

北海道 工訊 開発局 土木試験所月報

第 19 號

AEコンクリート試験舗装について（中間報告）

構造研究室 技官 若 月 前

目 次

- I 施工箇所と規模
- II 施工実施前の実験
 - 1. 各コンクリート用材料の試験
 - 2. 普通コンクリートの配合設計
 - 3. AEコンクリートの配合設計
- III 実施計画
- IV 施設、機械器具
- V 実施状況
 - 1. 実施方法
 - 2. 8月7日施工コンクリート
 - 3. 8月11日施工コンクリート
- VI 結 語

要 旨

最近各現場でAEコンクリートを施工しているが、当試験所に於いても以前からこの試験研究を開始し、現在續行中であるが、今回その試験研究の一つとして道路舗装コンクリートにダレックスを使用してAEコンクリートを試験実施した。この試験舗装ではダレックス混入による施工能率、スランプ、空気量の變化に及ぼす影響及び空気量測定方法その他曲げ及び壓縮強度、耐久性等を4週、3ヶ月、1年と長期に亘り調べると共に現地に於ける長期に亘る外觀、異常の有無及び凍害、磨耗について普通コンクリートと比較研究する目的で4.5m×25m×0.2m 2ブロックをAEコンクリートで、4.5m×10m×0.2mを普通コンクリートで施工した。なお本報告は28日に於ける曲げ及び壓縮強度のみを記し、その他の研究結果の報告は後日にゆずる豫定である。

I 施工箇所と規模

本試験施工は地方道札幌～室蘭線で行い、個所は起點より3,275～3,300m間25m及び3,035～3,060m間25mを夫々8月

7日及び11日にAEコンクリートにより、又3,265～3,275m間10mを8月7日普通コンクリートにより施工した。

II 施工実施前の実験

施工実施に先立ち、今迄当試験所で実験した結果を参考に於てコンクリートの配合を決定したが、その概要は次の如くである。現場の所要壓縮強度は $\sigma_{28} = 250 \text{ kg/cm}^2$ 、曲げ強度は 35 kg/cm^2 で、セメント使用量はコンクリート 1 m^3 当り約340kg、コンシメテンシーとしてスランプ2～3cmの条件が與えられ、これ等の条件を満足するようにコンクリートの配合を設計した。なお施工期日の關係上実験は早急を要望されたため、実験中の強度はすべて1週強度とし、4週強度は一應1週強度の5割増しと假定した。

(1) コンクリートの配合設計に先立ち各材料の試験をしたが、その結果は表-1, 2のようであつた。

(a) 空氣連行剤；ダレックス

(b) セメント；普通ポルトランドセメント（日本セメント會社製）

表-1

比 重	粉末度 %	安定度 煮沸法	曲げ 強さ kg/cm^2			壓縮 強さ kg/cm^2		
			3日	7日	28日	3日	7日	28日
3.20	2.0	安 定	30.8	56.3	66.6	81	117	310

(c) 骨 材

表-2

名 稱	産 地	比重	吸水 率%	有 機 不純物	洗イ 試験	粗粒 率	備 考
細骨材 (砂)	豊平川	2.54	5.38	合 格	1.2%	2.9	
粗骨材 (砂利)	石切山 碎 石	2.52	3.18		0.3	8.2	

(2) 普通コンクリートの配合設計

以上の材料を使用し、必要なるコンクリートのスラン
プ2~3cmを得、且つウォークプルでプラスチックな
コンクリートのセメントペースト量を最少にする粗細骨
材重量比G/s及び碎石大と碎石小と比G₂/G_sを求めた所
所要の条件を満足するコンクリートはG/S=1.8, G₂/G_s=
1.1であつた。この時の使用水量を一定としてセメント量
を變化させて1週強度を試験した結果表-3を得た。

表-3

番 號	セメント 使用量 kg	使用水量 kg	水セメン ト重量比 %	スラン プ cm	1週壓縮 強度 kg/cm ²	豫想4週 壓縮強度 kg/cm ²
①	340	166.7	49	3.0	189.0	289.5
②	354	〃	47	2.8	194.0	291.0
③	370	〃	45	3.0	202.8	304.2

しかして現場の所要壓縮強度は $\sigma_{28} = 250 \text{ kg/cm}^2$ で試験室に
於ける設計強度は 300 kg/cm^2 を要求されたが、 $\sigma_{28} = 300 \text{ kg/cm}^2$
の場合は上表の結果から $C/W = 2.2$ となり $W/C = 45.5\%$
となり、これは 1 m^3 当り 367 kg のセメント使用量となる。セ
メント使用量が多くなると鋪裝版はコンクリートの硬化の際
龜裂が出来易くなる事、土木學會の標準示方書によつて 250
 $\text{ kg/cm}^2 \times 1.15 = 287.5 \text{ kg/cm}^2 < 289.5 \text{ kg/cm}^2$ である事、 σ_{28} の
推定に余裕のあること、現場ではセメント使用量 340 kg 以上
の使用をなるべく避けたい事等から現場で充分バイブレータ
ーで締固め、且養生に氣を付ければ所期の目的を達せられる
と考えられ、表-3の①を採用する事に決定した。

なおこの時の示方配合は表-4の如くである。

表-4

粗骨材 最大寸法 mm	スランブ cm	水セメン ト重量比 %	コンクリート 1m ³ に用いる セメント量 kg	コンクリート 1m ³ に用いる 水量 kg	粗細骨材 重量比 G/s	コンクリート 1m ³ に用いる表乾骨材重量 kg			
						全量	細骨材	粗 mm 50 ~ 20	骨 材 mm 20 ~ 5
50	3	49	340	166.7	1.8	1837	657	618	562

(3) A Eコンクリートの配合設計

A Eコンクリートの配合は前述(2)の普通コンクリート
の配合より定め且つ空気量の發生を4%とし、使用A E
剤はダレックスを使用する事とした。試験室での既往の
実験により大體次の事が判つていた。

(a) 空気量1%出すためのダレックスのセメント重量に
對する添加百分率は0.02%で従つて空気量4%出すた
めの所要ダレックス量はセメント使用量の0.08%であ
る。

(b) (2)の示方配合普通コンクリートにA E劑を混入する
とその發生空気量だけコンクリートの出来上り容積が増加し

従つて出来上りA Eコンクリートの 1 m^3 当りの使用セメン
ト量は減少し、強度の低下が著しいので、これをさけるため
發生空気量だけ普通コンクリート配合から砂と水とを減少さ
せる事とした。水及び砂を減少させる時、その減少割合は空
氣量が4%の場合、普通コンクリートの強度に比しこのA E
コンクリートの強度低下が著しくなく、且つコンシステンシ
ーが普通コンクリートと同様なコンクリートを得るためには
水を發生空気量の $\frac{1}{4}$ (1 m^3 に空氣40ℓある時は $40 \text{ ℓ} / 4 = 10 \text{ ℓ}$)、砂
を $\frac{3}{4}$ (1 m^3 に空氣40ℓある時は $40 \text{ ℓ} \times \frac{3}{4} = 30 \text{ ℓ}$)の割で減少させる
のが良い。(a)と(b)から表-5を得た。

表-5

スランブ cm	コンクリート 1m ³ に用いる セメント量 kg	コンクリート 1m ³ に用いる 水量 kg	コンクリート 1m ³ に用いる ダレックス量 cc	コンクリート 1m ³ に用いる表乾骨材重量 kg				コンクリート 1m ³ 中の 空気量 ℓ
				全量	細骨材	粗 50~20mm	骨 材 20~5mm	
2~3	340	157	340	1761	581	618	562	40

上表により実験の結果は表-6の如くである。

表-6

ダレックス 添加百分率 %	スラ ンブ cm	空 氣 量 壓力法重量法		1週壓縮 強度 kg/cm ²	豫想4週 壓縮強度 kg/cm ²	v/c
0.08	2.2	3.9	4.0	156	234	1.84

表-6に於てA Eコンクリートの強度は普通コンクリート
より發生空気量1%につき約4%減少している。而し凍結融
解作用に對する耐久性がA Eコンクリートは普通コンクリ
ートよりも数倍増加する事、出来上りコンクリートが非常に
プラスチックで材料の分離がない事、砂の使用量の減少により
表面にモルタルのみ多くなる事を防ぎ、鋪裝版が一樣なコン
クリートになりすりへりに對して抵抗性が增大することなど

を考慮すると強度の減少以上に利するところが大きく表-5
の示方配合を採用することにした。なお以上の実験中、ミキ
サーはラボラトリー型可傾式のものを使用し、ダレックスは
使用水量の半量に稀釋し、各材料同時に投入後2分30秒混合
した。

III 實施計画

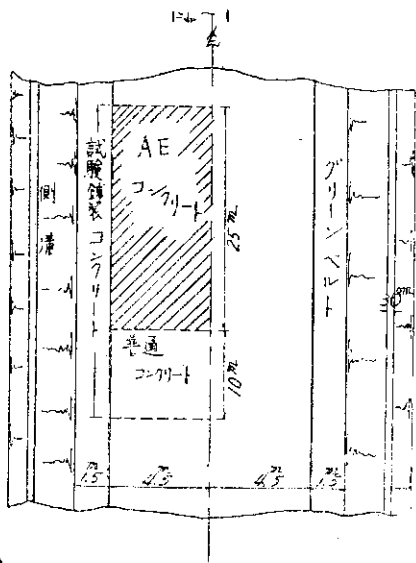
前述の如く試験鋪裝は1ブロックをA Eコンクリート、1ブ
ロックを普通コンクリートとし圖-1の如くその施工箇所を
連續させた。コンクリートプラントは現場より1km離れた所
に設置してあるためコンクリートプラントと現場とに夫々壓
力式チャージャーを置き測定した。

実施にあたり重點を置いた事項は

- (a) 作業進行中の骨材の粒度、含水量の變化測定

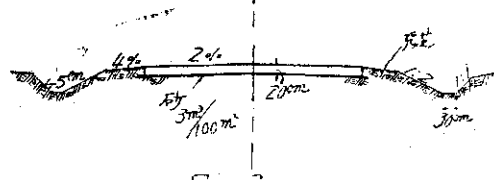
(b) 作業進行中の空気量の變化の測定

(c) 壓縮及び曲げ強度試験用供試體を夫々46ヶ、24ヶ採取



し材令4週、3ヶ月、1ヶ年の強度の試験及び凍結融解試験に使用することにした。供試體の大きさは壓縮はφ15cm×30cmの標準供試體とし曲げは14×14×53cmとした。

(d) 施工難易は現場で今迄普通コンクリートの場合と同様方法により施工しその比較をした。



IV 施設、機械器具

この試験施工は現場で使用している施設、機械器具をそのまま使用する事とした。

ミキサー ; 容量24切の円鑄型不傾式

材料計量装置 ; セメントは3袋宛、骨材は重量により計量しベルトコンベアーでミキサーに投入する

振動機 ; 表面振動型で石油發動機により運轉されるフレキシブルのもので重量約90kg

ダンプトラック ; 3台

エアーマター ; 壓力式ワシントン型、同メンゼル型各一個

以上の外上皿天秤、メスシリンダー、台秤、供試體製作用型枠等

V 實施狀況

1. 実施方法

実施前に今迄の實驗室の経験及び現場の状況により次の事項を厳守した。

- (i) 各材料はすべて重量により計量する。但し水及ダレックスは容積による。
- (ii) ダレックスは使用水量の半量に稀釋する。
- (iii) 各材料は同時にミキサー内に投入し、投入後廻轉時間は1分30秒とする。
- (iv) 空氣量測定、スランプ測定はミキサー3又は4バッチでトラック1台となるので、3又は4バッチの平均を表はすと思われるコンクリートについて測定し、トラックの台数で記録を整理する。各供試體をトラック単位で製作する。
- (v) 壓縮供試體製作は2層につめ、曲げ供試體製作では1時にコンクリートを型枠に填充し、實驗室用小型バイブレーターにより現場のバイブレーターをかけたコンクリートと同程度にかけて製作する。これはAEコンクリートも普通コンクリートと同様とする。
- (vi) 空氣量測定はコンクリートプラントではメンゼル型、現場ではワシントン型にて行う。コンクリートはエアーマターのボールに1時に填充し、現場のコンクリートと同程度になるまでバイブレーターをかけた後、ボールの内面と填充コンクリートとの間の空氣泡を除くため外部よりボールを木槌でその境界面から空氣が或る程度出なくなるまで叩いた後測定する。
- (vii) 採取した各供試體はすべて標準養生とする。
- (viii) 仕上げはタンパーを用いた後木ゴテで行い、養生はぬれた砂を表面に厚2~3cm撒布し、時々ホースで撒水する。

表 7

名 稱	比 重			吸 水 率 %			粗 粒 率		備 考
	砂	碎石大	碎石小	砂	碎石大	碎石小	砂	碎石大+碎石小	
配合設計時	2.54	2.52	2.52	5.38	3.18	3.18	2.9	8.2	
8/7 現場使用	2.53	2.57	2.58	4.60	1.68	2.62	3.2	8.1	實際使用材料につき後日試験したもの
配合設計時	2.54	2.59	2.58	5.38	2.47	2.86			
8/11 現場使用	2.55	2.67	2.65	4.82	2.25	2.55	3.09	7.9	〃

コンクリートの打設は8月7日AEコンクリート1プロック、普通コンクリート1プロック、8月11日AEコンクリート1プロック実施したが、(施工中気温は兩日とも25~26°Cである)兩日とも現場の事情により使用骨材が變更されたため比重、吸水率が變つたので(表-7参照)コンクリートプラントにてミキサーより出されたコンクリートのウオーカピリテイ、コンシステンシー、空氣量を測定し、それらから夫々現場

場で施工が困難にならない様に現場と連絡をとり、その時、その時でセメント使用量を一定として水量、骨材重量を變化させ、その記録を取り、後日實驗室で使用骨材を試験してその配合を正確に算出する事にした。表-8、表-9は夫々8月7日、8月11日施工したコンクリートを實驗室で骨材試験後算出したコンクリートのトラックナンバーごとの示方配合表である。表-8、表-9についてその番號を説明すると

表 - 8

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
トラック 番号	粗骨材 最大寸法 mm	スラン プ cm	コンクリート 1m ³ 当りダレ ツクス使用量 cc	水セメン ト重量比 %	コンクリート 1m ³ 当りセメ ント使用量 kg	コンクリート 1m ³ 当り使用 水量 kg	粗細骨 材比 G/S	コンクリート1m ³ に 對する表面乾燥飽和	
								全量	細骨材
1	50	9	—	54	339	184	1.8	1817	650
2	〃	5	—	52	342	177	〃	1832	656
3~5	〃	2.8	—	50	341	169	〃	1853	663
6~8	〃	3	340	47	339	160	2.0	1771	586
9~12	〃	2.1	340	46	336	156	〃	1765	584
13~17	〃	2.4	318	47	338	158	〃	1778	589
—	〃	3.1	—	49	340	166.7	1.8	1837	657
—	〃	2.2	340	46	340	157	2.0	1761	581

⑩		⑪		⑫		⑬		⑭	
状態の使用 骨材重量 kg		空 気 量				28日 圧縮	28日 曲げ	空隙セメ	摘 要
		圧 力 法		重 量 法		強 度	強 度	ン ト 比	
50~20 mm	20~5 mm	プラント	現場	プラント	現場	kg/cm ²	kg/cm ²	v/c	
608	559	1.3	1.4	—	1.1	265 (1)	44.1 (1)	—	空気量は 潜在空気 普通コン クリート
613	563	—	1.0	—	0.7	—	—	—	
620	570	1.8	1.6	—	2.4	293 (3)	47.2 (2)	—	
618	567	4.7	4.2	3.8	3.5	246 (3)	50.5 (1)	1.91	AEコンクリート
616	565	5.3	5.0	4.4	4.1	263 (4)	46.6 (2)	1.96	
620	569	4.8	4.3	4.3	4.0	246 (4)	49.5 (2)	1.90	
618	562	—	—	—	—	理想強度 239.5 (3)	—	—	
618	562	3.9	—	—	—	〃 234 (3)	—	1.84	実験室に於ける普通コン クリート方示配合と強度 〃 AEコンクリート

【註】 ⑩~⑫ ()内の数字は供試體個数である。

表 - 9

8月11日施工AEコンクリート示方配合表

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
コンクリート トラック 番号	粗骨材の 最大寸法 mm	スラン プ cm	1m ³ 当りダレ ツクス量 cc	水セメント 重量比 w/c %	コンクリート 1m ³ に用いた セメント量C kg	コンクリート 1m ³ に用いた 水量W kg	粗細骨材 重量比 G/S
1 ~ 6	50	0.3	318	44	348	153	2.0
7 ~ 15	〃	1.2	340	45	343	154	2.0
16 ~ 19	〃	1.5	340	45	341	155	2.0

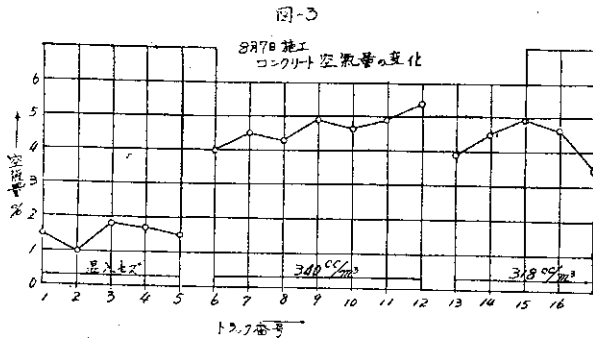
⑨				⑩		⑪	⑫	⑬	⑭
コンクリート1m ³ に對する表面乾燥 飽和状態の骨材重量 kg				空 気 量 %		28日 圧縮	28日 曲げ	v/c	摘 要
全 量	細骨材	粗 骨 材		圧力法	重量法	強 度 kg/cm ²	強 度 kg/cm ²		
		50 ~ 20	20 ~ 5						
1859	605	655	599	2.8	—	252 (1)	40.1 (1)	1.67	
1832	596	646	590	4.1	—	250 (4)	35.6 (2)	1.84	
1815	590	640	585	4.3	—	240 (2)	37.3 (2)	1.87	

① コンクリート運搬トラック番号であり、1台のトラックはミキサー3又は4バッチの運搬をした。番号がないのは実験室で決めた示方配合表である。各番号の配合は現場で当日使用された骨材の比重、吸水率を実験室で後日測定し、それにより得られたコンクリート1m³ 当りの示方配合

を示している。

③ スランブは3又は4バッチの中即ち1台のトラックでその出来上りコンクリートを代表していると思われたコンクリートの一部分をとり測定した値でトラック番号 9~12, 2.1 cmとあるのは各トラックの測定値の平均を表はしている。

⑩ 空気量は例えばトラック番号 9~12, 5.0%とあるのは各 9~12トラックの測定空気量の平均値を表はす。各トラックごとの空気量の測定値は圖-3を参照されたい。



2. 8月7日施工コンクリート

(i) 普通コンクリート ; 実験室配合(表-5)によりコンクリートを練つた所第1トラックに示す様にスランプ9cmであつた。(表-8に示す第1トラックの示方配合は修正せる示方配合である)これは水セメント比が大でコンクリートの強度が小となるため水量を減らす事とし、第2トラック大で減水し、その分だけ骨材を加えて1m³当り出来高の變化をなくしたがスランプはなお5cmであつたので第3トラックで更に減水し、その分だけ骨材を増加せしめた結果スランプ平均2.8cmになり、ワーカブルで且つプラスチックなコンクリートが得られ現場の施工には困難を感じなかつた。この配合のコンクリートを第5トラックまで續けて打設した。

(ii) AEコンクリート ; 前述の如く骨材の比重、吸水率が變化しているため実験室で求めたAEコンクリート示方配合を用いず、トラック3~5の普通コンクリートの現場配合からAEコンクリートの現場配合を求める事とし、コンクリート1m³中の空気量40ℓの中10ℓを水、30ℓを砂で減少する方法をとり、表に示すトラック6~8のコンクリートが得られた。このAEコンクリートは(i)の普通コンクリートと比較してスランプはほぼ同値を示しているに拘らずワーカブルで且プラスチックであり、骨材の分離は全くなく、仕上げが多少その粘着性の増加によりやや、やりにくそうであつたが、困難といふ事はなかつた。又細骨材の減少によるモルタル浮上り不足のための表面仕上の困難はなく、普通コンクリートの場合に比し變る所はなかつた。しかるに第8トラックあたりから骨材の含水率、粒度等の變化のため第6,7トラックよりも流動性を増し、水量の減少可能と思われたため第9トラックから使用水量のみ減じた所、スランプは減少しワーカビリティも前よりも長くないが作業困難とは思われないので、この配合で第12トラックまで續けた。しかるに第11トラックより空気量が砂の粒度の變化とコンクリート温度の低下のためと思われるが、空気量が同一量AE剤使用にかゝわらず増加して来たのでダレックス添加量を1m³当り318ccに減じた所、ワーカビリティは變化せず空気量の變化も余りに大とならなかつたので最終回の第17トラックまでこの方法を

續けた。壓縮強度は表に示す如く平均246 kg/cm² から 263 kg/cm² である。A.S.T.Mに表されているAEコンクリートの強度は普通コンクリートの強度の85%以上なる事という規定によれば所要強度は 250kg/cm² × 0.85 = 212.5kg/cm² となり、いづれも合格しているので充分と考えられる。曲げ強度は 46.6~50.5kg/cm² であつて所要強度の36kg/cm² より何れも大きい値を示している。

(iii) AEコンクリートと普通コンクリートの比較

以上普通コンクリートとAEコンクリートを8月7日施工の分につき比較すれば

(a) AEコンクリートは普通コンクリートに比べて1m³当り使用水量も減じているにも拘らず、非常にワーカブル且プラスチックで骨材分離も碎石を使用したにも拘らず全くなかつた。

(b) 現場で人夫が型枠内に打込む時、バイブレーターをかける時、表面仕上げをする時、多少AEコンクリートはその粘着性のため普通コンクリートよりも若干やりにくそうであつた。

(c) バイブレーターをかけた後のモルタル浮上り量は普通コンクリートに比べて少なかつた。従つて荷重によるすりへりに對して充分抵抗性が大であると思われる。

(d) 表-8から概略空気量1%につき強度は3.1%減少する。

(e) コンクリートプラントから現場まで1km運搬中平均0.43%の空気量が減少する。(これはプラント測定値より8.7%の減少割合)

3. 8月11日施工AEコンクリート

(1)に述べたと同一方法で施工したが、当日の使用骨材も配合設計時のそれと變更になつたので(2)と同様な操作により行つた。その結果は表-9の通りである。この日の実験施工に於ては特に作業進行中に於ける骨材の粒度の變化(圖-4)含水率の變化(圖-5,6)を測定する事とし、コンクリートプラントの骨材運搬ベルトコンベヤーから試料として砂は1kgづゝ採取出来たが、篩分試験に要する碎石の量の採取は困難だつたので、トラック19台分の中9トラック分の碎石を各2kg宛含水率變化を調べるため採取し、篩分はこの9種類の合計量18kgによつて試験し当日の平均粒度とした。(圖-7)(圖-8)は毎回の砂の粒度曲線を描き斜線の部分はその範圍を示したもので、點線は土木學會示方書に示されている標準粒

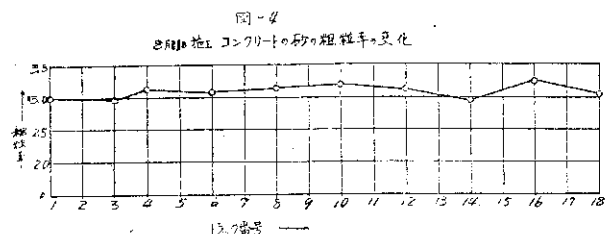


図-5
8月11日施工コンクリート
砂の含水率変化

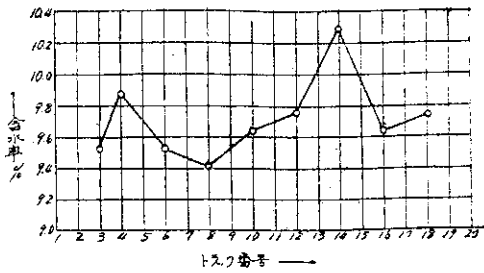


図-6
8月11日施工コンクリート
碎石の含水率変化

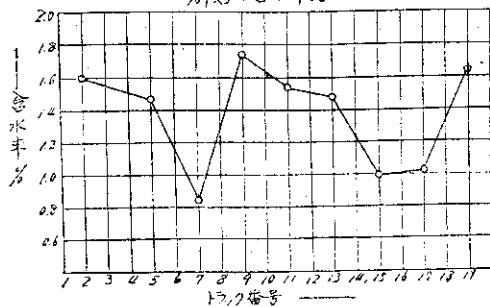


図-7
8月11日施工コンクリート
砂の篩分曲線

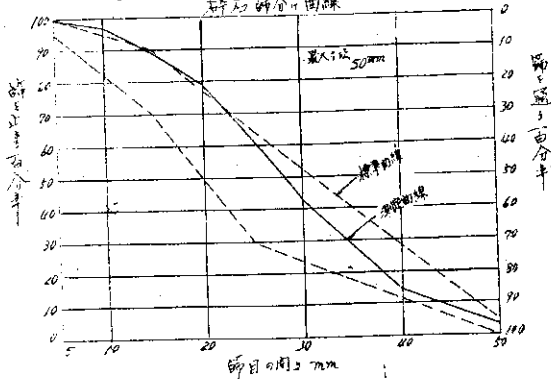
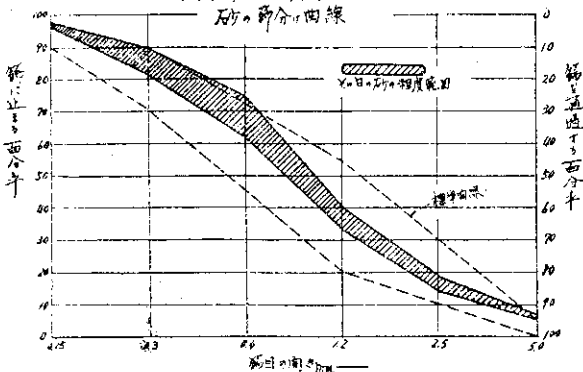


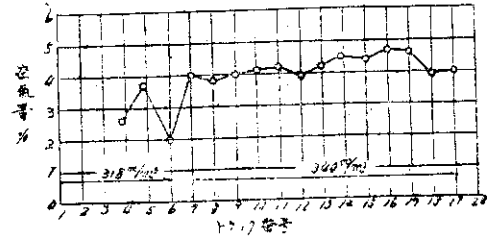
図-8
8月11日施工コンクリート
砂の篩分曲線



度の範囲である。第1トラックより第6トラックまではコンクリート 1m^3 につき 318cc のダレツクスを入れたが空気量は 2.8% しか出なかつた。トラック7~15では 340cc のダレツクスを入れた所空気量 4.1% を示したがなおスランプ 1.2cm 位で表面仕上げがやゝ困難であつたため水量を増加し、その分だけ骨材の重量を減少させた所、空気量は 4.3% スランプ 1.5cm となり現場施工は前に比べてやゝやりやすかつたが、表面仕上

げは尙困難のやうであつた、しかしいづれも材料分離は全く見られなかつた、各トラックごとの空気量は圖-9の如くである。

図-9
8月11日施工コンクリート
空気量変化



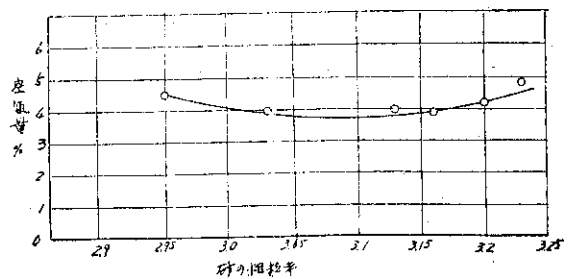
以上その日実施したA Eコンクリート施工結果から次の事が云い得る。

(i) 相当の硬練りコンクリート、例えばスランプが $0.2 \sim 1.2\text{cm}$ 位の範囲のA Eコンクリートでも碎石を使用したにも拘らず骨材の分離は見られず、粘着力はあるが、ワーカビリティは良好でなく、表面仕上げは相当困難となり、労力はスランプ $2 \sim 3\text{cm}$ のA Eコンクリートに比べ約 1.2 倍必要とする。

(ii) 作業進行中の骨材の含水率は相当変化するもので、その差の最大値は砂で 0.9% 、碎石の場合は 0.88% を表している。作業中連続的に含水率を測定したり、又それにより現場の材料の量を變更することは仲々困難で且つ、作業が煩雜となるので使用中の骨材の含水率の變化を少なくする様に推積方法、推積場からの採取方法に注意すべきである。例えばベルトコンベヤーを使用する場合にはコンベヤーの積込み位置を推積山のなるべく下方に設け、直射日光に直接さらされない骨材を使用すべきである。

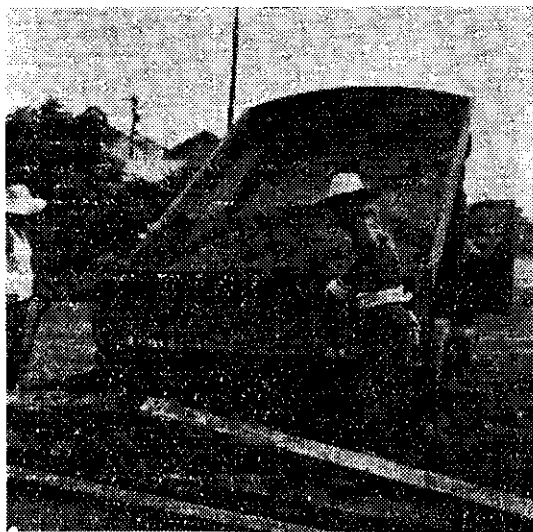
(iii) 砂の篩分試験の結果圖-10の如く粗粒率 3.15 以上になると空気量は漸増する事からA Eコンクリート施工中はなるべく砂の粒度を一定に保つ様にし、又常に篩分試験を行い、少くとも粗粒率が 0.15 以上變化する場合にはA E剤の添加量を修正する必要がある。

図-10
8月11日施工コンクリート



VI 結 語

結局A Eコンクリートの実施については、コンクリート施工の正確化が必要で、その機械化の必要が痛感される。現場に於ける試験施工は今後も尙廣く実験して前述の色々の問題を研究していきたいと考えている。以上今回の試験施工の実施に当つては開発局札幌開発建設部長並に菅原技官の絶大なる御協力を頂いた事に對し深甚なる謝意を表する次第である。



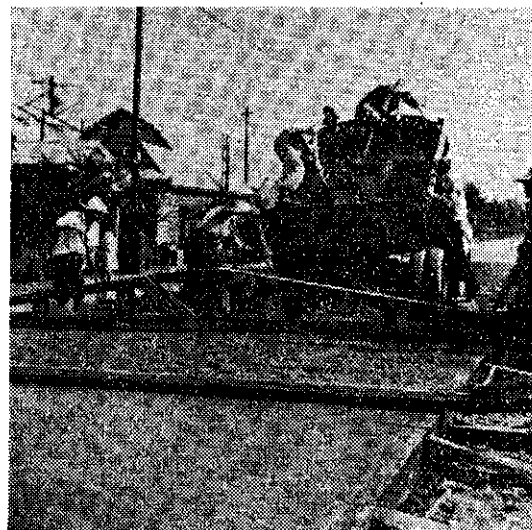
トラックによるコンクリート運搬



コンクリート締固め



空気量測定



タンパーによる表面均し



現場コンクリート供試体製作



表面仕上げ