

新青森空港エプロンPC舗装の設計と施工

川崎孝夫*
 工藤富雄**
 平野厚†
 佐藤吉則††

1. ま え が き

新青森空港の建設は、現在の空港利用客の増加に伴い、昭和54年度より拡張計画が進められ、昭和56年には、青森空港施設変更許可申請の認許をもらい、総事業費400億円で工事が進められてきた。

その後、6か年の歳月をへて、昭和62年7月19日の第1期使用開始予定日を迎えようとしている。

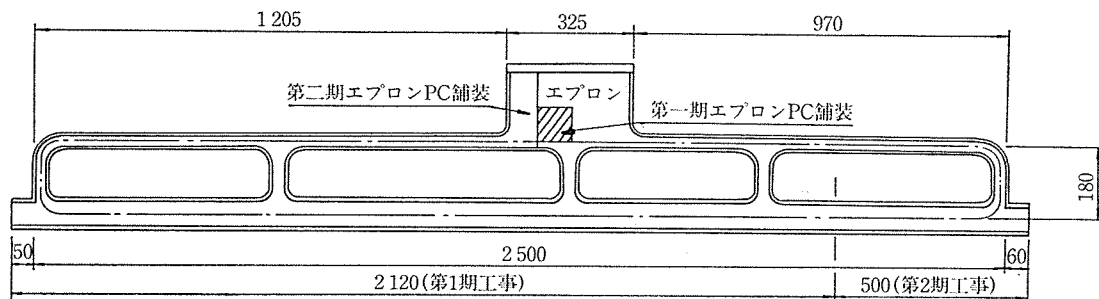
今回、説明するエプロンPC舗装については、一期工事の5700m²のうち、2200m²が高盛土上に舗装されるため、将来の不等沈下に対する対策が必要となった。そこで、舗装工事着工前にはプレロードを掛け、事前に圧密沈下を生じさせるとともに、供用開始後には舗装の

不等沈下を簡単に迅速に復旧することができる、リフトアップ工法が採用された。リフトアップ工法は運輸省で試験工事を行ってきたが、本格的に空港舗装に適用したのは、今回が初めてである。

2. リフトアップ工法とは

プレストレストコンクリート製(PC)の舗装版の舗設時に、雌ネジを切った固定式のスクリュージャッキ(図—3)を適当な間隔で埋設しておく。舗装版使用時には、ステンレス製のキャップでスクリュージャッキにフタをしておくが、路盤が下がった時にはキャップをはずし、図—4のように上部から雄ネジを回し込み、スクリュージャッキを人力で作動させる方法により、PC版を押し

舗装区域分布図(第2期)



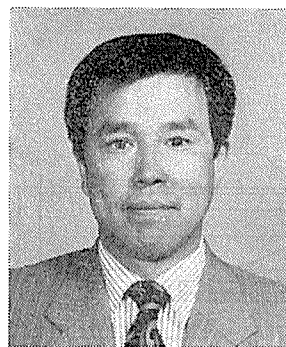
図—1 新青森空港舗装区域全容



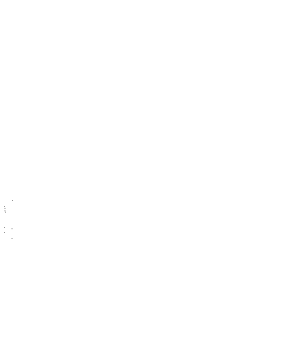
* Takao KAWASAKI
 青森県青森空港建設事務所
 工事第三係長



** Tomio KUDO
 青森県青森空港建設事務所
 技師



† Atsushi HIRANO
 ピー・エス・コンクリート
 (株) 仙台支店工務部設計
 課長代理



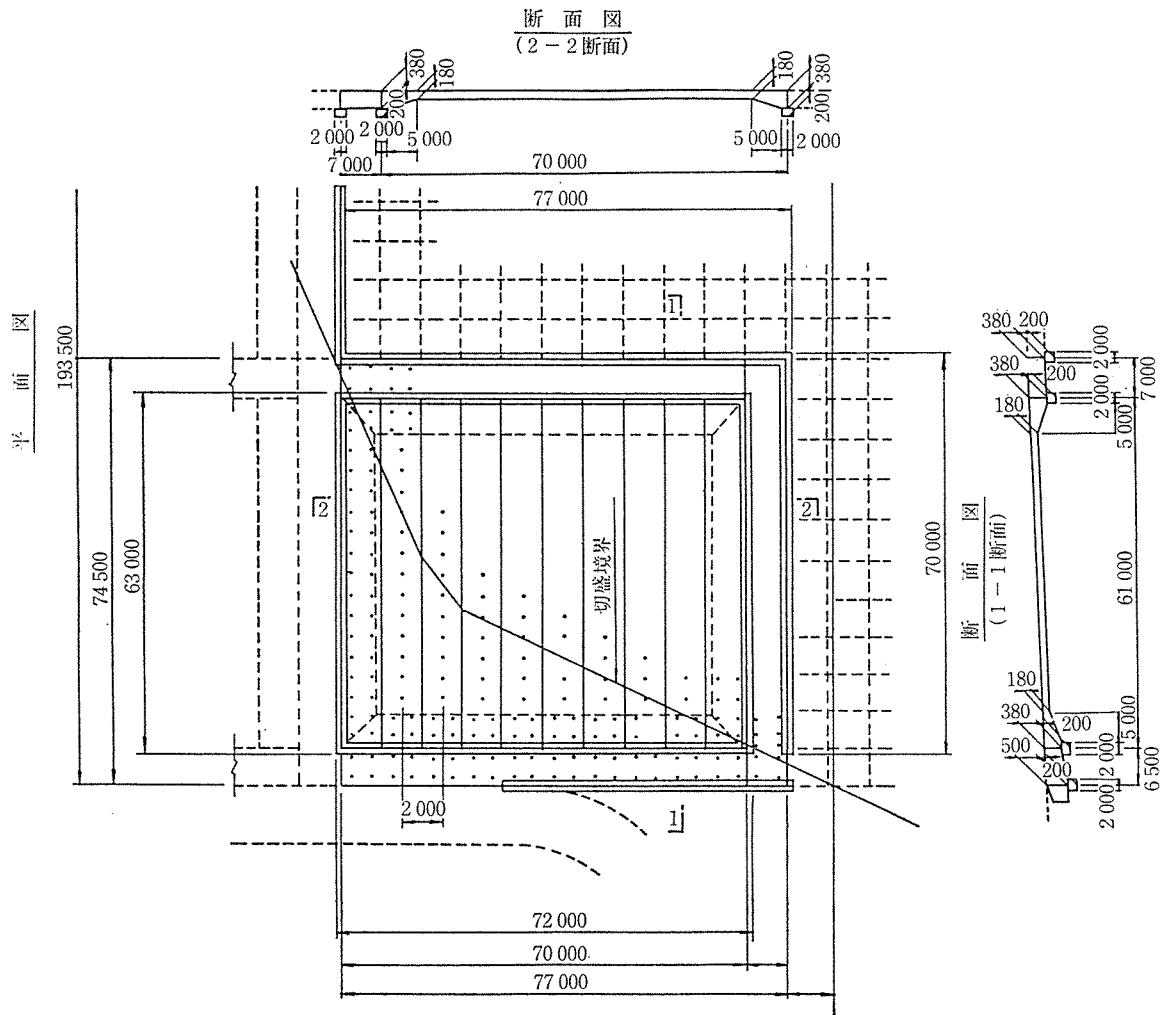
†† Yoshinori SATO
 ピー・エス・コンクリート
 (株) 仙台支店工務部青森
 地区総括主任

上げる工法をいう（写真—1）。

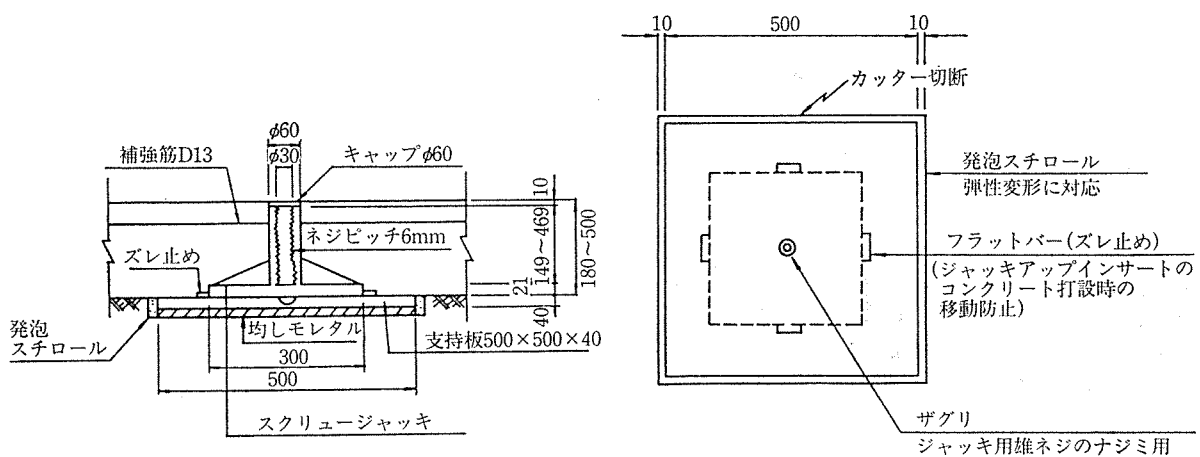
PC 版と路盤の間に空隙が生じたあとは、版にドリルで穴を開け、グラウトを注入するものとし、図—5 のようにヘッド差で流下注入させると効果的である。

3. 設 計 編

ボーイング 747 の離着陸を対象とし、「空港コンクリート舗装構造設計要領」1977 年版より、ウェスターガードの中央載荷公式の修正式を用いて、舗装の輪荷重応



図—2 第 1 期エプロン PC 舗装図



図—3 スクリュージャッキ埋設時

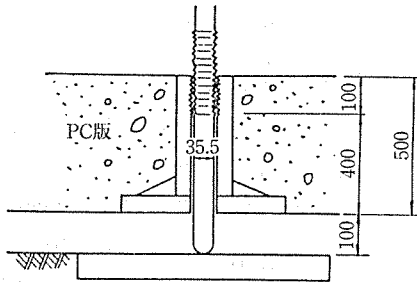


図-4 PC版持ち上げ時

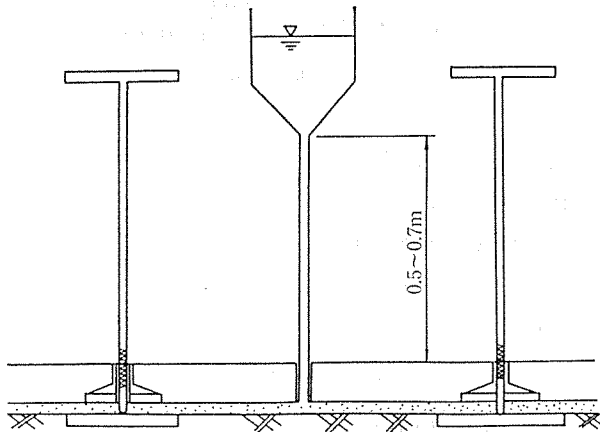


図-5 グラウト注入時

力を算出した。

設計に当たっては、温度差による応力も加算し、舗装下面にひびわれを許容するプレストレストコンクリート構造Ⅲ種設計法（ひびわれ幅 0.1 mm）でプレストレスを導入した。

主要材料

コンクリート： $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$	1 521.4 m^3
PC 鋼材：IT 17.8 mm	42 094.6 kg
鉄筋：SD 30	42 682.3 kg

3.1 概要

工事名称：青森空港エプロン新設（PC 舗装）工事
場所：青森県青森市大字大谷地内
構造形式：ポストテンション方式、プレストレストコンクリート構造

規模：74.50 m × 77.00 m (5 700 m^2)
発注者：青森県土木部青森空港建設事務所
施工：ピー・エス・コンクリート株式会社
工期：昭和 61 年 8 月 9 日～昭和 61 年 11 月 30 日

3.2 設計条件

a. 形式

ポストテンション方式

b. 形状

図-2 を参照

c. 設計荷重 LA-1, B-747

車輪配置(複々車輪)： $S=111.8 \text{ cm}$

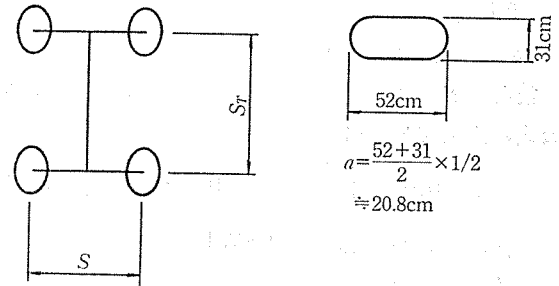


図-6

$$S_T = 147.3 \text{ cm}$$

車輪接地半径： $a=20.8 \text{ cm}$

脚荷重： $P=82.5 \text{ tf}$

タイヤ接地面積： $A=1 436 \text{ cm}^2$

d. 路盤支持力係数 $K = \frac{7 \text{ kgf/cm}^2}{4.9 \text{ kgf/cm}^2}$ (PC 版下)
(枕版下)

e. 路盤摩擦係数 $f=1.0$

f. シース摩擦係数 $f'=0.004$

g. コンクリートの性質

設計基準圧縮強度： $\sigma_{ck}=350 \text{ kgf/cm}^2$

許容曲げ圧縮応力度： $\sigma_{ca}=135 \text{ kgf/cm}^2$

許容応力度の割増し輪荷重+温度応力作用時：

$$\sigma_{ca}=135 \times 1.3$$

$$=175 \text{ kgf/cm}^2$$

弾性係数： $E_c=325 000 \text{ kgf/cm}^2$

ポアソン比： $\mu=0.15$

クリープ係数： $\varphi=2.8$

乾燥収縮度： $E_s=180 \times 10^{-6}$

単位重量： $W=2.5 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^3$

線膨張係数： $\alpha=1.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$

h. コンクリートスラブの温度勾配

温度上昇時： $\Delta t=0.70^\circ\text{C/cm}$

温度下降時： $\Delta t=0.35^\circ\text{C/cm}$

i. 鋼材の性質 (PC 鋼より線 $\phi 17.8 \text{ mm}$)

断面積： $A_p=2.084 \text{ cm}^2$

弾性係数： $E_p=20 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

引張強度： $P_u=39 500 \text{ kgf/本}$

降伏点強度： $P_y=33 600 \text{ kgf/本}$

レラクセーション： $r=5.0\%$

許容増加応力度：

輪荷重作用時 $\Delta \sigma_s=1 000 \text{ kgf/cm}^2$

輪荷重+温度応力 $\Delta \sigma_s=1 000 \text{ kgf/cm}^2$

j. 鉄筋

SD-30

3.3 各荷重による応力度の計算

PC 版の計算は、長手方向と横方向の二通りで計算をする。

※ 計算例

〔長手方向〕

(a) 輪荷重応力度

輪荷重応力は、ウェスターガードによる中央部載荷公式の修正式を使用する。

$$\sigma_i = 0.0547 \frac{p}{h^2} \left[\left(\frac{b}{l} \right)^2 - 10.186 \log_e \frac{b}{l} + 3.714 \right]$$

p : 等価単車輪荷重 (ESWL)

l : 剛比半径

$$l = \sqrt[4]{\frac{E_c h^3}{12(1-\mu^2)K_{75}}} = \sqrt[4]{\frac{325\,000 \times 18^3}{12 \times (1-0.15^2) \times 7}} = 69.3 \text{ cm}$$

b : $a < 1.724 h$ のとき $b = \sqrt{1.6 a^2 + h^2} - 0.675 h$

$a \geq 1.724 h$ のとき $b = a$

h : コンクリートスラブ厚

$a = 20.8 \text{ cm}$

$$\rightarrow a < 1.724 \times 18 = 31.0 \text{ cm}$$

$$\therefore b = \sqrt{1.6 \times 20.8^2 + 18^2} - 0.675 \times 18 = 20 \text{ cm}$$

ESWL の計算は、“空港コンクリート舗装構造設計要領”により進める。

$$\frac{S}{l} = \frac{111.8}{69.3} = 1.61$$

$$\frac{S_T}{l} = \frac{147.3}{69.3} = 2.13$$

$$\frac{\sum A}{l^2} = \frac{1436 \times 4}{69.3^2} = 1.20$$

“空港コンクリート舗装構造設計要領”，付図—7.2 (p. 75) 等価単車輪荷重の設計曲線—複々車輪用，および付録—14 (p. 92) プレストレストコンクリート舗装構造の設計より等価単車輪荷重 (ESWL) は，

$$\frac{P}{\text{ESWL}} \div 4.0$$

$$\therefore \text{ESWL} = \frac{P}{4.0} = \frac{82.5}{4.0} = 20.6 \text{ tf}$$

ゆえに，輪荷重応力は

$$\begin{aligned} \sigma_i &= 0.0547 \times \frac{20\,600}{18^2} \left[\left(\frac{20.0}{69.3} \right)^2 - 10.186 \times \log_e \frac{20.0}{69.3} + 3.714 \right] \\ &= 57.2 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

(b) 温度応力度

i) 路盤摩擦拘束応力: σ_f

コンクリートスラブは，左右対称に伸縮するものとする。

$$\begin{aligned} \sigma_f &= f \cdot W \cdot \frac{L}{2} \\ &= 1.0 \times 2.5 \times 10^{-3} \times \frac{6\,100}{2} \\ &= 7.63 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

ii) そり拘束応力: σ_t

$$\sigma_t = 0.7 \times \frac{E_c \cdot \alpha \cdot \theta}{2(1-\mu)}$$

θ : コンクリートスラブ上下面の温度差 $= \Delta t \times h$

温度上昇時 $\theta = 0.70 \times 18 \text{ cm} = 12.6^\circ\text{C}$

温度下降時 $\theta = 0.35 \times 18 \text{ cm} = 6.3^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{(上)} \sigma_t &= 0.7 \times \frac{325\,000 \times 10^{-5} \times 12.6}{2 \times (1-0.15)} \\ &= 16.9 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(下)} \sigma_t &= 0.7 \times \frac{325\,000 \times 10^{-5} \times 6.3}{2 \times (1-0.15)} \\ &= 8.4 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

〔短手方向〕

(a) 輪荷重応力度

PC 版長手方向の輪荷重と等しくなる。したがって，

ESWL = 20.6 tf

$$= 57.2 \text{ tf/cm}^2$$

(b) 温度応力度

i) 路盤摩擦拘束応力: σ_f

$$\begin{aligned} \sigma_f &= f \cdot W \cdot \frac{L}{2} \\ &= 1.0 \times 2.5 \times 10^{-3} \times \frac{7\,000}{2} \\ &= 8.75 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

ii) そり拘束応力: σ_t

PC 版長手方向のそり拘束応力と等しくなる。

したがって，

温度上昇時 $\sigma_t = 16.9 \text{ kgf/cm}^2$

温度下降時 $\sigma_t = 8.4 \text{ kgf/cm}^2$

以上のコンクリート応力度に対処するため，1 T 17.8 mm の PC 鋼材を縦横 ctc 40 cm に配置した (SIE 版，一般構造図参照)。

3.4 合成応力度

① PC 版長手方向 ($L=61.0 \text{ m}$)

	輪荷重応力度 σ_i (kgf/cm ²)	そり拘束 応力度 σ_t (kgf/cm ²)	軸方向圧縮 応力度 σ_o (kgf/cm ²)	合成応力度 σ_c (kgf/cm ²)
温度上昇時	±57.2	±16.9	32.0	106.1 -42.1
温度下降時	±57.2	—	24.4	81.6 -32.8

② PC 版幅方向 ($L=70.0 \text{ m}$)

	輪荷重応力度 (kgf/cm ²)	そり拘束 応力度 (kgf/cm ²)	軸方向圧縮 応力度 (kgf/cm ²)	合成応力度 (kgf/cm ²)
温度上昇時	±57.2	±16.9	30.6	104.7 -43.5
温度下降時	±57.2	—	21.8	79.0 -35.4

* 温度下降時のそり拘束応力度は，部材に対して有利に作用するため，考慮しないものとする。

曲げ引張強度 $\sigma_{ct}=45 \text{ kgf/cm}^2$ に対し、安全率を 2 とすると 22.5 kgf/cm^2 となる。したがって、部材にはクラックの発生する可能性があるので、鋼材およびコンクリートの増加応力度の検討を行う。

※ Ⅲ種設計時の PC 鋼材およびコンクリートの増加応力度の検討

(輪荷重+温度上昇時)

PC 版長手方向 ($L=61.0 \text{ m}$)

PC 鋼材の増加応力度: $\Delta\sigma_p=487.2 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 1000 \text{ kgf/cm}^2$

コンクリート応力度: $\sigma_c=172.4 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 135 \text{ kgf/cm}^2 \times 1.3$
 $=175 \text{ kgf/cm}^2$

PC 版幅方向 ($L=70.0 \text{ m}$)

PC 鋼材の増加応力度: $\Delta\sigma_p=867.7 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 1000 \text{ kgf/cm}^2$

コンクリート応力度: $\sigma_c=158.0 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 135 \text{ kgf/cm}^2 \times 1.3$
 $=175 \text{ kgf/cm}^2$

4. 施 工 編

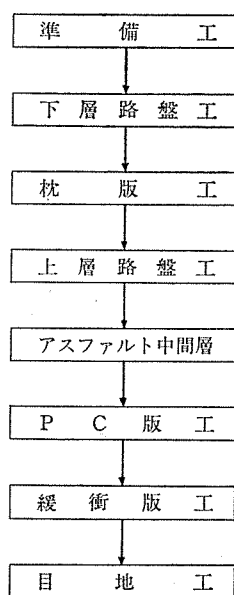
4.1 施工概要

本工事の施工範囲は、図—2 の構造図のうち、上・下層路盤工より PC 版工 (目地工を含む) までの一式であった。

4.2 路 盤 工

下層路盤材は碎石 0~40 とし、一層の転圧を 20 cm 以内として 2~3 層 (路盤厚は切土部分 30 cm, 盛土部分 50 cm である) に分け、転圧をし、仕上げを行った。

上層路盤は、枕版施工完了後に碎石 0~20 を使用し、



図—7

一層 (路盤厚 15 cm) で、転圧仕上げをした。

また、各層毎に現場密度試験、平板載荷試験等の品質管理試験を行い、チェックをした。

上・下層路盤施工完了後、上層路盤上に厚さ 4 cm のアスファルト中間層を施工し、路盤を完成した。

4.3 枕 版 工

下層路盤の施工完了後、PC 版と緩衝版の取付け突合せ位置に幅 2 m, 厚さ 20 cm の枕版の施工を行った。

枕版は、鉄筋コンクリート ($\sigma_{ck}=210 \text{ kg/cm}^2$) で施工した。

4.4 PC 版、緩衝版工

(1) リフトアップ用ジャッキの設置

アスファルト中間層表面にジャッキ位置の墨出しを行った後、カッターによりアスファルトを切削し、モルタルにて高さの調整をし、支持板の据付けを行った。

アスファルトの切削幅は、PC 版の弾性変形に対処できるように、支圧版幅+2 cm 程度の大きさとし、隙き間には発泡スチロールを入れた (図—3 参照)。

ジャッキ本体は舗装厚より 5 mm 程度低くセットし、コンクリート舗設機械により動かされないように考慮した (打設後は、キャップで舗装面高さまで調節をする)。

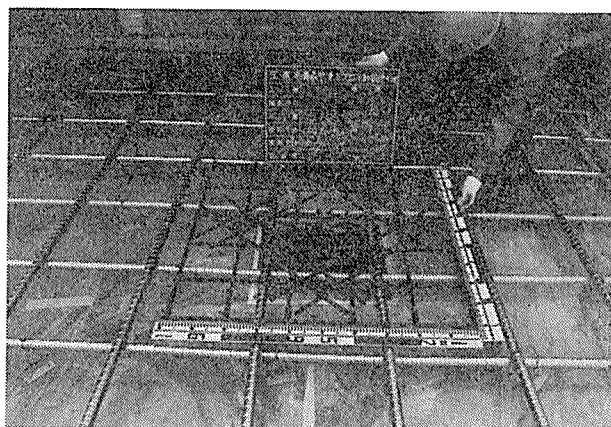
また、ジャッキ内部には、雨水等の浸入を防ぐため、グリスを充填した (写真—1 参照)。

(2) 型枠、滑り層設置工

型枠はすべて鋼枠とし、型枠の固定は、路盤に鋼製ピン止めとした。

型枠組立てにおいて、通り、転び等の不良は後打ちコンクリートのプレストレス導入に際して、変形拘束となるため、細心の注意を払った。PC 版と PC 版の突合せ部分で既設コンクリート面が型枠となる箇所には、アスファルト乳剤を塗布し、縁切りをした。型枠の設置長はプレストレスによる短縮を見込み、設計長+1 cm とした。

コンクリートの打設順序は 図—8 のようにした。



写真—1

を施した（写真—3）。

（4） コンクリート打設工

コンクリート（ $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$ ， $S_f=6 \text{ cm}$ ，早強 C）は、生コン車により搬入し、ボックス型スプレッダおよびフィニッシャ縦型表面仕上げ機により舗設を行った。

仕上げはほうき目とし、養生は表面被膜剤の使用と共に散水を念入りに行い、湿潤状態に保つと同時にコンクリートの打設は1日1枚（ $427 \text{ m}^2 \sim 522 \text{ m}^2$ ）とした（写真—4～5 参照）。

（5） プレストレスおよびグラウト工

コンクリート打設翌日に乾燥収縮クラック防止のため、一次緊張を行った。

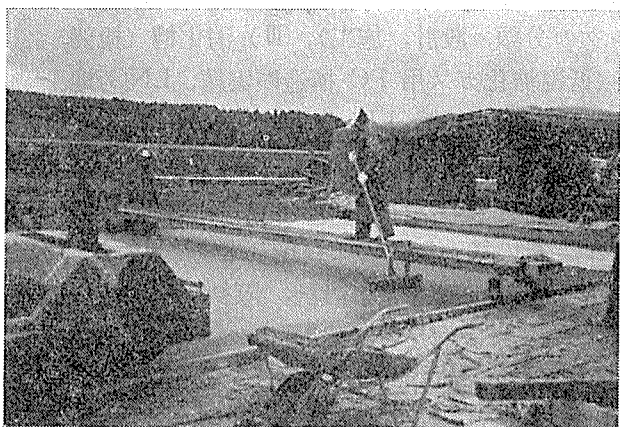
プレストレス量は、定着体の背面強度を考慮 6 t/1 ケーブルとした。

先打ち版は、後打ち版施工時、生コン車、舗設機械の載荷を考慮二次プレストレスの導入を行い、後打ち版の一次プレストレス後に、三次プレストレスを与え、全プレストレス（25.1 t/ケーブル～25.6 t/ケーブル）導入を完了した。

後打ち版および緩衝版は、一次緊張完了後コンクリート所定強度（ $\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$ ）に達したのを確認後、二



写真—4



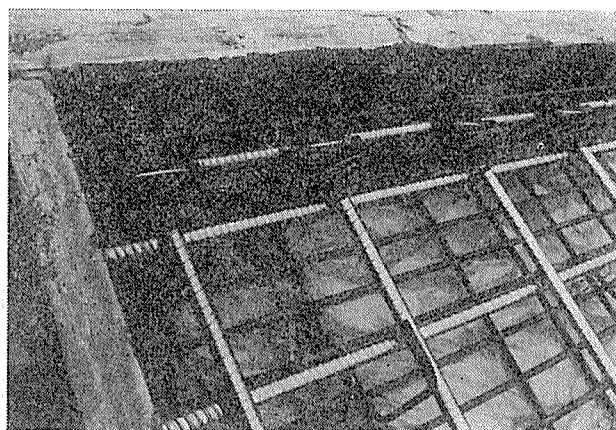
写真—5



写真—6



写真—7



写真—8

次緊張として全プレストレスの導入を行った。

プレストレス導入作業は、緩衝版以外は両引き施工とした。

一次プレストレスによる版の短縮量は先打ち版で 0.6 mm、また全プレストレス導入時で 4 mm 前後、クリープ乾燥収縮を加えて 12 mm 程度であり、設計値とほぼ一致した。

後打ち版および緩衝版の一次プレストレス導入時弾性短縮は既設スラブの拘束が影響し、0.05mm 程度であっ

たが、全プレストレス導入以後は、先打ち版とほぼ一緒であった。プレストレス完了後、セメントミルクによりシース内へグラウト注入を行った。

5. 考 察

空港における PC 舗装は、1947 年にパリの Orly 空港にて施工されて以来、主にヨーロッパ各地でかなり利用されてきた。

わが国でも、千歳空港や大阪空港などその利用例は十数件あるが、今回の新青森空港での PC 舗装は、路盤の不等沈下への対応策として、リフトアップ工法が採用さ

れたことが特徴である。現段階では、リフトアップさせた結果を見ることはできないが、羽田での試験結果によれば、まっすぐジャッキアップさせることが大切だといわれている。

また、ジャッキアップ方法など改良の余地はあるが、今後、この工法が軟弱地盤対策への一助になればと報告する次第である。

なお、この計画を進めるに当たって、新青森空港対策特別委員会の先生方にいろいろと御指導、御鞭撻をうけたまわりましたことに厚く御礼申し上げます。

【昭和 62 年 5 月 15 日受付】

◀刊行物案内▶

最近のプレストレストコンクリート構造物の設計、施工と 30 年の歩み

(第 14 回 PC 技術講習会テキスト)

体 裁 : A 4 判 192 頁

定 価 : 3 500 円

送 料 : 450 円

内 容 : (A) PPC の勧め——設計計算法, PPC 適用例 (箱断面橋, 屋根梁, 沈埋トンネル)。 (B) アンボンド PC フラットスラブについて——荷重釣合法による PC 鋼材の配置, 設計荷重, 架構応力の計算, 柱列帯と柱間帯へのスラブ梁モーメントの配分, 必要 PC 鋼材量と引張補強筋の配置, 長期荷重に対するたわみ量の検討と最小スラブ厚さ, 柱周パンチングシアに対する検討, 耐火性と PC 鋼材かぶり厚さ, アンボンド PC フラットスラブの曲げ破壊時の性質, 結言。 (C) PC 円形構造物の現況——Ⅰ) 序論, Ⅱ) 水槽 (PC タンクの分類, 設計, 施工), Ⅲ) 消化槽 (概要, 設計, 施工), Ⅳ) LNG・LPG 貯槽 (低温液化ガス用 PC 構造の実績, LNG 地上式貯槽の PC 防波堤, LPG 地上式貯槽の PC 外槽, LPG 半地下式貯槽の PC 外槽), Ⅴ) 原子炉格納容器 (概説, PCCV の構造と特徴, PCCV の構造形式の選定, PCCV の設計・品質保証)。 (D) 本四連絡橋児島一坂出ルートにおける PC 橋について——児島一坂出ルートの概要, PC 橋の構造形式および施工法。 (E) PC げた橋の新しい連続化工法——連結部の接続方法, 連結部の設計, 阪神高速道路堺線における試験工事の施工報告。 (F) プレストレストコンクリートの 30 年——PC の沿革 (橋梁, 建築, 容器類, 海洋構造物, その他), PC 工場製品の沿革, PC 橋の塩害対策。