

## ソイル セメント基層工の施工管理と工事歩掛りについて

長 尾 満\*  
多 田 宏 行\*\*

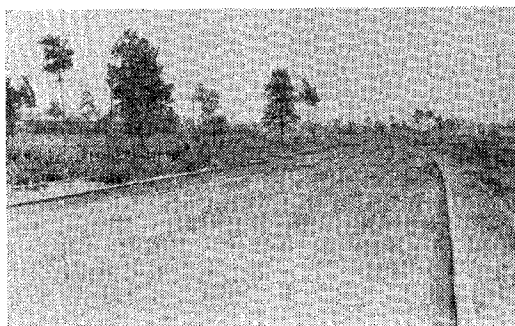
### 1. まえがき

舗装の基層あるいは路盤にセメントをを添加して、その耐久性を増大させるソイル セメント工法が、最近わが国においても路上混合機の輸入あるいは国産化により材料の粉碎、混合が比較的容易になつたため、ようやく本格的に各所で採用され始めてきた。

関東4号国道でも一昨 32 年度秋に埼玉県栗橋町地内で下層路盤厚 10 cm, 面積 7 000 m<sup>2</sup> を試験的に施工し、この経験にもとづいて 33 年度は埼玉県幸手町地内の新設道路(幸手バイパス)幅員 9~10 m, 延長 2 500 m のアスファルト コンクリート舗装の基層にソイル セメント工法を採用した。

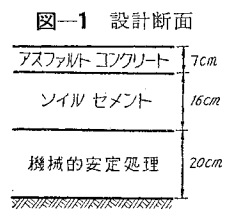
本文は 33 年度工事に際して特に重点をおいて実施した現場管理試験, 歩掛り調査などについて、その概要を報告するものである。

写真—1 完成したソイル セメント基層



### 2. ソイル セメントの配合

本工事は 図—1 に示すように前年度施工ずみの機械的安定処理をした砂利道の上に、アスファルト コンクリート舗装の基層として厚 16 cm



のセメントによる、安定処理層を置くものである。

そこで所要量が安価で容易に入手できる土に、適当な量の碎石を混入し、セメントを添加して所要強度のソイル

セメントをうるために配合決定のための室内実験を行つたが、その目標としては米国カリフォルニア州道路局のアスファルト舗装のソイル セメント基層の基準, 単軸圧縮強度  $q_u=650 \text{ psi}=45.5 \text{ kg/cm}^2$  をとることにした。

配合設計のための実験としては、

#### (1) 材料試験

a) 砂質土(施工現場付近の幸手町字木立で採取)の比重および粒度試験, その他の物理試験。

b) 碎石(葛産石灰石, 通称 5, 6, 7 号)の比重および粒度試験, その他。

c) セメントは アサノ普通ポルトランド セメントを使用し, 試験は省略。

#### (2) 混合試験

砂質土の粒度改良のため A.A.S.H.O 領域を考慮して上記各号碎石を各等量づつ加えたもの(径 20~0 mm)を, 砂質土の乾燥重量に対する混合率 0, 20, 40, 60% の 4 とおりにつき混合し粒度試験。

#### (3) 突固め試験

碎石混合率 0, 20, 40, 60% の 4 とおりにつき JIS 標準突固め試験。

#### (4) 強度試験

セメント添加量を 0, 3, 5, 8% の 4 とおり, 碎石混合率 40, 60% の 2 とおり, 含水比を O.M.C. および O.M.C.  $\pm 2\%$  の 3 とおりを選り, これらの組合わせ 24 コのそれぞれについて供試体を成形し, 6 日養生, 24 時間水浸後に C.B.R. 試験ならびに単軸圧縮試験。

以上の試験などを実施したが, 試験結果から考察されたおもな事項は

a) 砂質土(A-3, 真比重 2.69, PI=0)は粒度が H.R.B. の経済的に安定処理しうる範囲に入つていたので, ソイル セメント材料として使用に耐えうるものと判定される。

b) 砂質土のみでは O.M.C. で  $r_{d \max}=1.45 \text{ g/cm}^3$  程度であるが, 碎石 40% の混合によつて  $r_{d \max}=1.8 \text{ g/cm}^3$  以上が得られ, 碎石(径 20~0 mm, 真比重 2.78, 吸水率 0.35%) 混入による密度の増大は, かなりいじめるしい。

c) 単軸圧縮強度  $q_u$  は O.M.C. の wet side よりも dry side で締固めた方が, 大きい値が得られるようである。

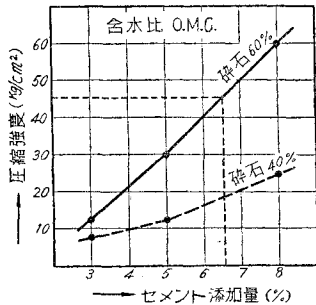
\*正員 建設省大臣官房建設機械課, 前関東4号国道工事々務所長

\*\*正員 建設省関東4号国道工事々務所幸手出張所長

d) 浸水による膨張，収縮，吸水はいずれも微量で問題はない。

などで，結局 図-2 に見るように  $q_u=45.5 \text{ kg/cm}^2$  をうるためには 碎石混合率 60%，セメント添加量 6.5% が適当な配合であることが明らかとなった。

図-2 セメント添加量と圧縮強度の関係



そこで施工時の品質のむらを考慮して碎石 60%，セメント 7%（いずれも土の乾燥重量に対する割合である）とし  $q_u=50 \text{ kg/cm}^2$  を目標として施工することに配合を決定した。

### 3. 施工の概要

#### (1) 工区の区分

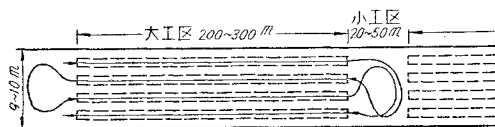
施工区間の全延長 2500 m を橋梁，溝橋，取付支道（交差道路の交通を遮断することなく施工した）などを考慮の上，200~300 m の大工区と 20~50 m の小工区を 図-3 のように交互に設けて，約 30 区間に区分し，大工区より順次完成後に小工区を施工した。

これは 1 日の施工可能面積約 3000 m<sup>2</sup> の限度に大工区を設け，また養生期間（7 日とした）中に隣接する次の大工区を施工する際の，施工機械の回転に必要な面積として，小工区を設けたものである。

ソイル セメントの仕上げ厚は前述のように 16 cm であるが，本工事に使用した Wood Road Mixer 36-S の容量では，これを一度に施工することができないので，各層 8 cm づつ 2 回にわけて施工した。なおウネは 図-3 のように 4 列配置した。

小工区の施工は，2 層目の養生期間が終了した前後の大工区のソイル セメント層の上にウネを形成し，処理した材料を，間の小工区に Bulldozer で押出して施工した。

図-3 工区割とウネの配置



#### (2) 施工の方法

本工事の施工法を順を追って要約すれば次のとおりである。

1. 施工現場に Dump truck で搬入した碎石を下に，その上に砂質土をそれぞれ Motor grader（三菱 LG II）で敷きならす（両者の敷厚は所定の配合比とする）。
2. これに Bulldozer（三菱 BB IV）で牽引される Road stabilizer（酒井 PM 103）をかけて，基層材料を均一に粉碎混合する。
3. 次に Bulldozer で牽引される Windrow proportioner（酒井 WP 101）により，基層材料を所要断面のウネに形成する。
4. 処理前の基層材料の見掛け密度と含水比を測定して，セメント敷きならし量と散水量を決定する。
5. 所要セメント量をウネの上に，人力で敷きならす。
6. Road mixer（Wood 36 S）を運転し，水，セメント，基層材料の混合処理を行う。
7. 混合処理が終った基層材料は，ただちに Motor

写真-2 施工の状況

左より Wood Road mixer, Motor grader, Macadam Road roller, Tyre roller



grader で敷きならし，Bulldozer で牽引される Tyre roller（日開 2 軸 13 輪 7.5 t）を 1 回掛けして一応締めたのち，再び不陸直しを行い，横断勾配を整形する。

8. 不陸直しののち，再び Tyre roller を 4~5 回通過させ，最後に Road roller（渡辺 MD 12 t）で 1~2 回転圧して仕上げを行う。

9. 転圧完了後，全面に Asphalt sprayer（東機 手動式）でアスファルト乳剤 0.5 l/m<sup>2</sup> を散布して被膜養生を行い，養生期間を 7 日間とする。

### 4. 施工管理

施工に際して品質管理のため実施した試験および，その結果は次のとおりである。

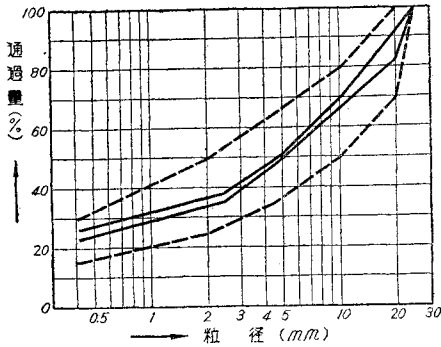
#### (1) 基層材料の配合検査

ウネに形成された基層材料の砂質土と碎石が，所定の

混合割合になつているかどうかを検査するために、ウネ 100 m につき 1 カ所ごと (試料 2 コ採取) に粒度試験を行った。

図-4 はフルイ分け結果の一例であるが、粒径 2 mm 以下および 10 mm 以上の材料混入量の変動係数は、それぞれ 8.7 および 4.6 で、約 400 回の試験結果は良好であつた。

図-4 基層材料粒径加積曲線



(2) 現場密度と含水量の測定

ウネに形成された処理前の基層材料の見掛け密度と含水量を測定して、ウネの単位長さ当りセメント散布量と添加水量を決定した。測定箇所はウネ 100 m につき 1 箇所。

なお基層材料の含水量が O.M.C. の wet side にある場合には、処理前日中に Road stabilizer または Road mixer をかけ、かくはんして空気にさらして乾燥につとめた。

(3) 最適含水量の管理

添加水の散布量 (l/min) は Road mixer の運転速度との組合わせによつて定まるから、20 m ごとに check point をおき運転速度を常に検査した。

次に処理された基層材料が予期どおりの O.M.C. の近くで転圧締固められるかどうかを検査するために、混合機の運転通過後に試料を採取して含水量を測定した。

測定は道路延長 50 m につき 2 箇所づつ行つたが、試験結果は表-1 のとおりで比較的よく管理された。

表-1

目標とした含水量	処理直後の基層材料の含水量		
	範囲	平均	変動係数
10%	7.48~12.90%	9.75%	11.2

(4) 転圧効果の測定

基層転圧完了後の含水比と密度を測定し、締固め効果の判定を行つた。

密度測定は道路延長 50 m につき 2 箇所で径 20 cm、深さ 8 cm の孔を掘り砂置換法によつたが、測定結果は表-2 のとおりで JIS 標準締固めの最大乾燥密度の 97

% 程度であつた。

表-2

	転圧完了後の基層含水比 $w$	現場締固め密度 $\gamma_d$
平均	9.65%	1.970 g/cm <sup>3</sup>
変動係数	8.46	2.48

(5) 不陸検査

敷きならし、あるいは転圧中に常に計画高に仕上げるように注意し、仕上げの精度は第 1 層仕上げ面  $\pm 2$  cm、第 2 層仕上げ面  $\pm 1$  cm 以内とし、測定間隔 20 m ごとに横断ならびに縦断方向につき検査した。

結果は第 1 層やや良好、第 2 層良好であつた。

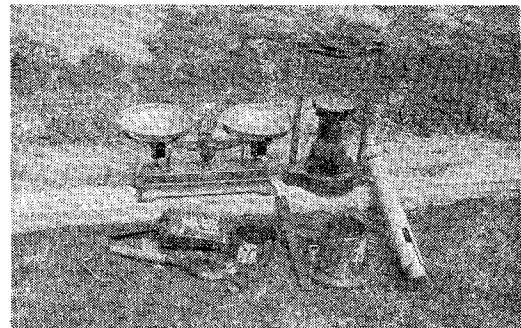
写真-3 横断の整形検査



(6) 強度試験

混合処理直後のソイルセメント材料を道路延長 50 m につき 2 箇所から採取して、JIS A 1210 のランマーとモールドにより表-3 に示す 3 種の締固めエネルギーで供試体を成形し、これを和紙およびパラフィンで封じ 6 日養生後、水浸 24 時間で単軸圧縮試験を行つた。

写真-4 供試体作成用器具



試験結果は表-3 のとおりである。

表-3

締固めエネルギー		3層 25回	3層 55回	5層 55回
供試体	平均 (g/cm <sup>3</sup> )	2.016	2.067	2.099
	乾燥密度 $\gamma_d$			
単軸圧縮強度 $q_u$	平均 (kg/cm <sup>2</sup> )	59.9	69.0	72.3
	変動係数	20.2	14.4	15.6

(7) 支持力試験

ソイルセメント施工前後の支持力の変化を見るため

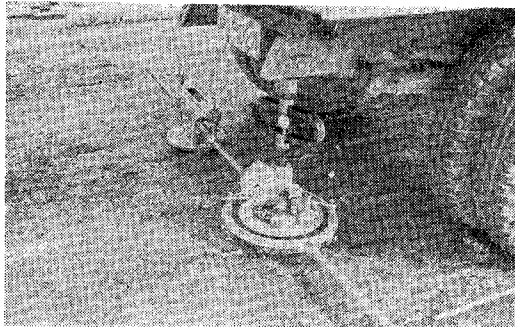
に、上下車線の中心線上で 100 m ごとに径 30 cm 載荷板による支持力試験を行った。

すなわち路盤（機械的安定処理層）上、ソイル セメント第1層（材令7日）上、第2層（材令7日）上および第2層（材令28日）上のいずれも同一地点で測定したが、支持力の増加は表-4に見るとおり顕著であった。

表-4

		路盤	第1層材令7日	第2層材令7日	第2層材令28日
K <sub>30</sub>	支持力(kg/平均cm <sup>2</sup> )	32.8	47.3	68.6	89.8
	変動係数	21.6	18.0	18.0	24.2
	支持力増加倍率	1.00	1.44	2.09	2.73
				1.00	1.30

写真-5 ソイル セメント第1層上における平板載荷試験



## 5. 施工経費

32年度工事は初めての経験であるため工事段取り、施工法および現場管理の方法などの研究に重点をおき、そのうえ施工単位も小さかったためソイル セメント工法の標準歩掛りを求めるには至らなかった。

本工法の技術的利点が認識され、その採用が目されるに従って、経済的検討が いよいよ重要と思われるので、33年度工事に際しては施工経費の詳細な内訳を明らかにすることにつとめた。

まず基層安定処理工事の施工経費を総括すると表-5のとおりである。

表-5 施工経費（総括）

項目	金額	摘要
機械費*	615 978	*機械運転労務費、油脂費、修理費をふくむ。
機械償却費	1 598 692	
小計	2 214 670	
材料費	9 823 009	本表はソイル セメント厚 8 cm、施工延面積 47 187 m <sup>2</sup> に対する施工経費である。
労力費	539 590	
合計	12 577 269	

次に本工事の内容を大別してみると

### (1) 粉碎混合

土取場から施工現場に運搬した砂質土と購入した碎石とを敷きならして、これに Road stabilizer をかけて粉碎混合する。

### (2) ソイル セメント混合

粉碎混合した基層材料を Windrow proportioner により所要断面のウネに形成し、これにセメントと水を添加しつつ Road mixer で混合処理する。

### (3) 転圧および仕上げ

処理した基層材料を敷きならして転圧し、転圧完了後に全面にアスファルト乳剤を散布して被膜養生を行う。以上の3段階に分けられるので、この区分に従って経費内訳をみると表-6のようになる。

表-6 施工経費（工種別内訳）

	機械費 (償却費を ふくむ)	材料費	労力費	計
粉碎混合	1 237 250	5 425 776	304 272	6 967 298
ソイル セメント混合	562 543	3 899 482	133 098	4 595 123
転圧および仕上げ	368 754	469 511	102 220	940 485
その他(雑運搬、雑品)	46 123	28 240		74 363
計	2 214 670	9 823 009	539 590	12 577 269

なお組合せ機械の稼働状況、使用材料および労力の内容を次ページの表-7および表-8に示す。

## 6. 考察

以上はソイル セメント基層の施工に際して実施した管理試験ならびに、歩掛り調査結果その他の概略であるが、本工事を通じて考察された事項などを列挙すれば次のとおりである。

(1) 32年度の試験施工によって工事の段取り、施工方法、機械の取扱い、現場試験の要領などについて研究していたため、33年度の施工は能率よく精神的にも余裕をもつて実施することができた。この点、前年度の経験はきわめて有益であったと考えられる。

(2) 本工事の準備から完了までの工程は、  
4月上旬～下旬 配合設計のための室内実験  
5月上旬～中旬 材料その他の手配、準備  
5月中旬～7月末 ソイル セメント安定処理であるが、施工（ソイル セメント混合、転圧および仕上げ）実績は次のとおりであった。

表-9 月別施工実績

	施工日数	施工面積(厚さ 8 cm)	日平均施工面積
5月下旬	8日	17 083 m <sup>2</sup>	2 135 m <sup>2</sup> /日
6月	12	22 029	1 835
7月	9	8 075	897
計	29	47 187	1 628

各月の上記以外の日数は、基層材料の現場搬入からウネ成形までの作業を行った日、または雨天のため、あるいは基層材料の含水比が極端に O.M.C の wet side のため施工不能などである。

5月下旬の1日当り施工実績が高いのは、同月上旬の準備期間中に、砂質土運搬の工程が上つていたため

表-7 ソイル セメント基層工事歩掛り (機械関係)

項目	使用機械	総時間	運転時間	整備時間	休止時間	施工経費				
						運転労務費	油脂費	修理費	機械償却費	計
砂質土運搬	ダンプトラック (7台)	1 083	372	119	592	54 125	72 779	73 380	74 300	274 584
"	ブルドーザ	142	93	30	19	7 100	16 003		151 590	174 693
碎石敷きならし	モーターグレーダ	643	348	149	146	32 100	48 674	6 390	465 276	552 440
砂質土、碎石敷きならし	ブルドーザ	40	25	3	12	2 000	5 262		40 750	48 012
粉砕混合	ロードスタビライザ	281	71	69	141	14 000	9 235		34 827	58 062
"	ブルドーザ	114	72	21	21	5 650	7 264		116 545	129 459
小計						114 975	159 217	79 770	883 288	1 237 250
ウインドロー成形	モーターグレーダ	29	23	3	3	1 450	1 980		30 751	34 181
"	ブルドーザ	50	35	4	11	2 425	3 260		57 460	63 145
ウインドロープロポーショナ	ブルドーザ	454	92	260	102	42 643	33 537	1 600	213 256	291 036
ソイルセメント混合	トラック (水タンク運搬)	184	58	39	87	9 200	5 097	13 740	11 500	39 537
"	散水車	272	135	62	75	25 406	18 921	9 305	54 472	108 104
"	揚水ポンプ						11 564			11 564
"	トラック5台(セメント運搬)	48	48			2 400	2 976		9 600	14 976
小計						83 524	77 335	24 645	377 039	562 543
転圧および仕上げ	ブルドーザ	172	90	26	56	8 600	9 739		146 700	165 039
"	タイヤローラ	247	90	1	156		22		11 250	11 250
"	モーターグレーダ	100	82	16	2	5 000	6 091		109 634	120 725
"	ロードローラ	194	94	11	89	9 650	5 687		56 381	71 718
小計						23 250	21 539		323 965	368 754
雑運搬	トラック	124	37	15	72	6 200	9 342	115	7 400	23 057
"	ダンプトラック	195	35	13	147	9 750	6 316		7 000	23 066
小計						15 950	15 658	115	14 400	46 123
合計						237 699	273 749	104 530	1 598 692	2 214 670

注：時間はいずれも30分以上切上げ、30分未満切捨。運転時間には作業時間のほか回送その他の時間若干をふくむ。整備時間には修理時間をふくむ。

表-8 ソイルセメント工事歩掛り (材料・労力関係)

項目	形状寸法	単位	単価	数量	金額	摘要
砕石	20~0mm	m <sup>3</sup>	1 340.00	2 450	3 283 000	砕石計 3 861.2 m <sup>3</sup> 5 222 276 円
"	20~5mm	"	1 355.00	1 431.2	1 939 276	
スタビライザ爪		本	1 000.00	60	60 000	積込み人夫 382人 砂質土および砕石散布 粉砕混合
砂質土運搬		m <sup>3</sup>	41.00	3 500	143 500	
人夫		人		811	304 272	
小計					5 730 048	セメント計 541.57t 3 899 482 円
セメント	アサノポルトランド	t	7 105.00	36.65	260 398	
"	"	"	7 205.00	484.27	3 489 165	
人夫	"	"	7 260.00	20.65	149 919	セメント積おろし、散布 ウインドロー成形、路面手直し ソイルセメント混合
小計					4 032 580	
人夫				428	133 098	
アスファルト乳剤	53%以上	l	16.69	1 900	31 711	アスファルト乳剤計 27 900 l 469 511 円
"		"	16.70	14 000	233 800	
"		"	17.00	12 000	204 000	
人夫		人		230	102 220	乳剤散布 転圧および仕上げ
小計					571 731	
雑品					28 240	
合計					10 362 599	

(4) 1日の

作業時間は準備、休憩、乳剤散布、跡片付け、管理試験などの5時間をふくめて、計8時間前後であつた。このうち被膜養生のための乳剤散布はハンドスプレーヤーによるため2時間/2 000 m<sup>2</sup>を要したので、乳剤散布車などの使

で、6月中の実績がやや落ちるのは、これが追われるようになったのが原因である。

また7月中の実績が前月までの約1/2にまで低いのは、小工区の施工に移つて施工単位が小さくなつたためである。

(3) 1日当り施工面積(仕上げ厚さ8cm)の最高は2 812 m<sup>2</sup>/日であつたが、下記(4)および(5)の二点が改善されれば現有機械をもつて4 000 m<sup>2</sup>/日程度の施工も可能と考えられる。

用による能率向上が望まれた。

(5) ウネに成形された基層材料の含水比がO.M.C.の相当dry sideにある場合には、添加水の補給が間に合わず(3 000 l 散水車および水タンク車使用) Road mixerの混合運転を、たびたび停止させねばならなかつた。このような場合には作業が中断されるばかりでなく、含水量の管理も不十分となりがちで、好ましくなかつた。

このため基層材料の含水量が処理当日にO.M.C.近く

になるように、前日までにあらかじめ散水しておくなどの便法をとつたのであるが、容量が大きい給水車(6000ℓ程度)の用意によつて添加水補給能力を強化する必要が痛感された。

(6) 32年度はウネの成形を Motor grader および人力によつたため工程はこの作業に左右されたが、本工事では Windrow proportioner の使用が、きわめて能率的であつた。

また Road stabilizer と Tyre roller は、ともに非牽引式 (Bulldozer で牽引した) であるため、機動性に欠けるうらみがあつた。特に Tyre roller は転圧時間を短縮するために自走式であることが望まれた。

(7) 工期の半ば以降は施工に習熟してきたため、例えば処理前後の基層材料の含水比の判定などは測定するまでもなく、視察によつて十分判断し得た。

(8) 施工したソイル セメント 基層は、試験結果からみて品質が均一なものと判断される。これは現場の施工管理が厳格に行われた結果によるものと信ずる。

(9) 現場施工における品質のムラを考慮して、設計配合を室内実験値に対して相当の安全率を見込んだのであつたが、強度試験および支持力試験の結果からみると、あまりに安全すぎるきらいがあり、セメント添加量の節約の余地があると考えられる。

(10) ソイル セメント 基層仕上り面積 23 593 m<sup>2</sup> (仕上げ厚さ 16 cm) の施工単価を見てみると表-10 のとおりである。

表-10 ソイル セメント 基層施工単価

項目	単価	内訳比率	摘要	
機械費*	円/m <sup>2</sup> 26.10	4.9%	5.6%	*運転労務費、油脂費、修理費をふくむ。 本表はソイル セメント 基層厚 16 cm (8 cm 2 層に施工) 仕上り面積 23 593 m <sup>2</sup> に対する施工単価である。
機械償却費	67.80	12.7		
小計	93.90	17.6		
材料費	416.40	78.1	89.5	
労力費	22.90	4.3	4.9	
合計	533.20	100.0		
機械償却費を除いた計	465.40		100.0	

ところで本工事区間は、当初 32 年度に完成の機械的安定処理層の上に厚さ 23 cm のセメント コンクリート 舗装を施工する計画であつたものを、前述のように 図-1 に示す施工断面に変更したものであつた。

現在このソイル セメント 基層の上に厚さ 7 cm のアスファルト コンクリート 舗装を直営施工し、その単価は実績によると約 400 円/m<sup>2</sup> (機械償却費をふくまず) である。

一方、古河市内で直営施工したセメント コンクリート 舗装の実績で厚さ 23 cm の施工単価は大略 1 225 円/m<sup>2</sup> (舗設関係機械償却費をふくまず) となつている。

そこで参考までに、これらの値によつて施工断面変更前後の単価を比較してみると、本断面採用によつて約 20 % の工費低減がなされたものと算定される。

## 7. あとがき

以上は関東 4 号国道工事事務所幸手出張所が直営施工したソイル セメント 基層工の概要を、施工管理および工事歩掛りについて重点をおいて報告したものである。紙面の都合で記述をつとめて簡略にしたので、あるいは不明の点もあるかと考えられるが、そのような場合には筆者あて問合せて頂きたい。

なお「道路」(日本道路協会)および「土と基礎」(土質学会)の 1958 年 2 月号に 32 年度施工の様を、「土木技術」(土木技術社)の 1958 年 10 月号に本工事の写真による紹介をしてあるので、本文ではこれらに報告ずみの事項は内容の重複を避けてすべて省略したので、例えば混合機械の仕様その他については上記の記事を参照して頂ければ幸いである。

本工事の準備その他については土木研究所舗装研究室の指導と協力を賜わつた。また本文の取りまとめには関東 4 号国道工事事務所調査係および幸手出張所の諸君の労に負うところが多かつた。これらの各位に厚く感謝の意を表する次第である。

工業技術院監修・日本規格協会協纂

## 資材便覧 1959年版

A 5 版 総クロス函入 ¥1200 円 90

## 火薬読本 浜田 顕吉 郎 著

A 5 版 ¥400 円 30

火薬類の取扱および発破作業の操作規準

発破研究会編 ¥100 円 20

## 機械化土工必携 小竹 秀雄 著

¥650 円 50

土木機械の使用法を漫画風に図解、一覽明解

## 土木工事法規の知識 鳥井 秀夫 著

¥300 円 30

土木工事万端に関する法規事務の案内書で、類書少く便利な実用書

## 鉾山技術専門 白亜書房

TEL (67) 0666 (66) 7262 振替東京 113368  
東京都中央区日本橋兜町 2-36