



土 木 研 究 所 資 料

第623号

舗装機械の作業性能に関する研究

厚層セメントコンクリート舗装版の振動締固め効果について

(第1報)

昭 和 45 年 11 月

建 設 省 土 木 研 究 所

舗装機械の作業性能に関する研究

—厚層セメントコンクリート舗装版の振動締め固め効果について—

(第 1 報)

機械研究室 田 中 康 之
伊 藤 豪 誠
門 脇 勇

目 次

まえがき	1
1. 舗設試験機	2
1.1 製作目的	2
1.2 試験機概要	2
1.3 各種作業装置の概要	4
1.3.1 ファーストスクリード	4
1.3.2 表面式振動機及び内部振動機	4
1.3.2.1 表面式振動機	4
1.3.2.2 内部振動機	4
1.3.3 フィニッシングスクリード	4
1.3.4 コンフォーミングプレート	4
1.3.5 走行装置動力伝達系統	5
1.3.6 電気系統	5
1.4 試験機仕様	5
2. 試験目的、方法	11
2.1 試験目的	11
2.2 試験場	11
2.3 試験日程	12
2.4 試験用コンクリートの製造	15
2.5 コンクリートの搬入、敷きならし作業	16
2.6 型 枠	16

2.7	型枠の除去及び養生	16
2.8	標準供試体による引張強度試験	17
2.9	コンクリート版より採取したコアーの試験	17
2.10	振動機本体の振動状況測定	18
2.11	コンクリート版内の振動状況測定	18
2.12	試験機作業速度	18
2.13	洗い分析試験(配合推定試験)	18
3.	試験結果	19
3.1	標準供試体と採取コアーとの引張強度比	19
3.2	コンクリート版の密度と深さの関係	19
3.3	加速度と引張強度との関係	22
3.4	T.D.Mと引張強度との関係	22
3.5	振動機からの距離と、コンクリート版内加速度	24
3.6	コンクリート版内の加速度分布	24
3.7	洗い分析試験結果	24
3.8	振動機振動状況	24
4.	考察	28
4.1	引張強度	28
4.2	密度	28
4.3	骨材の分離	29
4.4	総論	29
	あ と が き	30
	参 考 文 献	30
	写 真	31

ま え が き

アスファルト舗装の増加に伴い減少の一途をたどっていたコンクリート舗装は、近年、AASHOの道路試験の結果が報告されて以来、我が国においてもコンクリート舗装に対する評価も変わり、交通荷重に対する耐久性、維持経費の節減等の優れた面が認識されて、バイパス等の新設道路舗装に採用される機会が増えてきた。しかしながら、我が国で使用されているコンクリート舗装機械は、コンクリート舗装の採用される機会の少なかったことも関連して余り目立った改善がなされていないのが実状で建設省においては、スリップフォームペーパーの導入等、ようやくコンクリート舗装機械の進展に力を注ぎ始めたばかりである。

コンクリート舗装は、その性質上、重荷重に対する耐久性に優れているが、メッシュ、鉄筋の挿入等は施工能率を上げる上においては好ましいものではなく、作業行程を複雑なものとしていることは申すまでもない。そこで舗装要綱等でも、これらを省き版厚を厚くしてその強度を保とうとする動きもあり、また、現在使用されているフィニッシャーによる厚層の空港舗装作業の可能性等についても語られている。しかし、版厚を大きくした場合には、コンクリートの締め固め効果に対する考慮が必要となり、パイプレーターは表面振動式で良いのか、あるいは内部振動式にすべきか等、種々研究すべき問題点がある。今回の試験では、現在使用されているフィニッシャーの表面式振動機で、厚さ 30 cm のコンクリート板の締め固めが可能であるか否かを知る目的で試験を行なったものである。

1. 舗 設 試 験 機

1.1 製作目的

我が国のコンクリート舗装施工において、現在一般に使用されているフィニッシャーで 30 cm 舗装版の締め固めが可能か否かを判定するのが一つの目的であり、更に内部振動機の作業性に関する試験、各種仕上げ装置による平坦性、作業能力等に関する試験を遂行する目的で製作したものである。

1.2 試験機概要

本試験機は、通常の舗装作業で使用されているコンクリートフィニッシャーを小型化した形のベースマシンに各作業装置を装着したもので、ブレード型ファーストスクリード、表面式振動機、フィニッシングスクリードを装備している。それと共に、内部振動機、コンフォーミングプレート、トレイルフォーム等を装着して、スリップフォームペーパーに関する種々の試験も可能な構造となっている。昭和 44 年度には、このうち内部振動機、コンフォーミングプレートを製作した。内部振動機は、表面式振動機と交換装着可能な構造であり、コンフォーミングプレートは既に装着されている。なお、スリップフォームペーパーの試験を行なうに際しては、ロール上を走行し、車輪のスリップによる牽引力不足の場合には、ウインチ巻取移動方式によって作業を進めることができる構造となっている。また、試験機動力源は、全て 3 相 200 ボルト商用電源を用いている。

図 (1 - 1) に試験機概略図を示す。

1.3 各作業装置の概要

1.3.1 ファーストスクリード

ブレード型で、あらかじめ敷きならされたコンクリートを所定の余盛高さにカットするものである。

1.3.2 表面式振動機及び内部振動機

双方振動機の懸架装置は共有で、交互に交換装着して使用するものである。

1.3.2.1 表面式振動機

パイロモーターの回転振り子の取り付け角は可変であり、更に、振動数も高周波電源装置との併用によって3,000～6,000 r.p.mの範囲で無段可変である。これらの調整により任意の振動交果を与えることが可能である。

1.3.2.2 内部振動機

この振動機は、建設省の導入したスリップフォームベーパーが装着しているL字型、モーター内装式のものと同様の形式のもので、表面式振動機同様、高周波電源装置との併用により、振動数が6,000～12,000 r.p.mの範囲で無段可変である。

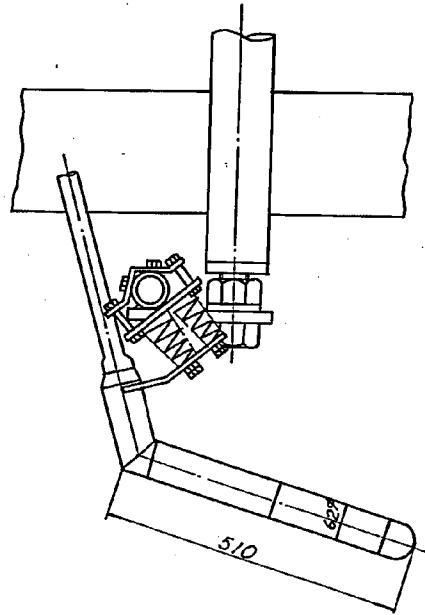
図(1-2)に概略図を示す。

1.3.3 フィニッシングスクリード

これは通常のフィニッシャーに装着されているものと同様の形式のものであり、左右摺動式で、小出力のパイロモーター1台を備えたものである。

1.3.4 コンフォーミングプレート

コンフォーミングプレートは、振動機直後に位置し、振動機によって締め固めた後のコンクリートを自重で押しつけながら前方に進み、コンクリート版を形成していく装置である。自重不足による試験機の浮き上がりの場合には、2トン程度迄の荷重をプレート上に載荷できる構造となっている。



図(1-2) 内部振動機概略図

1.3.5 走行装置動力伝達系統

走行用モーターから無段変速機、中間軸と伝達された動力は、中間軸より、車軸、ウインチ軸双方に伝達され、自力走行すると共に、自重による牽引力不足の場合（スリップ）には、ウインチ巻取移動方式による作業が可能である。

図（1-3）に走行装置動力伝達系統図を示す。

1.3.6 電気系統

図（1-4）に電気系統概略図を示す。

1.4 試験機仕様

型式名称：TRF-X型コンクリート舗設試験機

総重量：	約4,450Kg
舗装幅：セットフォームタイプの場合	1,800mm
スリップフォームタイプの場合	1,600mm
前進速度：	0～9m/min
後退速度：	0～9m/min
主要寸法：全幅	2,486mm
全長	4,250mm
全高	1,750mm（軌条面上）
軸距：	2,700mm
輪距：	2,050mm
走行装置：	

走行用モーター：日立製作所 EFON-100L

3φ200V50Hz 2.2Kw4P 1450r.p.m

無段変速機：大富製作所 4B36 1台

入力1,450r.p.m 出力0～11r.p.m

動力伝達方式：ローラーチェーン使用

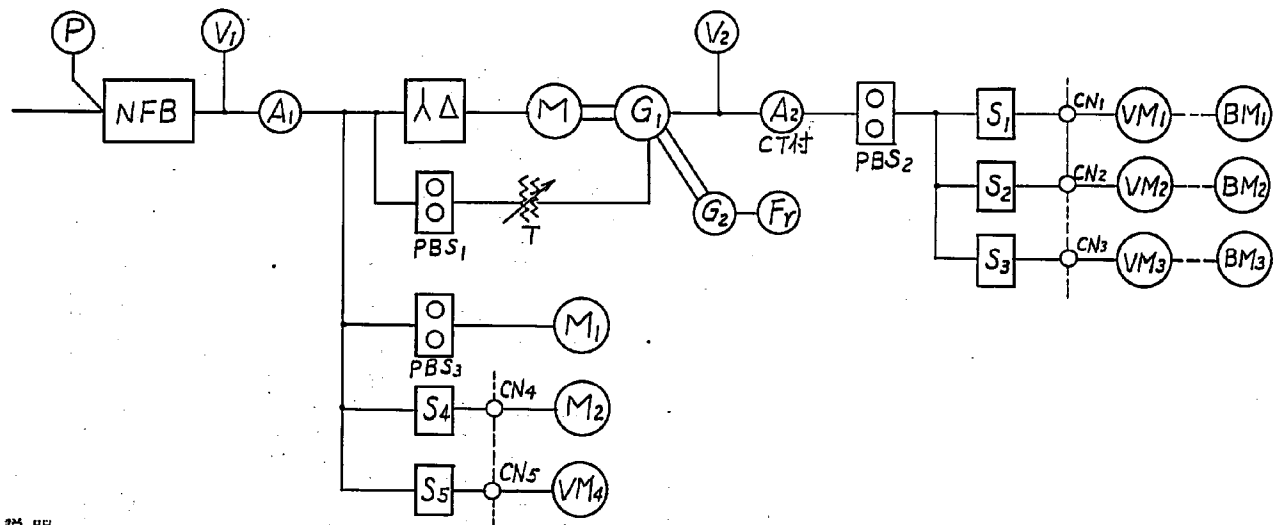
走行用モーター→無段変速機→中間軸→車軸
→ウインチ軸

主 寸：

主 要 寸 法：全幅2,420mm 全長3,800mm 全高800mm



圖(1-3) 走行裝置動力傳達系統圖



記号説明

記号	名 称	記号	名 称	記号	名 称	記号	名 称
P	電 源 表 示 灯	T	周波数変換機用電圧調整器	S ₁ ~S ₃	パイプレータ用トグルスイッチ	M ₂	スクリード用モーター
NFB	電源ノーヒューズブレーカー	PBS ₁	" 押釦開閉器	CN ₁ ~CN ₃	" コネクター	S ₅	スクリードパイプレータ用トグルスイッチ
V ₁	交 流 電 圧 計	V ₂	パイプレータ用交流電圧計	VM ₁ ~VM ₃	パイプロモーター FV-600DHF	VM ₄	" FV-130
A ₁	交 流 電 流 計	A ₂	" 交流電流計	BM ₁ ~BM ₃	パイプロモーター BM P-62	CN ₄	スクリード用コネクター
λΔ	スターデルタ起動器	G ₂	周 波 数 計 用 発 電 機	PBS ₃	走 行 用 押 釦 開 閉 器	CN ₅	スクリードパイプレータ用コネクター
M	パ リ モ ー タ ー	F ₁	周 波 数 計	M ₁	" モ ー タ ー		
G ₁	周波数変換機	PBS ₂	パイプレータ用押釦開閉器	S ₄	スクリード用トグルスイッチ		

図 (1 - 4) 電 気 系 統 概 略 図

高周波電源装置：

変速モーター：東京高圧工業㈱ V-ED6NR 1台
3φ200V 50Hz 11Kw 4P 1,450 r.p.m
変速比 2.4:1

周波数変換機：昭和電機製造㈱EVN 1台
3φ 120V 180Hz 7.5KVA
26KVA 電圧調整器外付き

ファーストスクリーン：

形 状：ブレード型
主 要 寸 法：1,540×250mm (幅×高)
両端延長部 100mm をボルト締めする(スリップフォームタイプ
の試験時には取り外す)
昇 降 範 囲：200mm 手動スクリー式
軌条面より 上100mm 下100mm

表面式振動機：

振 動 機：特殊電機工業㈱FV-600DHF型バイプロモーター 3台
3φ 120V 180Hz 0.9Kw 4P 54,000 r.p.m
シュー本体寸法：1550×500×162mm (幅×長×高)
シュー延長部：両端 95×500×156mm (幅×長×高)をボルト締めする(スリ
ップフォームタイプの試験時には取り外す)
昇 降 範 囲：300mm 手動スクリー式
軌条面より 上80mm 下220mm
防 振 装 置：コイルスプリング 4個

内部振動機：

振 動 機：特殊電機工業㈱BMP-62型 内部振動機 3台
3φ 120V 180Hz 0.8Kw 2P 10,800 r.p.m
主 要 寸 法：外径62φmm
有効部長さ 510mm
曲 り 角 120°
上 部 長 さ 165mm

昇降範囲：300mm 手動スクリー式

懸架装置：表面式振動機と兼用、交換装着

防振装置：円錐形スプリング 4個×3台

コンフォーミングプレート：

主要寸法：1,600×1,010×110mm（全幅×全長×高）

昇降範囲：200mm 手動スクリー式、軌条面より上下各100mm

傾斜：0～1/80

フィニッシングスクリード：クリード：

摺動ストローク：80mm

摺動回数：48回/min

駆動モーター：日立製作所 EFON-80 1台

3φ200V50Hz 0.75Kw 4P 1,450r.p.m

ウォーム減速機：長谷川鉄工所 U85型 1台

減速比1：30 1P.S 両軸形

振動機：特殊電機工業株式会社 FV-130型 バイプロモーター

3φ200V50Hz 0.15Kw 2P 2,900r.p.m

本体寸法：300×2,400×156mm（長×幅×高）

昇降範囲：200mm 手動スクリー式

軌条面より上下各100mm

表（1-1）に本試験機と各種国産コンクリートフィニッシャーとを比較のため、仕様対比を掲載した。

表(1-1) 国産コンクリートフィニッシャーの仕様

社 名		a	b	c	d	e	f	g
舗 装 幅 (m)	最 大	4.5	4.5	5.5	8.0	4.5	4.5	5.5
	標 準	4.5	4.5	4.5	4.5	3.75	4.5	3.75
	最 小	3.75	3.5	3.0	3.0	3.25	3.25	3.25
重 量 (kg)		5,300	5,100	4,000	7,200	6,000	4,800	4,300
ファーストスクリード			有	有			有	有
スクリュースプレッター		有			有	有		
表面 パイプ ブレード	上下移動量 (cm)	25	20	20	16	18	24	40
	幅 (cm)	30	30	25	25	35	30	23
	振 幅 (mm)	0.63	0.7	1.0	1.0	1.0	0.6	0.9
	振 動 数 (rpm)	3,600	3,500	3,000	3,000	3,600	4,500	3,200
グ ス ク リ ード フ ィ ニ ッ シ ン	ストローク (mm)	40~90	0~90	70	80	70	80	50
	ストローク数(回/分)	60	76	40	60	60	37	40
	幅 (cm)	25	24	20	25	30	15	15
走 行 速 度 (m/min)	最 高 走 行 速 度	20	9.0	10	10.5	9.8	7	11.5
	最 低 作 業 速 度	0.65	1.0	0.5	0.75	0.52	0.5	2.4
	最 高 後 進 速 度	20	9.0	10	10.5	9.8	7	11.5

(セメントコンクリート舗装要綱による)

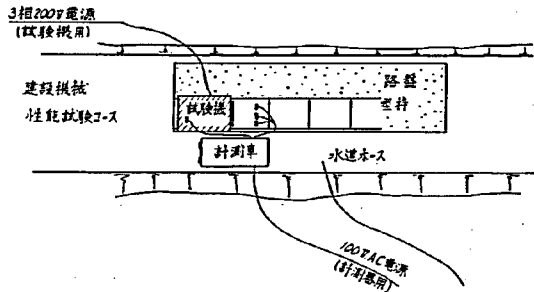
2. 試験目的、方法

2.1 試験目的

今回の試験の主目的は、現在一般に使用されているコンクリートフィニッシャーの性能で、版厚30cmのコンクリート舗装版を十分に締め固めることができるかどうかを知ることにある。それと共に、以後の試験を進めていく上での試験に関する指針を得ることも目的の一つである。

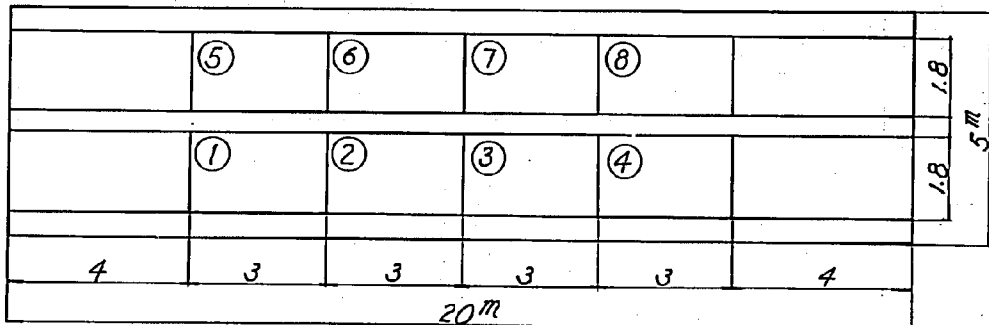
2.2 試験場

試験場には、当土木研究所千葉支所内の建設機械性能試験コースを使用した〔図(2-1)試験場概略図〕。なおコースは、碎石が混入されており、その上重量車の走行があったせいか、雨天候時におけるK値は20~30である。今回の試験では、この



図(2-1) 試験場概略図

上に10cm厚の碎石路盤(最大粒径30mm)を作成、1.5トン振動ローラーで数回転圧した。締め固め効果は、路盤の状況に大きく左右され、路盤が軟かであれば表面からの振動が路盤に吸収され、下層の締め固め度は余り大きくならず、逆に硬ければ振動が反射して下層が締め固められるという現象の有ることが報告されているが、実際、試験舗装現場等での測定結果をみると、路盤にアスファルト層を用いた場合には、中層部より下層部の加速度の大きい場合が多々ある。そこで、路盤は、振動に関する条件を通常の工事現場と同一にすることだけに留め、支持力等については云々しなかった。路盤形成は、幅5m、長さ20mに渡って行ない、図(2-2)に示す区割要領で型枠を設置し、試験を進めた。



図(2-2)

2.3 試験日程

初めての試験でもあり、試験機、計器類のトラブル、実験上の不手際等により当初の計画と大分異なった日程となったが、一応、実施した日程を表(2-1)に示す。

表(2-1) 実験日程表

月 日	曜日	作 業 内 容	月 日	曜日	作 業 内 容
3/1	日		27	金	コア脱型(24, 25日)
2	月		28	土	実験(4,500 r.p.m-1 m/min) 4,500 r.p.m-0.75 m/min)
3	火		29	日	
4	水		30	月	コア脱型(28日)
5	木	路盤転圧	31	火	実験(6,000 r.p.m-1 m/min)
6	金	試験機 200 V 電源ケーブル布設	4/1	水	実験跡片付
7	土	試験機工場検査	2	木	
8	日		3	金	
9	月		4	土	
10	火		5	日	
11	水	試験機納入	6	月	
12	木		7	火	
13	金	平板載荷試験	8	水	
14	土	実験ミーティング	9	木	
15	日		10	金	
16	月		11	土	
17	火	実験(4,500 r.p.m-0.5 m/min)	12	日	
18	水		13	月	コアボーリング準備
19	木	実験(6,000 r.p.m-0.5 m/min)	14	火	
20	金	コア脱型(17日)	15	水	コアボーリング
21	土		16	木	"
22	日		17	金	"
23	月	コア脱型(19日)	18	土	"
24	火	実験(4,500 r.p.m-0.75 m/min)	19	日	
25	水	実験(6,000 r.p.m-0.75 m/min)	20	月	コアボーリング
26	木	路盤転圧	21	火	"

月 日	曜日	作 業 内 容	月 日	曜日	作 業 内 容
4/22	水	コアーボーリング	5/22	金	コアーボーリング
23	木	"	23	土	"
24	金	"	24	日	"
25	土	"	25	月	乾燥炉設備据付
26	日		26	火	コアーボーリング ボーリングマシンエンジン故障
27	月	コアー切断	27	水	(修理待ち)
28	火	"	28	木	
29	水		29	金	
30	木		30	土	
5/1	金	圧裂試験 (17,19日)	31	日	
2	土	跡片付	6/1	月	
3	日		2	火	
4	月		3	水	
5	火		4	木	
6	水		5	金	コアーボーリング
7	木		6	土	"
8	金		7	日	
9	土		8	月	
10	日		9	火	
11	月	コアーボーリング	10	水	
12	火	"	11	木	
13	水	"	12	金	
14	木	"	13	土	コアーボーリング
15	金		14	日	"
16	土		15	月	"
17	日		16	火	"
18	月		17	水	"
19	火		18	木	
20	水	コアーボーリング	19	金	コアーボーリング
21	木	"	20	土	"

月 日	曜日	作 業 内 容	月 日	曜日	作 業 内 容
6/21	日		7/21	火	コアー切断 圧裂試験 (28日AM、PM)
22	月	コアーボーリング	22	水	コアーボーリング
23	火	"	23	木	"
24	水	"	24	金	"
25	木	"	25	土	
26	金		26	日	
27	土	コアーボーリング	27	月	コアー切断
28	日		28	火	"
29	月	コアーボーリング	29	水	"
30	火	"	30	木	圧裂試験 (31日AM、PM)
7/1	水	"	31	金	コアー切断
2	木	"	8/1	土	"
3	金	"	2	日	
4	土	"	3	月	密度試験準備
5	日		4	火	
6	月	コアー切断	5	水	圧裂試験 (28日AM) 密度試験
7	火	"	6	木	コアー切断
8	水	"	7	金	
9	木	"	8	土	密度試験
10	金	"	9	日	
11	土	"	10	月	密度試験
12	日		11	火	" 一連試験完了
13	月	コアー切断	12	水	
14	火	"	13	木	
15	水	"			
16	木	"			
17	金	" アムスラー試験機試運転			
18	土	" 圧裂試験 (24, 25日)			
19	日				
20	月	コアー切断 圧裂試験 (28日AM、PM)			

2.4 試験用コンクリートの製造

試験に使用したコンクリートは、スランプ、粗骨材の最大寸法、設計基準強度（曲げ強度）のみを指示し、道路舗装用コンクリートとして、配合設計、練り混ぜ、搬入を外注した。

当方の指示したスランプ等は表（2-2）に示すとおりである。

使用コンクリートの諸材料の品質等は表（2-3）、図（2-3）、表（2-4）のとおりである。

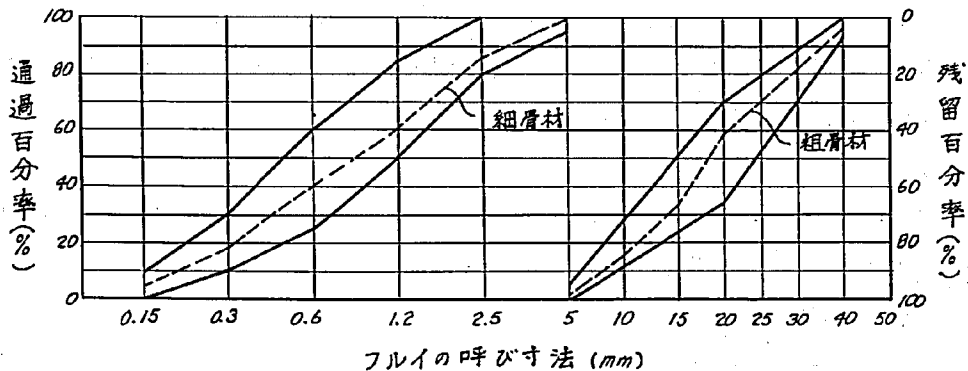
又、配合設計の結果決定した示方配合は表（2-5）に示すとおりである。

表（2-2）

スランプ	粗骨材の最大寸法	設計基準強度（曲げ強度）	混和剤
1.5±1cm	40mm	45Kg/cm ²	使用せず

表（2-3）

	産地	比重	吸水量 (%)	単位容積重量 (Kg/m ³)	空隙率 (%)	洗い試験 (%)	有機物	備考
細骨材	君津	2.65	0.9	1,740	34.4	1.8	良	
粗骨材	大井川	2.67	0.6	1,730	35.1	0.3	—	



図（2-3）

細 骨 材

表 (2 - 4)

粗 骨 材

	残留百分率	累 計
~5	2.0	2.0
5.0~2.5	10.7	12.7
2.5~1.2	27.3	40.0
1.2~0.6	20.0	60.0
0.6~0.3	21.2	81.2
0.3~0.15	15.1	97.1
0.15~	2.9	100.0
粗 粒 率		293

	残留百分率	累 計
~50		
50~40	3.0	3.0
40~30	16.5	19.5
30~25	10.5	30.0
25~20	11.0	41.0
20~15	27.5	68.5
15~10	15.0	83.5
10~5	14.5	98.0
5~	2.0	100.0
粗 粒 率		72.6

表 (2 - 5) 示 方 配 合

粗骨材の最大寸法(mm)	スランブ(cm)	単位水量 W (Kg)	単位セメント 量 C (Kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位細骨 材量 (Kg)	単位粗骨 材量 (Kg)
40	1.5±1	140	315	44.6	33.6	676	1348

2.5 コンクリートの搬入、敷きならし作業

コンクリートの搬入はダンプトラックにより行ない、トラックから降ろしたコンクリートは、人力によりショベル等で試験コースに敷きならした後、一旦試験機を走行させて所定の余盛高さ（舗装版厚の15%、即ち4.5 cmとした。）に整形した。

2.6 型 枠

型枠は、高さ30 cm、幅25 cm、長さ3 m、プレート厚さ4.5 mm、ブラケット板厚6 mm、15 Kg レール付きの鋼製道路舗装用型枠を製作し、これを用いた。

2.7 型枠の除去及び養生

舗設後、2~3時間を経過してから濡れた麻袋で覆い、12~24時間程度経過してからムシロで覆い、その後はコア採取時迄、1~2回/日の散水を行ない養生した。

なお、型枠の除去は多少早過ぎたきらいがあるが、試験日程の都合上、又型枠数の不足等もあって、舗設後2~3日で取り外した。

2.8 標準供試体による強度試験

敷きならし作業と併行して5個の供試体型枠(15φcm×30cm)を用意し、これに試料を採取(敷きならしたコンクリートから採取)、2層に別けて内部振動機で締め固めた。締め固めに関しては、多少オーバーバイブレーション気味であるが、強度に対しては、オーバーバイブレーションの及ぼす影響は余り大きくないということと、試験初期の供試体に多分の空隙がみられたことから、充分な締め固めを行なった。

脱型した供試体は、ウェスで巻いた後、試験現場に放置、現場舗装版と同一条件の下に養生を行なった。この試験は、締め固め後のコンクリート版の強度を云々する時の比較の標準となる強度を得るのを目的としており、試験は「JIS A 1113 コンクリートの引張強度試験方法」に準じて行なった。

2.9 コンクリート版より採取したコアの試験

コンクリート版より採取したコアは、当初、相当な本数を考えていたのであるが、コア採取機の能力による制限を受け、更に、締め固め後、舗装版から洗い分析用の試料を採取したりした為、当初の予定通りには採取できなかった。特に強度に関しては、当然試験値のバラツキが予想されるので最低5個のコアが欲しかったのであるが、上記の様な次第で、不本意ながら採取コア数を減らすことになった。採取コアの試験は、

① 密度試験

② 引張強度試験(15φcm×30cm) 5cm

③ 引張強度試験(10φcm×15cm) 5cm

の3種の試験を行なった。

①密度試験：上層より5cm刻みでコアを切断し、中に含まれている水が完全に排除されるまで(定重量になるまで)乾燥させ、デシケーターで冷却後、空中重量(W_0)と、水中重量(W_w)を測定し、次式により算出した。

$$\text{密度 } \gamma = W_0 / (W_0 - W_w)$$

②引張強度試験(15φcm×30cm)：コンクリート版厚全体に渡っての強度を試験する目的で行なった。コアの下端は、路盤の碎石が付着したりして不揃いなので、切断整形した後試験を行なった。試験方法は「JIS A 1113 コンクリートの引張強度試験方法」に準じて行なった。

③引張強度試験(10φcm×15cm)：この試験は、締め固めの進行が上層から下層に進むので、上層、下層の強度を別々に試験し、両者の比較をすることによって、締め固めの進具合があ

る程度把握できるのではないかと考え試験を行なったものである。試験方法は、 $10\phi\text{cm}\times 30\text{cm}$ のコアを採取した後、②同様に下端を整形してから上、下2層に切断し、各々について「JIS A 1113」に準ずる試験を行なった。

2.10 振動機本体の振動状況測定

試験機製造時に、振動機本体の加速度が測定できるように、加速度計取り付け穴（5個）を設け、その位置に加速度計を取り付け、振動測定を行なった。計測器の結線は、加速度計→ストレインメーター→電磁オシログラフである。

2.11 コンクリート版内の振動状況測定

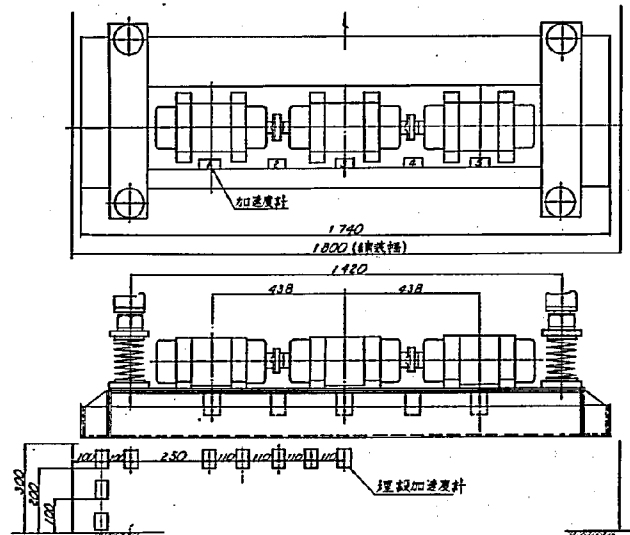
ダンプトラックから降ろしたコンクリートを人力で敷きならした後、設定された測定位置に加速度計を埋設、埋設後はコンクリートを埋め戻した後、試験機で所定の余盛高さに仕上げた後締め固めを行ない試験を進めた。深さ方向の埋設位置は、加速度計下面を基準として、路盤面より各々0, 10, 20cmの3層とした。但し、下層は、路盤碎石と加速度計が直接に接することのないようモルタル分を敷いたので、厳密には、路盤面といくらか離れている。図（2-4）に加速度計の振動機本体への取り付け位置及びコンクリート版内での埋設位置を示す。

2.12 試験機作業速度

型枠上に20cm間隔でビニールテープを貼ると共に、振動板中央（幅方向の）にもビニールテープを貼り、両テープの合致点でマイクロスイッチを押して電磁オシロに記録し、作業速度を算出した。

2.13 洗い分析試験（配合推定試験）

締め固め作業前後において、各々試料を採取し、その比較をすることによってコンクリートの分離状態を調べた。締め固め後の試料は、舗装幅中央の位置より、上、中、下層に分けて加速度計埋設位置近辺から採取した。



図（2-4） 加速度計の取り付け、埋設位置

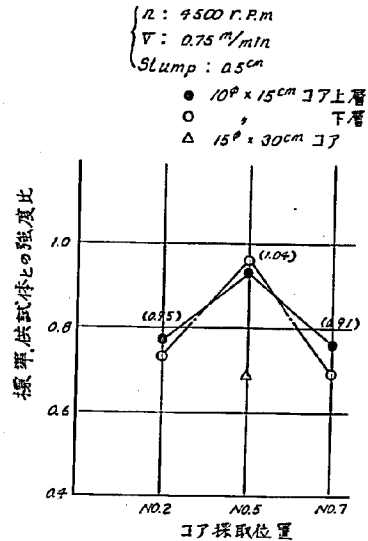
3. 試験結果

3.1 標準供試体と採取コアとの引張強度比

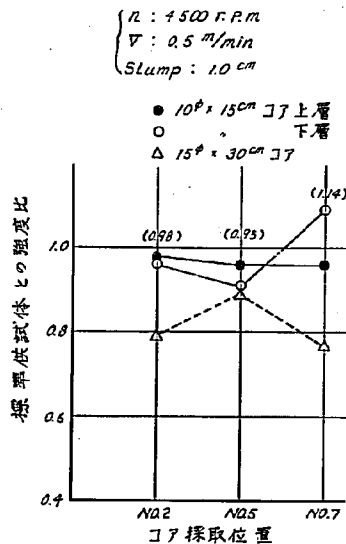
日程表を見ても解るように舗装後一定の期間をおいて強度試験を行なうことができなかったため、同一舗設日の標準供試体とコンクリート版からの採取コアとを同一日に試験を行ない、その比で採取コアの強度を表わすことにした。その結果を図(3-1)～図(3-7)に示す。図中コア採取位置の仮は採取コアの採取位置を示している。〔図(2-4)参照〕以下の図においても同様である。又()内数値は上層と下層との引張強度比を示している。(下層の強度/上層の強度)

3.2 コンクリート版の密度と深さの関係

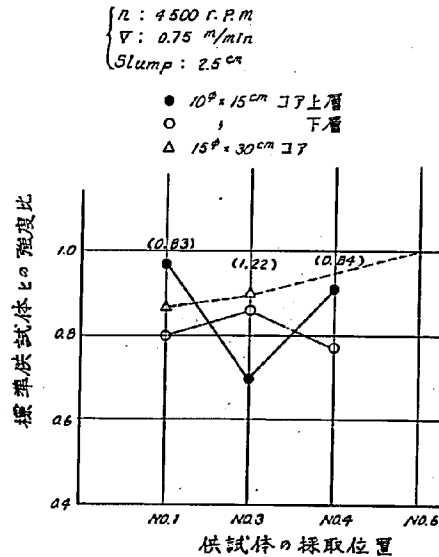
図(3-8)～図(3-13)に密度と深さの関係を示す。図中の理論最大密度は、配合条件から空隙0の場合の密度を算出したものである。実際には、乾燥状態



図(3-1)



図(3-2)



図(3-3)

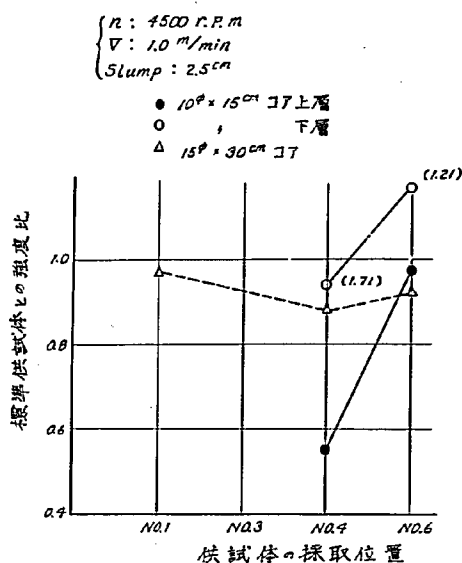


図 (3 - 4)

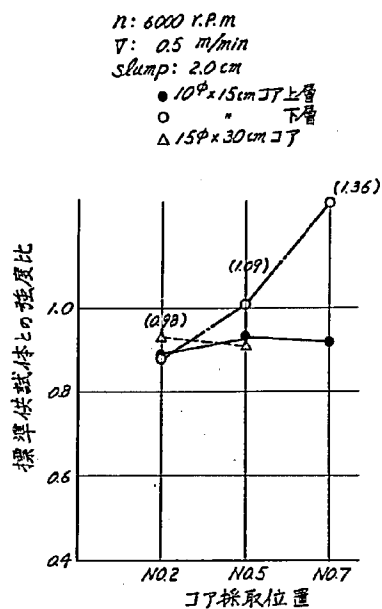


図 (3 - 5)

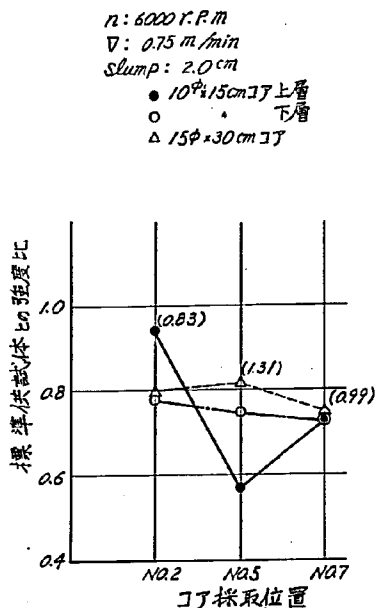


図 (3 - 6)

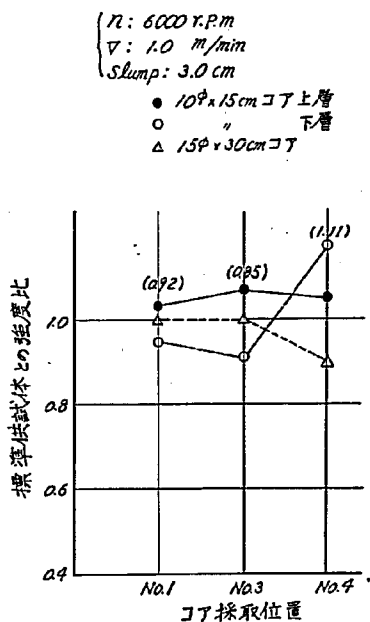


図 (3 - 7)

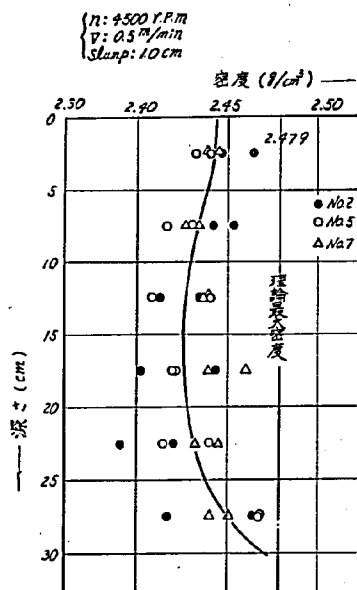


図 (3 - 8) 密度-深さ

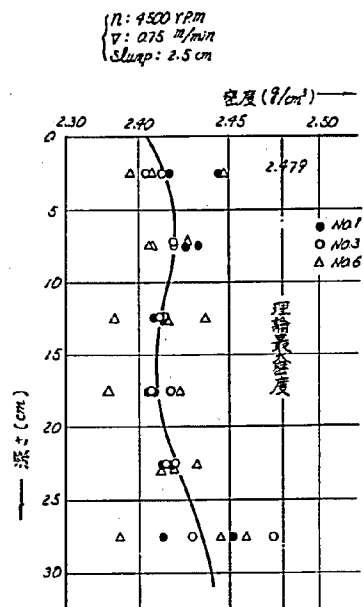


図 (3 - 9) 密度-深さ

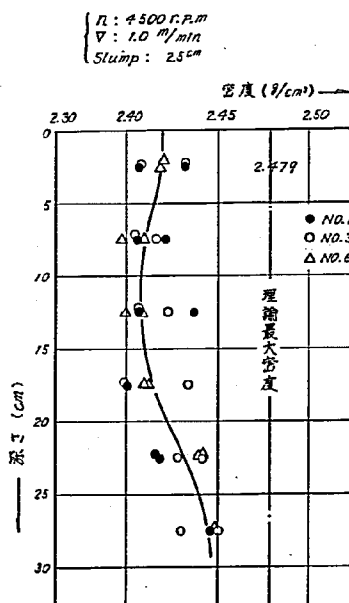


図 (3 - 10) 密度-深さ

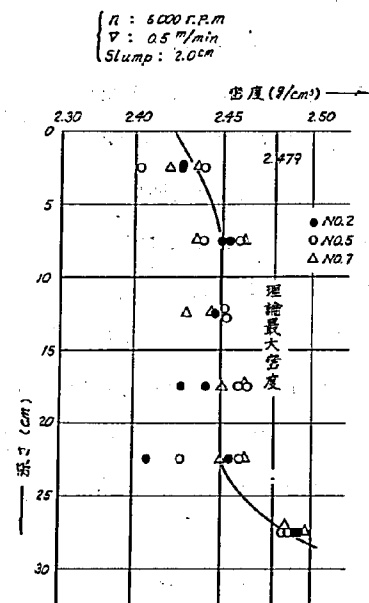
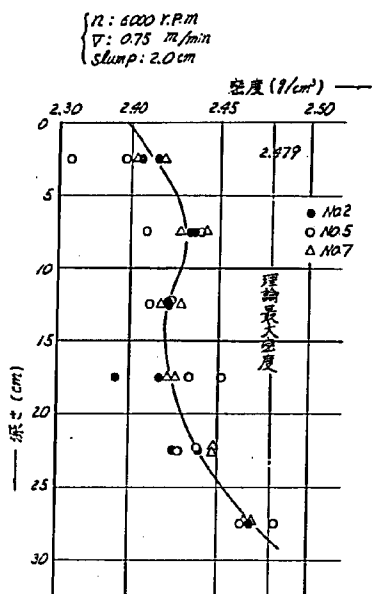
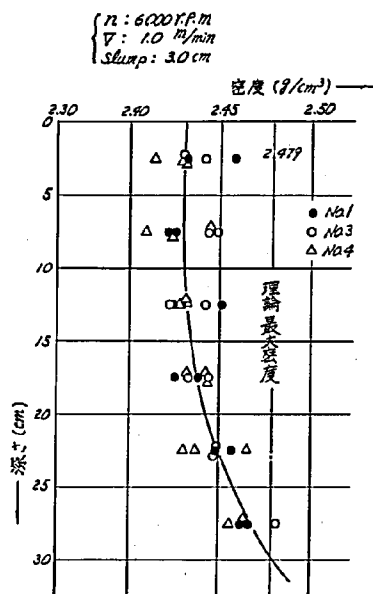


図 (3 - 11) 密度-深さ



図(3-12) 密度—深さ



図(3-13) 密度—深さ

にしたとき蒸発する自由水等もあり、セメント水和物の形態は複雑であるので、配合条件からのみ算出したのでは正確ではないが、水、セメント比 40 % 前後では自由水はほとんどないようなのでここでは表(2-5)の示方配合より理論最大密度^(注1) r_0 を求めた。

$$r_0 = 140 + 315 + 676 + 1,348 = 2,479 (\text{kg/m}^3) = 2.479 (\text{g/cm}^3)$$

3.3 加速度と強度との関係

図(3-14)に加速度と強度との関係を示す。この場合の加速度は、コンクリート版上層部の加速度であり、その最大値をとっている。

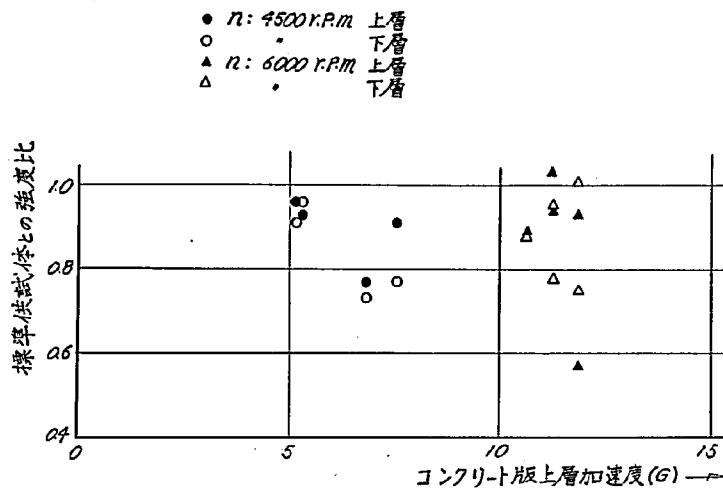
3.4 T.D.Mと引張強度との関係

T.D.M(Total Downward Movement)とは、振動機が一点を通過する間にコンクリートに与える下向きの総運動量で有り、次式で表わされる。

$$T.D.M = \frac{B}{V} \times n \times a \quad (\text{cm})$$

B : 振動機の進向方向の有効幅 (cm) n : 振動機振動数 (r.p.m)
 V : 作業速度 (m/min) a : 振幅 (cm)

(注1) セメントコンクリート誌No266 "コンクリートの化学"



図(3-14) 加速度 — 強度

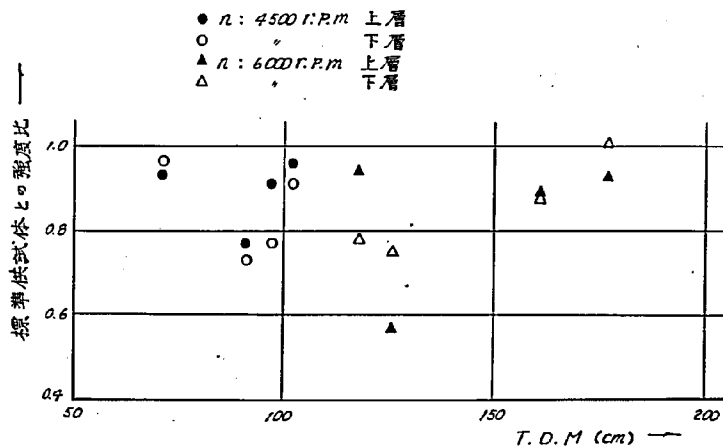
ここで、振幅 a は次式により算出した。

$$a = \frac{a}{\left(2\pi \times \frac{n}{60}\right)^2} = 8.95 \times 10^4 \times \frac{\alpha_g}{n^2}$$

a : 加速度 (cm/sec^2)

α_g : 重力加速度の倍数

図(3-15)に、T.D.Mと引張強度との関係を示す。



図(3-15) T.D.M—引張強度

3.5 振動機からの距離と、コンクリート版内加速度の関係

図(3-16)～図(3-19)に振動機中心からの距離と版内加速度との関係を示す。

3.6 コンクリート版内の加速度分布

図(3-20)に舗装版横断方向についてのコンクリート版内加速度の分布状態を示す。

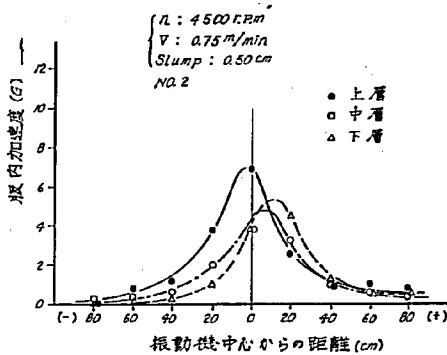
3.7 洗い分析試験結果

表(3-1)に洗い分析試験の結果を示す。

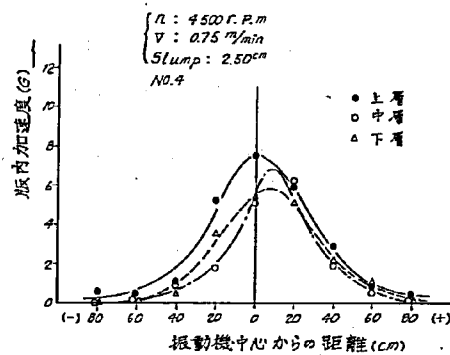
表(3-2)に、国道19号線春日井バイパスの舗装工事の際の洗い分析試験結果との対比を示す。
(注2)
表中、当所試験に関するものについては、搬入直後、上層、中層、下層の各測定値の平均値に対するコンクリート版上層測定値の比率を示したものである(即ち、上層での測定値/平均値)。春日井バイパスのものについては、フィニッシャーをかける前の測定値の平均値に対するコンクリート版上層測定値の比率を示したものである。

3.8 振動機振動状況

図(3-21)に振動機の振動状況を示す。



図(3-16) 距離 — 加速度



図(3-17) 距離 — 加速度

(注2) “コンクリート・フィニッシャー性能試験報告書” 昭和43年3月中部地方建設局
名古屋技術事務所

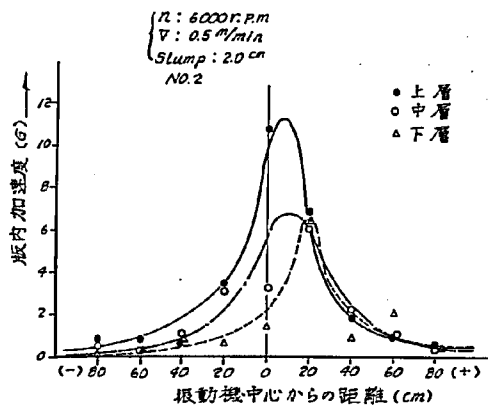


図 (3 - 18) 距離—加速度

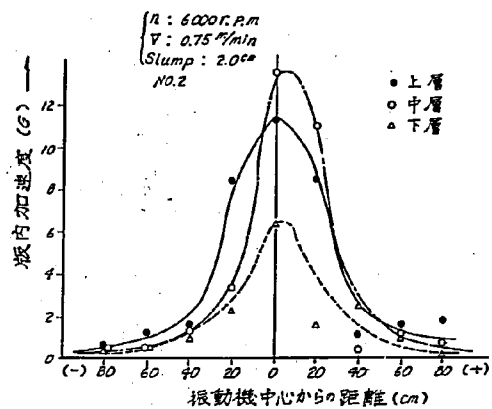


図 (3 - 19) 距離—加速度

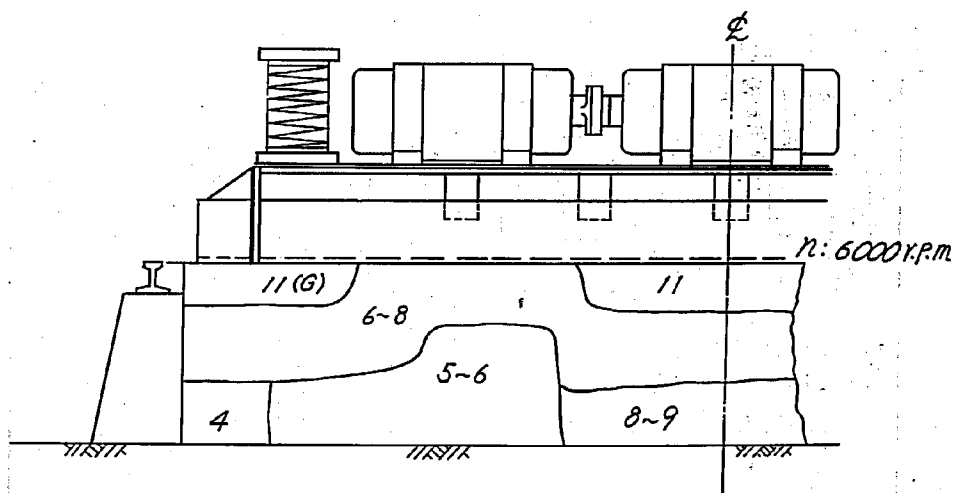


図 (3 - 20) コンクリート内部加速度分布図

表(3-1) 洗い分析試験結果

試験条件		振動機振動数	作業速度		スランブ	試験条件		振動機振動数	作業速度		スランブ
		4500 r.p.m	0.75m/min		0.5cm			4500 r.p.m	0.75m/min		2.5cm
振動機振動状況 (作業時)		振動数	加 速 度		振 幅	振動機振動状況 (作業時)		振動数	加 速 度		振 幅
		4380 r.p.m	7.7 8G		0.3 5mm			4440 r.p.m	6.1 5G		0.2 8mm
試料採取位置		搬入直後	上 層	中 層	下 層	試料採取位置		搬入直後	上 層	中 層	下 層
推定配合	単位セメント量	334 ^{kg} / _{cm}	342 ^{kg} / _{cm}	340 ^{kg} / _{cm}	299 ^{kg} / _{cm}	推定配合	単位セメント量	554 ^{kg} / _{cm}	516 ^{kg} / _{cm}	462 ^{kg} / _{cm}	487 ^{kg} / _{cm}
	単位細骨材量	778	770	702	678		単位細骨材量	709	686	575	670
	単位粗骨材量	1139	1128	1270	1344		単位粗骨材量	930	1022	995	1085
	単 位 水 量	174	179	152	146		単 位 水 量	209	195	166	187
	水セメント比	521 %	522 %	44.7 %	48.9 %		水セメント比	37.7 %	37.9 %	36.0 %	38.3 %
試験条件		振動機振動数	作業速度		スランブ	試験条件		振動機振動数	作業速度		スランブ
		4500 r.p.m	0.75m/min		2.0cm			6000 r.p.m	1.0m/min		3.0cm
振動機振動状況 (作業時)		振動数	加 速 度		振 幅	振動機振動状況 (作業時)		振動数	加 速 度		振 幅
		6000 r.p.m	10.0 2G		0.2 7mm			5850 r.p.m	10.2 5G		0.2 7mm
試料採取位置		搬入直後	上 層	中 層	下 層	試料採取位置		搬入直後	上 層	中 層	下 層
推定配合	単位セメント量		519 ^{kg} / _{cm}	466 ^{kg} / _{cm}	392 ^{kg} / _{cm}	推定配合	単位セメント量	368 ^{kg} / _{cm}	396 ^{kg} / _{cm}	343 ^{kg} / _{cm}	291 ^{kg} / _{cm}
	単位細骨材量		783	745	586		単位細骨材量	756	801	687	638
	単位粗骨材量		1178	1270	1611		単位粗骨材量	1131	1030	1253	1334
	単 位 水 量		99	96	52		単 位 水 量	175	187	163	168
	水セメント比		19.1 %	20.6 %	13.1 %		水セメント比	47.4 %	47.2 %	47.5 %	57.5 %

表 (3 - 2)

試 験 条 件		平 均 値 に 対 す る 割 合			
		単位セメント量	単位水量	単位細骨材量	単位粗骨材量
振 動 数 4,500 r.p.m		1.04	1.10	1.05	0.92
作業速度 0.75 m/min					
振 動 数 4,500 r.p.m		1.02	1.03	1.04	1.01
作業速度 0.75 m/min					
振 動 数 6,000 r.p.m		1.13	1.21	1.11	0.87
作業速度 0.75 m/min					
振 動 数 6,000 r.p.m		1.13	1.08	1.11	0.87
作業速度 1.0 m/min					
春日井パイパス n : 3,960 r.p.m V : 0.54 m/min	①	1.10	1.03	0.78	1.07
	②	1.46	1.09	1.09	0.85
	③	1.19	1.04	0.96	0.97

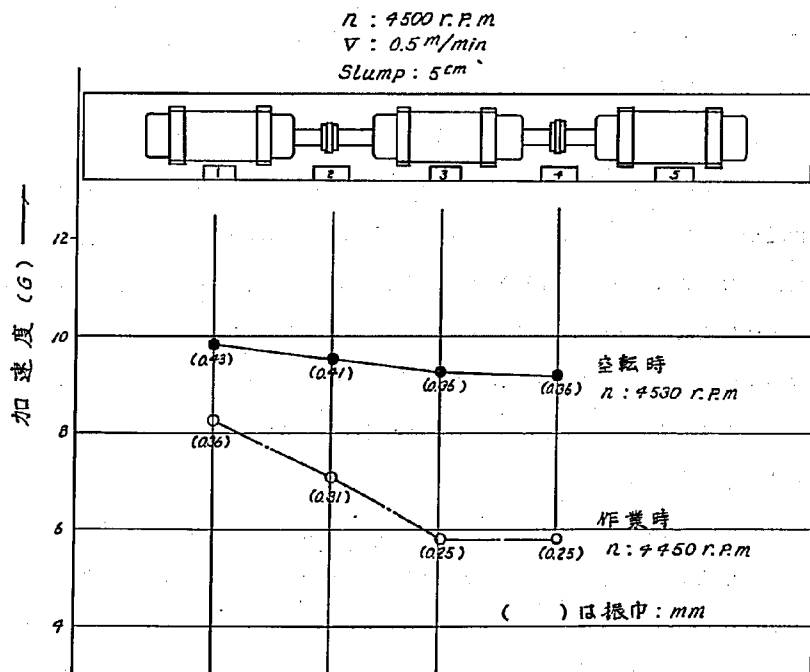


図 (3 - 21) 振 動 機 振 動 状 況

4. 考 察

4.1 引張強度

標準供試体が割合滑らかな表面をしているのに対して、コンクリート版からの採集コアは、コア採取機の機能、作業の不手際等もあって多少の不陸が見られたのであるが、その割には標準供試体との強度比は高く 0.8 以上であり、強度に関しては余り問題ないようである。更に、上下層の比もだいたい 1 近辺であり、上下層の強度差はなく強度の上からは均等な締め固めができていと云える。

又、締め固めに関する要素として、T.D.M と加速度を選出し強度との関係を調べたのであるが、今回の場合、実際の舗装現場と余りかけ離れないよう試験条件を設定したこともあって、加速度、T.D.M の範囲が余り大きくとれていないのではっきりした傾向は云々できないが、加速度と強度との相関はほとんどないことと、加速度一定の場合 T.D.M と強度とは相関のあることが云えるようである。しかし、T.D.M が大きくなると、表層へのモルタルの浮き上りを考慮する必要が出てくるので、版厚何 cm の場合は T.D.M がいくらあれば良いと云うような一方的な決めつけはできないであろう。(図(3-1)～図(3-7)、図(3-14)、図(3-15))

4.2 密 度

図(3-8)～図(3-13)を見ても解るように今回の 30 cm 版の場合、全般に上、中層部よりも下層部の密度が大きい値を示している。2.2 でも述べたように路盤からの振動の反射があると考えられる。又、一般的傾向として T.D.M が減少した場合(即ち、振動数一定で作業速度の増した場合)には、全体に密度が下がっている。図(3-11)、図(3-12)では、最上層部の密度が極端に小さくなっているが、これは、振動数が大きく且つ作業速度が割合遅いのでモルタルの浮き上がりが多いためと考えられ、この場合は骨材の分離が問題とされようが、4.1 で述べたように、引張強度に関しては心配ないと云える。

コンクリート版の締め固め度の判定方法の一つとして密度を利用するのも一方法ではあるが、理論最大密度に近いからと云って一概に良好な締め固めが進行していると断定することはできない。何故なら、表面式で締め固めた場合図(3-11)のように全体的に理論最大密度に近づいても、最上層部ではモルタルの浮き上がりによって極端に密度が下がるなど骨材の分離が生じるのが当然であり、表層部の剝離による舗装版の破損などが生じることも考えられるからである。密度はあくまでも締め固め度の一つの目安としか考えることができないのではないかと思われる。

4.3 骨材の分離

今回の洗い分析試験は不慣れもあり、又試験日程の都合上試料の採取量が少なかったもので、結果は相当バラツキがあるがだいたいの傾向はでていると思う。ただ、引張強度が充分でいても、表層部の剝離等の問題もあるので骨材の分離には留意する必要があるので、その対比を実際の現場（春日井バイパス）での試験結果と対比した〔表（3-2）〕。

このような対比の仕方が妥当か否かは疑問点も残るが、表（3-2）を見た限りでは、この程度の分離は問題ないと云えるのではないかと思われる。

4.4 総 論

強度的な面、骨材の分離の状況から云って現在使用されているフィニッシャーでの通常作業状態で30 cm厚の舗装版の締め固めは可能であると云いうる。ただ、図（3-20）にも示すように、型枠近辺下部は振動の伝播が弱く、事実型枠撤去後も多数の空隙の見られたことなどからも、棒型振動機等で充分締め固めを補足する必要がある。

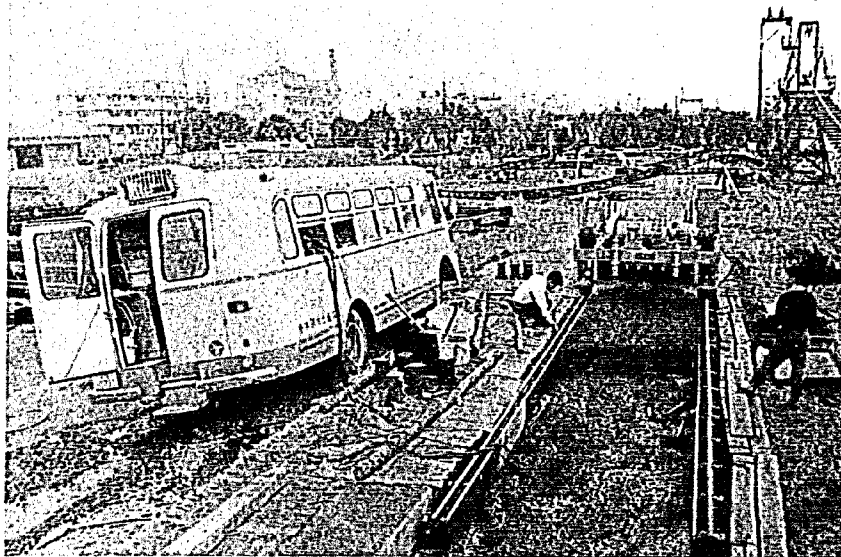
あ と が き

今回の試験は最初でもあり、コンクリートそのものに対してなじみの少なかったこともあって、いろいろな点で不手際があり、当初の計画通りの結果は得られなかったが、今後の厚層コンクリート版の締め固め作業に関し、何らかの資料となれば幸である。

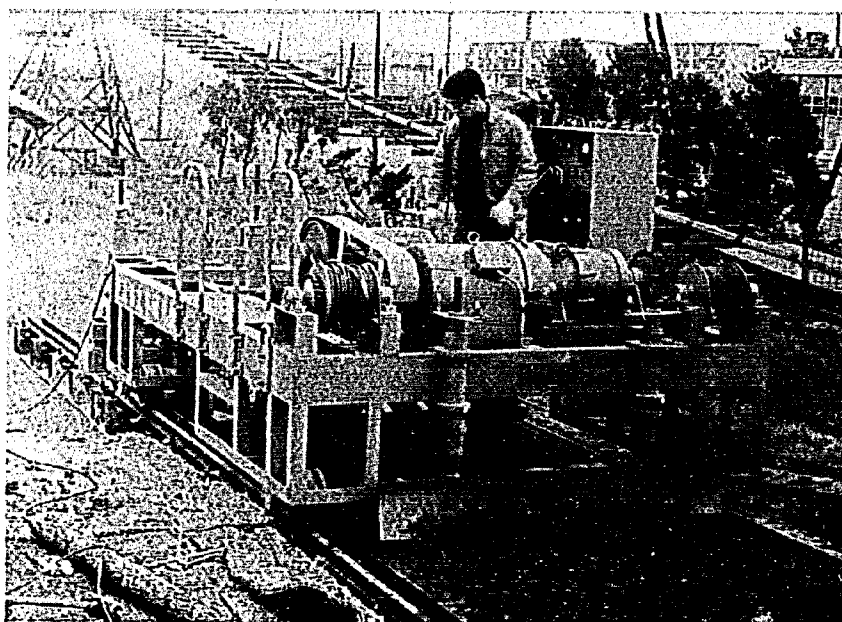
なお、試験に関し、いろいろ御指導いただいた当土木研究所永盛千葉支所長、コンクリート研究室、舗装研究室の皆様へ深く感謝いたします。

参 考 文 献

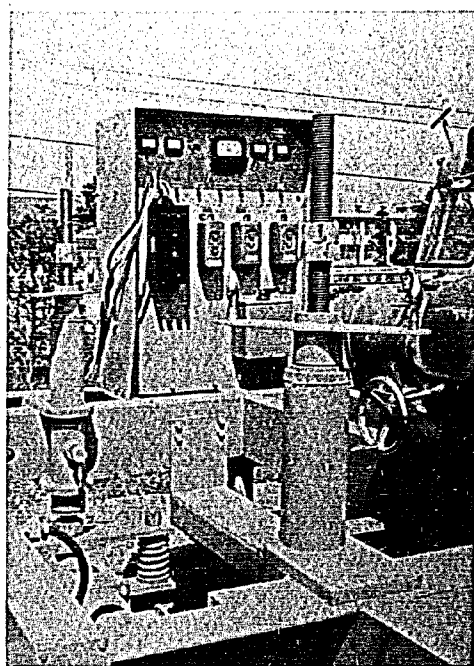
- (1) セメントコンクリート №266 「コンクリートの化学」
- (2) コンクリートフィニッシャー性能試験報告書
中部地方建設局 名古屋技術事務所
- (3) コンクリート舗装の機械化施工法に関する研究報告書 №1, №2 建設省土木研究所
- (4) Journal of Research, Public Works Research Institute 1966
Fundamental Investigation on the Compaction of Concrete Road
Slabs by Surface Vibration.
- (5) Concrete Road Design and Construction,
Road Research Laboratory.



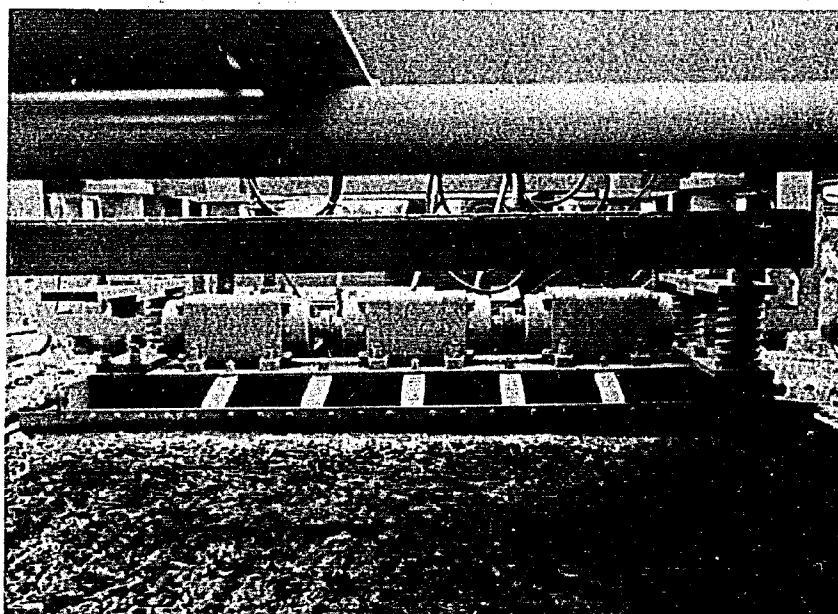
(写真-1 試験場全景)



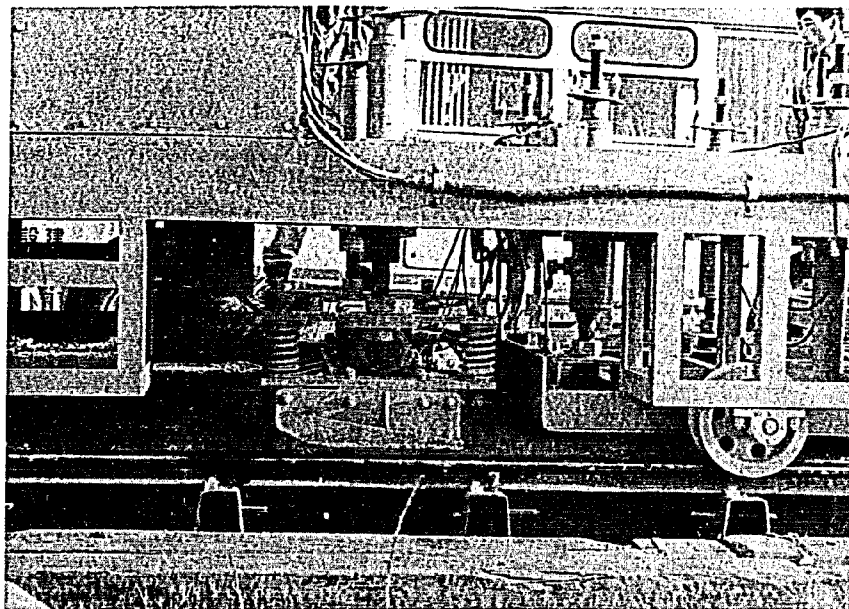
(写真-2 コンクリート舗設試験機)



(写真-3 試験機操作盤)



(写真-4 表面式振動機)



(写真-5 表面式振動機コンフォーミングプレート)



(写真-6 加速度計の埋設)