

千歳平行滑走路新設工事報告

正員 札幌防衛施設局建設部 尾崎 義 勇
○ 同 木村 守 市

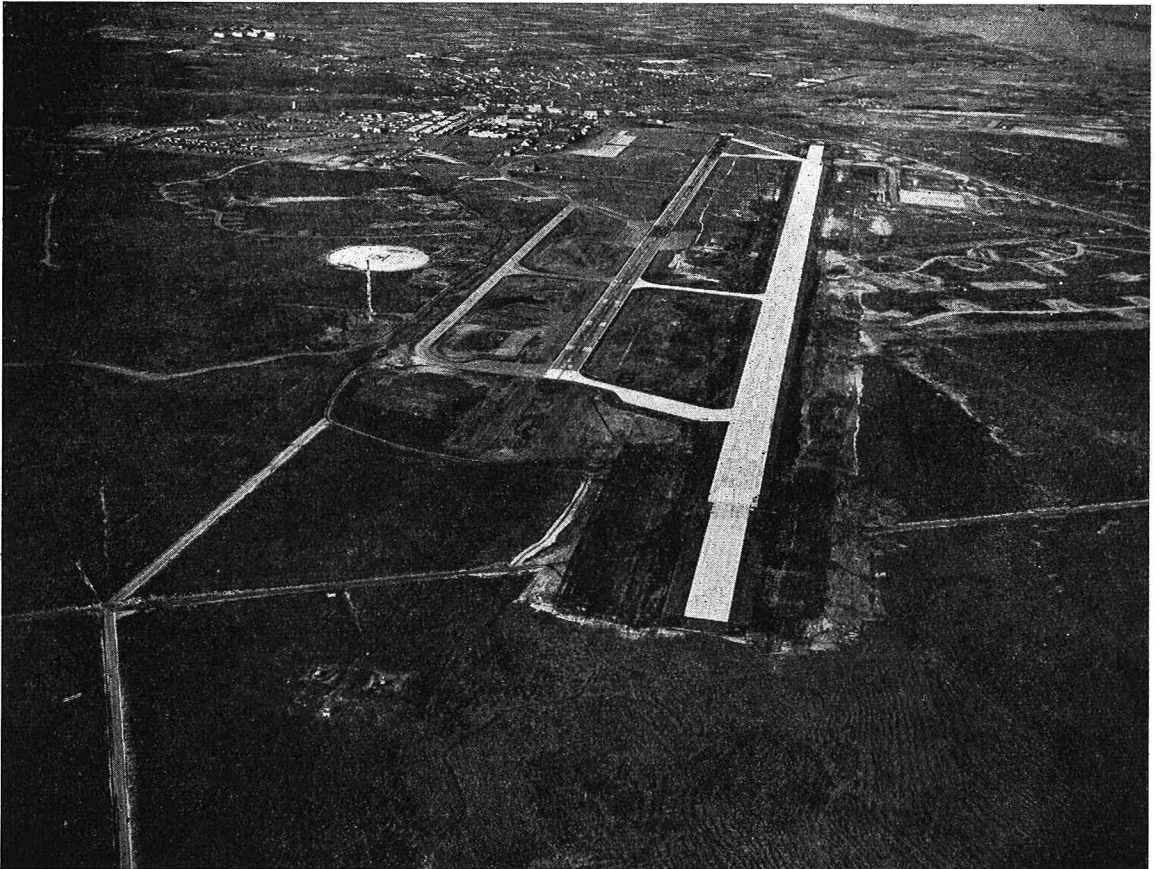
1. ま え が き

千歳飛行場は終戦まで、北方防衛の海軍航空隊基地として使用されてきたが、戦後米軍の進駐とともに施設の改造、延長などが行なわれ、空港敷地約4,700,000坪、主要滑走路9,000呎、その他誘導路、照明施設、GCA装置、ホーミングビーコン、格納庫などの諸施設を完備するに至った。昭和26年10月民間航空路北方航路の再開とともに、千歳飛行場は米軍の接收のもとにあったが、空港の諸施設、立地条件から民間空港に適しているのを、空港整備法に基づかない閣議決定の空港として利用されてきた。昭和32年航

空自衛隊第2航空団が設置されてから、民航と共用になったが、北海道産業の発展、観光ブームに伴い利用客が増加するにつれて発着回数も多くなり、その後滑走路の舗装も約10年を経過し、冬期間の凍結融解の繰り返しなどで老化はなはだしく、新しい平行滑走路の必要に迫られ、新設計画が行なわれたのである。

2. 新設計画概要

既設滑走路に平行して下記仕様の滑走路を新設する。(防衛庁訓令)



写真—1 千 歳 空 港

表—1 規 準 表

	区 分	規 準	本飛行場
滑 走 路	長 幅	2,500 m 以上 45 m 以上	2,700 m 45 m
	最大縦断勾配	1%	0.5%
	最大横断勾配	1.5%	1.0%
	勾配変化率	0.167% に付 30 m	規準どおり
	変曲点間最小距離	300 m	規準どおり 両端 300 m 厚 25 cm 中間厚 23cm
	末端舗装厚部長	300 m	
	旧滑走路との中心間隔	240 m 以上	300 m
着	滑走路の長辺を両端辺の側にそれぞれ延長する長	300 m	300 m
	幅 員	300 m	300 m
	最大縦断勾配	1.5%	1.5%
陸	最大横断勾配	中央部 1/3 上記以外	3.0% 1.0%
	ショルダー	幅 員 横断勾配	20 m 2~3% 切土 2% 盛土 3%
	整地地区	幅 員 横断勾配	25 m 2~3% 切土 2% 盛土 3%
	帯	幅 員 横断勾配	25 m 2~3% 切土 2% 盛土 3%
誘 導	オーバーラン	長 さ 縦断勾配 横断勾配	300 m 1.5% 1~3%
	コンクリート舗装	幅 員 縦断勾配 横断勾配 勾配変化率 変曲点 最小距離	23 m 以上 3% 1.5% 1%につき 30 m 150 m
	滑走路との取付部半径	90°—45 m 80°—40 m 70°—35 m	90°—45 m 採用
	ショルダー	幅 員 横断勾配	5 m 2~3% 切土 2% 盛土 3%
路	整地地区	幅 員 横断勾配 在来地盤との取付勾配	10 m 2~3% 10% 切土 2% 盛土 3% 10%

	区 分	標 準	本飛行場
水平 表面	標点よりの半径	4000 m	4000 m
	高 さ	45 m	45 m
進 入 表 面	着陸帯短辺よりの長さ	3000 m	3000 m
	外端末の長さ	1200 m	1200 m
	着陸帯の端から上方への勾配	1/50	1/50
転移 表面	着陸帯および進入表面のふちから外上方へ水平表面に至る勾配	1/7	1/7

3. 整備の状況

工事金額 44,435 万円

工 期 自昭和 35 年 8 月 13 日

至昭和 36 年 11 月 30 日

施工業者 株式会社 地 崎 組

概 数

表—2 概 数 表

1. 土 工 事	
切 盛 土	497,750 m ³
盛 土 転 圧	388,360 m ³
着 陸 帯 整 地	538,660 m ²
2. 滑走路舗装工事	
コンクリート舗装 O/R 10 cm 厚	6,850 m ³
” R/W 23 ”	21,726 m ³
” R/W 25 ”	6,747 m ³
基 層 工	195,950 m ²
帯 芝 工	56,220 m ²
3. 誘導路舗装工事	
コンクリート舗装 T/W No. 1	1,238 m ³
” T/W No. 2	3,096 m ³
” T/W No. 3	1,743 m ³
” T/W No. 4	3,041 m ³
基 層 工	48,250 m ²
帯 芝 工	15,280 m ²

4. 土 工 事

1. 土 質

昭和 34 年 10 月末, 本工事に先だって測量調査工事を外註し, 滑走路・および誘導路の設置予定カ所全域の土質を慎重に調査研究した。その概略を述べると, 工事地区は主として表土と, 路床・基層材に適した樽前山の噴出物である礫混り火山砂が約 1m の厚さで堆積している。物理試験

結果は下記のとおりである。

表-3

土 質 (2 % 以下)	比 重	自 然 含水比 (%)	LL (%)	PL (%)	CME (%)	FME (%)
白色火山砂	2.787	16.4	—	—	7.3	—
表 土	2.734	41.5	47.6	44.9	32.1	54.0

土 の 分 類

表-4

	粒 度 法	P R 法	A C 法
白色火山砂	砂	A-3	Sμ
表 土	砂質ローム	A-2-5	Sc

粒度分析試験

	礫分 (%)	砂分 (%)	シル ト分 (%)	粘土分 (%)	最大径 (mm)	均等 係数
白色火山砂	40	60	0	0	20	2.8
表 土	7	64	17	12	10	13.3

白色火山砂は表-5 よりもわかるように、粗粒子で、凍上
に対してはベースコーの凍上境界線の常に安全側にあって
心配はない。そして修正 AASHO 法による突き固め試験
の結果 $r_d=1.495$ の値を採用した。

火山砂は転圧されれば排水性もよく、路床土として適当
であるが、凝集力にとぼしく基層材としては不適である。
このため基層材としての使用には表土をバインダーとし、
種々の割合に混合し試験した結果、安定性および、非凍上
性の見地より下記の配合に混合率を定めた。

1-1. 安 定 性

修正 AASHO 法による突き固め試験による。

1-2. 非凍上性

篩 分 け

篩分けを行なって 0.02 m/m 目の篩の通過百分率が 3
% 以下であること。

遠心含水当量

遠心含水当量が 12% 以下であること。

表-6

	0.02 % 篩通過百 分率 (%)	遠心含水当量 (%)
白 色 火 山 砂	0	7.3
表 土	20	32.1

1-3. 合成したもの百分率

乾燥密度値

表-7

基 層 材	通過百分率 (%)	遠 心 含水当 量 (%)	安 定 性 (max r_d)
白色火山砂 100%	0	7.3	1.495
白色火山砂 95% 表 土 5%	1.0	3.3	1.523
白色火山砂 90% 表 土 5%	2.0	9.3	1.551
白色火山砂 85% 表 土 15%	3.0	10.3	1.572
白色火山砂 80% 表 土 20%	4.0	11.3	1.518

以上の試験結果から、混合率を 85:15 (乾燥重量比) の
割合にした。

2. 盛土転圧の仕様

路床；転圧の程度については当庁制定の下記仕様によ
った。

- ① 盛土路床表面より 15 cm まで最大乾燥密度に対し
95% 程度。
- ② 盛土路床表面より 15~100 cm まで 90% 程度。
- ③ 盛土路床面より 100 cm を越える部分は 85% 程度。

基層；基層材は完全に結合し、空隙が最少限になり、最
大乾燥密度の 95% 以上、しかも所要の平板載荷
試験値が得られること。

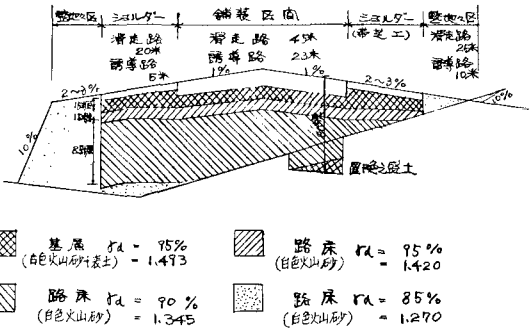


図-2

3. 土工計画と凍上対策

寒冷地北海道の特性として、冬期における凍上が問題視
されるが、本工事でも調査工事において十分調査し、その
結果白色火山砂を凍上性の盛土材として利用することにし
た。また、本工事の置換え深さは千歳市の凍結深度が 1 m
であるので 80% の 80 cm とし、この範囲内にローム、黒
ボクなどの凍上性の土があれば、上記の白色火山砂に置換
えることにした。

滑走路計画線は2項の規準に列記したとおりであるが、なるべく1 m 厚の白色火山砂の自然堆積層をそのまま利用し、置換えを少なくなるよう計画された。

4. 昭和 35 年度の土工事経過

着工と同時に工程表と重機配置計画の提出を求め、来年度早々コンクリート打設の予定であるので、種々検討の結果、全工区を6工区に分割して施工することにした。

4-1. 各工区工事状況

表 - 8

工 区	9 月		10月		11月		施 工 範 囲	土 工 量	
	10	20	10	20	10	20			
1 工 区		18 		9 			測点 No. 10~No. 20	切土 650 m ³ 盛土 40,300 m ³	
2 工 区		14 		13 			測点 No. 20~No. 47	切土 21,200 m ³ 盛土 22,000 m ³	
3 工 区		18 		13 			測点 No. 47~No. 72	切土 54,000 m ³ 盛土 12,300 m ³	
4 工 区		20 		9 			T/W—No. 3 測点 No. 73~No. 102	切土 42,800 m ³ 盛土 41,800 m ³	
5 工 区		21 				10 	T/W—No. 4 測点 No. 102~No. 135	切土 54,600 m ³ 盛土 56,800 m ³	
6 工 区						24 	T/W—No. 1, No. 2 測点 No. —15~No. 10	切土 1,470 m ³ 盛土 172,000 m ³	

4-2. 使用重機台数

表-9

種 類	規 格	台 数
ブルドーザー	20 t 級	2 台
”	16~17 t 級	12 ”
”	10 t 級	8 ”
モータースクレーパー	12 yd ³ 級	2 ”
キャリオール	12 yd ³ 級	1 ”
”	7~6 m ³ 級	10 ”
グレーダー		3 ”
合 計		38 ”

5. 転 圧

最近の土木工事はあらゆる分野にわたって施工管理が実施されているが、土についてコンクリートと異なり規一された材料でなく変化に富み、実体を把握しがたいだけに、施工も困難であり、品質管理も容易でない。当地域の白色火山砂は粒度分析にもあるとおり、礫分 40% を含み、見るからに粗々しい粒子が多い。そのためにも排水性が良く、施工に当たって非常に有益であった。また地下水位も 5 m 付近にあり、少々の雨量位で土取場および運搬路が泥濘化するということはまずなかった。

わが国では一般に地山の含水比が湿潤な場合が多く、またローム質の多分に含まれている地域が多いため、含水比の低下方法が大きな管理部門になるが、この点当工事は天候にも恵まれ割合困難なしに転圧ができた。

盛土の締め固め規準は前述の仕様どおりであるが、ローラーが調査工事で使用した 7.5 t タイヤーローラーよりもはるかに重い自走式の 28 t、牽引式 25 t タイヤーローラーを使用したので、施工機種の中から盛土の妥当な厚さを求めるため白色火灰砂の試験盛土を予なって盛厚を 決定した。

表-10

転 圧 機 種 類	一 層 盛 厚
28 t 自走式タイヤーローラー	60 cm
25 t 索引式 ”	40 cm
16 t 自走式 ”	30 cm

締め固め度に含水比の影響の特に大きいことは周知の事実である。当工事についても O.M.C. を得るためには過乾燥の場合は撒水し、湿潤の過ぎる場合は転圧を中止し乾燥を待った。千歳は年間平均雨量は 900 mm 程度であり、工事最盛期の 9 月、10 月はそれぞれ 76 mm、46 mm で、5 mm 程度の降雨は実質的に影響はなく、10 mm 以上になると、

写真—2

图—3

混合作業にはデスクハロー（農器具）をかけて十分攪拌し、混合機（米国製）を3回かけ、混合比を確保するために、規定の比率に混合した試料を壺に詰め色で判別するとともに抜き取り的に篩分けを実施した。

7. 越冬に対する対策

凍上試験

凍上については、当初より慎重に検討されたが、実際にいかなる凍上現象をなすかを知る必要があるので、滑走路上に盛土、切土の代表的な2カ所を選び凍上試験をすることにした。

〔要 旨〕

盛土地区および地山の凍上量，地中温度の測定，K 値， r_d 値低減率の観定を行なう。

〔測定装置〕

[illegible]

— 136 —

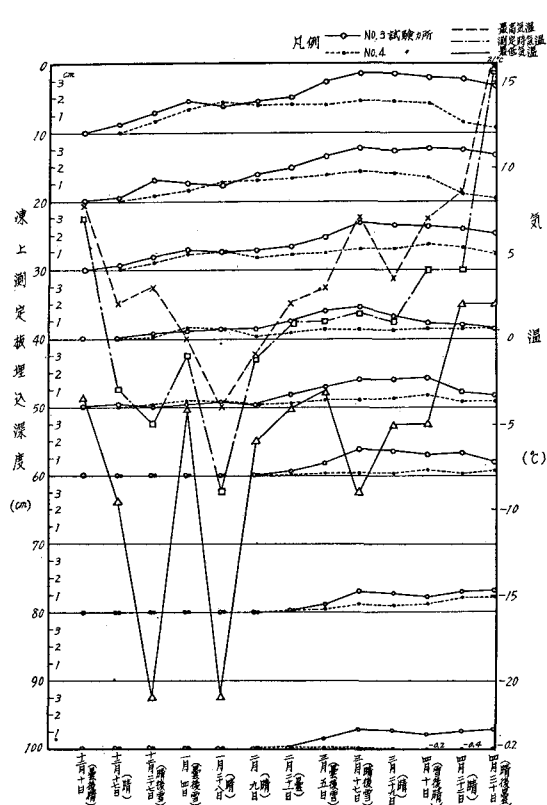


図-5 凍上量測定表

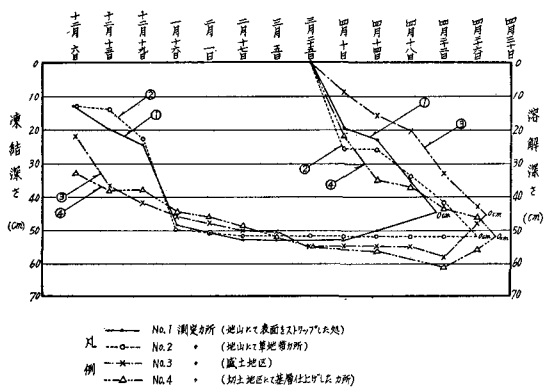


図-6 凍結および融解状況

〔記録資料〕

凍上量測定記録 地中温度記録 凍結および融解状況は上記のとおりである。

K 値の低減 7.1%

r_a 値の低減 4.2%

〔結 論〕

以上の測定結果から、非凍上性である火山砂においても湿潤状態にある場合は、やはり多少なりとも凍上することが判明した。これは施工後、舗装しないまま越冬したため

霜の融解水や初雪の融解水が浸透し、過飽和状態のまま凍結したために、間隙水の凍結による容積変化と思われる。舗装をすると、雨水、融雪水の浸透はありえないし、基層、路床の保有している間隙水も減少するから、測定結果の凍上量を上回することは考えられない。実際完成後 37 年 1 月より 4 月まで舗装面の凍上測量を行なったが、ごく微量であった。

8. 36 年度土工事経過

8-1. 基層仕上げ

コンクリート打設開始が 5 月初旬であるので、4 月早々より基層の仕上げに着手した。基層の仕上げの要求値は (+) 3 m/m、(-) 8 m/m を許容限界としているので、主に人力による仕上げをせざるを得なかった。コンクリート舗設と平行して、打設終了まで続けられた。

8-2. 延長工事

7 月下旬に滑走路を更に 300 m 延長する必要に迫られ、南側に延長する工事を発注した。土工事は発注と同時に着手し約 1 カ月間に 60,000 m³ の切盛土と 91,000 m² の基層工を完了した。10 月中旬にコンクリート打設完了の目標があり、短期間に大量の重機を入れて土を処理した。新たに使用した重機は表-12 のとおりである。

表-12

	規 格	台 数
ブルドーザー	16~17t	9 台
"	10t	1 "
キャリオール	12yd ³ 級	6 "
索引式タイヤローラー	10t	3 "

その他ショルダーの帯芝工、整地々区、着陸帯の整地は 8 月より着手し、11 月まですべてを完了した。参考まで両工事に必要とした労務者人員は土工夫 23,000 人、重機関係運転手 15,600 人、計 38,600 人である。

5. コンクリート舗装工事

1. コンクリート舗装厚

平行滑走路の舗装厚は現在国内線に使用している旅客機 DC-7C 型の最大離陸荷重を採用し、計算の結果 300 m 区間の舗装厚 25 cm、中央部は 23 cm となった。

2. 設計強度

コンクリートの曲げ強度は $\sigma_b 28 = 49 \text{ kg/cm}^2$ を要求しているので、現場管理から 15% の変動係数を見込み、目標強度を 55.6 kg/cm² にした。圧縮に換算すると $\sigma_c 28 = 396 \text{ kg/cm}^2$ である。

3. 配合条件

ス ラ ン プ 2.5 cm 以下
空 気 量 3±1%

粗骨材最大寸法 50 m/m
設計強度 55.6 kg/cm²

4. 使用粗骨材

北海道の川砂利は死石が多く含まれており、冬期間の凍結融解現象、融氷液の影響により死石自身に含有する水分の凍結膨脹で破裂して表面に穴が開き、老化を早める一因ともなるので、山砕石を粗骨材に使した。

5. 試験練り

試験練りには、札幌近郊の山砕石、砂は勇払産を使用しセメント量を 300 kg/cm³、305 kg/m³、310 kg/m³ と 3 種類について強度の測定をした。

表-13 28日コンクリート強度結果

資料	強度 (g/cm ²)		σ_c/σ_b 28	使用セメント量 (kg/cm ²)	使用骨材
	平均圧縮強度	平均曲げ強度			
1	453	64.9	6.9	310	石切山産砕石
2	421	59.5	7.0	305	
3	380	44.0	6.3	300	勇払産砂

表-13 より (2) を採用した。

6. コンクリート配合表

表-14

粗骨材最大寸法	m/m	50
単位水量	ℓ	138
単位セメント量	kg	305
水セメント比	%	45
絶対細骨材率	%	34
単位ボゾリス量	kg	1.52
単位細骨材量	kg	678
単位粗骨材量	kg	1,268

7. 骨材の集積

粗骨材は前記のとおり、山砕石に限定したため、最盛期の使用に十分間に合うように、35年の10月から搬入を開始し、コンクリート打設量の約半数、20,000 m³ を翌年の3月まで集積を完了した。主に札幌近郊の石山、三角山、手稲山産を主体に使用することにし、特に舗装の性質上、耐久性、すりへり試験を行なって山元を厳選した。また現場においては、搬入砕石各種ごと洗い、篩分け試験を行なって、品質の管理に努めた。

細骨材は太平洋岸に近い、錦岡・勇払産を使用することにし、量的に埋蔵も豊富であるので、コンクリート打設開始1週間前より搬入を開始した。

8. バッチャープラント

バッチャープラントは、下記性能のものを2基使用した。

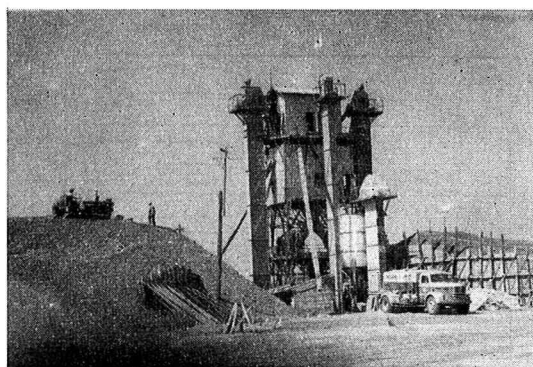


写真-3

表-15

型 式	セミワンマンコントロール型
混 合 能 力	最高 35 m ³ /h 平均 30 m ³ /h
使用ミキサー	王子重工製, 21 切ダブル傾胴型
セメントサイロ	大きさ φ 2.5 m × 3.3 m 高 貯蔵量 20 t

9. 作業工程

9-1. 混合よりシール材注入まで

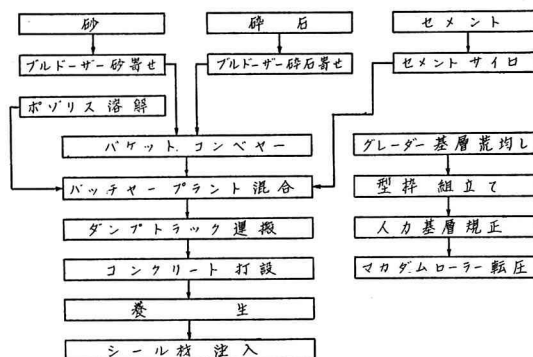


図-7

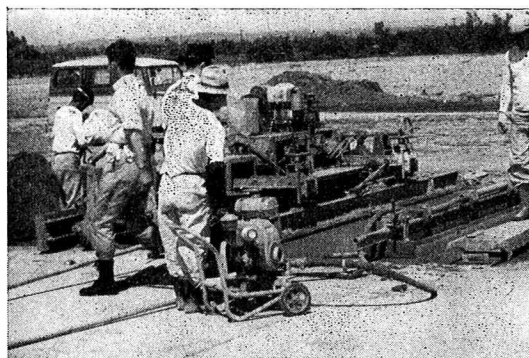


写真-4

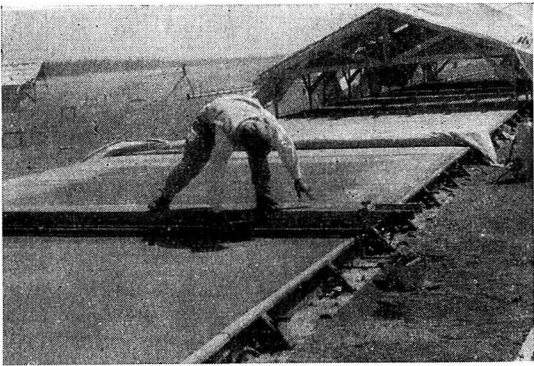


写真-5

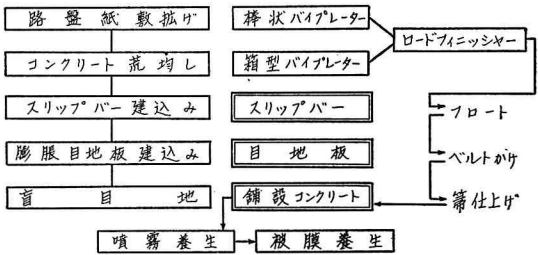


図-8

コンクリートの品質について表-16 下記項目の管理を行った。

セメントは1,000 tonにつき物理試験を依頼した。

11. 工事経過

36年3月始めよりプラント組立てを開始し2ヵ月間で上

表 - 16

区 分	管 理 項 目	試 験 名 称	許 容 値	試 験 回 数
骨 材	砕 石 粗 度	フ ル イ 分 け	粗 粒 率	200 m ³ に 1 回
	砂 粒 度	"	粗 粒 率	100 m ³ に 1 回
	砕 石 表 面 水	表 面 水 測 定		1 日 2 回
	砂 の 表 面 水	"		午前/午後
ミ キ サ ー	回 転 速 度	ス ラ ン プ 測 定		使 用 開 始 時
	練 り 混 ぜ 性 能 (モルタル単位重 量測定)	空 気 量 測 定		
コ ン ク リ ー ト	ス ラ ン プ	ス ラ ン プ 測 定	2.5 cm 以下	1 日 6 回
	空 気 量	空 気 量 測 定	3±1%	1 日 6 回
	曲 げ 強 度	曲 げ 試 験	$\sigma_{b28}=49 \text{ kg/cm}^2$	供試体 3 本
	圧 縮 強 度	圧 縮 試 験	以 上	1 日 2 回以上 供試体 1 本
計 量 器	水, セメント, AE 剤 骨 材		許容誤差 1 %	必 要 の 時
			" 3 %	
路 盤	路 盤 支 持 力	平 板 載 荷 試 験	K75=4.7 kg/cm ³	
完 成 舗 装 版	強 度	無 破 壊 試 験		100m ² 任意の箇所 3 箇所
	平 坦 性	平 坦 性 試 験	± 3 m/m	1 箇所 5 回平均値

表-17

月 別 (月)	全日数 (日)	施工日数 (日)	実 施 打設量	日平均 打設量
5	21	18	6,129	340
6	30	26	14,473	556
7	31	24	14,366	598
8	31	23	9,011	391
9	30	2	285	143
10	31	7	785	136
計			45,047	441

表-18

	日 平 均 稼働時間	時 間 当 り 平均混合 量 (m ³)	1m ³ 当 り 所要時間 (分)	実 働 能 率	稼 働 能 率	整備時間 稼働時間
①	11.45	23.43	2.56	0.8	0.88	0.13
②	10.33			0.66	0.76	0.32
平均	11.04	23.43	2.56	0.726	0.816	0.224

- ① 1号プラント
② 2号プラント

記プラントの組立てを完了した。5月初旬より打設を開始し、打設実績は下記のとおりである。

- a. 月別打設実績 (表-17 参照)
- b. バッチャープラント稼働実績 (表-18 参照)

6. む す び

工程どおり昭和36年11月末、新設滑走路および着陸拘束装置など、付帯設備も完成し、12月10日より運用を開始した。本工事を振り返ってみると土工事については、凍上防止置き換えの材料が現地で採取でき、また基層材としてやはり現地発生を表土をバインダーに使用したため、他の飛行場より工事金額が低廉で済んだ。しかしわずか3カ

月間、昼夜兼行で土工事を消化したため、人間が重機に追い回された嫌いがある。コンクリート工事については冬期間に骨材を20,000 m³、貯蔵して置いたため、工程より早めにコンクリート打設を終了した原因ともいえる。以上拙文であるが千歳新滑走路の工事報告にいたします。

7. 付 記

本工事の設計、施工に当たり、終始御指導戴きました北大工学部板倉教授、真井教授、また当時防衛庁札幌建設部土木課長武山五郎氏に、この紙面を借りまして厚く御礼申し上げます。