

組立式 PC 版 (ホーンジョイント工法) による トンネル内の舗装打換えについて

高 橋 秀 雄*
 虻 川 正 弘**
 高 橋 芳 夫***

1. ま え が き

一般国道4号に存する小繋トンネルは、昭和37年11月に完成して以来、20年を経過し、コンクリート舗装版の損壊がはなはだしく、一般通行車両の、快適な走行を阻害している。この維持修繕工事には、日夜悩まされてきたが、この度、組立式PC版(ホーンジョイント工法)を使用して、既設コンクリート舗装を、全面的に打ち換えることを試みた。

本トンネル付近には、迂回路がなく、車両通行規制のもとでの施工が、必然的に要求され、かつ、規制期間(工事期間)をできるだけ短縮しなければならない使命があった。

したがって、現場打ちと比較して、経済的には、やや高めとなるが、高品質で、急速施工の可能な組立式PC版(ホーンジョイント工法)による方法を採用した。

なお、施工に先立って、工場内で、実物大のPC版を製作して、プレキャスト版と路盤の空隙状況、プレキャスト版相互の結合状態、裏込めグラウトの実体、プレキャスト版の曲げ圧縮強度等について実験をし、本工事への参考とした。

2. 組立式 PC 版 (ホーンジョイント工法) とは

従来のプレキャスト舗装版は、敷き並べたプレキャスト版を、PC鋼材で横締めしたり、ボルトで締結したりするため、版相互の平行性がとりにくく、また作業性が劣る等の欠点をもっていた。このような欠点をなくするため、昭和54年3月から、運輸省港湾技術研究所と、ピー・エス・コンクリート株式会社が共同で開発したが、ホーンジョイント工法である。

工場で作成した高品質のプレキャスト版を、現地で敷き並べ、これらを、ホーンジョイントによって結合し、組み立ててゆくもので、版の解体が容易で、かつ、速くできる特長をもっている。すなわち、舗装版打換え等の

急速施工に適している。

我が国では、交通規制の伴う空港滑走路等の打換えに、多くの施工実績をもっている。

3. 工 事 概 要

工 事 名：二戸国道小繋維持修繕工事
 工 期：昭和58年10月16日～59年2月20日
 請 負 者 名：日本道路株式会社
 工 事 内 容：小繋トンネル内のコンクリート舗装打換え

通 行 制 限：片側交互通行で、幅2.5m以上の車両は通行禁止(昭和58年12月7日～59年1月31日。58年12月29日～59年1月6日間は、幅制限解除)

既設版撤去： $A=1193\text{ m}^2$ (版厚20cm)

4. 設 計 概 要

4.1 設 計 条 件

PC版の形式：ホーンジョイント方式

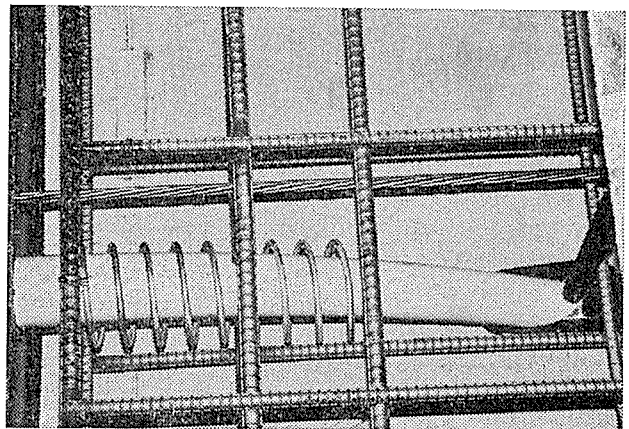
PC版の形状寸法：長さ8.5m、幅1.95m、厚さ0.2m

設計輪荷重： $P=8000\text{ kg}$

路盤支持力係数： $K_{rs}=7.0\text{ kg/cm}^3$

コンクリート：設計基準圧縮強度 $\sigma_{ck}=400\text{ kg/cm}^2$

” 曲げ強度 $\sigma_{bk}=50\text{ kg/cm}^2$

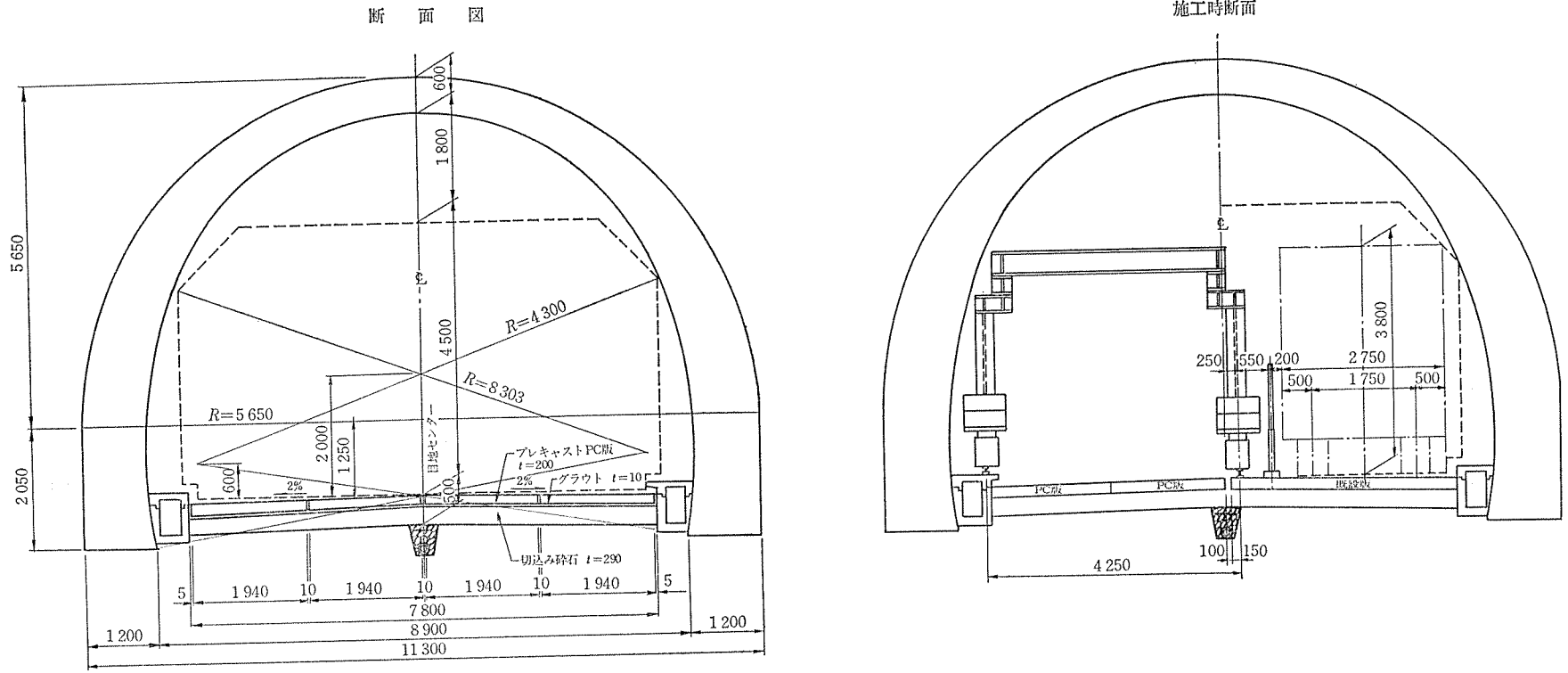


写真—1 ホーン取付け状況

* 建設省東北地建岩手工事事務所長

** ピー・エス・コンクリート(株)仙台支店工務部次長

*** ピー・エス・コンクリート(株)仙台支店主任技師



89

側面図

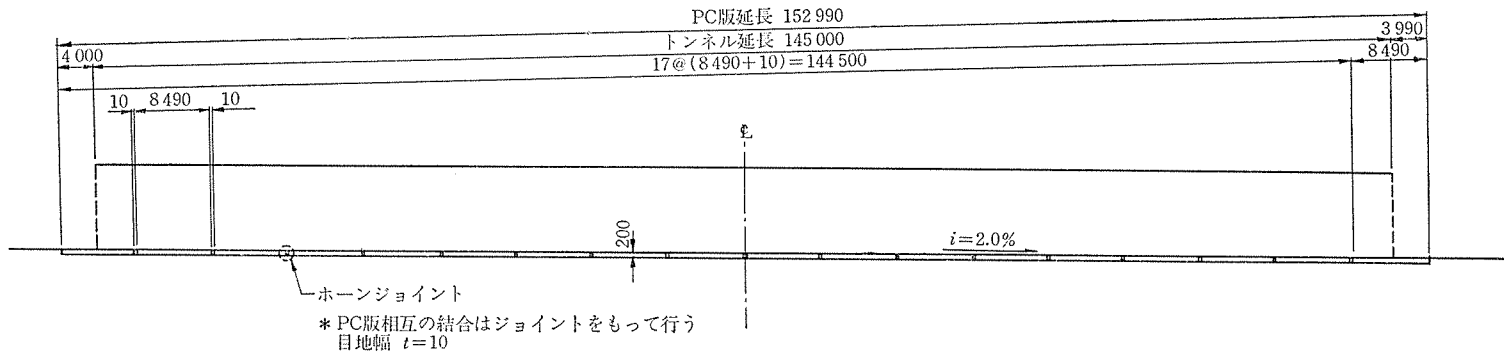
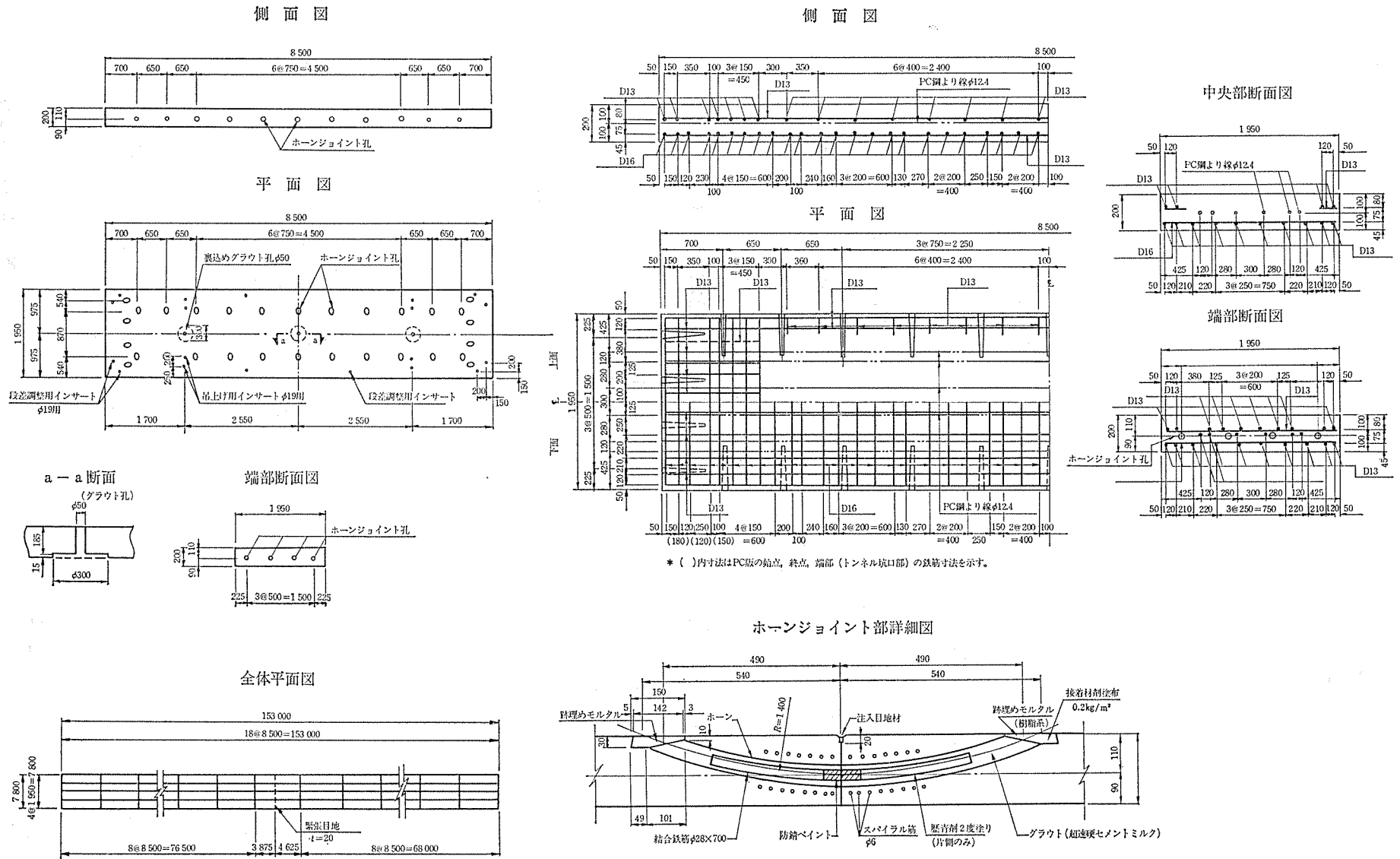


図-1 一般図

ア



* ()内寸法はPC版の端点、終点、端部(トンネル坑口部)の鉄筋寸法を示す。

図-2 PC版一般図および構造図(1950×8500)

◇報告(投稿)◇

PC 鋼材 (SWPR 7 A ϕ 12.4, PC 鋼より線):

引張荷重 $P_u=16\,300$ kg

鉄筋 (SD 30): 許容引張応力度

輪荷重作用時 $\sigma_{sa}=1\,600$ kg/cm²

(輪荷重+温度応力) 作用時

$\sigma_{sa}=1\,600 \times 1.15=1\,800$ kg/cm²

ホーンジョイント用鉄筋 (SR 24 ϕ 28):

許容引張応力度 $\sigma_{sa}=1\,400$ kg/cm²

4.2 PC 版の構造

長手方向には、プレストレスを与えた(プレテンション方式)。版中央部分には、Ⅱ種 PC 構造を、自由縁部には、Ⅲ種 PC 構造を適用させ、横方向は、RC 構造とした。PC 版相互の荷重伝達はホーンジョイントによった。

4.3 ホーンジョイントの概略計算

ホーンジョイントの計算は、次の仮定に基づいた。

- 1) 荷重直下の結合鉄筋は能力一杯の荷重を伝える。
- 2) 荷重から $2.2l$ (l : 剛比半径) 以上離れた結合鉄筋は、全く荷重を伝えない。
- 3) 荷重の伝達能力は、直線的に減少する。
- 4) 結合鉄筋群が伝達する荷重は、設計輪荷重の 20% 以上とする。

$$\begin{aligned} \text{剛比半径 } l &= \sqrt[4]{\frac{E_c \cdot h^3}{12(1-\nu^2) \cdot K_{75}}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{3.5 \times 10^5 \times 20^3}{12(1-0.15^2) \times 7.0}} \\ &\doteq 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

ここに、 h : 版厚 20 cm

E_c : コンクリートの弾性係数

3.5×10^5 kg/cm²

ν : ポアソン比 0.15

K_{75} : 7.0 kg/cm³

1 本当りのホーンジョイントの荷重伝達能力

伝達能力は、結合鉄筋の曲げ強さで算出する。

$$P_b = \frac{2 \cdot d^3 \cdot \sigma_{sa}}{r + 8.8t}$$

ここに、 P_b : 曲げ強さで、伝達できる荷重 (kg)

d : 結合鉄筋の直径 (2.8 cm)

σ_{sa} : 結合鉄筋の許容引張応力度
(1 400 kg/cm²)

r : 結合鉄筋の埋込み長さ (70 cm)

t : 目地幅

$$\therefore P_b = \frac{2 \times 2.8^3 \times 1\,400}{70 + 8.8 \times 0} = 878 \text{ kg}$$

結合鉄筋群の伝達荷重 (図-3 参照)

$P=8.0$ t

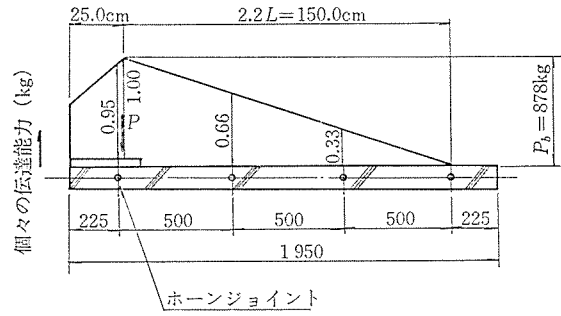


図-3

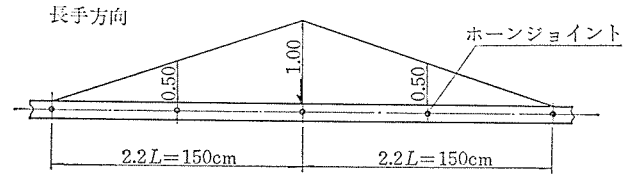


図-4

$$\Sigma P_i = (0.95 + 0.66 + 0.33) \times 878$$

$$= 1\,703 \text{ kg} > 0.2 \times 8\,000 = 1\,600 \text{ kg}$$

長手方向については (図-4 参照),

$$\Sigma P_i = 2.0 \times 878 = 1\,756 \text{ kg} > 1\,600 \text{ kg}$$

5. 施 工

5.1 PC 版の工場製作

(昭和 58 年 11 月 19 日 ~ 12 月 23 日)

(1) 型枠の据付け

型枠の底面を舗装面とするため、コンクリート打設は、“逆打ち”とした。滑り防止のため、型枠底面に、ビニールシート製のものを張りつけて、粗面仕上げとした。コンクリート打設後、シートで覆い、早期強度促進のため、蒸気養生を行った(最高温度を 60°C とする自動管理によった)。コンクリート打設の翌朝に、所要圧縮強度を確認のうえ、版の長手方向にプレストレスを与えた。

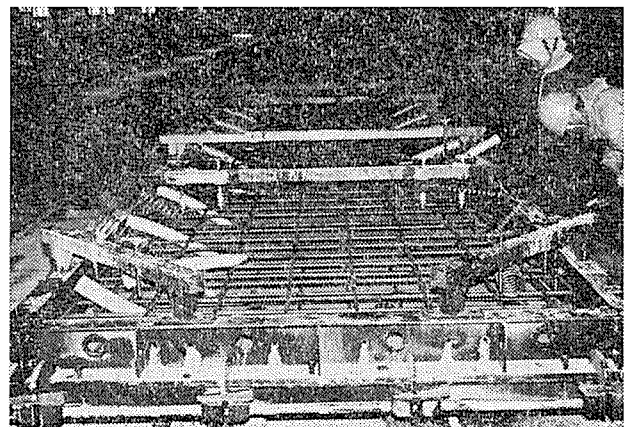


写真-2 PC 版の製作

表-1 示方配合

M_s (mm)	S_l (cm)	A_{ir} (%)	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	M _T -150*
砕石 25	6±1.5	2±1	37.2	38	160	430	657	1207	5.2

* C×1.2%

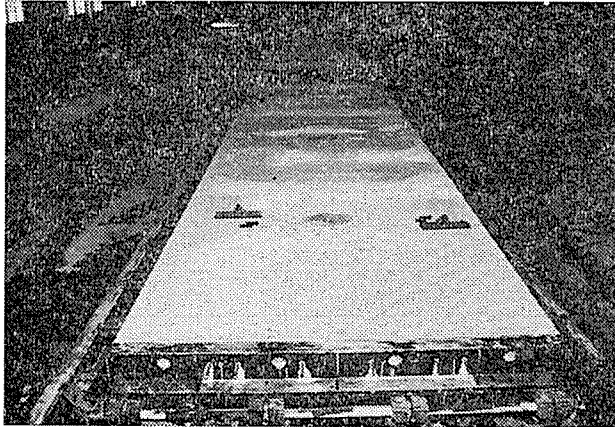


写真-3 PC版の製作

(2) コンクリートの強度および示方配合 (表-1, 2 参照)

5.2 PC版の敷設

片側車線($l=153$ m, 上り線)を最初に施工し、終了後、直ちに交通解放

を行い、同様に、反対側車線(下り線)を施工し、完成後全面交通解放を行った(上り線施工は、昭和58年12月7日~12月25日, 下り線は、59年1月13日~1月29日)。

(1) 準備工

既設舗装版の取りこわし、撤去を行った後に、補足材を投入して、不陸調整を行い、この上に、敷砂を均一に敷き整正した。この作業と並行して、門型クレーンの組立、レール敷設を行った。

(2) PC版の搬入

PC版の運搬には、20トンセミトレーラーを使用し、一台に版を2枚載荷した。下り線施工の時は、20トンクレーン(油圧式)で地上に仮置きし、門型クレーンでトンネル内まで運搬した。チェーンブロックが手動のため、版の吊上げ、吊下げに多くの時間を要した(手動1枚当り45分, 油圧10分)。

(3) 版の敷設, 段差調整

平坦に仕上げた路盤上に、ビニールフィルムを敷設して、この上に版を敷き並べた。ビニールフィルムは、裏込めグラウトが、確実に充填するために用いたものである。接合面の段差は、段差調整金具と、PC版に埋設してあるインサートボルトで結合し、高い方のPC版の

表-2 コンクリートの強度

強度	材令	$\bar{\sigma}$ (kg/cm ²)
曲げ	σ_0	55
	σ_7	54
	σ_{28}	71
圧縮	σ_{18H}	494
	σ_{28}	628

$\bar{\sigma}$: 供試体3本の平均値

表-3 グラウト配合(示方配合 1m³ 当り)

	PC版下用	ホーン充填用	比重
水セメント比 (%)	75	45	—
減水剤マイティ 150 (kg)	12.67	13.3	1.21
遅延剤セッター (kg)	6.335	13.3	—
超早強セメント (kg)	1267	1333.3	3.04

表-4 跡埋め樹脂モルタル配合

品名		リードコート 301 (アクリル系)
骨材	珪砂 4号	20.5%
	〃 5号	12.0%
	〃 6号	37.0%
	〃 特粉	12.5%
主剤		18%
硬化剤		主剤量×4% 2.1
モルタル比重		

ボルトを人力でナット締めして固定し、低い方のボルトを締めつけて調整した。終了後結合鉄筋をそう入し、裏込めグラウトを注入した。

(4) 裏込めグラウト

版に設けられているグラウト孔に、約 1.2m の高さ、容量 15 リットルの容器を設け、落差を利用して自然注入をした。

(5) 跡埋め

ホーン孔、インサート孔、裏込めグラウト孔を、アクリル系樹脂モルタルで充填した(アクリル系は -20°C で使用可能である)。

(6) 目地

接合縁の上部に設けられている目地溝に、瀝青系加熱注入目地材(セロシール)を注入した。

(7) 工程(図-5 参照)

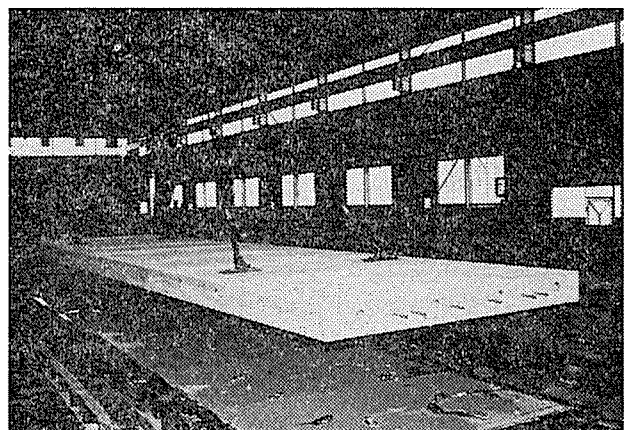


写真-4 PC版の吊上げ

月日 工種	昭和58年 11月			12月			昭和59年 1月		
	10	20	30	10	20	30	10	20	31
準備工	—————								
既設舗装版撤去工				—				—	
路盤,不陸製正工				—				—	
敷砂工				—				—	
門型クレーン軌条工				—		—		—	
門型クレーン組立工				—		—		—	
PC版製作工		—	—	—	—	—			
PC版敷設工				—	—			—	
段差調整工					—	—		—	
裏込めグラウト工					—	—		—	
結合工						—		—	
目地工						—		—	
跡埋め工						—		—	
跡片付け工									—

図-5 工 程

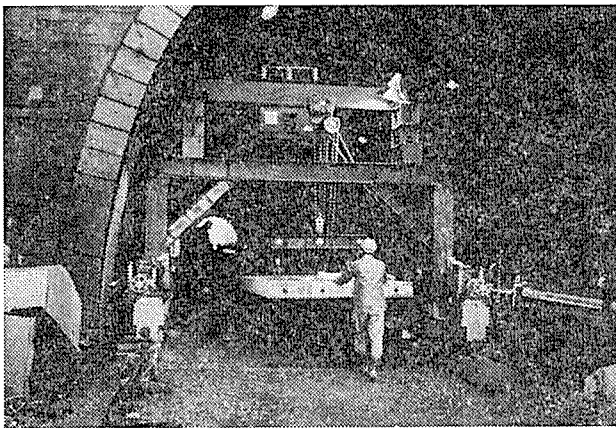


写真-5 PC版の敷設

6. あとがき

本工事は、真冬日の中で、かつ、片側交互通行規制の厳しい条件のもとでの施工となり、大変な工事であった。幸い、工事事故もなく、無事に完成することができた。

本工法による舗装については、歴史も浅く、当管内でも初めての工事であり、私どもも、細心の注意を払って施工に臨んだつもりだが、次のような反省点を残した。

- 1) 不陸調整用の敷砂の厚さを1cmとしたが、1cm程度では不陸調整が困難で、多少の手もどりがあった。
- 2) 版に埋め込んだ内ネジが弱く、ボルトが引き抜け

る箇所があった。

- 3) 冬期施工になったので、養生の都合上、裏込めグラウト液に、高価なジェットセメントミルクを使用せざるを得なかった。

- 4) セメントミルクの配合が、設計どおりゆかなかった。

等である。

今後、舗装版についても、追跡調査を行って、資料収集に努め、また、前記反省点について再検討したいと思っている。

今後、各方面において施工される場合の一助となれば幸いと思い、工事報告とする。

最後に、本工事の設計・施工に当たって、御指導を賜った東北大学工学部土木工学科福田教授、また直接施工を担当された日本道路株式会社に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 道路橋示方書
- 2) コンクリート標準示方書
- 3) プレストレストコンクリート標準示方書
- 4) 佐藤勝久ほか：第Ⅲ種設計法によるPCスラブの空港舗装への適用性に関する研究，運輸省港湾技術研究所報告第18巻第3号，1979.9
- 5) コンクリート舗装，コンクリートボックス No. 9
- 6) セメントコンクリート舗装要綱，日本道路協会
- 7) 空港コンクリート舗装構造設計要領 1977，運輸省港空局，(財)航空振興財団

【昭和59年12月22日受付】