ	26
2.3 たわみ測定	26
2.3.1 調査の概要	26
2.3.2 たわみ測定結果	28
2.3.3 たわみ測定のまとめ	28
2.4 浅層埋設に関する実験のまとめ	28
3. 仮復旧及び本復旧に関する実験	33
3.1 試験舗装の施工	33

3.1.1 試験舗装の概要	33
3.1.2 施工の概要	33
3.1.3 掘削工及び管埋設工	35
3.1.4 仮復旧に関する実験用舗装工	36
3.1.5 本復旧に関する実験用舗装工	38
3.2 仮復旧に関する実験	40
3.2.1 調査の概要	40
3.2.2 路面性状調査結果	41
3.2.3 密度試験結果	42
3.2.4 仮復旧に関する実験のまとめ	43
3.3 本復旧に関する実験	43
3.3.1 調査の概要	43
3.3.2 路面性状調査結果	44
3.3.3 たわみ測定結果	45
3.3.4 本復旧に関する実験のまとめ	45
4. まとめ	46
参考文献	47
謝 辞	48
付 録	49

1. 実験の概要

1.1 実験の背景

本報告書は、ガス導管の浅層・小幅埋設、管理設後の道路復旧工事に関する検討を、実物大の試験舗装を用いて行ったものである。これらを検討した背景として、①路上工事の縮減・環境対策、②現行の道路復旧工事における発生材の抑制、③管理設深度に関する規制緩和の要望がある。

1.1.1 路上工事の縮減・環境負荷の軽減

建設省では、平成5年(1993年)に第11次道路整備五箇年計画を策定し、地球環境問題、交通渋滞、交通事故、悪化する生活環境など社会と道路の変化を背景に、「活力ある経済に支えられ、国民一人一人が心の豊かさと生きがいを感じることもできる社会『ゆとり社会』を実現すること」を今後の道路整備の基本的な方針とし、

- ①生活者の豊かさを支える道路整備
- ②良好な環境創造のための道路整備
- ③活力ある地域づくりのための道路整備

を推進するとともに、維持管理の充実等を図っている。したがって、道路上占用工事の実施にあたっては、道路上工事の縮減、掘削発生材の抑制及びリサイクルによる環境対策などが求められている。

道路占用事業者は、これらの要求に対し、非開削工法の普及拡大、発生土の再利用等を推進している。しかし、さらに路上工事の縮減、環境対策を進める手段の一つとして、埋設管の浅層・小幅埋設が必要である。浅層・小幅埋設により作業時間が短縮され(付録-1)、路上工事の縮減、道路交通制限及び渋滞の緩和、掘削発生土及び埋戻し山砂の抑制等自然環境の保全及び道路維持管理の充実を図ることが可能となる。

1.1.2 現行の道路復旧工事における発生材の抑制

現行のガス導管埋設等道路占用工事に伴う道路復旧は、道路管理者が定める仕様に基づき、掘削・埋戻し直後の仮復旧及び最終的な本復旧の2段階で行われる(付録-2)¹⁾。

仮復旧は、掘削溝内における埋戻し後の路盤及び路床を周辺の路盤及び路床と同等の状態とするために、約1ヶ月程度交通開放し、交通荷重による自然転圧(交通荷重により路盤及び路床の締固めがさらに進行することをいう)を期待するものである。仮復旧期間においては、この自然転圧により路盤、路床がさらに締め固まり、仮復旧路面も沈下する。なお、この仮復旧期間、道路占用者は工事施工箇所を常時巡回し、著しい路面の沈下が生じた場合には速やかに修復することにより、安全かつ円滑な交通を確保することとしている。その後、仮復旧部の自然転圧が完了した段階で、掘削部及び掘削部周辺のアスファルト混合物層及び路盤を掘り返し、周辺の舗装構造と同等の構造にて本復旧が行われている。

このように、現行の道路復旧工事は、自然転圧された路盤及び在来路盤を打換えることとなっており、先に述べた建設発生材抑制の観点から検討の余地がある。

1.1.3 管埋設深度に関する規制緩和の要望

近年、ガス事業者においては、ガス導管に関わる材料及び接合方法の品質向上、浅層埋設に関する技術的検証、ならびに維持管理技術の向上等の技術の進歩も著しく、ガス導管の浅層埋設の可能性を検討できる状況となってきた。

一方、現行の埋設深さの規定は、大正9年の内務省訓令にさかのぼり、上下水道、電線、ガス管とも4尺(1.2m)以上深い位置に埋設することと規定されていた。その後電線は車道0.8m以上、歩道0.6m以上と緩和措置が講じられたが、上水道、ガス管は大正9年の内務省訓令の規定のまま現在に至っている(表-1.1)。

政府は、平成7年3月31日に「規制緩和推進計画」を閣議決定し、その後平成8年3月29日、平成9年3月28日の2度にわたり同計画を改定した。「規制緩和推進計画」は、国民負担の軽減、行政事務の簡素化を図る等の観点から、規制緩和等を計画的に推進することを目的としている。「規制緩和推進計画」の中の一つに「ガス導管、地中線類の埋設深さ」の規制緩和が挙げられた。

しかし、埋戻し土の締固めが不十分な場合には、車両の走行の繰返しによって締固めが進行することにより、写真-1.1のように段差やひびわれが生じる可能性があり、埋設深度が浅いほどその影響は大きくなる可能性がある。したがって、埋設深度の浅層化にあたっては舗装への影響を検討する必要がある。

表-1.1 ガス導管の埋設深度における内務省訓令と現行の規定

内 務 省 訓 令	上水道電線路及瓦斯管路ノ本線ノ頂部ト路面トノ距離ハ四尺以上タラシムルコト但シ工事上已ムヲ得サル場合ニ限り二尺迄短縮シ得ルコト (大正9年7月1日 内務省訓令第11号 第九条一六)
現 行 の 規 定	水管又はガス管の本線を埋設する場合においては、その頂部と路面との距離は、一、二メートル(工事実施上やむを得ない場合にあつては、〇.六メートル)以下としないこと。 (道路法施行令 第一二条一三)



写真-1.1 地下埋設物(カルバート)による不等沈下の例

1.2 実験の目的

建設省土木研究所舗装研究室は、ガス導管が舗装に与える影響を調査するため、①浅層埋設に関する実験、②仮復旧及び本復旧に関する実験を行った。

1.2.1 浅層埋設に関する実験

浅層埋設に係わる技術検討は既に浅層埋設時のガス管の安全性及び機能性について、計算（管及び継手の発生応力等）及び実規模実験（管の発生応力等）で確認されている²⁾が、浅層埋設が舗装に与える影響は検討されていない。そこで、ガス導管の種類（以下管種）、埋設深度の違いが舗装にどのような影響を与えるかを調査するため、実大規模の試験舗装を用いた実験を行った。

1.2.2 仮復旧及び本復旧に関する実験

今回の仮復旧及び本復旧に関する実験は、仮復旧における埋戻し材（路床材・路盤材）の省量化や掘削発生土の減量化による環境対策及び工事時間の短縮化による路上工事の縮減を推進し、浅層埋設の効果をさらに向上させるために、次の事項を確認することを目的に行った。

1) 仮復旧に関する実験

埋設深度及び小幅掘削による仮復旧舗装の埋戻し用砂、路盤、アスファルト混合物層の密度や荷重車走行後の路面の開き、段差について調査する。

2) アスファルト混合物層のみ本復旧を行うことに関する実験（以下本復旧に関する実験）

建設発生材抑制の観点から、仮復旧時の路盤をそのまま本復旧構造とし、アスファルト混合物層のみ本復旧を行った場合の耐久性に関する調査を行った。

1.3 実験の概要

本実験は、舗装走行実験場(図-1.1)で舗装走行試験用荷重車（以下荷重車、写真-1.2）を用いて実大規模で、浅層埋設、仮復旧、本復旧に関する実験を行った。調査項目、試験目的及び試験方法を表-1.2に、実験期間を表-1.3に、実験のフローを図-1.2に示す。

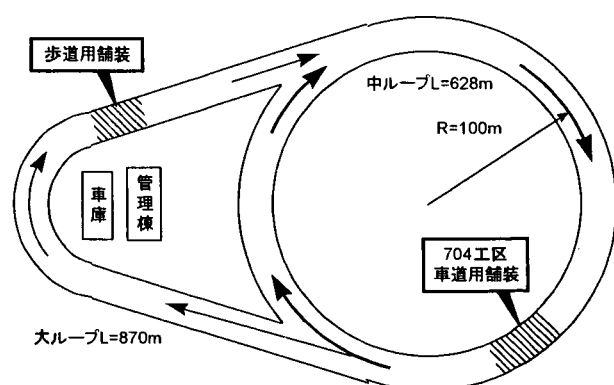


図-1.1 舗装走行実験場平面図

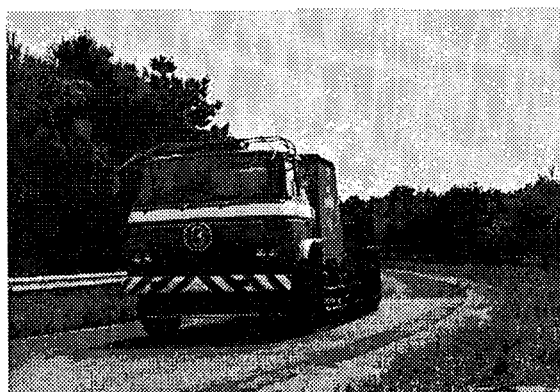


写真-1.2 荷重車

表-1.2 調査項目、調査目的及び調査方法

調 査 項 目			調 査 目 的	調 査 方 法
浅層埋設に関する実験	路面性状調査	わだち掘れ	路面の横断方向の変形の測定	横断プロフィールメータ
		平 坦 性	路面の縦断方向の変形の測定	3 mプロフィールメータ
		ひびわれ	舗装の耐久性の評価	目視
	たわみ測定		舗装の耐久性の評価	FWD
仮復旧に関する実験	密 度 測 定	埋戻し用砂	仮復旧舗装の締固め特性の評価	砂置換法による密度測定
		路盤		
	路面性状調査	縦断凹凸 (開き, 段差)	路面の変形の測定	横断プロフィールメータ、目視
		横断凹凸		横断プロフィールメータ
		ひびわれ		目視
	密度測定 (路盤)		自然転圧による締固め特性の評価	R I による密度測定
本復旧に関する実験	路面性状調査	路面の変形	アスファルト混合物層のみ本復旧した場合の舗装の耐久性の評価	横断プロフィールメータ
		ひびわれ		目視
	たわみ測定			FWD

表-1.3 実験期間

調 査 内 容	浅層埋設に関する実験	仮復旧に関する実験	本復旧に関する実験
試験舗装施工	平成7年9月	平成8年9月	平成8年11月
荷重車運転	平成7年10月～8年2月、平成8年8月	平成8年10月～11月	平成8年11月～12月

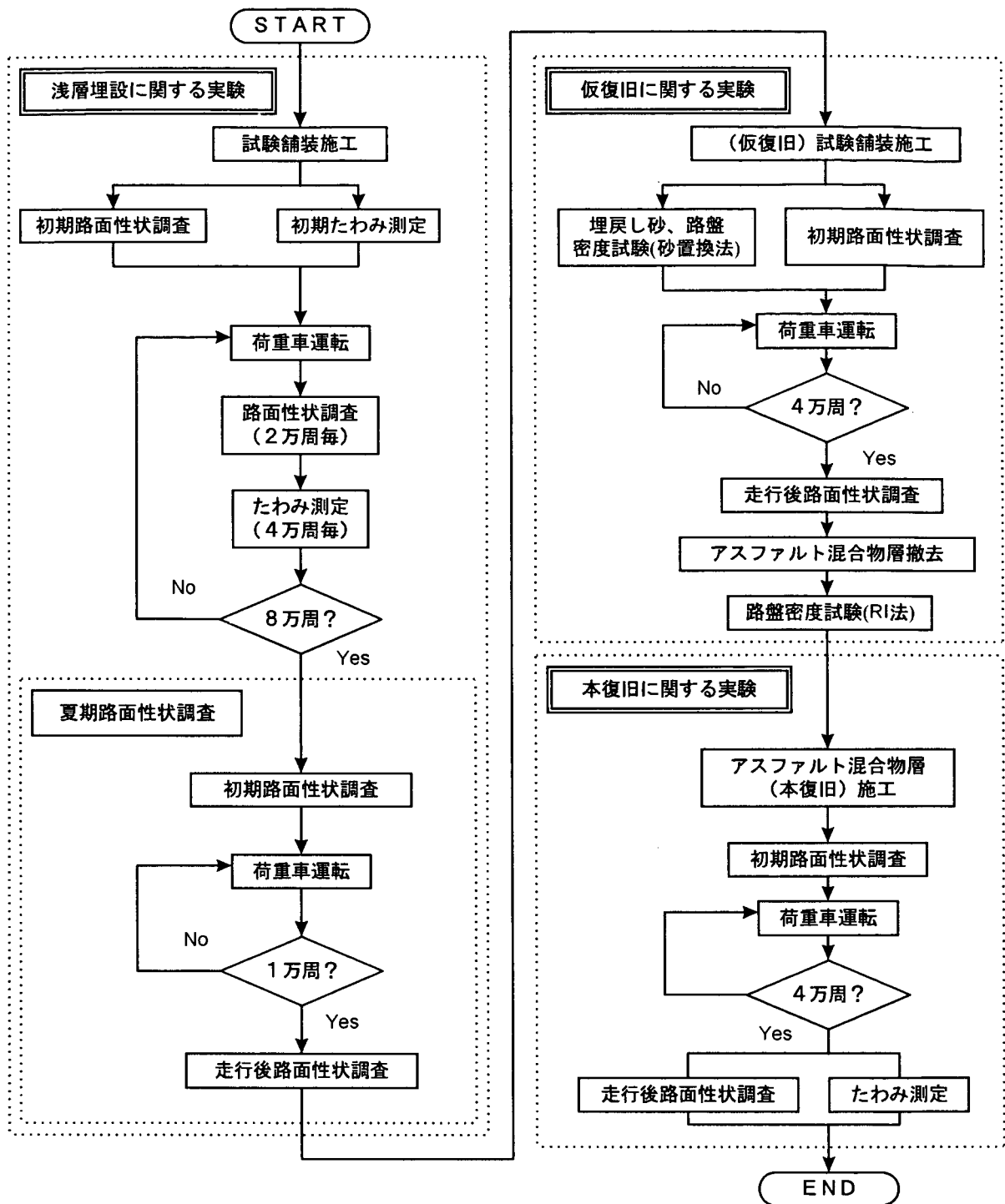


図-1.2 実験のフロー

1.3.1 実験に用いたガス導管

管種は、現在ガス工事で主に使用される材料であるポリエチレン管、鋼管、ダクタイル鋳鉄管(写真-1.3)とし、口径は図-1.3に示すように使用頻度の高い小口径の50mm、中口径の150mmを使用することとした。なお、今回の実験で使用したガス導管は、代表的な例として、表-1.4に示す寸法、物性等の諸元を有するJIS規格品を用いた。

また、継手による舗装構造への影響を調査するため、荷重車の片側車輪直下に全て1か所ずつ継手を設置した。

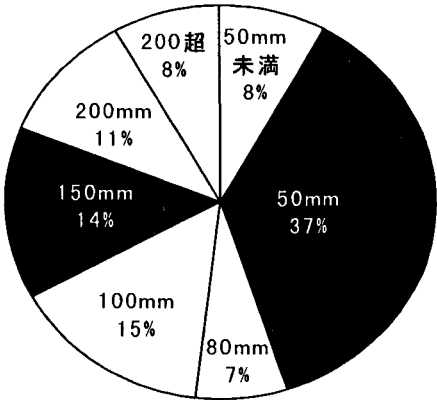


図-1.3 ガス導管口径別累積延長比率

(注) 数値は平成7年3月末現在の東京ガス(株)のデータによる。

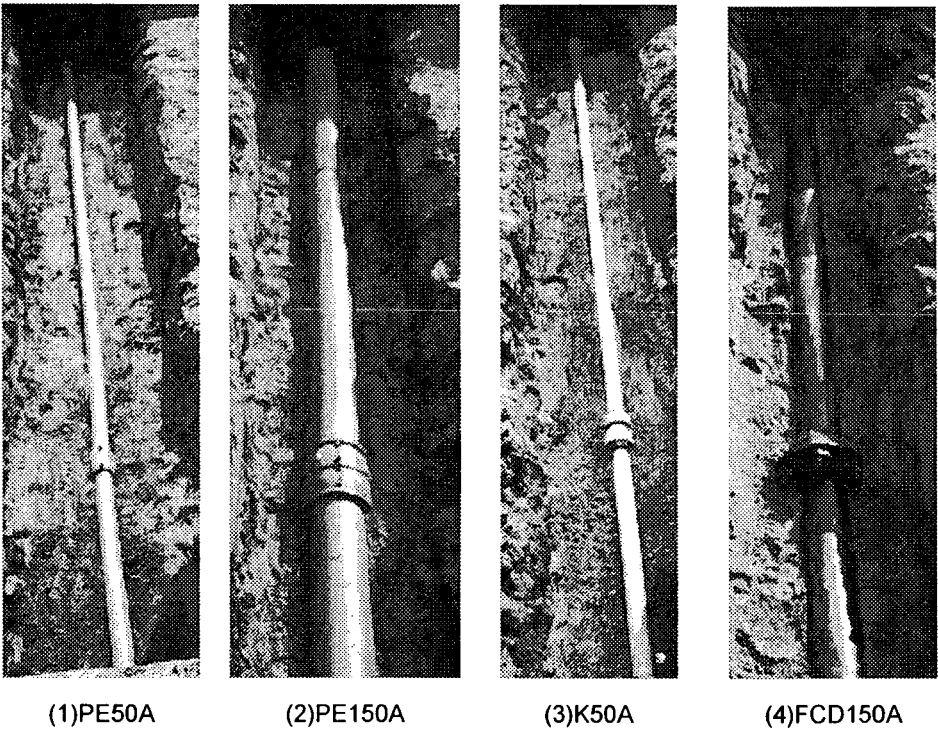


写真-1.3 実験に用いたガス管

表-1.4 ガス導管諸元

管 種	規 格	呼び名	口径 (mm)	肉厚 (mm)	物 性		許容応力 (N/mm ²)
					引張強さ (N/mm ²)	弾性係数 (MPa)	
鋼管	S G P	K50A	50	3.8	294	205,940	118
	JIS G 3452				(3,000)	(2,100,000)	(1,200)
ダクタイル 鋳鉄管	F C D	FCD150A	150	8.5	400	156,906	160
	JIS G 5502				(4,100)	(1,600,000)	(1,640)
ポリエチレ ン管	JIS K 6774	PE50A	50	5.5	17.7	588	4.4
		PE150A	150	12.3	(180)	(6,000)	(72)

(注) 物性、許容応力の下段 () 内数値は (kgf/cm²) 単位の数値。

1.3.2 荷重車の運転

荷重車は、走路の中央を円滑に走行させるための走行位置制御システムと、鉄道と同じ原理の速度制御システム（ATC）によって制御されている。走行位置は一部分に集中しないように、走路の中心から5cmずつ±25cmまで移動させて、実際の道路に近づけている。また、輪荷重は29.4kN～78.4kN（3～8tf）まで設定することができる。

実験は、中ループにB交通想定的車道用舗装、大ループに歩道用舗装を舗設した。荷重車は輪荷重49kN（5tf）に設定し、中ループを表-1.5に示す台数を走行させた。また、大ループは荷重車を中ループに搬送する際の通過台数をカウントし（表-1.5）、輪荷重による影響を調査した。

表-1.5 荷重車通過台数

年度	実験	場 所	荷重車通過台数(台)			
H 7	浅層埋設	中ループ	20,000	40,000	60,000	80,000
		大ループ	71	134	172	227
H 8	浅層埋設(夏)	中ループ	10,000			
	仮 復 旧	中ループ	40,000			
	本 復 旧	中ループ	40,000			

1.3.3 調査方法

(1) プロフィールメータ

路面の変形の測定には、横断プロフィールメータ（写真-1.4）と3mプロフィールメータ（写真-1.5）を用いる。

横断プロフィールメータは図-1.4に示すように、路肩に基準を設けて測定器を設置し、路面に接触した車輪が直線定規に沿って移動することにより、路面の横断形状を記録する装置である。一方3mプロフィールメータは、足つき直線定規の足の中央部に多数の車輪をつけたけん引式のプロフィールメータであり、各基準輪の高さは算術平均されてビームの中心（測定輪の位置）における基準高さとなり、この基準輪に対する測定輪の上下変動を自記記録する装置である³⁾。

横断プロフィールメータはわだち掘れ量の測定、3mプロフィールメータは平坦性の測定にそれぞれ用いられる。

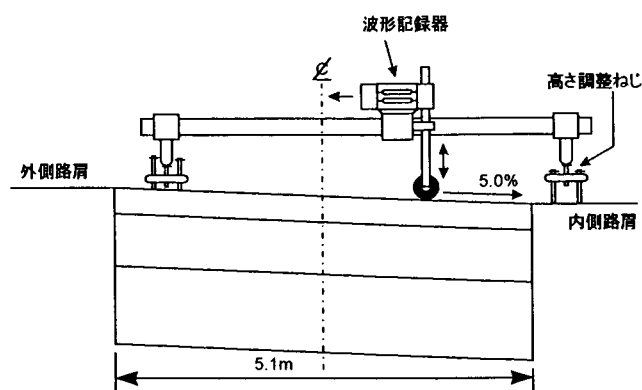


図-1.4 横断プロフィールメータ設置位置

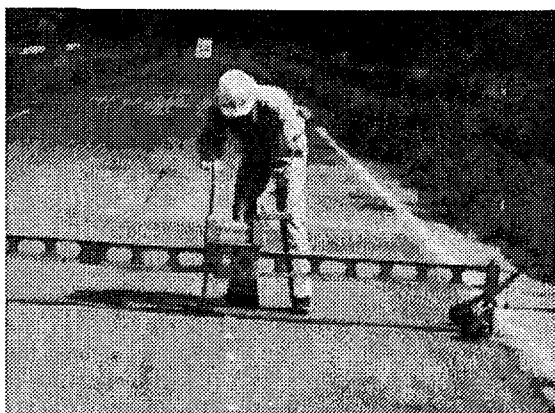


写真-1.4 横断プロフィールメータ

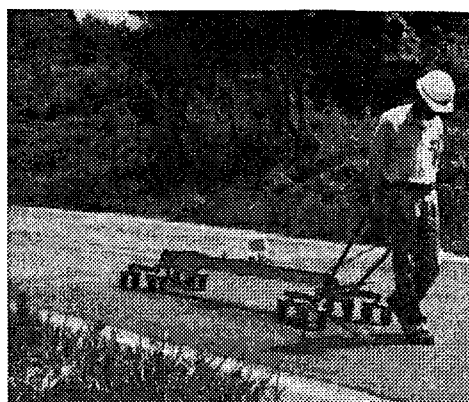


写真-1.5 3mプロフィールメータ

(2) FWD

FWDは舗装路面の円形載荷板(直径30cm)の上に重錘を落下させ、舗装に衝撃荷重(49kN(5 t))を与えることによって生じる路面のたわみ量を複数のセンサで同時に測定し、路面のたわみ曲線を得る装置である(写真-1.6及び図-1.5)⁴⁾。

FWDの特長は、たわみ曲線が容易に得られること、荷重が単純な機構で設計荷重の49kN(5tf)が得られること、測定に要する時間が短い(1地点1〜3分)こと、測定の制御を運転席ででき、ベンケルマンビームの測定のような走行車両による危険性が少ないことが挙げられる³⁾。

FWDは近年広く普及してきており、たわみ測定結果から、逆解析による舗装各層の弾性係数の推定、既設舗装の評価、補修工法の選定法などの研究が盛んに行われており、容易に舗装構造の特性を把握することができる。

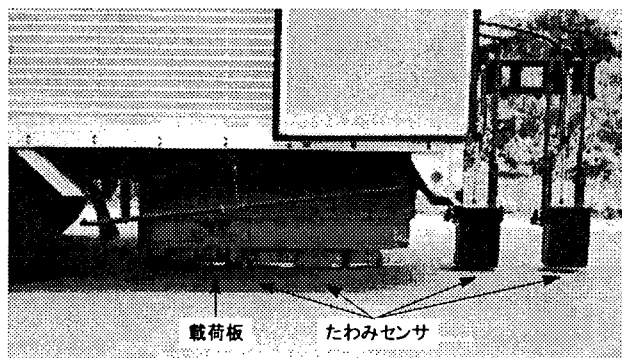


写真-1.6 FWD

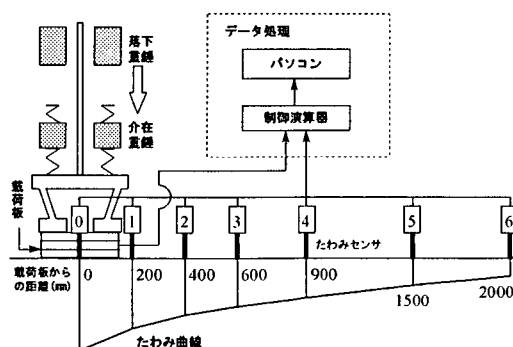


図-1.5 FWDの概念図

(3) 締固め特性の評価

仮復旧に関する実験では、埋戻し用砂及び路盤（粒度調整碎石、クラッシャラン）について、舗装試験法便覧⁵⁾「砂置換法による路盤の密度の測定方法」により密度測定を行った。一方、本復旧に関する実験では、自然転圧による締固め特性を評価するため、上層路盤（粒度調整碎石）について、RI法により密度測定を行った、RI法を用いた理由は、仮復旧時の路盤をそのまま再利用してアスファルト混合物層を舗装し、路面性状を調査するものであり、その路盤をできるだけ乱さないことを考慮したためである。

なお、最大乾燥密度(ρ_{dmax})は、舗装試験法便覧「突固め試験方法」に基づき、表-1.6の条件で突固め試験を行って求めた。また、締固め度(D_c)は、砂置換法またはRI法により求められた乾燥密度(ρ_d)を用いて、式(1.1)のように表される。

$$D_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}}$$

(1.1)

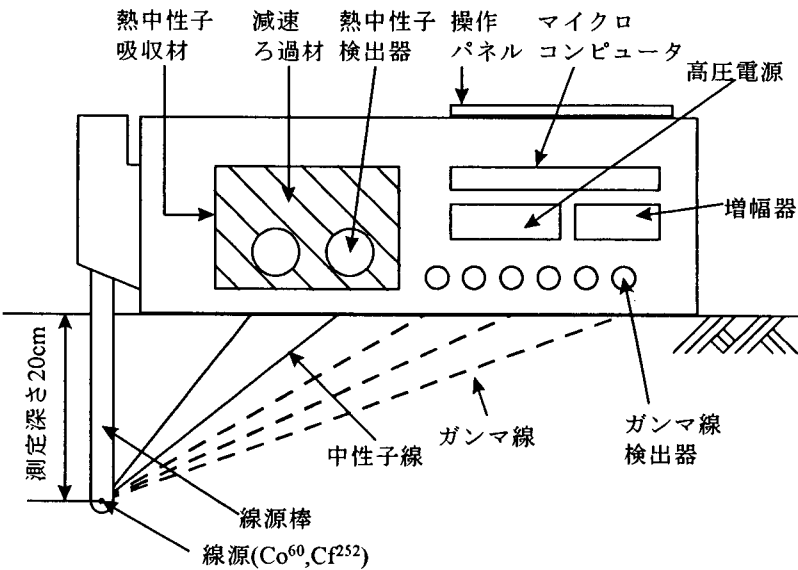


図-1.6 RI計器の概略

表-1.6 突固め試験試験条件

品名	ランマ質量 (kg)	モールド 内径 (cm)	モールド 高さ (cm)	突固め 層数	各層当たり 突固め回数
埋戻し用砂	2.5	10	12.7	3	25
粒調碎石 クラッシャラン	4.5	15	12.5	3	92

2. 浅層埋設に関する実験

2.1 試験舗装の施工

2.1.1 試験舗装の概要

建設省土木研究所舗装走行実験場内の試験走路（中ループ及び大ループ）において、車道及び歩道の舗装を想定し、舗装の下に各種のガス管を深さ別に埋設した。

ガス管の敷設は表-2.1のとおり 80%が生活道路におけるものであり、交通量の多い道路においては歩道下に埋設するのが原則である。また、重交通路線に浅層埋設を行うことは高C B Rの場合、表-1.1の規定上可能となるが、実際に浅層埋設を行うケースはきわめてまれであると考えられる。そこで、本実験では舗装の設計を中ループ（車道）はB交通で設計C B R = 4として設計し（図-2.1）、大ループ（歩道）は図-2.2のとおり設計した。

埋設間隔については図-2.1、図-2.2に示すように、限られた工区内でできるだけ隣接する管同士が影響しないよう、それぞれの管の埋設深さの合計値に管の径を考慮して0.2mを加えた値とした。

表-2.1 道路の種類別ガス導管累積延長比率

道 路 種 別		延長(m)	比率(%)
生活道路	歩 道	5,976,420	16
	車道(幅員6 m以下)	23,298,520	64
	小 計	29,274,940	80
幹線道路(幅員6 m超)		7,388,272	20
合 計		36,663,212	100

(平成6年9月20日現在、東京都及び首都圏近郊)

表-2.2 舗装構造別埋設深さの例（単位：cm）^{注1 6)}

設計 交通量 の区分	設計 CBR	表層＋基層	上層路盤		下層路盤	T _A	合計 厚さ	ガス管埋設深さ	
		加熱アスファ ルト混合物	瀝青安定処 理路盤材	粒度調 整碎石	クラッ シャーラン			従来工法	浅層埋設 ^{注2}
L	2 ^{注3}	(5)	—	(20)	(20)	(17.0)	(45*)	120	90～105
	3	5	—	15	15	15.3	40		80
	4	5	—	15	15	14.0	35		
	6	5	—	10	15	12.3	30		
	8以上	5	—	10	10	11.0	25		
A	2 ^{注3}	(5)	—	(25)	(30)	(21.3)	(60*)	120	105～120
	3	5	—	15	35	19.0	55		85
	4	5	—	20	25	18.3	50		80
	6	5	—	10	30	16.0	45		
	8	5	—	15	15	14.0	35		
	12以上	5	—	10	20	13.5	35		
B	2 ^{注3}	(10)	—	(35)	(35)	(29.3)	(75*)	120～135	120～135
	3	10	—	25	30	26.3	65	120	95
	4	10	—	15	35	24.0	60		90
	6	10	—	10	30	21.0	50		80
	8	10	—	15	15	19.0	40		
	12以上	10	—	10	15	17.3	35		
C	2 ^{注3}	(10)	(10)	(35)	(35)	(39.0)	(90*)	135～150	135～150
	3	10	8	25	40	35.2	83	120	113
	4	10	8	20	35	32.2	73		103
	6	10	8	20	20	28.4	58		88
	8	10	8	15	15	26.2	49		80
	12	10	8	10	10	23.2	39		
	20以上	10	8	—	15	20.2	33		
D	2 ^{注3}	(15)	(10)	(45)	(50)	(51.3)	(120*)	165～180	165～180
	3	15	10	35	40	45.3	100	130	130
	4	15	11	25	35	41.3	86	120	116
	6	15	10	15	35	37.0	75		105
	8	15	10	10	30	34.0	65		95
	12	15	8	—	35	30.2	58		88
	20以上	15	8	—	20	26.4	43		80

注1) 表-2.2はアスファルト舗装要綱付録-4「舗装断面の一例」⁶⁾にガス管埋設深さの欄を追加したものである。

注2) ガス管の埋設深さは表-1.1の規定をもとにして算出した。

注3) ()は、修繕工事などで、既存の路床の設計CBRが2であるものの、路床を改良することが困難な場合に適用する。また、15～30cmの厚さの遮断層を設けるため、ガス管埋設深さは遮断層を含めて計算した。なお、合計厚さの*印は遮断層を除いた厚さである。

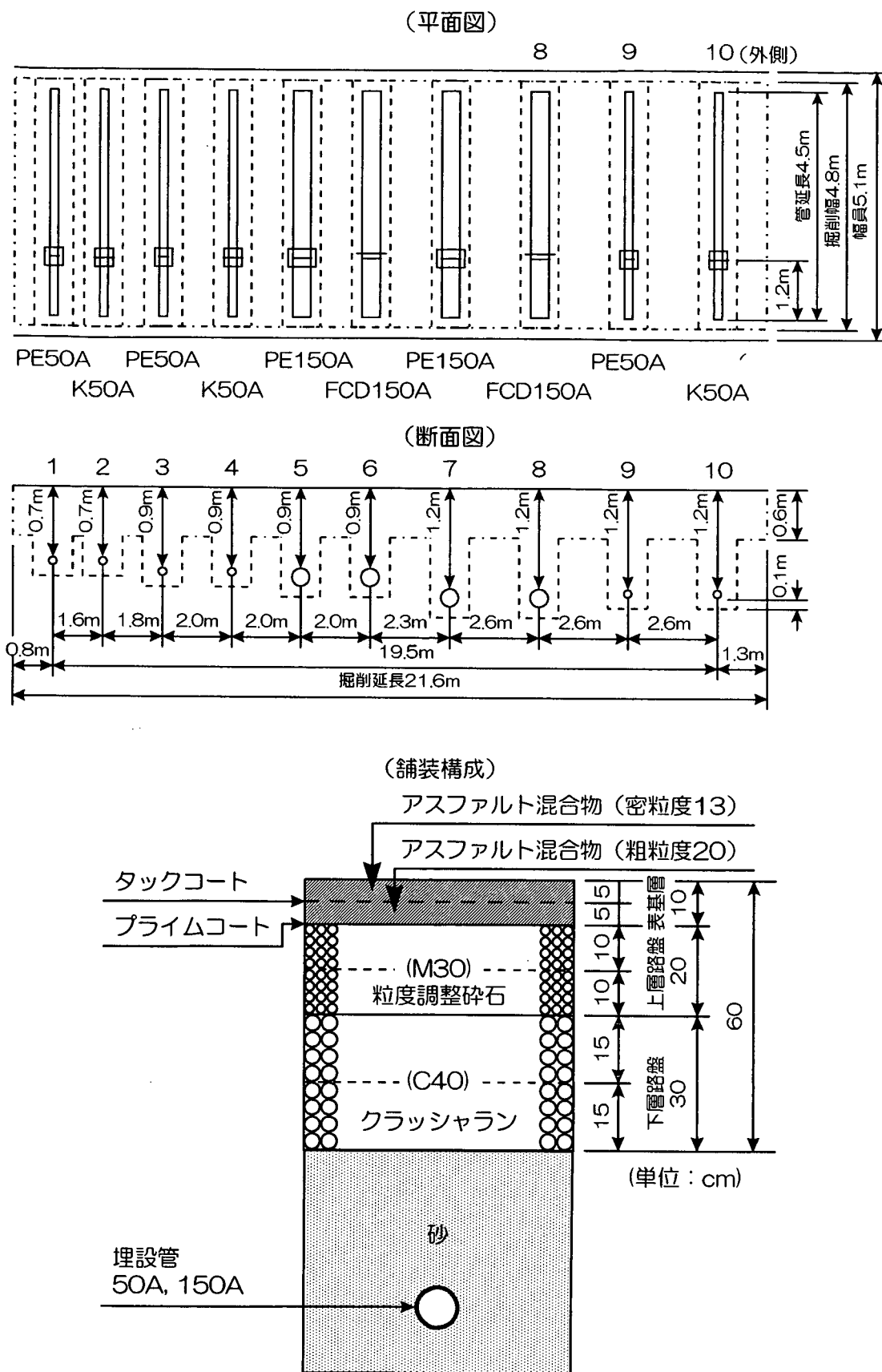


図-2.1 中ループ配管図及び舗装構成

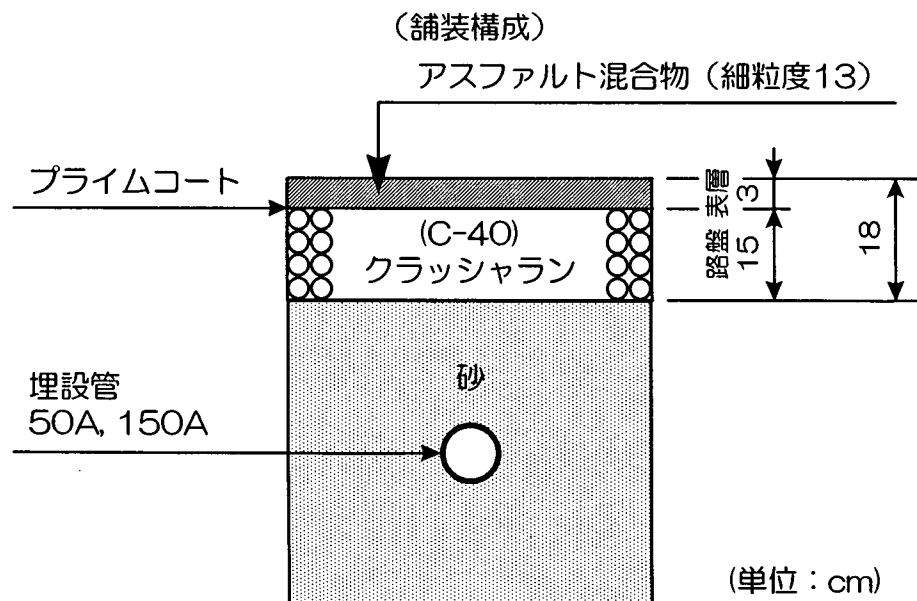
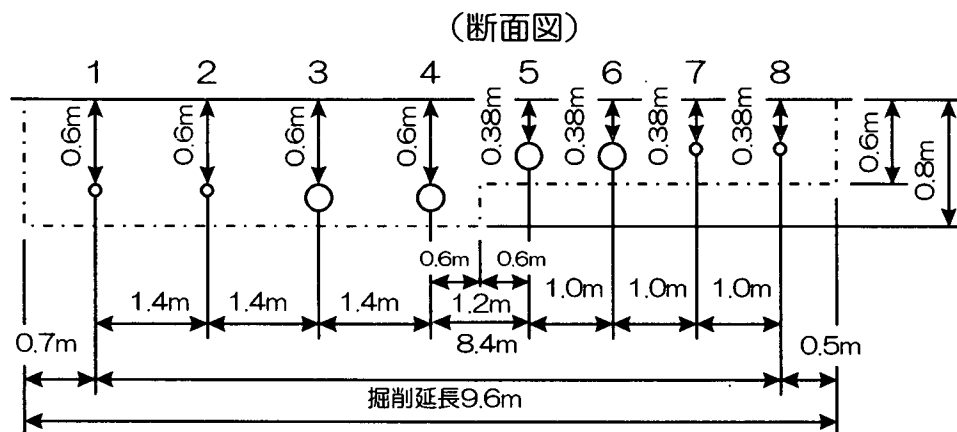
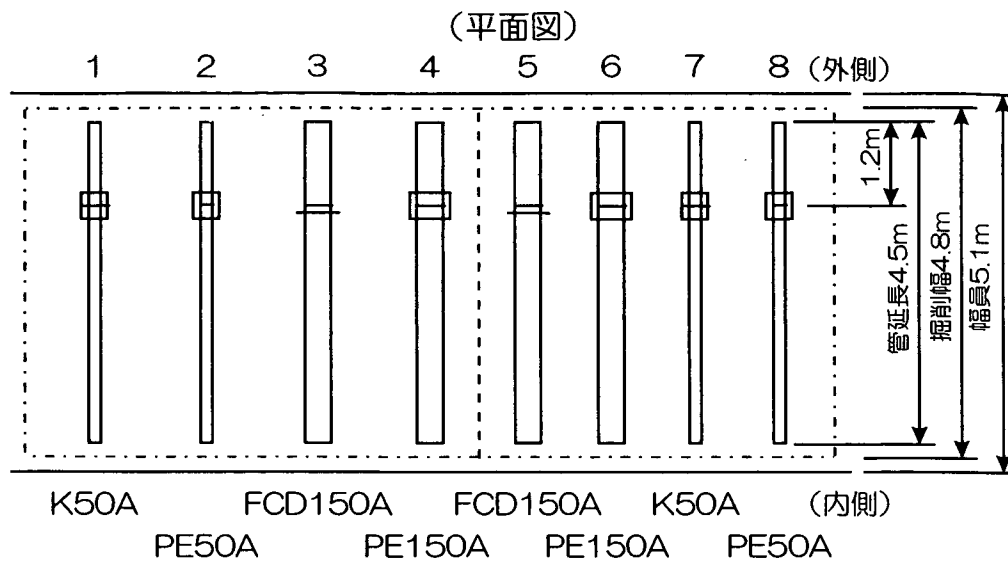


図-2.2 大ループ配管図及び舗装構成

2.1.2 施工の概要

本工事は、舗装走行実験場内の中ループ（車道想定）及び大ループ（歩道想定）の舗装下の地中にポリエチレン管、鋼管並びにダクトイル鋳鉄管を埋設し、図-2.1及び図-2.2に示す舗装断面の試験舗装を施工した。中ループ並びに大ループの施工手順を表-2.3に示す。また深さによる影響について検討することを目的とし、埋戻し時の転圧不均一による舗装への影響を極力排除し、埋戻し土の転圧条件を同一にするため、既設の道路における施工方法ではなく、道路を新設する場合の施工方法とし、工区全体をタイヤローラで転圧を行う方法とした。実現場の施工と試験舗装の施工の相違点を表-2.4及び付録-3(1)に示す。

表-2.3 中ループと大ループの施工手順

工 種	作 業 名	中 ル ー プ	大 ル ー プ
掘削工	舗装切断工	カッター入れ(幅5.1m×延長21.6m)	カッター入れ(幅5.1m×延長9.6m)
	舗装版取壊し工	既設舗装撤去	既設舗装撤去
	掘削工	全工区 地表面から0.6mの深さまで掘削 (幅4.8m×延長21.6m)	1～4工区 地表面から0.8mの深さまで掘削 (幅4.8m×延長5.5m) 5～8工区 地表面から0.6mの深さまで掘削 (幅4.8m×延長4.1m)
		管埋設箇所溝掘削 1,2工区(土被り0.7m,掘削深さ0.25m) 3,4工区(土被り0.9m,掘削深さ0.45m) 5,6工区(土被り0.9m,掘削深さ0.55m) 7,8工区(土被り1.2m,掘削深さ0.85m) 9,10工区(土被り1.2m,掘削深さ0.75m)	
管埋設工	床付工	床付け、ならし	床付け、ならし
	管埋設工	配管 PE50A、PE150A—各3本 K50A、FCD150A—各2本	配管 PE50A、PE150A、K50A、FCD150A—各2本
	埋戻し工	砂埋戻し(地表面から0.6mの深さまで)	砂埋戻し(地表面から0.18mの深さまで)
舗装工	路床工	不陸整正(人力)、タイヤローラ転圧	不陸整正(人力)、タイヤローラ転圧
	路盤工	クラッシャラン30cm、粒度調整砕石20cm	クラッシャラン15cm
	プライムコート工	プライムコート	プライムコート
	基層工	アスファルト混合物基層(粗粒度20)5cm	
	タックコート工	タックコート	
	表層工	アスファルト混合物表層(密粒度13)5cm	

表-2.4 現場の施工方法と試験の施工方法の相違点

工 種	現場の施工方法 ⁷⁾	試験の施工方法	試験に与える影響
掘削工	道路に平行して管敷設に必要な幅の溝掘削を行う。	中ループは試験工区全体の舗装を撤去した後、道路に対し直角に管理設のための溝掘削を行った。 大ループは試験工区全体の舗装を撤去した後、管理設に必要な深さまで工区全体を掘削した。	実際の道路では、ガス導管は車両の走行方向に平行に埋設されるので、条件的にはより厳しい状況で試験を行ったことになる。なお、今回の敷設方法は新設道路の施工に相当し、既設道路への埋設とは状況が異なる。
山留工	原則として山留め工を施すものとする。 ^{注4}	矢板の引き抜きによる試験結果への影響を排除するため山留め工の設置は行わなかった。	現地地盤は粘性のあるローム層であり、鉛直な掘削でも十分自立するため、試験への影響はない。
床付工	地山の不陸整正を行い、管を敷設した後、管回りを人力で胴締めをする。	地山の不陸生成を行った後、砂を10cm敷均し、コンパクタで整正し管敷設した後、人力で胴締めを行った。	砂を敷設後、コンパクタで締固めている分だけ現場より有利な条件になっているが、試験への影響は小さいと考えられる。
管敷設工	道路に対し平行に管を埋設する。	道路に対し直角に管を埋設した。	掘削工における記述を参照。
埋戻し工	掘削溝内を所定の位置まで砂で埋戻し、締固めはランマで30cm毎に転圧する ^{注5} 。	中ループの溝掘削部は現場の施工方法と同じくランマで30cm毎に転圧を行い、地表から60cmの高さまで砂で埋戻した。 大ループは工区全体をランマで30cm毎に転圧を行い、地表から18cmの高さまで砂で埋戻した。	現場の施工方法との違いはなく、試験への影響はない。
復旧工	当日の掘削箇所の仮復旧を行い、後日、道路管理者の指示に従い本復旧を行う。 B交通に相当する道路の復旧幅はほとんどの場合2m以上であり、本復旧時の転圧には振動ローラ、ランマを使用する。	仮復旧は行わず、現場施工での本復旧を想定し、砂埋戻しが完了した面を本復旧の路床とし、本復旧を行った。転圧には振動ローラ、ランマを使用する。	掘削工における記述を参照。

注4) 道路占用工事共通指示書平成3年度版（建設省関東地方建設局道路部）⁷⁾

注5) 土木工事共通仕様書⁷⁾

2.1.3 掘削工及び管理設工

管理設工事は、日本ガス協会本支管指針（工事編）⁸⁾にのっとり、以下の手順で施工を行った。

(1)掘削工

1)中ループ

幅4.8m、延長21.6mの範囲を、地表面から0.6mの深さまでバックホウを用いて機械掘削し、既設舗装を撤去した後、管理設のための溝掘削をミニバックホウで施工した。現地地盤は粘性のあるローム層であり、鉛直な掘削でも十分自立するため(表-2.4)、山留工をしないで溝掘削を行った。

2)大ループ

幅4.8m、延長5.5mの範囲を、地表面から0.8mの深さまで破碎機、バックホウを用いて機械掘削を行い、既設舗装を撤去し、管理設に必要な所定の深さまで掘削を行った。埋設管の土被りが0.6mと浅いため溝掘削は行わず、工区内全体を所定の深さまで掘削した。なお、工区内の地盤は軟弱で多少の湧水があった。

(2)管理設工

中ループは、溝掘削をした底面に厚さ約10cmの砂を引きならし、コンパクタで敷均しを行った後、所定の位置に管を埋設した。大ループは、掘削底面に厚さ約10cmの砂を引きならしたが、工区内の地盤が軟弱のため、コンパクタで敷きならしを行った後、所定の位置に管を配列した。

(3)埋戻し工

中ループは、掘削溝内に配管した管の上にまき出し厚さ約30cmで表-2.5の試験値を満たす、埋戻し用砂をまき出し、ランマで転圧を行いながら、地表面から0.6mの深さまで埋戻しを行った。大ループも同様に、まき出し厚さ約30cmで埋戻し用砂をまき出し、ランマで転圧を行いながら、地表面から0.18mの深さまで埋戻しを行った。

表-2.5 埋戻し用砂試験値

a)各種試験結果成績表

品 名	含 水 比	乾燥密度(67回3層)	C B R (67回3層)
埋戻し用砂	6.3%	1.716g/cm ³	14.3%

b)粒度範囲成績表

粒 径(mm)	4.75	2.00	0.85	0.425	0.25	0.106	0.075
通過百分率(%)	100.0	98.9	86.6	42.9	26.1	4.1	2.3

※産地 茨城県行方郡北浦村

2.1.4 舗装工

舗装工事は、関東地方建設局の土木工事共通仕様書ならびに土木工事施工管理基準⁷⁾にのっとり以下の手順で施工を行った。

(1) 路床工

中ループは、溝掘削部の埋戻しが地表面から0.6mの深さまで完了した後、試験工区内の路床を均一にするために、人力で不陸整正を行い、タイヤローラで転圧を行った。大ループも同様に、地表面から0.18mの深さまで埋戻しが完了した後、人力で不陸整正を行い、タイヤローラで転圧を行った。

(2) 路盤工

中ループは、路床面の上に下層路盤として表-2.6の規格値を満たすクラッシャランを30cm、上層路盤として表-2.7の試験値を満たす、粒度調整碎石を20cmの構成で路盤を築造した。路盤の転圧にはマカダムローラを用い、下層路盤、上層路盤共に2層仕上げで転圧を行った。大ループは、路床面の上にクラッシャランを15cm敷きならし、マカダムローラを用いて転圧を行った。

なお、上層路盤の施工品質は、締固め度が99.0%であり、アスファルト舗装要綱の規格値(96.5%)^{注6)}を満たすものであった。

表-2.6 クラッシャラン試験値

a) 各種試験成績表

品 名	最大乾燥密度	最適含水比	表乾比重	吸水	すりへり減量	修正CBR
クラッシャラン (C-40)	2.192t/m ³	3.4%	2.683	0.37%	22.6%	91%
規 格 値 ^{注7)}	—	—	2.45以上	3.0%以下	30%以下	20%以上

b) 粒度範囲成績表

粒 径(mm)	37.5	19.0	4.75	2.36
通過百分率(%)	100	62.6	24.5	14.2
規 格 値 ^{注7)}	95~100	50~80	15~40	5~25

※産地 茨城県新治郡新治村

表-2.7 粒度調整碎石試験値

a) 各種試験成績表

品 名	最大乾燥密度	最適含水比	比重	吸水	すりへり減量	修正CBR
粒度調整碎石 (M-30)	2.254t/m ³	5.3%	2.683	0.37%	22.6%	113%
規 格 値 ^{注7)}	—	—	—	—	50%以下	80%以上

b) 粒度範囲成績表

粒 径(mm)	37.5	31.5	19.0	4.75	2.36	0.425	0.075
通過百分率(%)		100	71.6	41.5	32.6	16.4	7.1
規 格 値 ^{注7)}	100	95~100	60~90	30~65	20~50	10~30	2~10

※産地 茨城県新治郡新治村

注6) アスファルト舗装要綱表-6.5.2 品質の合格判定値(小規模工事)を参照

注7) アスファルト舗装要綱3-5-2 碎石の表3.5.1~3⁶⁾

(3) プライムコート工

大ループ、中ループ共にプライムコートの瀝青材料には表-2.8の規格値を満たすアスファルト乳剤PK-3を使用し、プライムコートを施す路盤面の不陸を整正し、浮石、ごみ等を除去した後、アスファルトディストリビュータで均一に散布した。

(4) 基層工

中ループの基層は仕上がり厚さ5cmの粗粒度アスファルト混合物(20)とし、配合設計は表-2.9のとおり行った。敷きならし機械はアスファルトフィニッシャ、転圧機械はマカダムローラ、タイヤローラを使用した。

アスファルト混合物の品質は表-2.10の日常品質管理試験で行った。また、舗装完成時の出来形品質検査は表-2.11の抜取検査で行い、規格値を十分満たすものであった。

(5) タックコート工

中ループのタックコートの瀝青材料には表-2.8の規格値を満たすアスファルト乳剤PK-4を使用し、表層を施工する直前に基層面の浮石、ごみ等を除去した後、アスファルトディストリビュータで均一に散布した。

(6) 表層工

中ループの表層は仕上がり厚さ5cmの密粒度アスファルト混合物(13)、大ループの表層は仕上がり厚さ3cm細粒度アスファルト混合物(13)とし、配合設計は表-2.9のとおり行った。敷きならし機械はアスファルトフィニッシャ、転圧機械はマカダムローラ、タイヤローラを使用した。なお、アスファルト混合物の日常管理試験結果を表-2.10に示す。また、舗装完成時の出来形品質検査は表-2.11の抜取検査にて行い規格値を十分満たすものであった。

表-2.8 アスファルト乳剤の試験値

試験項目		品名		規格値 ^{※8}
		PK-3	PK-4	
エングラード(25℃)		2.7	2.8	1~6
ふるい残留物(1.18mm)		0.05%	0.05%	0.3%以下
付着度		3/3	3/3	2/3以上
粒子の電荷		(+)	(+)	(+)
蒸発残留分		51.2%	51.5%	50%以上
蒸発残留物	針入度(25℃)	243	138	PK-3 100を超え300以下 PK-4 60を超え150以下
	伸度(15℃)	121cm	123cm	100cm以上
	三塩化エタン可溶分	99.7%	99.8%	98%以上
貯蔵安定度(24時間)		0.2%	0.3%	1以下
凍結安定度(-5℃)		合格	合格	

※出荷元 日本舗道株式会社千葉合材工場

注8) 規格値はJIS K2208-1980

表-2.9 アスファルト混合物の配合

a) 粗粒度アスファルト混合物(20) (中ループ基層)

1. 配合割合													
材 料	5号	6号	7号	粗砂	細砂	石粉							
配合割合(%)	22.0	34.0	18.0	14.0	7.0	5.0							
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率(%)	—	—	100	99.0	79.7	—	44.8	27.9	—	16.4	10.6	6.9	4.9
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	理論密度 (g/cm ³)	突固め回数 (回)						
4.7	2.390	4.0	73.0	1196	32	2.489	50						
アスファルト温度 (°C)	骨材の加熱 温度(°C)	混合物の 温度(°C)	混合時間 (秒)	動的安定度 (回/mm)	透水係数 (cm/s)								
151	180		—	—	—								

b) 密粒度アスファルト混合物(13) (中ループ表層)

1. 配合割合													
材 料	6号	7号	粗砂	細砂	石粉								
配合割合(%)	38.0	20.0	26.0	10.0	6.0								
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率(%)	—	—	—	100	98.5	—	62.6	42.7	—	24.4	15.2	9.2	6.2
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	理論密度 (g/cm ³)	突固め回数 (回)						
4.7	2.361	3.8	77.0	1152	28	2.455	50						
アスファルト温度 (°C)	骨材の加熱 温度(°C)	混合物の 温度(°C)	混合時間 (秒)	動的安定度 (回/mm)	透水係数 (cm/s)								
151	180		—	—	—								

c) 細粒度アスファルト混合物(13) (大ループ表層)

1. 配合割合													
材 料	6号	7号	粗砂	細砂	石粉								
配合割合(%)	28.0	11.0	41.0	13.0	7.0								
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率(%)	—	—	—	100	98.9	—	72.3	57.5	—	33.3	20.2	11.9	7.5
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	理論密度 (g/cm ³)	突固め回数 (回)						
6.3	2.332	4.1	77.5	966	28	2.431	50						
アスファルト温度 (°C)	骨材の加熱 温度(°C)	混合物の 温度(°C)	混合時間 (秒)	動的安定度 (回/mm)	透水係数 (cm/s)								
151	180		—	—	—								

表-2.10 アスファルト混合物の日常管理試験

a) 基準密度、抽出アスファルト量

品 名	基準密度 (g/cm ³)	抽出アスファルト量 (%)
粗粒度	2.362	4.74
密粒度	2.336	5.50
細粒度	2.316	6.14

b) ふるい分け

粒 徑 (mm)		26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	0.60	0.30	0.15	0.075
通過 百分率 (%)	粗粒度	100.0	98.5	78.2	46.4	29.0	16.5	10.4	7.4	4.1
	密粒度		100	97.8	63.2	44.5	24.1	15.0	9.3	6.0
	細粒度		100	98.5	71.8	59.3	33.8	19.2	12.4	6.7

※出荷元 日本舗道株式会社筑波合材工場

表-2.11 アスファルト混合物の抜き取り検査

品 名		締固め度	粒 度				アスファルト量		厚 さ		密度	
			2.36mm		0.075mm							
基 層	粗粒度	99.5%	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計
			%	%	%	%	%	%	cm	cm	g/cm³	g/cm³
			28.5	27.9	4.6	4.9	4.67	4.7	5.4	5.0	2.350	2.362
規格値 ^{注9}		96.5以上	±7.0%以内		±3.0%以内		±0.5%以内		-1.2cm以内			
表 層	密粒度	99.8%	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計
			%	%	%	%	%	%	cm	cm	g/cm³	g/cm³
			42.1	42.7	5.5	6.2	5.60	5.60	5.5	5.0	2.332	2.336
層	細粒度	100.2%	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計	抜取	設計
			%	%	%	%	%	%	cm	cm	g/cm³	g/cm³
			28.5	27.9	6.9	7.5	6.29	6.30	3.1	3.0	2.320	2.316
規格値 ^{注9}		96.5以上	±7.0%以内		±3.0%以内		±0.5%以内		-0.9cm以内			

2.2 路面性状調査結果

2.2.1 調査の概要

路面性状調査はわだち掘れ、平坦性、ひびわれの調査をそれぞれ以下のとおり行った。

わだち掘れ量の測定は、図-2.3に示す位置で横断プロファイルメータにより行った。わだち掘れ量は試験法便覧⁵⁾で示されているように、内外両側の車輪通過部のわだち掘れ量のうち、大きいものを各測点のわだち掘れ量とした。得られた結果を2万回毎に初期値に対する変化量としてまとめ、埋設深度、管の有無、管種による影響について検証した。

平坦性の測定は、図-2.3に示す位置で3mプロファイルメータによる測定を行った。平坦性は、管の影響を評価するため、通常の1.5mピッチではなく、3mプロファイルメータから出力された波形から、図-2.4のように管上及び中間点のデータを読み取り、式(2.1)のように標準偏差で表す。

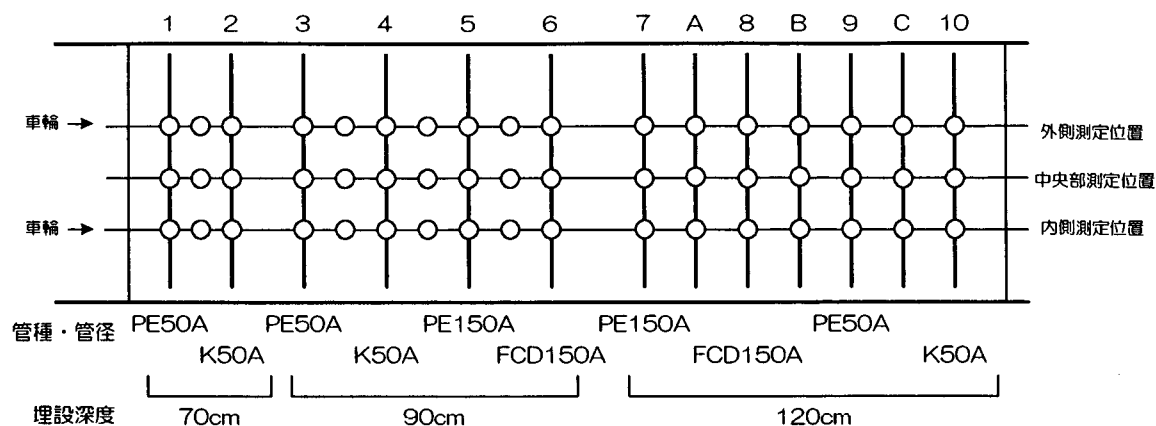
注9) 規格値はアスファルト舗装要綱表-6.5.1 出来高の合格判定値及び表-6.5.2 品質の合格判定値（小規模工事）を参照

$$\sigma = \sqrt{\left\{ \sum d_i^2 - (\sum d_i)^2 / (2n - 1) \right\} / (2n - 2)} \quad (2.1)$$

得られた結果から埋設深度、継手の有無による影響を検証した。

ひびわれの調査は目視で行った。

a) 中ループ



b) 大ループ

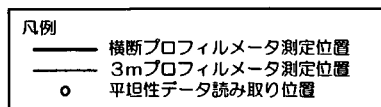
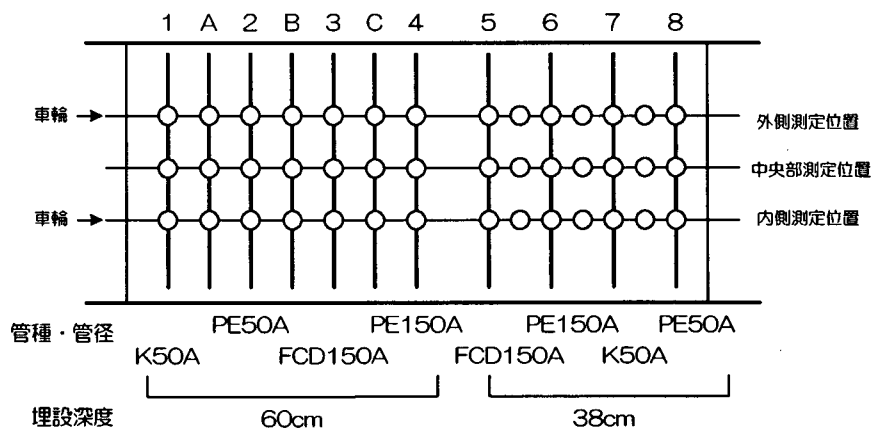


図-2.3 路面性状測定位置

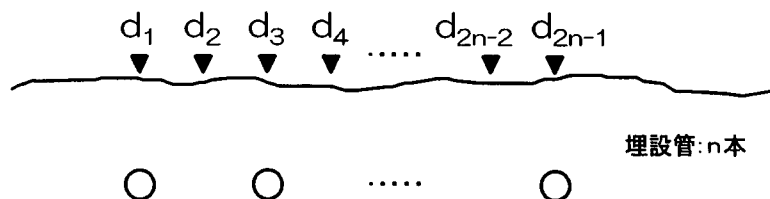
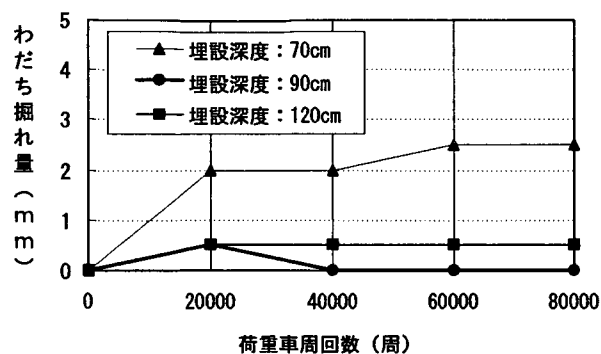


図-2.4 平坦性データ読み取り位置

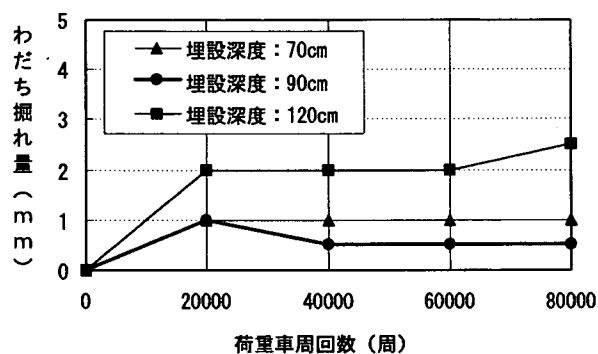
2.2.2 わだち掘れ量測定結果

平成7年度に行った中ループのわだち掘れ量測定結果を図-2.5に、管の有無によるわだち掘れ量の相違(埋設深度120cm)を図-2.6に示す。また、平成8年度の夏期に行った中ループのわだち掘れ量測定結果を図-2.7に示す。

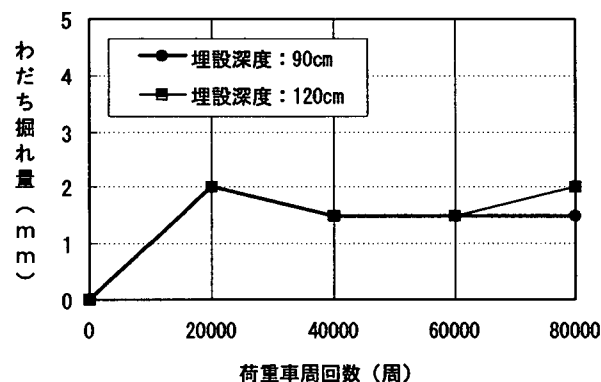
a) PE50A



c) K50A



b) PE150A



d) FCD150A

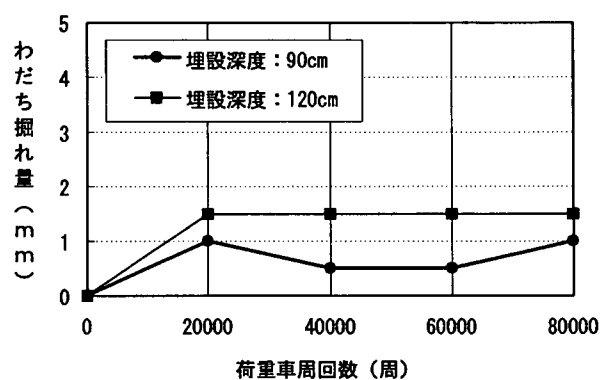


図-2.5 中ループわだち掘れ量測定結果

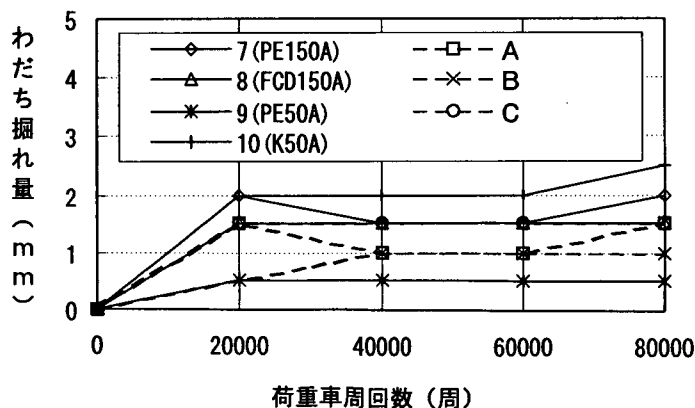
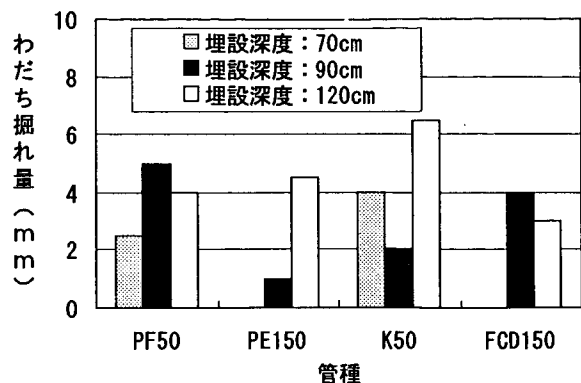


図-2.6 管の有無によるわだち掘れ量の相違(中ループ・埋設深度120cm)

a) 埋設深度、管種による相違



b) 管の有無による相違

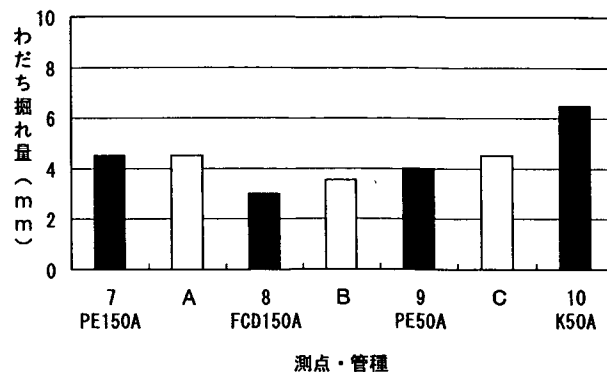
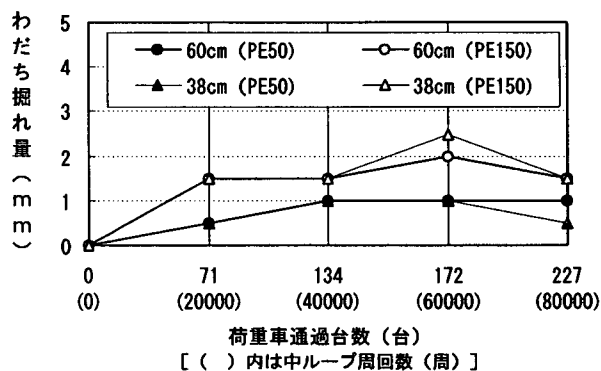


図-2.7 夏期のわだち掘れ量の測定結果

大ループのわだち掘れ量測定結果を図-2.8に示す。また、管の有無によるわだち掘れ量の相違(埋設深度60cm)を図-2.9に示す。

a) PE



b) K, FCD

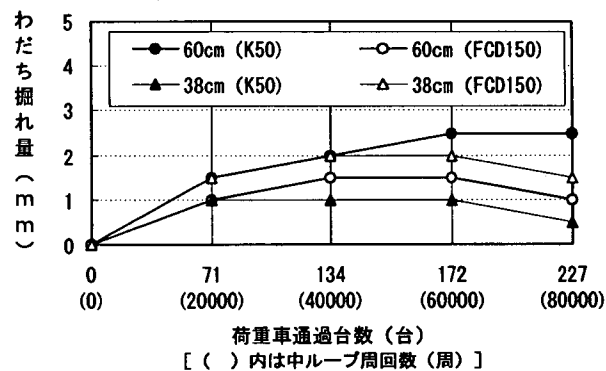


図-2.8 大ループわだち掘れ量測定結果

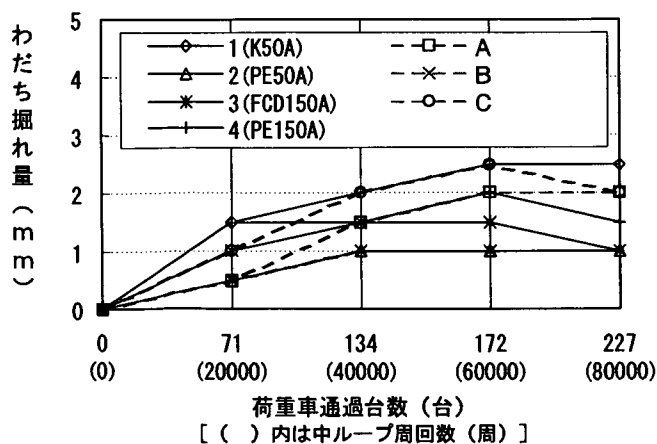


図-2.9 管の有無によるわだち掘れ量の相違(大ループ・埋設深度120cm)

平成7年度にわだち掘れ量を測定した結果、中ループのわだち掘れ量は全体的に初期の段階で発生し(0.5～2mm)その後は安定する傾向が見られる。大ループのわだち掘れ量は全体的に172台通過時までは増加傾向にあるが、その後は横ばい、あるいは減少傾向にあり、安定状態に入ったものと推定される。中ループでは埋設深度70cmのPE50Aや埋設深度120cmのK50A、大ループでは埋設深度38cmのPE150Aや埋設深度60cmのK50A等がわだち掘れ量が最大2.5mmと大きくなっている。しかし、わだち掘れ量と埋設深度、管の有無、管種との間には相関性は認められなかった。

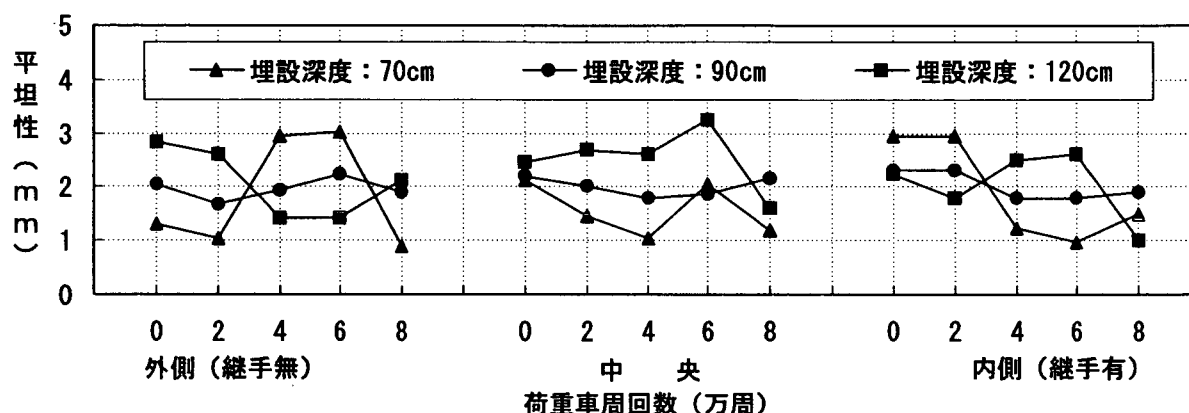
また、平成8年度夏期のわだち掘れ量は、埋設深度、管の有無により、ばらつきがあるものの、埋設深度、管の有無との相関性は認められなかった。また、管種、口径による明確な差異は認められなかった。

したがって管によるわだち掘れへの影響はほとんどないといえる。

2.2.3 平坦性測定結果

中ループの平坦性測定結果を図-2.10に、大ループの平坦性測定結果を図-2.11に示す。

a) 平成7年度



b) 平成8年度夏期

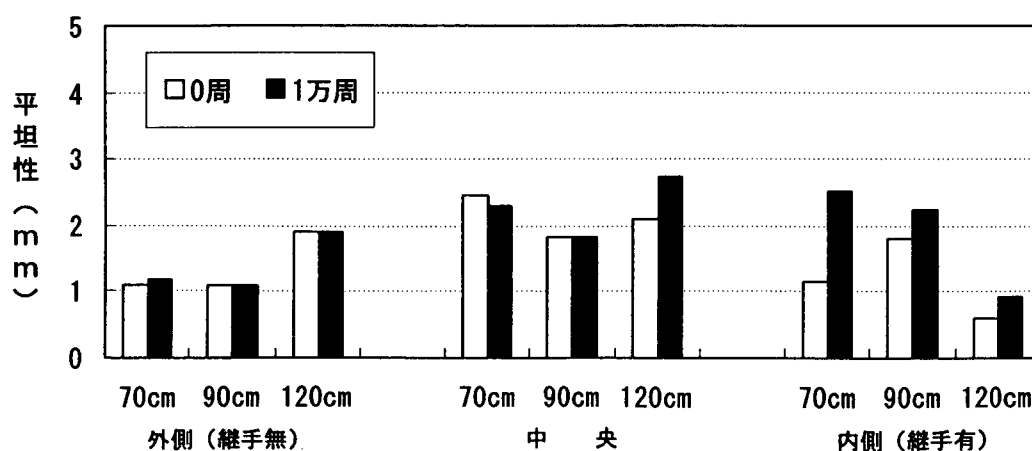


図-2.10 中ループ平坦性測定結果

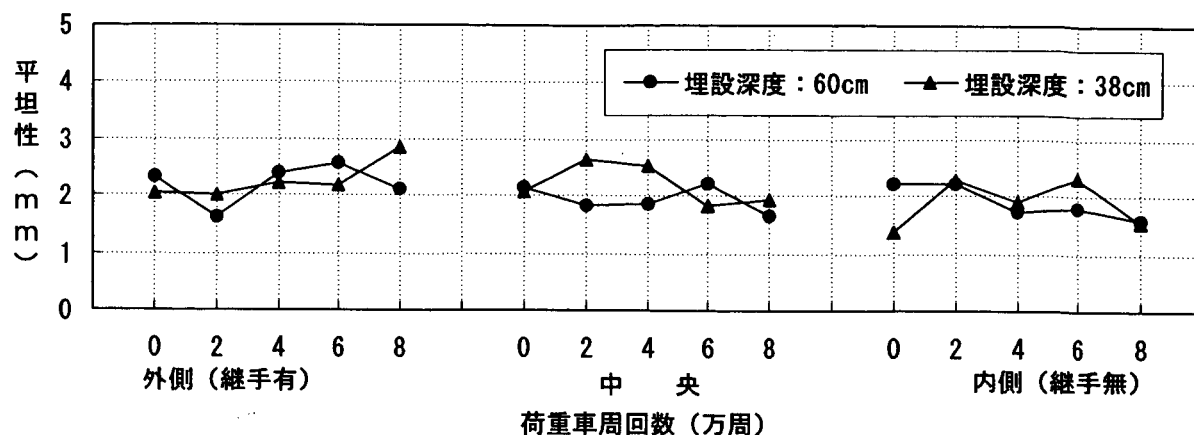


図-2.11 大ループ平坦性測定結果

平成7年度にわだち掘れ量を測定した結果、ばらつきはあるものの、ほとんど悪化することはなく、平坦性に関しては全く問題はなかった。また、埋設深度、継手の有無と平坦性との間には相関性は認められなかった。

平成8年度夏期についても、変化量に多少のばらつきはあるものの、埋設深度の違い及び継手の有無による明確な差異は認められなかった。

したがって管による平坦性への影響はほとんどないといえる。

2.2.4 ひびわれ調査結果

ひびわれは目視により観察したが、中ループ、大ループともに80,000周及び夏期の10,000週の走行終了後においても確認されず、路面の状態としては非常に良好であった。

2.2.5 路面性状調査のまとめ

今回の調査は、舗装の路面性状調査として一般的に行われている舗装試験法便覧に従った方法にもとづいて行ったが、中ループのわだち掘れ、平坦性の測定結果から、通常埋設及び浅層埋設との差はほとんど確認されず、大ループの結果からも管の影響と思われる不具合は見られなかった。また、グラフから読み取れるばらつきは、測定誤差、読み取り誤差等の範囲内と考えられ、維持修繕の観点からも全く問題は無く、路面の状態としては良好であるといえる。

以上の結果、路面性状の観点からは、管の埋設深度を浅くしても問題はないと考えられる。

2.3 たわみ測定

2.3.1 たわみ測定の概要

本実験では、容易にたわみ量や舗装構造の特性を把握できるという観点からFWD測定を実施する。FWDたわみ測定の目的は、荷重車の載荷荷重と同じ49kN (5tf) を舗装体に載荷したときのたわみ曲線を求め、埋設深度の違いや管の有無等がたわみ測定結果に及ぼす影響を調査することにより、埋設管が舗装構造に与える影響を調べることである。

FWDたわみ測定は、図-2.12に示すように、中ループは10測点（管埋設場所）と3中間点（埋設管間隔が広い箇所）、大ループは8測点と3中間点を設け、各測点におけるたわみ量を測定した。測定日時及びそのときの路面温度を表-2.12に示す。なお、路面温度はFWD装置に測定したものの平均をとった。

測定は、中ループは4回測定し、初回を除いた3回のたわみデータを有効データとした。一方、大ループは、中ループと同様に行った場合、初回を除いた3回のたわみデータが安定しなかった。そこで、5回測定を行い、1、2回目を除いた3回のたわみデータを有効データとした。有効データをコンピュータに記録し、その3回のデータを平均したものをFWDたわみ量とした。

測定で得られたFWDたわみデータの正規化は、「FWD運用マニュアル(案)」⁹⁾に基づき、荷重、温度について行う。荷重補正は、式(2.2)のように測定荷重(P)のたわみ(D)を49kN (5tf) のたわみ(D')に補正を行った。また、温度補正は載荷板直下及び載荷板から20cmのたわみ量(D₀及びD₂₀)は路面温度(T)やアスファルト混合物層厚(H)の影響を受けることが報告されているので、式(2.3)及び式(2.4)を用いて20℃のときのたわみ量(D₀(20)及びD₂₀(20))に補正を行った¹⁰⁾。なお、路面温度は表-2.12の平均路面温度を、アスファルト混合物層厚は中ループ10cm、大ループ3cmを用いた。

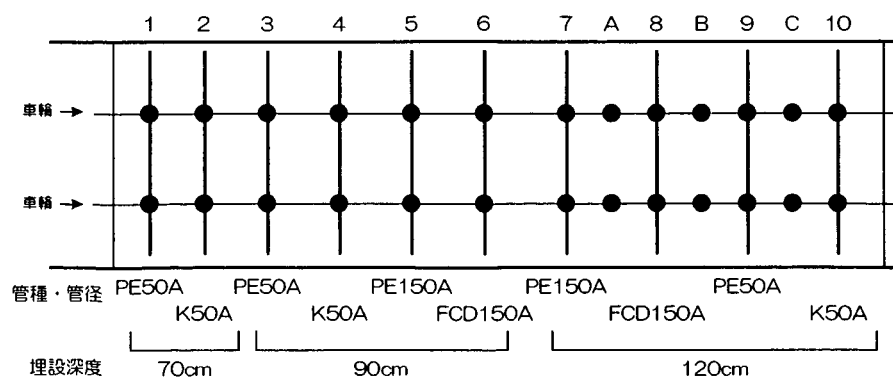
$$D' = D \times \frac{49[kN]}{P[kN]} \quad (2.2)$$

$$D_0(20) = D_0(T) \times 10^{(-4.914H+2)(T-20) \times 10^{-4}} \quad (2.3)$$

$$D_{20}(20) = D_{20}(T) \times 10^{(-4.829H+2)(T-20) \times 10^{-4}} \quad (2.4)$$

このようにして得られたたわみ量を、埋設深度、管の有無、管種、継手の有無に関し評価を行った。

a) 中ループ



b) 大ループ

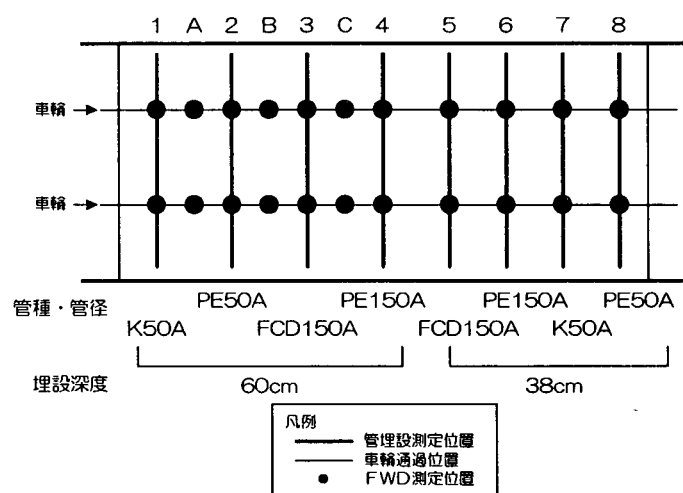


図-2.12 FWDたわみ測定の実験

表-2.12 測定日時と平均路面温度

		中ループ（車道用）		大ループ（歩道用）	
		外（継手無）	内（継手有）	外（継手有）	内（継手無）
0周	測定日	平成7.10.16	平成7.10.16	平成7.10.13	平成7.10.13
	測定時刻	15:48~16:33	16:36~17:14	16:06~17:04	17:06~17:41
	平均路面温度	20.3℃	20.4℃	22.9℃	25.1℃
40000周	測定日	平成7.12.18	平成7.12.18	平成7.12.15	平成7.12.15
	測定時刻	13:49~14:21	14:23~15:01	14:47~15:17	15:19~15:48
	平均路面温度	12.0℃	13.6℃	10.6℃	11.9℃
80000周	測定日	平成8.2.23	平成8.2.26	平成8.2.23	平成8.2.23
	測定時刻	16:19~17:01	16:34~17:12	11:20~11:59	15:38~16:12
	平均路面温度	13.0℃	10.7℃	13.5℃	9.7℃

2.3.2 たわみ量測定結果

中ループの埋設深度によるたわみ曲線の相違を図-2.13に、7～10工区における管の有無によるたわみ曲線の相違を図-2.14に、また大ループの埋設深度によるたわみ曲線の相違を図-2.15に、1～4工区における管の有無によるたわみ曲線の相違を図-2.16に示す。

2.3.3 たわみ量測定のまとめ

FWDたわみ測定の結果から、次のような傾向がみられた。

1) 管の埋設深度による相違

中ループ、大ループとも、埋設深度とたわみ量との間には明確な相関は認められなかった。

2) 管の有無による相違

中ループでは、荷重車走行台数、載荷点からの距離によらず、管の無い方がたわみが大きくなった。一方大ループではこのような傾向は見られなかった。

3) 管種による相違

中ループ、大ループともたわみ量は铸铁管が最も小さく、ポリエチレン管が最も大きくなり、撓性、不撓性の差がみられた。

4) 継手の有無による相違

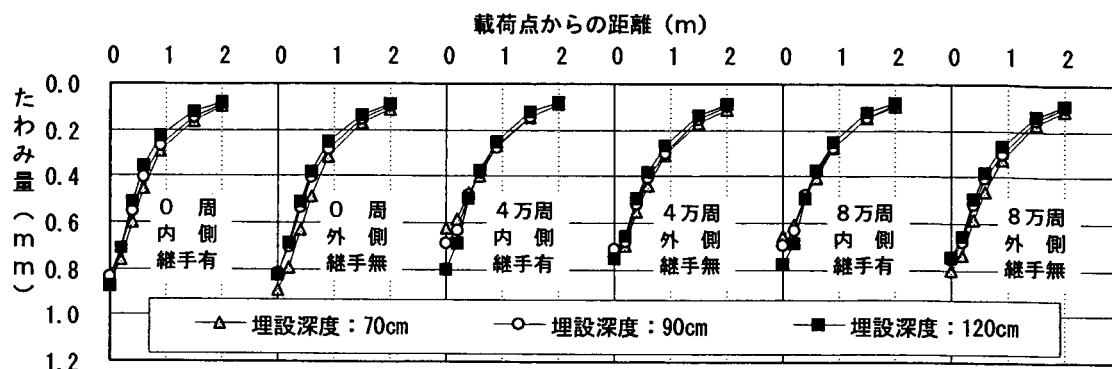
全体的にD₀は継手の無い方がたわみが大きくなったが、他の位置のたわみ量の差は小さい。

全体的にみると、埋設深度、管の有無、管種、継手の有無による差は小さく、したがって管による舗装への影響は非常に小さいといえる。

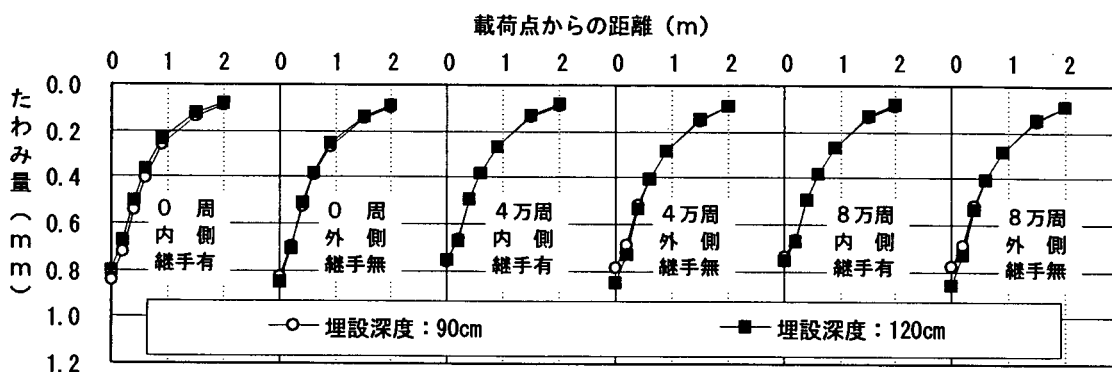
2.4 浅層埋設に関する実験のまとめ

浅層埋設に関する実験（路面性状調査、たわみ測定）の結果から、大型車交通量の比較的少ない車道の場合、口径50mmの管であれば70cm（舗装厚+10cm）、口径150mmの管であれば90cm（舗装厚+30cm）まで、歩道の場合、38cm（舗装厚+20cm）まで浅くしても舗装にも影響がないことがわかった（なお、実際には施工誤差を考慮すると舗装厚+30cmが必要である）。また、管の有無、管種、継手の有無による路面性状、たわみの差異は小さく、舗装への影響は小さいことがわかった。

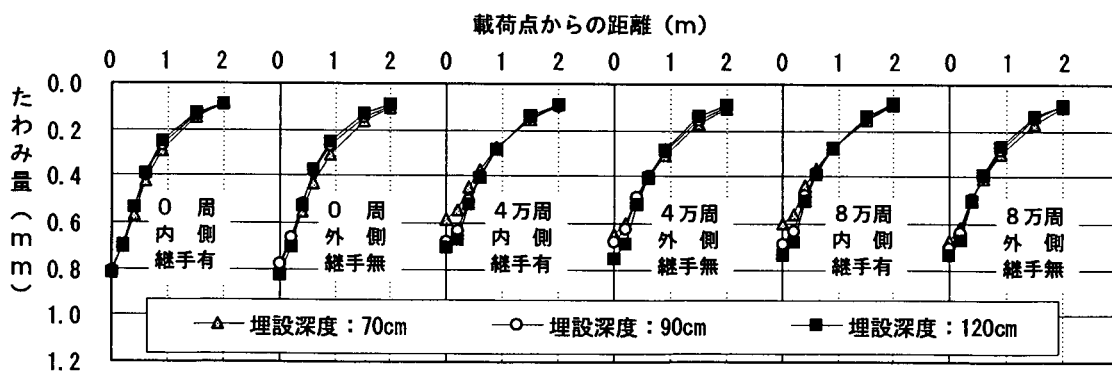
a) PE50A



b) PE150A



c) K50A



d) FCD50A

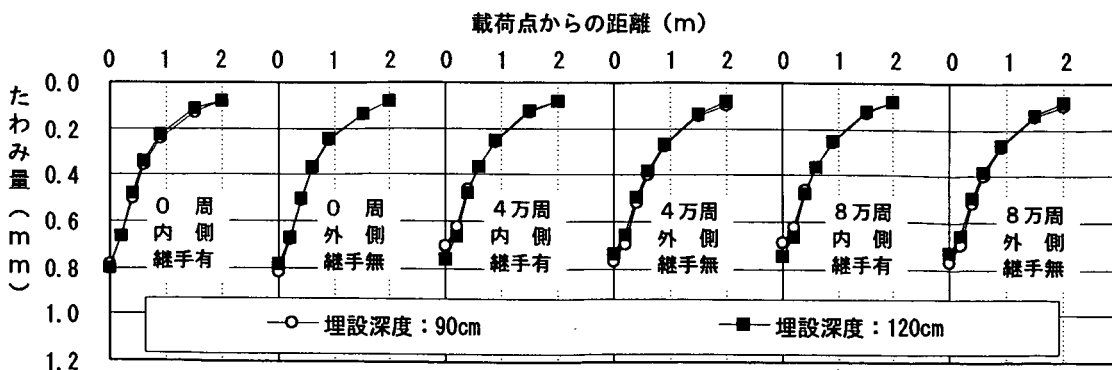
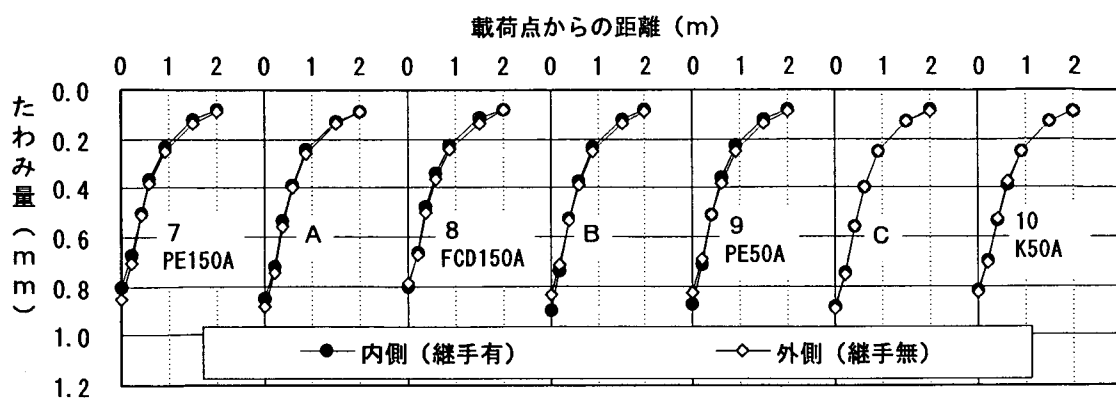
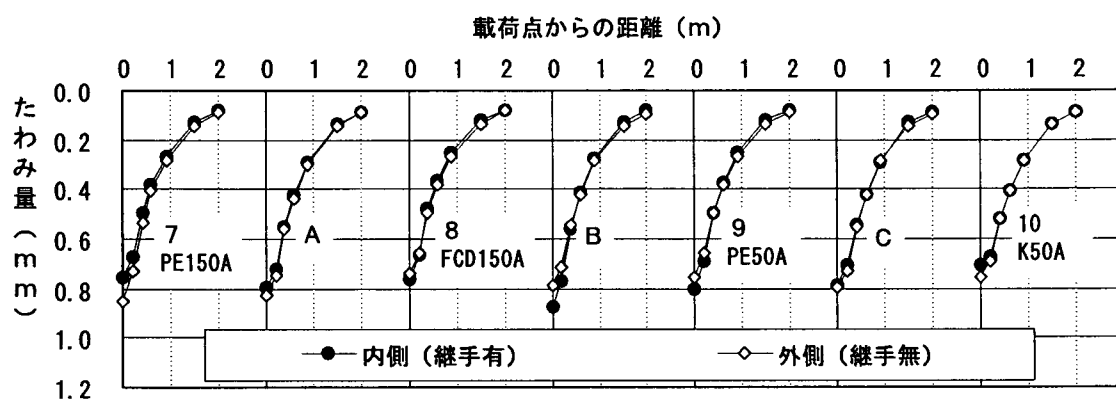


図-2.13 埋設深度によるたわみ曲線の相違 (中ループ)

a) 0 周



b) 4 万周



c) 8 万周

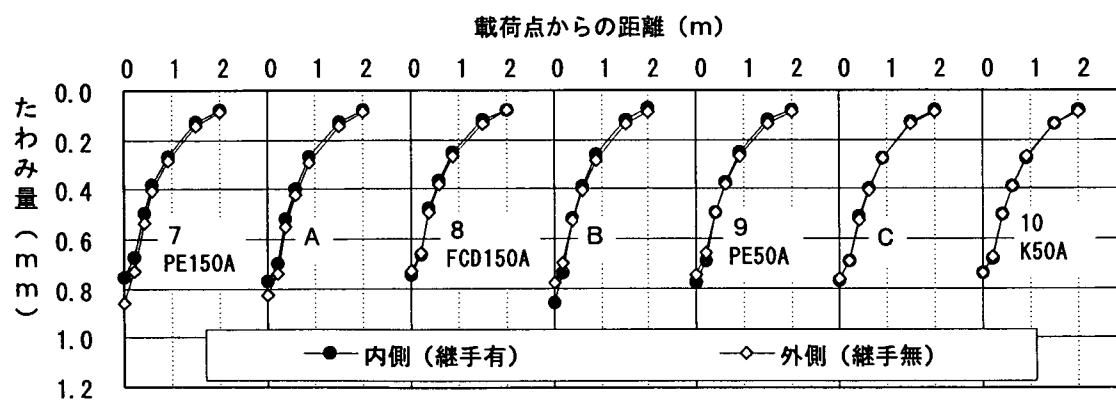
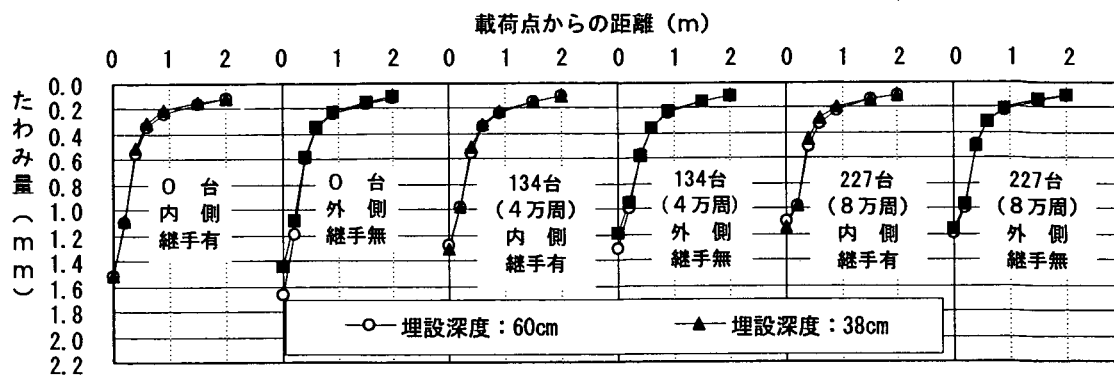
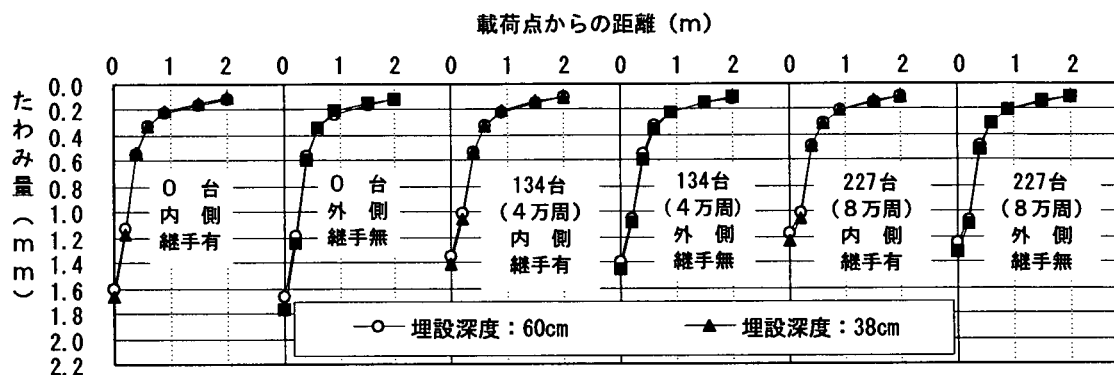


図-2.14 管の有無によるたわみ曲線の相違 (中ループ7～10工区)

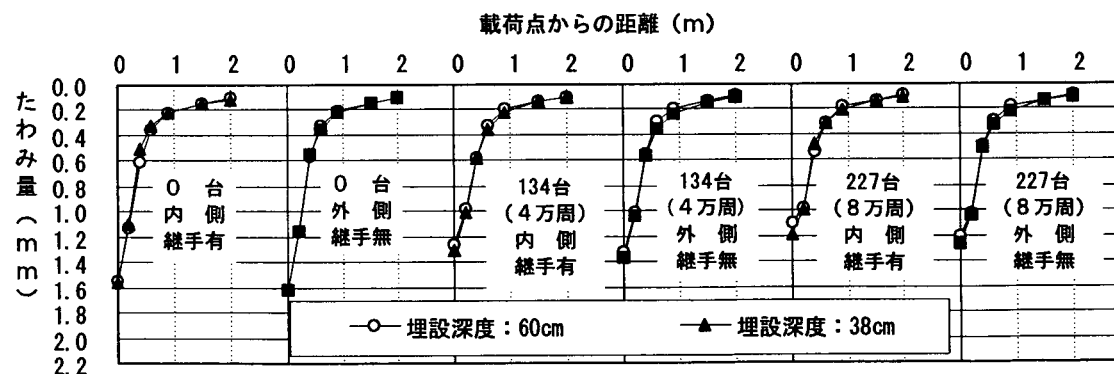
a) PE50A



b) PE150A



c) K50A



d) FCD150A

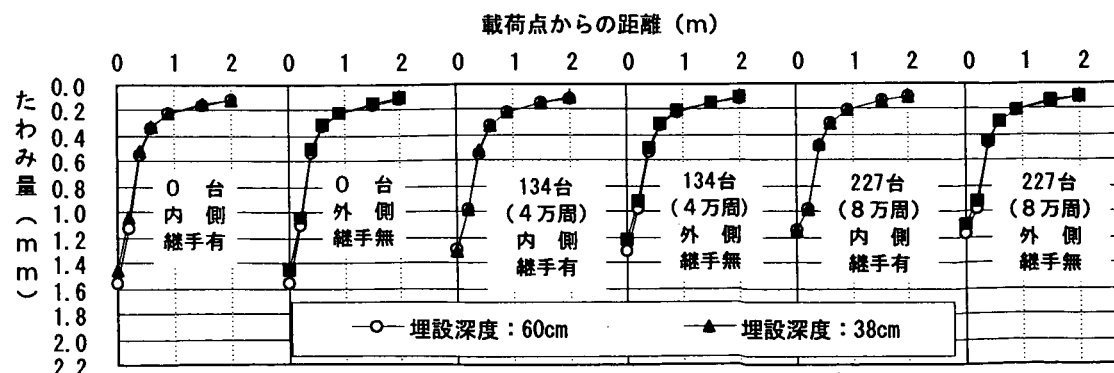
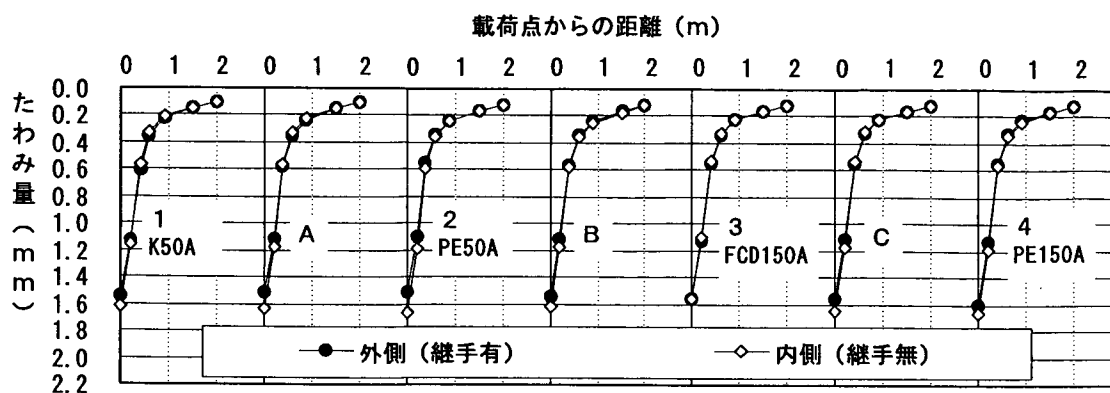
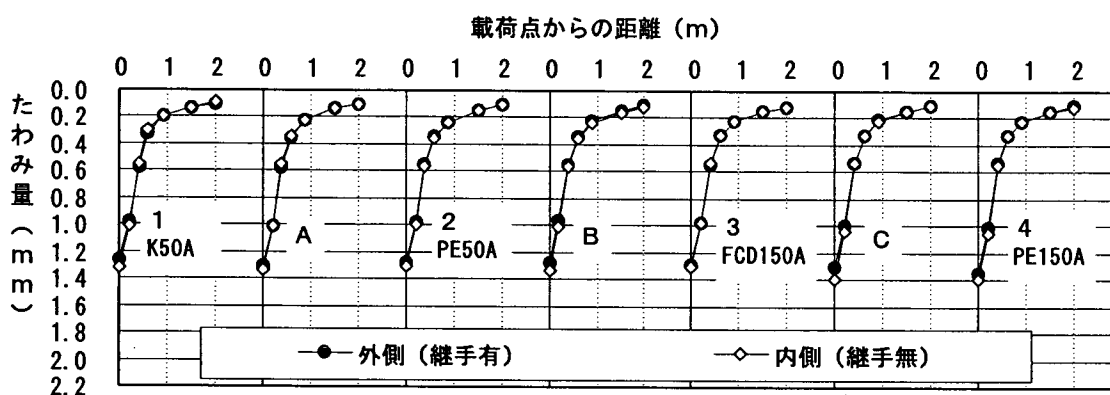


図-2.15 埋設深度によるたわみ曲線の相違 (大ループ)

a) 0 台



b) 134 台 (中ループ 4 万周)



c) 227 台 (中ループ 8 万周)

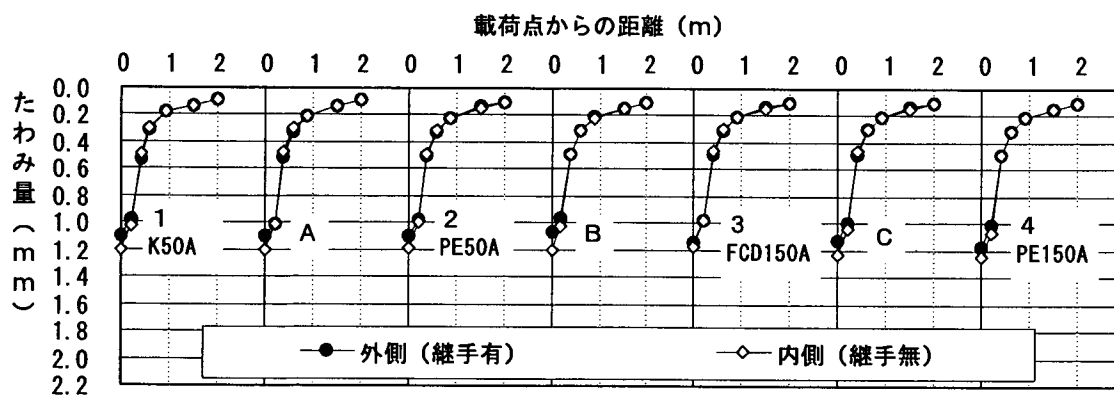


図-2.16 管の有無によるたわみ曲線の相違 (大ループ 1 ~ 4 工区)

3 仮復旧及び本復旧に関する実験

3.1 試験舗装の施工

3.1.1 試験舗装の概要

建設省土木研究所舗装走行実験場中ループ内の浅層埋設に関する実験で使用した試験工区で、仮復旧及び本復旧に関する実験用試験舗装を施工した。試験舗装は、工区内で出来るだけ隣接する管同士が影響しないよう、ガス管を表-3.1及び図-3.1に示すように、掘削幅、深さ別に埋設した。

舗装構成は仮復旧実験用舗装であるため下層路盤（クラッシャラン）を薄くし、舗装厚を50cmとした。また、本復旧用実験では工区全体の路盤を残し、アスファルト混合物層（10cm）のみを掘削、その後アスファルト混合物層（10cm）の再舗装を行った。なお、表層は仮復旧実験用舗装では密粒13、本復旧用舗装では密粒20を用いた。

埋設管は、浅層埋設に関する実験の結果（管種による影響は小さい、FWDたわみが大きい等）から、ポリエチレン管1種類とし、口径は掘削幅が60cm及び40cmの箇所では150mm、30cmの箇所では50mmを使用した。

表-3.1 各埋設位置の土被り・掘削幅・管の口径

埋設位置	a	b	c	d	e	f	g
土被り(m)	0.7	0.9	1.2	0.7	0.7	0.9	1.2
掘削幅(m)	0.6			0.3	0.4		
ポリエチレン 管口径(mm)	150			50	150		

3.1.2 施工の概要

本工事は、舗装走行実験場内中ループ（車道想定）の舗装下の地中にポリエチレン管を埋設し、図-3.1に示す舗装断面の試験舗装を施工した。

仮復旧及び本復旧に関する実験用試験舗装の施工手順を表-3.2に示す。また、仮復旧の施工の状況を付録-3(2)に、本復旧の施工の状況を付録-3(3)に示す。

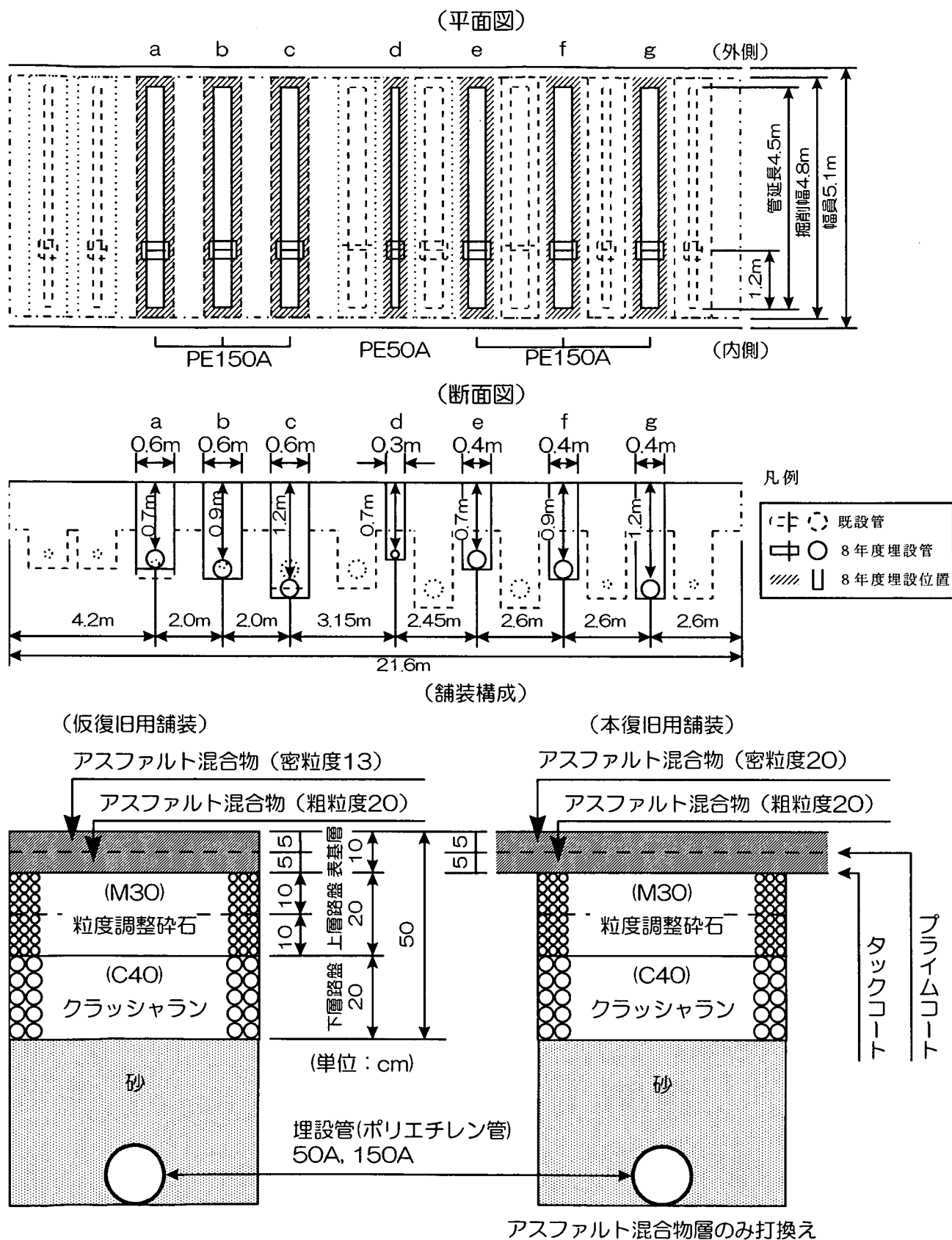


図-3.1 配管図及び舗装構成

表-3.2 施工手順

工 種		作 業 名	
仮 復 旧 実 験 用 舗 装	掘削工	舗装切断工	カッター入れ a, b, c 工区 (幅0.6m×延長5.1m) d 工区 (幅0.3m×延長5.1m) e, f, g 工区 (幅0.4m×延長5.1m)
		舗装版取壊し工	既設舗装撤去 a, b, c, d, e, f, g 工区
		掘 削 工	管理埋設箇所溝掘削 a 工区 (掘削幅0.6m、土被り0.7m、掘削深さ0.85m) b 工区 (掘削幅0.6m、土被り0.9m、掘削深さ1.05m) c 工区 (掘削幅0.6m、土被り1.2m、掘削深さ1.35m) d 工区 (掘削幅0.3m、土被り0.7m、掘削深さ0.75m) e 工区 (掘削幅0.4m、土被り0.7m、掘削深さ0.85m) f 工区 (掘削幅0.4m、土被り0.9m、掘削深さ1.05m) g 工区 (掘削幅0.4m、土被り1.2m、掘削深さ1.35m)
	管理設工	床付工	床付、ならし
		管理設工	配管 (PE50 1本, PE150 6本)
		埋戻し工	砂埋戻し (地表面から0.5mの深さまで)
	仮復旧工	路盤工	クラッシャラン20cm, 粒度調整碎石20cm
		基層工	アスファルト混合物基層 (粗粒度20) 5cm
		表層工	アスファルト混合物表層 (密粒度13) 5cm
	本 復 旧 実 験 用 舗 装	本復旧工	舗装切断工
舗装版取壊し工			既設アスファルト混合物層撤去
路盤工			不陸整正 (人力)、コンバインドローラ
プライムコート工			プライムコート
基層工			アスファルト混合物基層 (粗粒度20) 5cm
タックコート工			タックコート
表層工			アスファルト混合物表層 (密粒度20) 5cm

3.1.3 掘削工及び管理設工

管理設工事は、日本ガス協会本支管指針 (工事編)⁸⁾にのっとり、以下の手順で施工を行った。

(1) 掘削工

既設舗装を撤去した後、管理設のための溝掘削をミニバックホウ (掘削幅0.3m～0.4mはバケット幅0.28m、掘削幅0.6mはバケット幅0.45m)で施工した。現地地盤は粘性のあるローム層であり、鉛直な掘削でも十分自立するため (表-2.4)、山留工をしないで溝掘削を行った。

(2) 管理設工

溝掘削をした底面を床付けした後、所定の位置に管を埋設した。

(3) 埋戻し工

掘削溝内に配管した管まわりを人力にて転圧し、その上部をまき出し厚さ約30cmで表-3.3の試験値を満たす埋戻し用砂をまき出し、ランマで転圧を行いながら、地表面から0.5mの深さまで埋戻しを行った。

表-3.3 埋戻し用砂試験値

a) 各種試験結果成績表

品 名	含 水 比	乾燥密度(67回3層)	C B R (67回3層)
埋戻し用砂	5.3%	1.601g/cm ³	14.5%

b) 粒度範囲成績表

粒 径(mm)	4.75	2.00	0.85	0.425	0.25	0.106	0.075
通過百分率(%)	100.0	99.9	98.0	70.3	12.3	1.3	1.2

※産地 茨城県行方郡玉造町西蓮寺

3.1.4 仮復旧実験用舗装工

舗装工事は、関東地方建設局の土木工事共通仕様書ならびに土木工事施工管理基準⁷⁾にのっとり以下の手順で施工を行った。

(1) 路盤工

路床面の上に下層路盤として表-3.4の規格値を満たすクラッシャランを20cm、上層路盤として表-3.5の試験値を満たす、粒度調整碎石を20cmの構成で路盤を築造した。路盤の転圧にはランマを用い、下層路盤は1層仕上げ、上層路盤は2層仕上げで転圧を行った。

表-3.4 クラッシャラン試験値

a) 各種試験成績表

品 名	最大乾燥密度	最適含水比	表乾比重	吸水	すりへり減量	修正C B R
クラッシャラン (C-40)	2.182t/m ³	3.3%	2.685	0.4%	22.5%	84%
規 格 値 ^{注10}	—	—	2.45以上	3.0%以下	30%以下	20%以上

b) 粒度範囲成績表

粒 径(mm)	37.5	19.0	4.75	2.36
通過百分率(%)	100	65.3	24.7	16.5
規 格 値 ^{注10}	95~100	50~80	15~40	5~25

※産地 茨城県新治郡新治村

表-3.5 粒度調整碎石試験値

a) 各種試験成績表

品 名	最大乾燥密度	最適含水比	比重	吸水	すりへり減量	修正C B R
粒度調整碎石 (M-30)	2.246t/m ³	5.0%	2.685	0.4%	22.5%	98%
規 格 値 ^{注10}	—	—	—	—	50%以下	80%以上

b) 粒度範囲成績表

粒 径(mm)	37.5	31.5	19.0	4.75	2.36	0.425	0.075
通過百分率(%)	100		75.5	43.3	32.8	15.4	6.6
規 格 値 ^{注10}	100	95~100	60~90	30~65	20~50	10~30	2~10

※産地 茨城県新治郡新治村

注10) アスファルト舗装要綱3-5-2 碎石の表3.5.1~3⁹⁾

(2) 基層工

基層は仕上がり厚さ 5 cmの粗粒度アスファルト混合物(20)とし、配合設計は表-3.6のとおり行った。敷きならしは人力、転圧機械はランマ及びコンパクタを使用した。アスファルト混合物の品質は表-3.7の日常品質管理試験で行った。

(3) 表層工

表層は仕上がり厚さ 5 cmの密粒度アスファルト混合物(13)とし、配合設計は表-3.6のとおり行った。敷きならしは人力、転圧機械はランマ及びコンパクタを使用した。アスファルト混合物の品質は表-3.7の日常品質管理試験で行った。

表-3.6 アスファルト混合物の配合

a) 粗粒度アスファルト混合物(20) (基層)

1. 配合割合													
材 料	5 号	6 号	7 号	砕砂	粗砂	細砂	石粉						
配合割合 (%)	22.0	34.0	18.0	7.0	7.0	7.0	5.0						
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率 (%)	—	—	100	99.0	79.3	—	45.4	27.8	—	17.0	11.0	7.1	4.5
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密 度 (g/cm ³)		空隙率 (%)		飽和度 (%)		安定度 (kg)		フロー値 (1/100cm)		理論密度 (g/cm ³)		突固め回数 (回)
4.7	2.390		4.0		73.0		1164		32		2.490		50
アスファルト温度 (°C)	骨材の加熱 温度(°C)		混合物の 温度(°C)		混合時間 (秒)		動的安定度 (回/mm)		透水係数 (cm/s)				
153					—		—		—				

b) 密粒度アスファルト混合物(13) (表層)

1. 配合割合													
材 料	6 号	7 号	砕砂	粗砂	細砂	石粉							
配合割合 (%)	39.0	20.0	12.0	12.0	11.0	6.0							
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率 (%)	—	—	—	100	98.5	—	62.4	41.8	—	25.4	14.9	9.5	5.7
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密 度 (g/cm ³)		空隙率 (%)		飽和度 (%)		安定度 (kg)		フロー値 (1/100cm)		理論密度 (g/cm ³)		突固め回数 (回)
5.6	2.359		4.0		76.0		1090		31		2.457		50
アスファルト温度 (°C)	骨材の加熱 温度(°C)		混合物の 温度(°C)		混合時間 (秒)		動的安定度 (回/mm)		透水係数 (cm/s)				
153					—		—		—				

表-3.7 アスファルト混合物の日常管理試験

a) 基準密度、抽出アスファルト量

品 名	基準密度 (g/cm ³)	抽出アスファルト量 (%)
粗粒度	2.350	4.54
細粒度	2.297	5.77

b) ふるい分け

粒 径 (mm)		26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	0.60	0.30	0.15	0.075
通過百分率 (%)	粗粒度	100.0	98.2	82.3	44.5	29.5	18.2	11.0	6.6	4.2
	細粒度		100	98.6	64.5	42.0	27.7	14.8	8.8	6.3

※出荷元 日本舗道株式会社筑波合材工場

3.1.5 本復旧用舗装工

本復旧用舗装工事は、関東地方建設局の土木施工共通仕様書ならびに土木工事施工管理基準⁷⁾にのっとり、以下の手順で施工を行った。

(1) 舗装版撤去工

試験工区全体 (幅5.1m×延長21.6m) のアスファルト混合物層 (10cm) を、バックホウにて撤去した。

(2) 路盤工

アスファルト混合物層 (10cm) 撤去後の路盤面に不陸が生じたため、粒度調整碎石で不陸整正を行い、コンバインドローラー・タイヤローラーにて転圧した。

(3) プライムコート工

プライムコートの歴青材料には表-3.8の規定値を満たすアスファルト乳剤PK-3を使用し、プライムコートを施す路盤面の不陸を修正し、浮石、ごみ等を除去した後、プライマーで均一に散布した。

(4) 基層工

基層構造は、表-3.9の配合設定による粗粒度アスファルト混合物 (20) 仕上がり厚さ5cmとし敷均し機械はアスファルトフィニッシャー、転圧機械はコンバインドローラ、タイヤローラを使用した。なお、アスファルト混合物の日常品質管理試験結果を表-3.10に示す。

(5) タックコート工

タックコートの歴青材料には表-3.8の規定値を満たすアスファルト乳剤PK-4を使用し、タックコートを施す基層面の浮石、ごみ等を除去した後プライマーで均一に散布した。

(6) 表層工

基層構造は、表-3.9の配合設定による密粒度アスファルト混合物 (20) 仕上がり厚さ5cmとし、敷均し機械はアスファルトフィニッシャー、転圧機械はコンバインドローラ、タイヤローラを使用した。なお、アスファルト混合物の日常品質管理試験結果を表-3.10に示す。

表-3.8 アスファルト乳剤の試験値

試験項目	品名		規格値 ^{注11}
	PK-3	PK-4	
エングラ度(25℃)	2.7	2.8	1~6
ふるい残留物(1.18mm)	0.05%	0.05%	0.3%以下
付着度	3/3	3/3	2/3以上
粒子の電荷	(+)	(+)	(+)
蒸発残留分	51.2%	51.5%	50%以上
蒸発残留物	針入度(25℃)	243	PK-3 100を超え300以下 PK-4 60を超え150以下
	伸度(15℃)	121cm	100cm以上
	三塩化エタン可溶分	99.7%	98%以上
貯蔵安定度(24時間)	0.2%	0.3%	1以下
凍結安定度(-5℃)	合格	合格	

※出荷元 日本舗道株式会社千葉合材工場

表-3.9 アスファルト混合物の配合

a) 粗粒度アスファルト混合物(20) (基層)

1. 配合割合													
材 料	5号	6号	7号	砕砂	粗砂	細砂	石粉						
配合割合(%)	19.0	26.0	13.0	13.0	13.0	10.0	6.0						
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率(%)	—	—	100	99.2	82.2	—	56.0	41.2	—	25.3	15.9	9.6	5.7
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	理論密度 (g/cm ³)	突固め回数 (回)						
5.4	2.370	3.8	76.4	1134	29	2.464	50						
アスファルト温度 (℃)	骨材の加熱 温度(℃)	混合物の 温度(℃)	混合時間 (秒)	動的安定度 (回/mm)	透水係数 (cm/s)								
153			—	—	—								

b) 密粒度アスファルト混合物(20) (表層)

1. 配合割合													
材 料	5号	6号	7号	砕砂	粗砂	細砂	石粉						
配合割合(%)	19.0	26.0	13.0	13.0	13.0	10.0	6.0						
2. 合成粒度													
ふるい目	37.5 mm	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	600 μm	300	150	75
通過質量 百分率(%)	—	—	100	99.2	82.2	—	56.0	41.2	—	25.3	15.9	9.6	5.7
3. 室内配合アスファルト量、製造の温度、時間等													
アスファルト量 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	理論密度 (g/cm ³)	突固め回数 (回)						
5.4	2.370	3.8	76.4	1134	29	2.464	50						
アスファルト温度 (℃)	骨材の加熱 温度(℃)	混合物の 温度(℃)	混合時間 (秒)	動的安定度 (回/mm)	透水係数 (cm/s)								
153			—	—	—								

注11) 規格値はJIS K2208-1980

表-3.10 アスファルト混合物の日常管理試験

a) 基準密度、抽出アスファルト量

品 名	基準密度 (g/cm ³)	抽出アスファルト量 (%)
粗粒度	2.350	4.78
細粒度	2.345	5.47

b) ふるい分け

粒 径 (mm)	26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	0.60	0.30	0.15	0.075
通過百分率 (%)									
粗粒度	100	99.0	78.7	47.3	27.2	17.5	11.3	7.8	4.3
細粒度	100	98.1	81.8	55.4	41.7	24.1	14.0	9.6	5.5

※出荷元 日本舗道株式会社筑波合材工場

3.2 仮復旧に関する実験

3.2.1 調査の概要

仮復旧に関する実験は、掘削深さと掘削幅の違いによる掘削溝の復旧状況を把握するため、路面性状調査と密度試験を行った。

1) 路面性状調査

路面性状調査は、基本的に舗装試験法便覧による測定法で行うものとし、横断凹凸、縦断凹凸及びひびわれ調査を行った。

横断凹凸、縦断凹凸の測定は横断プロフィールメーター(写真-1.4)を用いて行った。測定位置は、図-3.2のとおりである。なお、縦断凹凸の測定は、通常縦断凹凸の測定に用いられる3mプロフィールメーターでは仮復旧部凹凸形状を詳細に読み取ることが不可能のため、横断プロフィールメーターにて変化量を測定した。測定した結果は、荷重車走行前後の差をとり、これを沈下量とした。

ひびわれ調査は目視によるものとした。

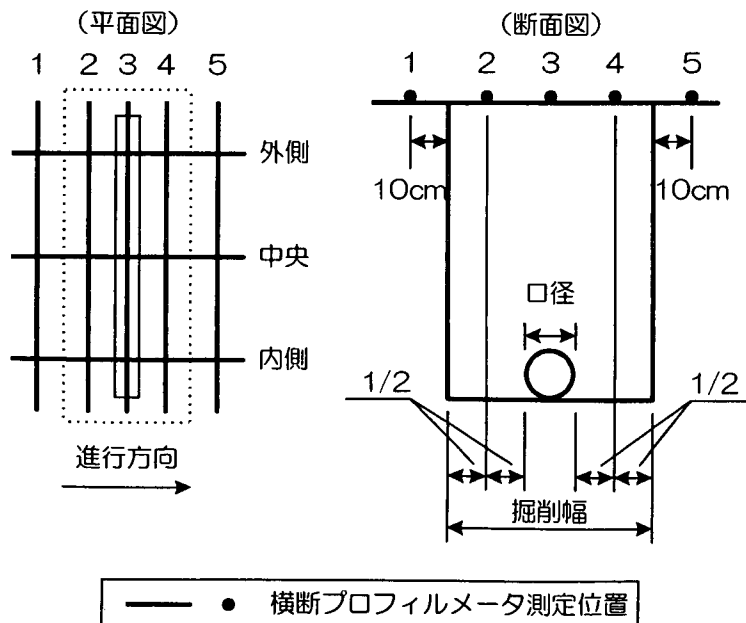


図-3.2 横断凹凸、縦断凹凸測定位置

2) 密度試験

掘削深さと掘削幅の違いによる掘削溝の復旧状況を把握するため、密度試験を行った。密度試験は、図-3.3に示すように、上層路盤（粒調碎石）、下層路盤（クラッシャーラン）の上面及び埋戻し用砂の各仕上げ面の上面で行った。

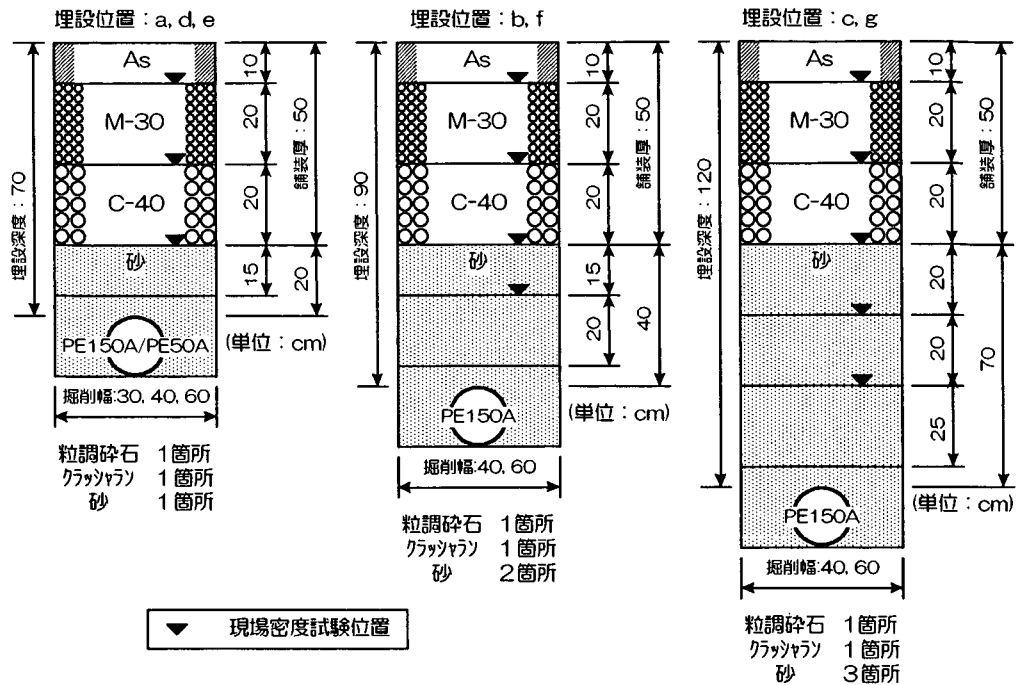


図-3.3 現場密度試験位置

3.2.2 路面性状調査結果

沈下量を調査した結果を図-3.4に示す。

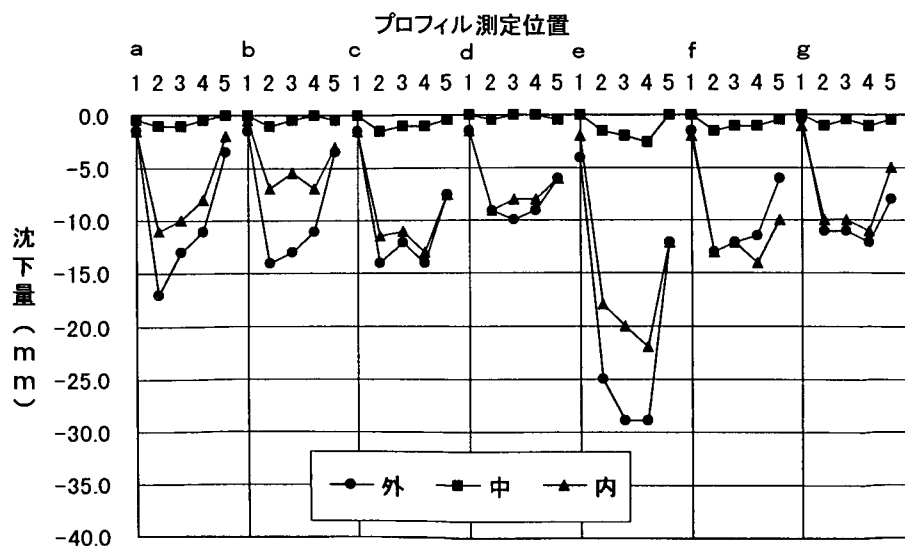


図-3.4 沈下量調査結果

ひびわれ調査結果を図-3.5に示す。ひびわれはeの既設舗装部に発生している。

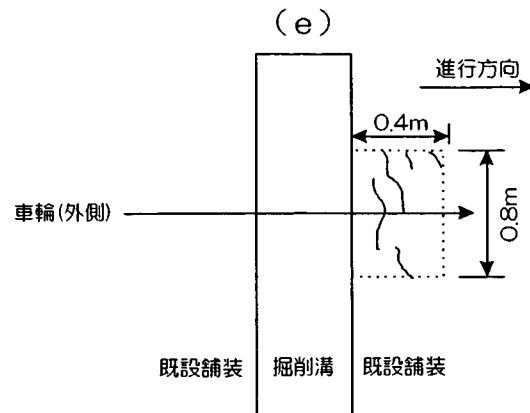


図-3.5 ひびわれ調査結果(e工区)

3.2.3 密度試験結果

砂置換法による埋戻し用砂及び路盤の密度試験結果を図-3.6に示す。また、自然転圧の状態を示すため、砂置換法とRI法による上層路盤 (M-30) の密度試験結果を図-3.7に示す。

A) 埋戻し用砂

B) 路盤

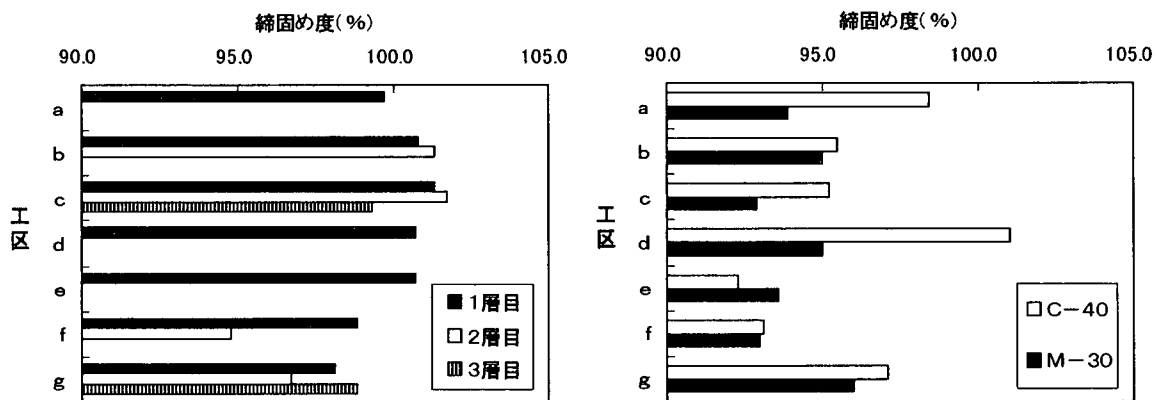


図-3.6 砂置換法による密度試験結果

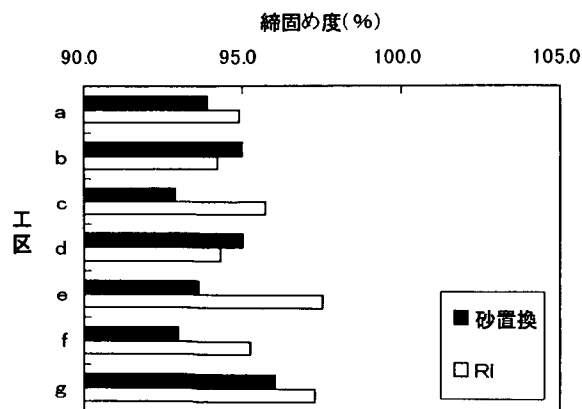


図-3.7 自然転圧の状況 (M-30)

3.2.4 仮復旧に関する実験のまとめ

密度試験の結果、砂、クラッシャーラン及び粒度調整碎石のいずれにおいても、掘削幅及び深さの違いによる締固め度への影響については、明確な傾向はみられず、ほぼ同等の締固め度となった。

仮復旧後の荷重車40,000台走行後の路面性状調査では、eの沈下量は27.7mmと大きくなっている。これは、他の6ケースと同一の埋戻し材を用いて、同一の施工条件で埋戻しを行ったが、他のケースに比してやや締固め度が小さかったために発生したものである。このことは仮復旧時と本復旧時に行った粒度調整碎石の密度実験結果の差が最も大きいこと及びクラッシャーランの密度実験結果が他のケースに比して最も小さいことから推測される。

他のケースの沈下量は、溝掘削部輪荷重通過位置で6.5mm～13.3mmとなっている。これに対し、掘削溝から10cm離れた既設舗装部では輪荷重通過位置でも沈下はわずかに2～6mm程度であった。これらの沈下は通常の仮復旧においても見られるものである。したがって、掘削幅及び深さの違いによる沈下量への影響については明確な傾向は全くみられず、このことから仮復旧部の沈下は掘削幅及び深さの違いに影響されないことがわかる。

ひびわれは、仮復旧後にeに隣接する既設舗装部の一部に認められた。これは、eが沈下量が大きく、荷重車が通過する際の衝撃により発生したものと考えられる。なお、このようなひびわれは、通常の仮復旧部のわだち掘れ等に対する補修を行わずに実験を継続したために発生したものである。

仮復旧に関する実験から以下の事項が確認された。

- 1) ガス導管の埋設工事において、埋設深度の浅層化、掘削幅の小幅化においても、従来の幅及び深さの掘削溝と同等の締固め度を有する仮復旧が行えることが確認された。
- 2) 荷重車の走行により路床・路盤の締固めがさらに進行して仮復旧部に沈下が発生するが、この沈下量は掘削幅、ガス導管埋設深さ及びガス導管の口径の違いによる差異がないことが確認された。
- 3) 自然転圧により、仮復旧部に沈下が発生することから、仮復旧の後に自然転圧を待って本復旧を行う必要があることが確認された。

3.3 本復旧に関する実験

3.3.1 調査の概要

本復旧に関する実験は、アスファルト混合物層のみ本復旧した場合の舗装の耐久性を評価することを目的として、路面性状調査とFWDたわみ測定を行った。

路面性状調査は基本的に舗装試験法便覧による測定法で行うものとし、平坦性及びひびわれの調査を行った。平坦性は3mプロフィールメータを用い、車輪通過部と中央部について測定を行った。ひびわれは調査は目視で行った。

FWDたわみ測定は、管の直上(7箇所)及びaとb、bとcの中間点(2箇所)の計9箇所を実施した。

3.3.2 路面性状調査結果

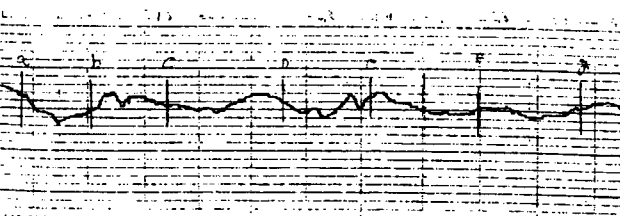
3mプロフィルメータで測定した縦断形状を図-3.8に示す。また、標準偏差値を表-3.11に示す。

ひびわれは目視により観察したが、荷重車4万台走行終了後においても全く確認されず、路面の状態としては非常に良好であった。

a) 外側：荷重車走行前



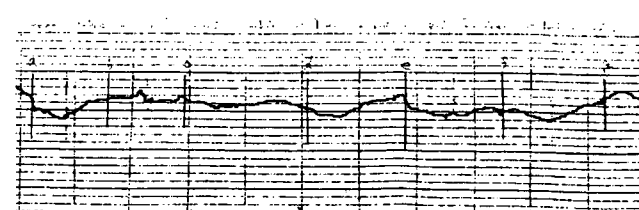
b) 外側：荷重車4万周走行後



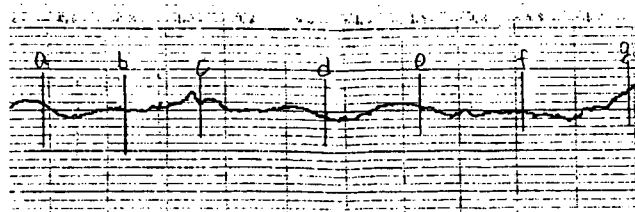
c) 中央：荷重車走行前



d) 中央：荷重車4万周走行後



e) 内側：荷重車走行前



f) 内側：荷重車4万周走行後

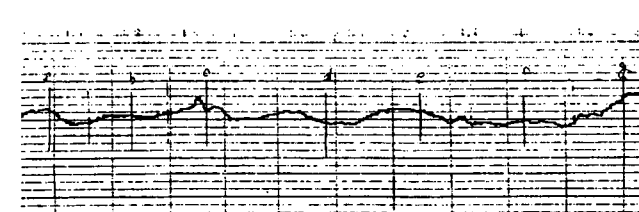


図-3.8 3mプロフィルメータ測定結果

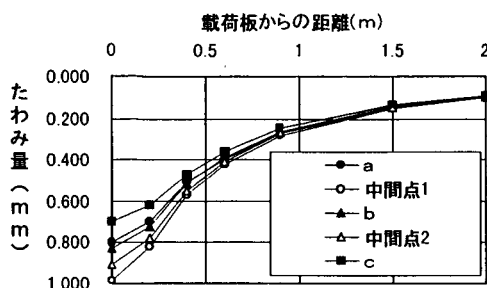
表-3.11 標準偏差値

測定位置	標準偏差値(mm)		
	荷重車走行前	荷重車走行後	変位
外 側	1.64	1.72	+0.08
中 央	1.90	1.69	-0.21
内 側	2.19	2.19	0

3. 3. 3 FWDたわみ測定結果

FWDたわみ量測定結果を図-3. 9に示す。また、浅層埋設に関する実験と比較した結果を図-3. 10に示す。なお、比較はPE150Aが埋設され、埋設深度が0. 9mである5工区とb, f工区、埋設深度が1. 2mである7工区とc, g工区で行った。

A) a ～ c 工区



B) d ～ g 工区

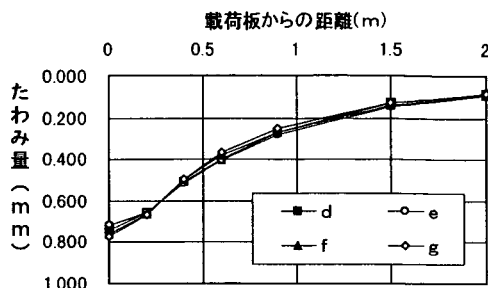
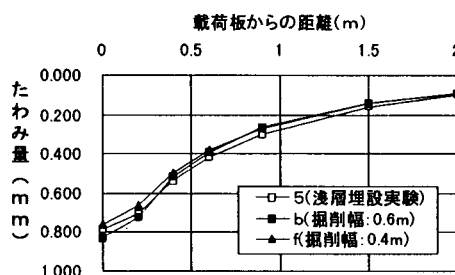


図-3. 9 FWDたわみ量測定結果

A) 埋設深度0. 9m



B) 埋設深度1. 2m

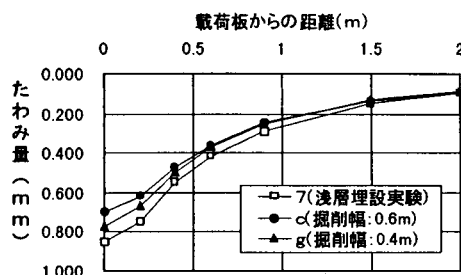


図-3. 10 浅層埋設に関する実験との比較

3. 3. 4 本復旧に関する実験のまとめ

本復旧に関する実験から以下の事項が確認された。

- 1) 3mプロフィールメータによる縦断プロフィールに変化はほとんど見られず、標準偏差値も0～0. 21mmと微小である。また、ひびわれは全く見られなかった。
- 2) FWD測定の結果、中間点でたわみが大きくなったが、これは浅層埋設に関する実験とほぼ同様の傾向を示している。また、浅層埋設に関する実験と比較した結果、たわみ量にほとんど差異がなかった。
- 3) 荷重車の累積通過台数4万台までの評価ではあるが、本復旧に関する実験の結果、口径150mmのPE管の場合、埋設深さ70cmでも舗装に影響がないことがわかった。

なお、今回の実験は仮復旧用舗装の薄い路盤をそのまま用いており、実際に行われると想定される施工（仮復旧路盤在来路盤と同じ厚さの仮復旧路盤をそのまま使用）よりも厳しい条件で行ったにもかかわらず、路面性状への影響及びたわみ量の差異はほとんどなかった。

したがって、従来の本復旧のように在来の路盤を再度掘削しなくても、路面性状に支障をきたさないことから、掘削部周辺の在来路盤及び掘削部の仮復旧路盤をそのまま利用して、アスファルト混合物層のみの復旧で十分であることがわかった。

4. まとめ

今回の実験をまとめると下記のとおりである。

1) 浅層埋設に関する実験

浅層埋設に関する実験（路面性状調査、たわみ測定）の結果から、大型車交通量の比較的少ない車道の場合、口径50mmの管であれば70cm（舗装厚+10cm）、口径150mmの管であれば90cm（舗装厚+30cm）まで、歩道の場合、38cm（舗装厚+20cm）まで浅くしても舗装にも影響がないことがわかった（なお、実際には施工誤差を考慮すると舗装厚+30cmが必要である）。また、管の有無、管種、継手の有無による路面性状、たわみの差異は小さく、舗装への影響は小さいことがわかった。

2) 仮復旧に関する実験

ガス導管の浅層埋設工事において、埋設深度の浅層化、掘削幅の小幅化においても、従来の幅及び深さの掘削溝と同等の締固め度を有する仮復旧が行えることが確認された。また、荷重車の走行により路床・路盤の自然転圧が進行して仮復旧部に沈下が発生するが、この沈下量は掘削幅、ガス導管埋設深さ及びガス導管の口径の違いによる差異がないことが確認された。

したがって、浅層・小幅埋設を行っても施工性に影響がないことがわかった。また、仮復旧の後に自然転圧を待って本復旧を行う必要があることがわかった。

3) 本復旧に関する実験

従来の本復旧のように在来の路盤を再度掘削しなくても、路面性状に支障をきたさないことから、在来及び仮復旧路盤をそのまま利用して、アスファルト混合物層のみの復旧を行えば十分であることが確認された。なお、荷重車の累積通過台数4万台までの評価ではあるが、本復旧に関する実験の結果、口径150mmのPE管の場合、埋設深さ70cmでも舗装に影響がないことがわかった。

4) 建設発生土抑制・規制緩和の可能性

本実験は、ガス導管の埋設深さに関する規制緩和、路上工事の縮減、掘削発生土の抑制を目的として実施したものであるが、以上の結果より、いずれの項目についても対応可能であることがわかった。これにより、工事渋滞の抑制や環境の保全が実現されるなど、大きな波及効果が期待される。

【参考文献】

- 1) (財) 道路保全技術センター：『道路上工事縮減対策ガイドライン（案）』 1996. 3
- 2) (社) 日本ガス協会：『ガス導管の浅層埋設について』 1995. 10
- 3) (社) 土木学会：『舗装工学』 1995. 2
- 4) (社) 日本道路協会：『舗装試験法便覧別冊』 1996. 10
- 5) (社) 日本道路協会：『舗装試験法便覧』 1988. 11
- 6) (社) 日本道路協会：『アスファルト舗装要綱』 1992. 12
- 7) 関東地方建設局企画課：『土木工事必携（平成7年度版）』 関東建設弘済会、1995. 11
- 8) (社) 日本ガス協会：『本支管指針（工事編）』 1986. 9
- 9) (財) 道路保全技術センター：『FWD運用マニュアル（案）』 1996. 3
- 10) 雑賀義夫・阿部長門・宇佐美圭一・丸山暉彦：「FWDたわみの温度補正に関する検討」『土木学会第50回年次学術講演会概要集』（社）日本土木学会、pp. 584～585、1995. 9

謝 辞

本報告書をとりまとめるにあたり、道路占有事業者の立場から貴重な御意見を下さいました(社)日本ガス協会の荒井英昭氏(現東京ガス)、金澤悟氏、同協会ワーキンググループの吉田賢太郎氏をはじめ、(社)日本ガス協会並びに関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

付 録

付録1 通常埋設工と小幅浅層埋設との作業時間の比較(例)	51
付録2 本復旧の復旧範囲	53
付録3 現場の施工と試験舗装の施工との比較	
(1)浅層埋設に関する実験	55
(2)仮復旧に関する実験	61
(3)本復旧に関する実験	79
付録4 欧米主要国におけるガス導管埋設基準	85

付録-1

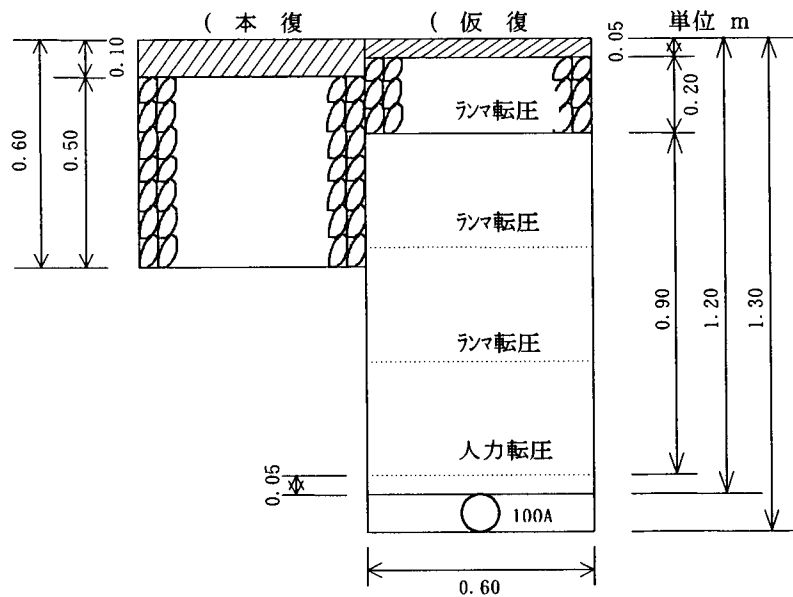
通常埋設工と小幅浅層埋設との作業時間の比較(例)

1. 検討条件

表-1 検討条件

管種・口径・延長	ポリエチレン管・100A・L=30m
道路状況	幅員6.0m程度（B交通程度）・車道
掘削方法	全面機械掘削
埋戻し種別	全面砂埋
復旧方法	仮復旧
検討断面	図-1

1)通常掘削



2)小幅浅層掘削

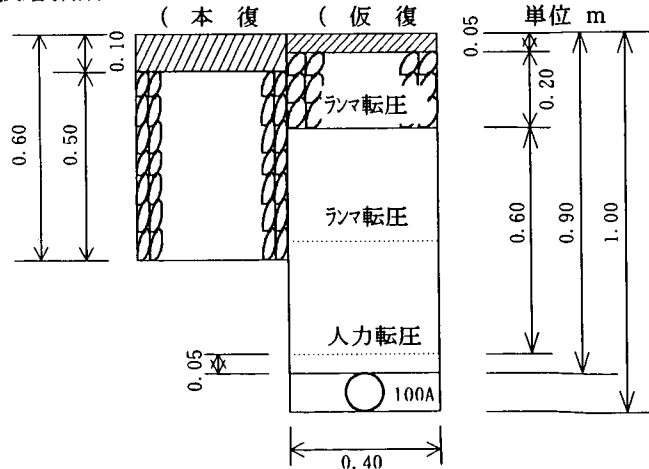


図-1 検討断面

2. ガス管掘削及び埋設数量

表-2 ガス管掘削及び埋設数量 (延長L = 30 m)

品名	通常掘削埋設	小幅浅層掘削埋設
舗装切断工	61.2 m	60.8 m
アスコン塊	幅 厚 延長 $0.60 \times 0.10 \times 30 = 1.8\text{m}^3$	幅 厚 延長 $0.40 \times 0.10 \times 30 = 1.2\text{m}^3$
掘削土量 (地山土量)	幅 深 延長 $0.60 \times 1.20 \times 30 = 21.6\text{m}^3$	幅 深 延長 $0.40 \times 0.90 \times 30 = 10.8\text{m}^3$
搬出土量	土量 ※ $21.6 \times 1.30 = 28.1\text{m}^3$	土量 ※ $10.8 \times 1.30 = 14.0\text{m}^3$
埋戻し砂	幅 厚 延長 ※ $0.60 \times 1.05 \times 30 \times 1.26 = 23.8\text{m}^3$	幅 厚 延長 ※ $0.40 \times 0.75 \times 30 \times 1.26 = 11.3\text{m}^3$
粒度調整碎石	幅 厚 延長 ※ $0.60 \times 0.20 \times 30 \times 1.32 = 4.8\text{m}^3$	幅 厚 延長 ※ $0.40 \times 0.20 \times 30 \times 1.32 = 3.2\text{m}^3$
アスファルトコンクリート	幅 厚 延長 * $0.60 \times 0.05 \times 30 \times 2.54 = 2.3\text{ t}$	幅 厚 延長 * $0.40 \times 0.05 \times 30 \times 2.54 = 1.5\text{ t}$
埋戻し砂敷均 (30 cm 毎)	4 層 (ランマ-転圧 3 層) (人力転圧 1 層)	3 層 (ランマ-転圧 2 層) (人力転圧 1 層)

※ 土木材料のロス率

* 単位体積重量

3. 作業時間

表-3 作業時間の比較

作業種名	通常埋設(土被1.2m 掘削幅0.6m)			小幅浅層埋設(土被0.9m 掘削幅0.4m)		
	数 量	作業時間	備 考	数 量	作業時間	備 考
舗装切断工	61.2m		管埋設前日に施工	60.8m		管埋設前日に施工
準備工	1.0 式	0.5 h		1.0 式	0.5 h	
舗装版取壊工	1.8m ³	0.6 h	0.07m ³ バケツ使用	1.2m ³	0.7 h	0.04m ³ バケツ使用
掘削工	21.6m ³	3.0 h	0.07m ³ バケツ使用	10.8m ³	2.6 h	0.04m ³ バケツ使用
管布設工	30.0m	0.6 h		30.0m	0.6 h	
砂埋戻し工	23.8m ³	2.2 h	人力・機械併用	11.3m ³	1.2 h	人力・機械併用
路盤工	18.0m ²	0.7 h	人力・機械併用	12.0m ²	0.5 h	人力・機械併用
表層工	18.0m ²	0.5 h	人力・機械併用	12.0m ²	0.3 h	人力・機械併用
後片付け工	1.0 式	0.5 h		1.0 式	0.5 h	
合 計		8.6 h			6.9 h	

付録-2

国道の本復旧の復旧範囲

(財)道路保全技術センター『道路上工事縮減ガイドライン(案)』では、国道の本復旧の復旧範囲は以下を参照し、細部については道路管理者と協議するとなっている。

(1) 車道

- ①路床部は流動化処理等を用いて良好な埋戻しを行う。
- ②復旧範囲は原則的に車線単位とする。
- ③堀削により影響範囲が2車線にまたがる場合は、絶縁線までの距離が1.2m未満であれば1車線とすることもできる。

原則的な復旧範囲

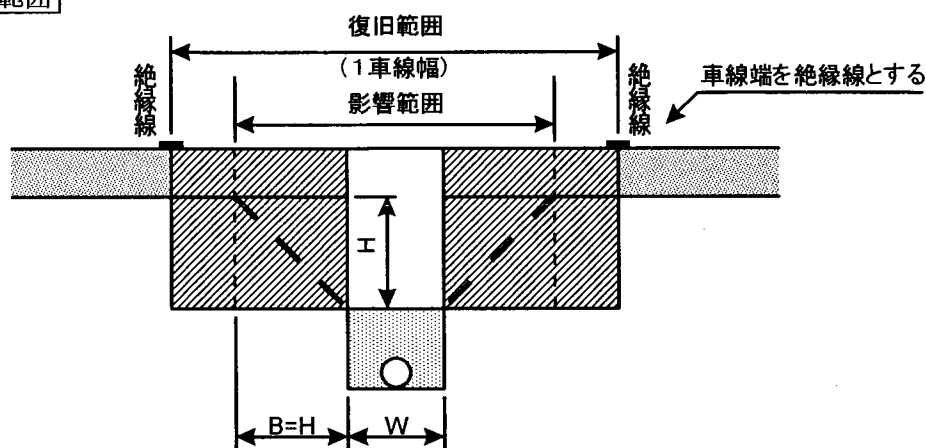


図-1 原則的な復旧範囲

影響範囲が2車線以上またがる場合

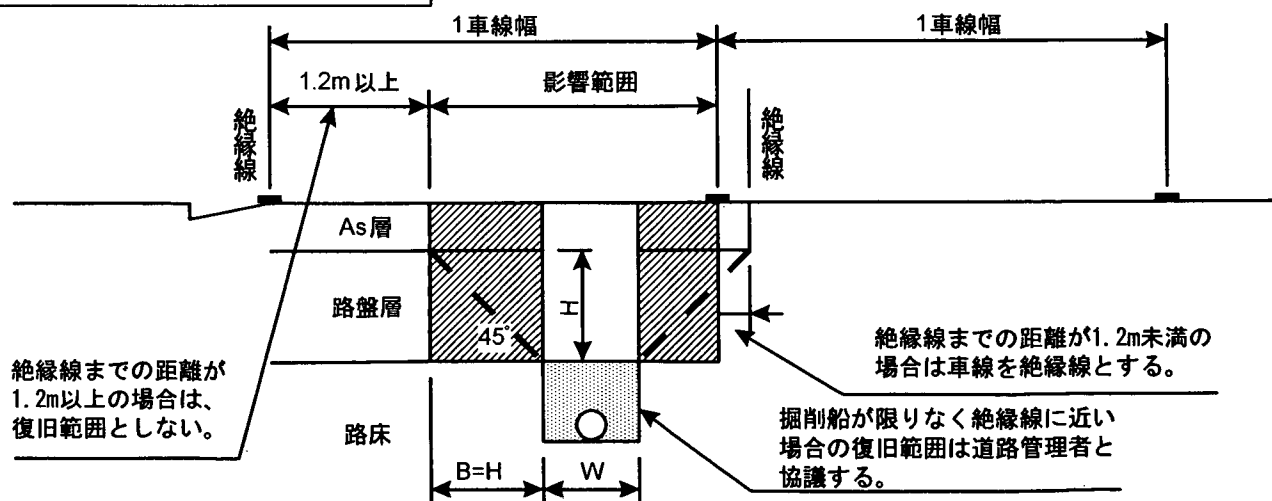


図-2 影響範囲が2車線にまたがる場合の復旧範囲

(2) 歩道について

復旧範囲は、路盤以上を対象として図-3のように全歩道幅員とする。

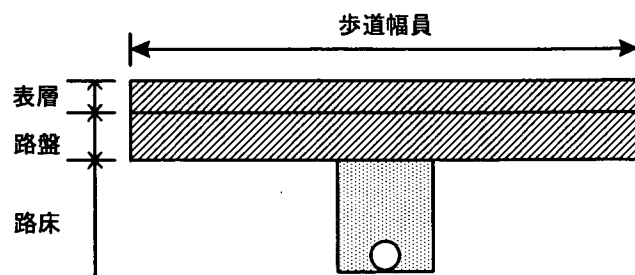


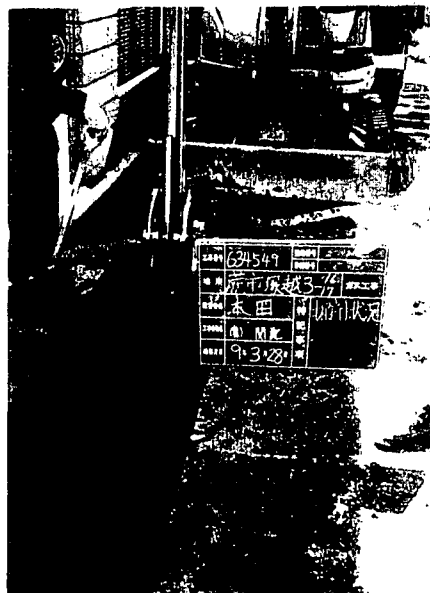
図-3 歩道の復旧範囲（国道）

【引用文献】

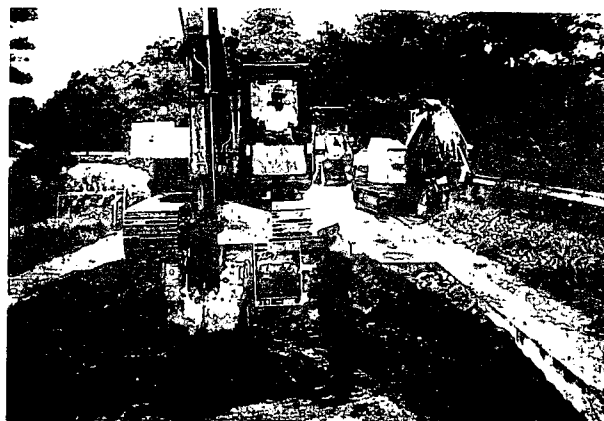
(財)道路保全技術センター『道路上工事縮減対策ガイドライン(案)』1996.3

(1) 浅層埋設に関する実験

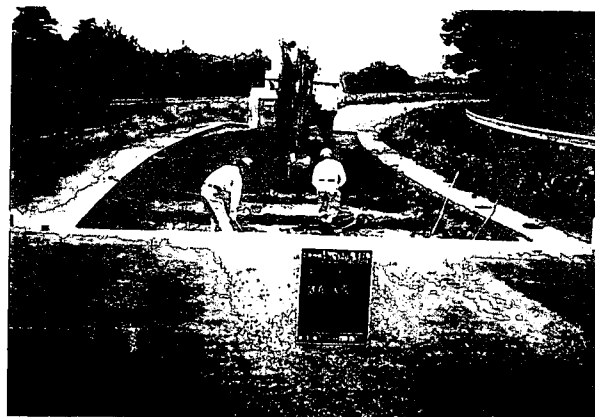
掘削工



現場の施工方法
(埼玉県蕨市)



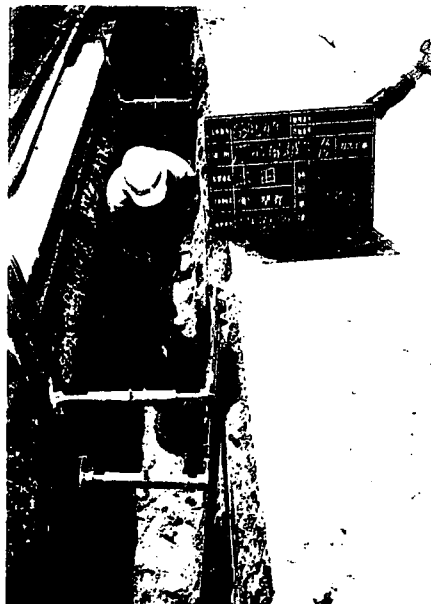
大ループ



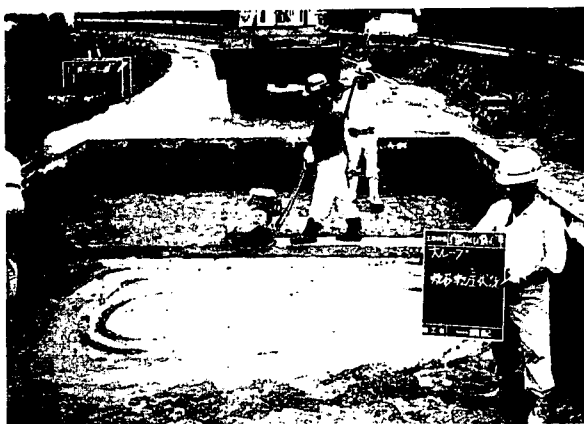
中ループ

試験舗装の施工方法
(建設省土木研究所舗装走行実験場)

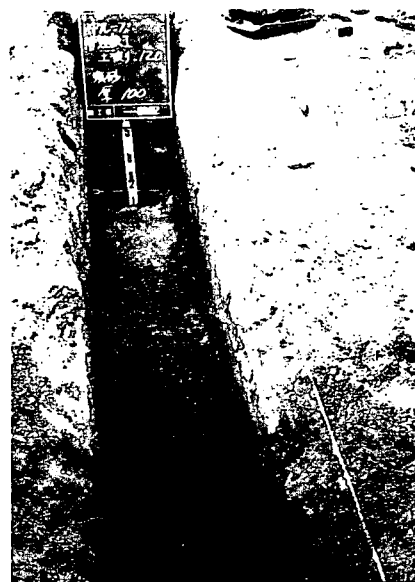
床付工



現場の施工方法



大ループ



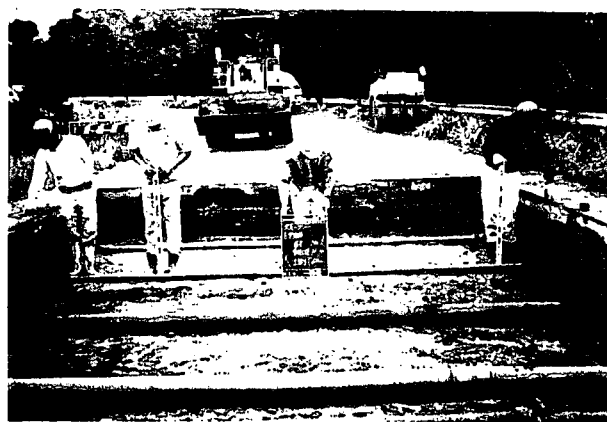
中ループ

試験舗装の施工方法

管敷設工



現場の施工方法



大ループ



中ループ

試験舗装の施工方法

埋戻し工



現場の施工方法



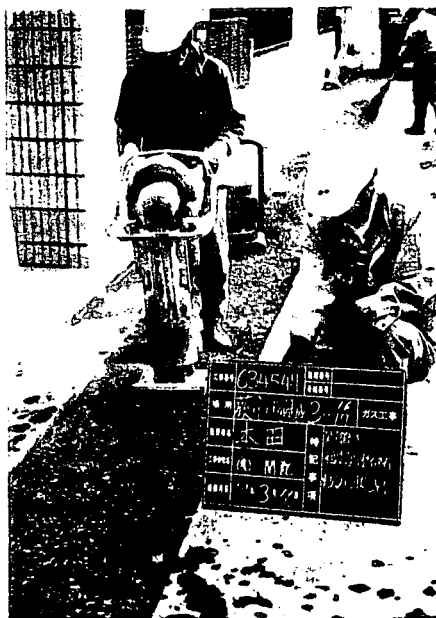
大ループ



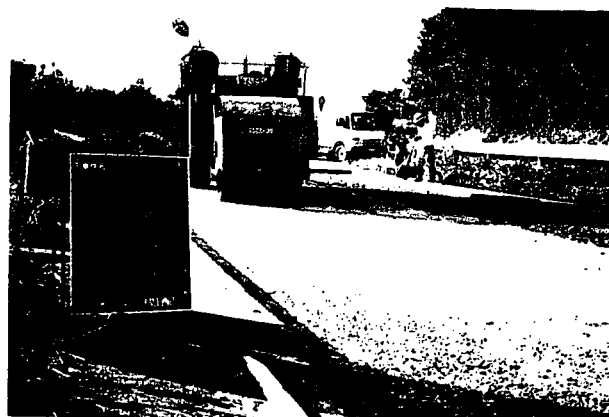
中ループ

試験舗装の施工方法

路盤工

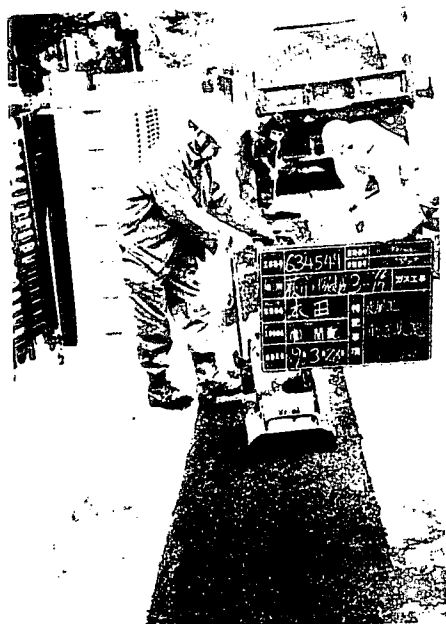


現場の施工方法



試験舗装の施工方法

表層工



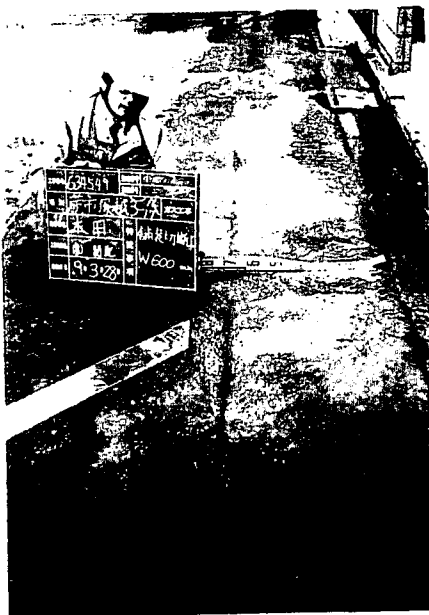
現場の施工方法



試験舗装の施工方法

(2) 仮復旧に関する実験

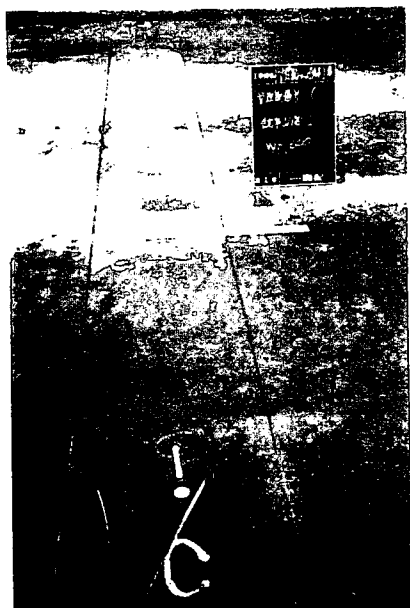
舗装切断工



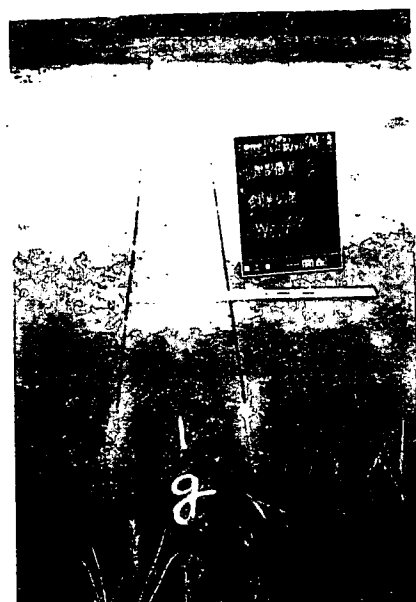
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法

(埼玉県蕨市)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

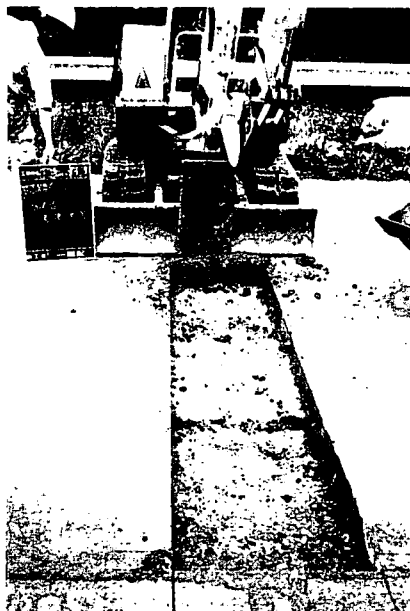
(建設省土木研究所舗装走行実験場)

舗装版取壊し工

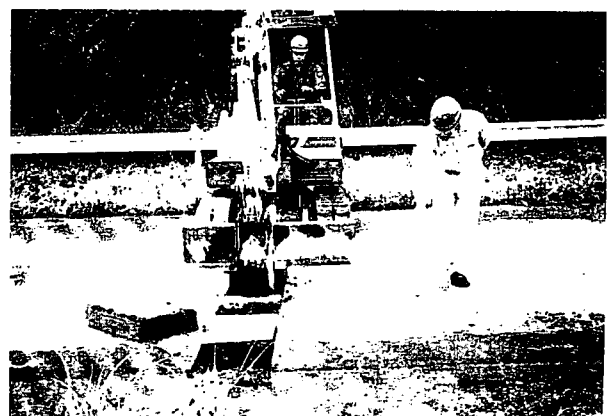


掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

掘削工



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

床付工



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



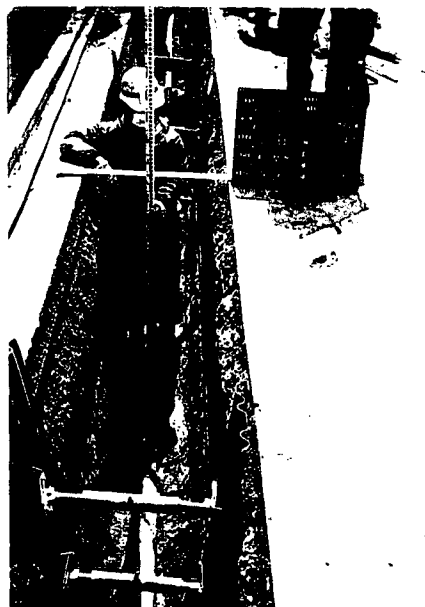
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

管敷設工

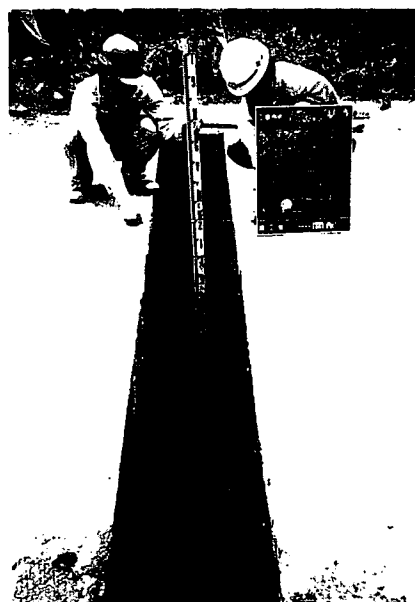


掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

管廻り転圧工

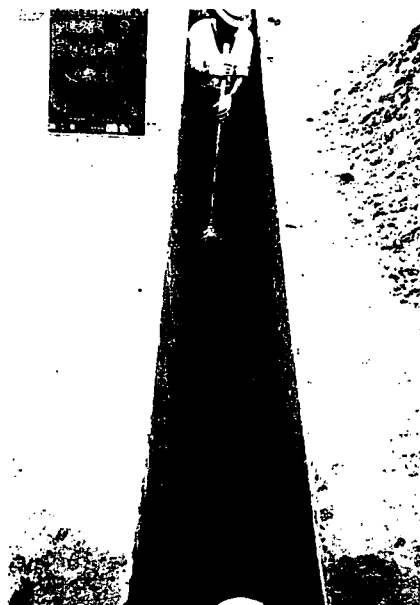


掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



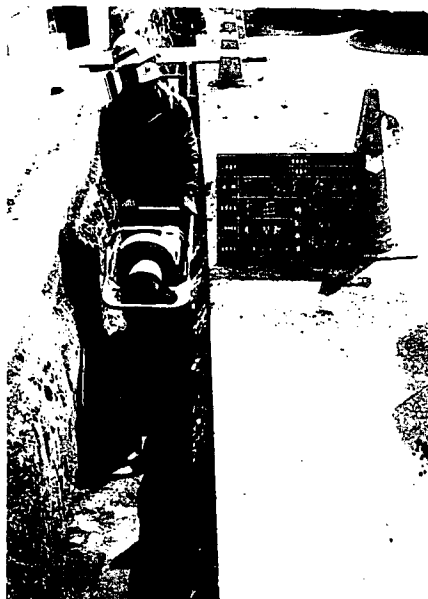
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

埋戻し工 (一層目転圧)

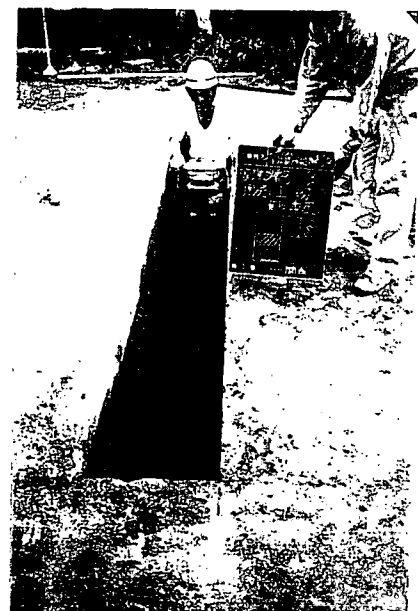


掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



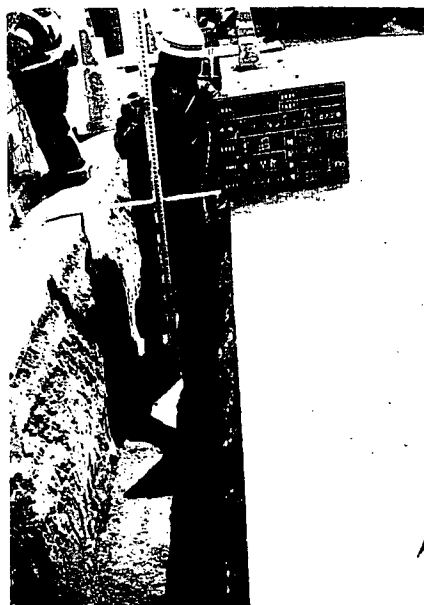
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

埋戻し工 (一層目検尺)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

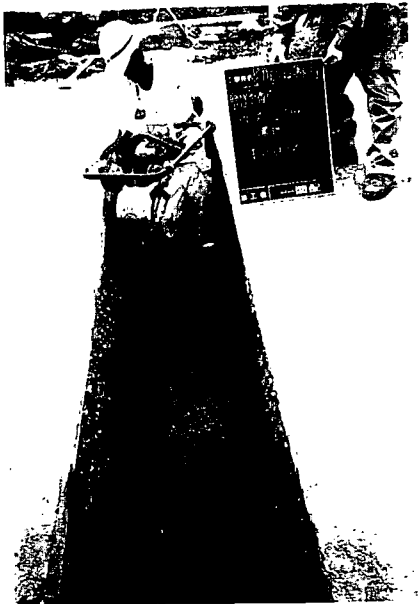
試験舗装の施工方法

埋戻し工 (二層目転圧)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

埋戻し工

(二層目検尺)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



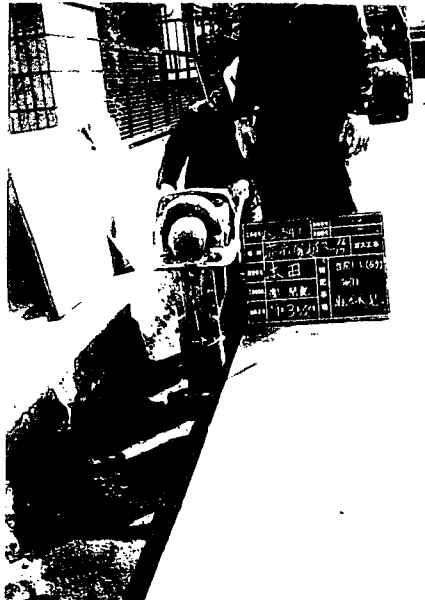
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

埋戻し工 (三層目転圧)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

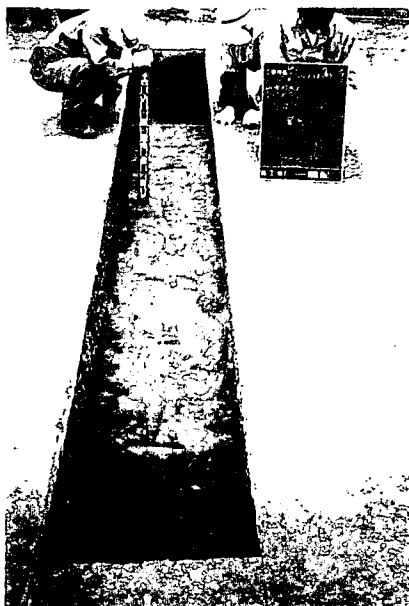
試験舗装の施工方法

埋戻し工 (三層目検尺)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

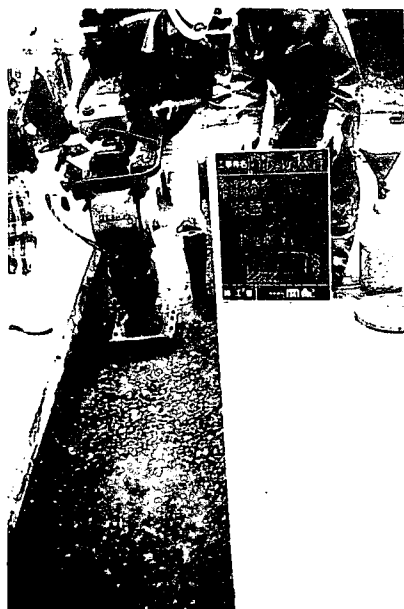
試験舗装の施工方法

路盤工 (下層路盤転圧)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

路盤工 (下層路盤検尺)

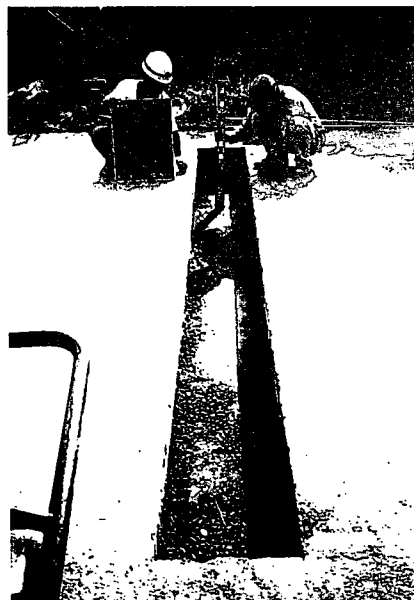


掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



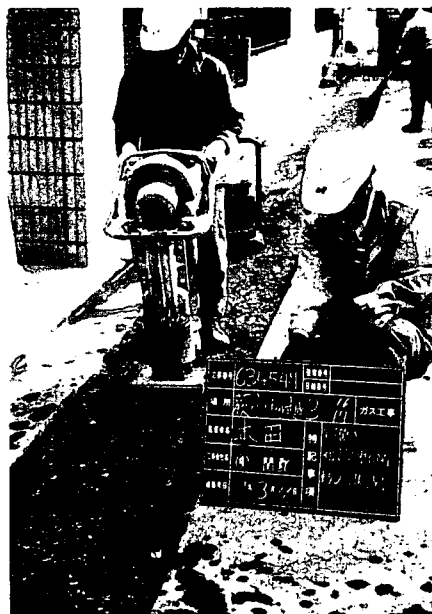
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

(上層路盤転圧)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



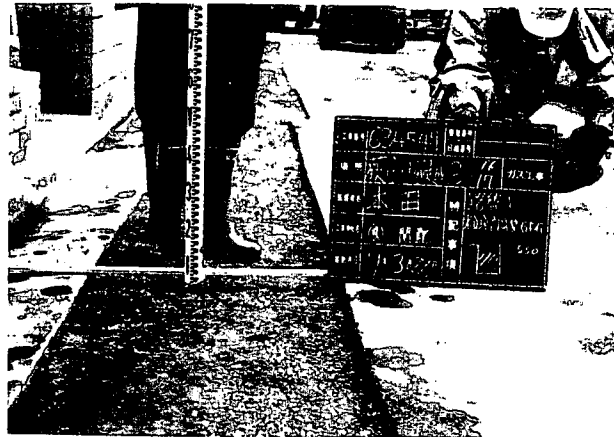
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

路盤工 (上層路盤検尺)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

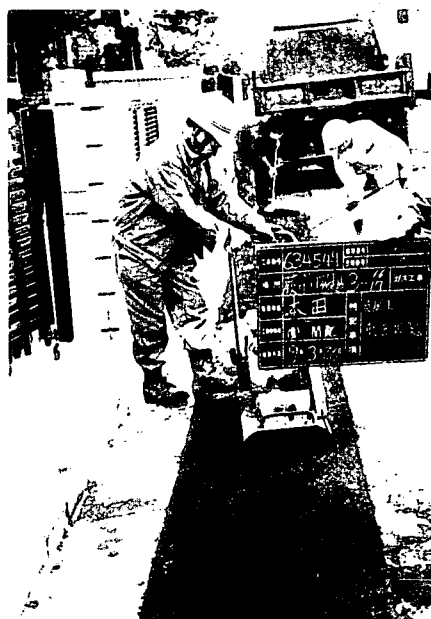


掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

表層工

(表層転圧)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



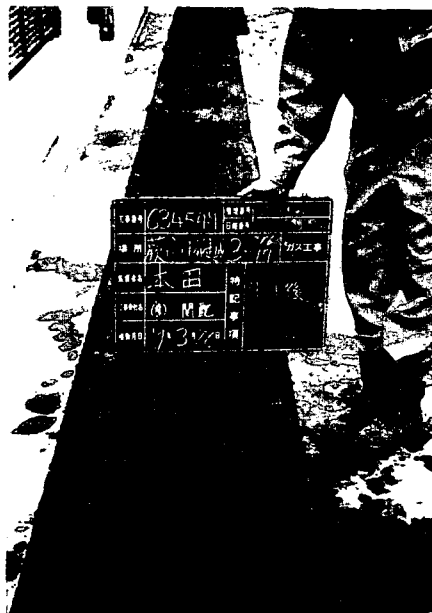
掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

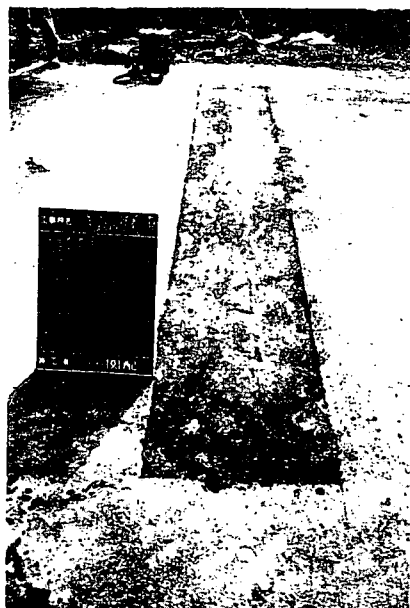
試験舗装の施工方法

(表層完了)



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m

現場の施工方法



掘削幅 0.6 m
土被り 1.2 m



掘削幅 0.4 m
土被り 1.2 m

試験舗装の施工方法

(3) 本復旧に関する実験

路床工



現場の施工方法

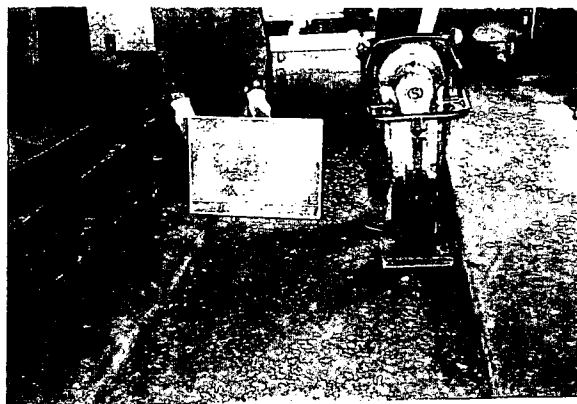
(東京都千代田区)

仮復旧の路盤再利用のため、路盤掘削せず
路床転圧は行わなかった。

試験舗装の施工方法

(建設省土木研究所舗装走行実験場)

路盤工 (一層目)



現場の施工方法

仮復旧の路盤再利用のため、路盤掘削せず
路盤一層目転圧は行わなかった。

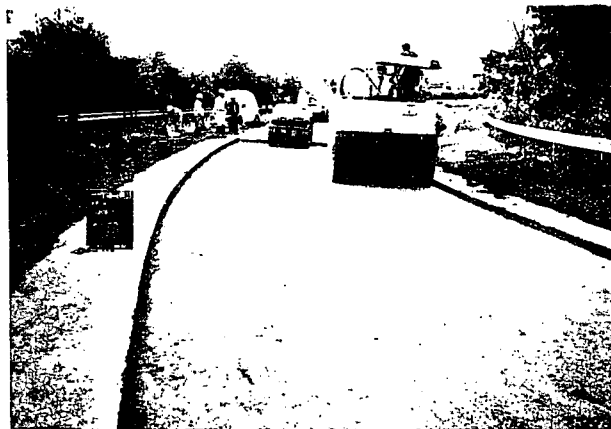
試験舗装の施工方法

路盤工

(二層目)

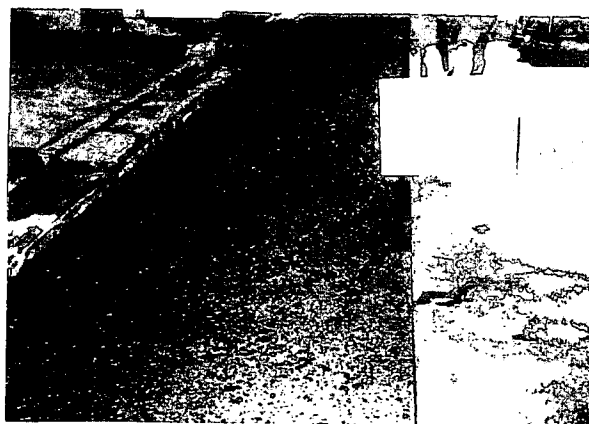


現場の施工方法



試験舗装の施工方法

乳剤



現場の施工方法



試験舗装の施工方法

アスファルト混合物

(転圧工)



現場の施工方法



試験舗装の施工方法

アスファルト混合物

(舗設完了)



現場の施工方法



試験舗装の施工方法

付録-4

欧米主要国におけるガス導管埋設基準

<イギリス>

出典	要旨
ブリティッシュガス規格	① 口径 500mm以下のポリエチレン管（SDR11及び17）の採用埋設深さは60cmとする。 ② ダクタイル鋳鉄管と鋼管の埋設深さは交通量及び掘削溝の形によって決められている。最小埋設深さは60cmである。ダクタイル鋳鉄管の小口径（100mm）は若干深い（65～75cm）埋設深さを想定している。 ③ 内管の最小埋設深さは37.5cmとする。 ④ 供給管の最小埋設深さは45cmとする。

<アメリカ>

出典	要旨									
連邦規則	(最低土被り) 規定 ① 埋設輸送ライン <table><tr><th>Location</th><th>普通の土壌</th><th>固めた土壌</th></tr><tr><td>Class1 Location</td><td>30インチ (約75cm)</td><td>18インチ (約45cm)</td></tr><tr><td>Class2,3,4 Location 公道、鉄道交差点の排水みぞ</td><td>36インチ (約90cm)</td><td>24インチ (約60cm)</td></tr></table> ② 供給管 公道: 18インチ (約45cm) 民地: 12インチ (約30cm)	Location	普通の土壌	固めた土壌	Class1 Location	30インチ (約75cm)	18インチ (約45cm)	Class2,3,4 Location 公道、鉄道交差点の排水みぞ	36インチ (約90cm)	24インチ (約60cm)
Location	普通の土壌	固めた土壌								
Class1 Location	30インチ (約75cm)	18インチ (約45cm)								
Class2,3,4 Location 公道、鉄道交差点の排水みぞ	36インチ (約90cm)	24インチ (約60cm)								
ウィスコンシン州 公共供給委員会	① 連邦規則に追加する形で、ウィスコンシン州規定を定めた。 ② 輸送導管は、通常の土壌に埋設する場合20インチ～30インチ (約50～75cm) の埋設深さとする。 ③ 本支管は、特別の場合を除き少なくとも24インチ (約60cm) の埋設深さとする。 ④ 供給管は18インチ (約45cm) の埋設深さとする。 ⑤ 内管は、12インチ (約30cm) の埋設深さとする。 (参考) ① ルイジアナ州の安全規則と同じ。 ② 埋設深さについては連邦規則と同じ。									
ウィスコンシン ガス	ガス幹線の埋設深さは車道の側溝下端より3フィート (約90cm) とする。また舗装面下については、郊外では4フィート (約120cm) , 市街地では3フィートとする。									
ルイジアナ州 「ルイジアナ州内 における天然ガス 他の輸送に関する パイプライン安全 規則」	① 輸送導管は、通常の土壌に埋設する場合、20～30インチ (約50～75cm) の埋設深さとする。 ② 本支管は、特別の場合を除き少なくとも24インチ (約60cm) の埋設深さとする。 ③ 供給管は、18インチ (約45cm) の埋設深さとする。 ④ 内管は、12インチ (約30cm) の埋設深さとする。 ⑤ ポリエチレン管は、埋設あるいはケーシング内配管とする。 (参考) ① ウィスコンシン州規定と同じ。 ② 埋設深さについては連邦規則と同じ。									
ブルックリン・ユニ オン・ガス 「低圧本管及び供給 管の工事仕様書」	導管は一般に地面又は舗装道路の仕上げ面から3フィート (約90cm) 以上の埋設深さになるよう敷設すること。 埋設深さが2フィート (約60cm) 以下である場合は交通機関の重量に対して適当な防護措置をとること。									

<フランス>

出 典	要 旨
フランスガス技術協会	① 通常のパイプは70cm以上 ② 輸送導管 ・分類A（都市圏周辺、農村地帯、山岳地域等） 60cm以上 ・分類B，C（分類Aより都市化の高い地域） 80cm以上

<ドイツ>

出 典	要 旨
ガス供給ハンドブック	D V G W作業シートG 462/1(12)に従って、埋設深さは60cm～100cmとする。特別な場合、埋設深さを50cmとすることができる。しかし、200cmをこえることはできない。
ガス産業専門家技術経済連合会（D V G W）による規定	家屋への接続パイプの取付け深さは、その場所の条件によるものとするが、ガス供給会社によって同意されなければならない（一般には、埋設深さ60～80cmとする）。パイプの上における構造物は、認められないものとする。交通による荷重に耐えるため、十分な埋設深さが選定されている。十分な埋設深さが確保出来ない場合には、ジャケットパイプによってガス配管を防護するものとする。

ガス導管が舗装に与える
影響に関する実験報告書

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3510号
平成9年7月(1997)

舗装研究室 室長 池田拓哉
研究員 谷口 聡

要 旨

ガス導管の埋設にあたっては、路上工事の縮減、環境対策が求められている。一方、平成7年3月31日閣議決定された「規制緩和推進計画」の中の一つに「ガス導管、地中線類の埋設深さ」の規制緩和があげられた。そこで、土木研究所道路部舗装研究室はガス導管の浅層・小幅埋設が舗装に与える影響に関する実験ならびに管埋設後の道路復旧工事に関する実験を、実物大の試験舗装を用いて行った。本報告書はこれらの実験結果をとりまとめたものである。

キーワード：ガス導管、浅層埋設、小幅掘削、路面性状調査、FWD、密度測定、仮復旧、本復旧

郵便はがき

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
道路部舗装研究室
行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第3510号 部

ガス導管が舗装に与える影響に関する実験報告書

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

