

## 恵那山トンネルPC天井版工事報告

井出 節 雄\* 仙洞田 将行\*\*\*  
長尾 勲\*\* 結城 順 一†

### 1. ま え が き

中央自動車道恵那山トンネルは、総延長 8 489 m の長大トンネルで、昭和 50 年 8 月の供用開始をめざし現在、換気、照明、防災設備等の内装工事を進めている。このうち、天井版工事は、昭和 48 年 11 月より部材の製作を開始し、現在は取付工事も完了して換気ダクトの調整中である。恵那山トンネルの換気は横流式とし、ダクトを延長方向に四分割し、それぞれの換気所より送排気す



写真-1 (a) 恵那山トンネル東坑口完成

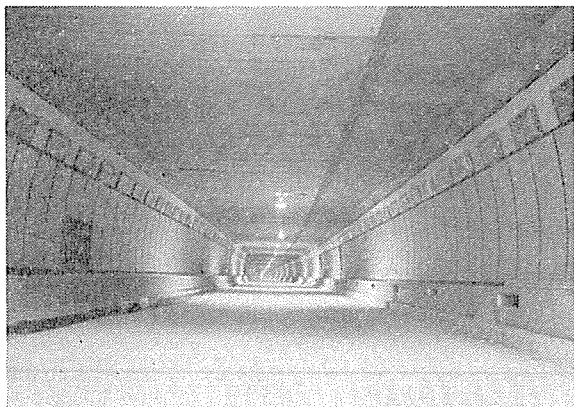


写真-1 (b) 恵那山トンネル内装工事完成時

\* 日本道路公団恵那山トンネル西工事事務所  
\*\* 日本道路公団名古屋建設局技術課  
\*\*\* 興和コンクリート(株)工務部調査課  
† ビー・エス・コンクリート(株)仙台支店設計課

る方式をとっており、換気ダクトの形成にはPC天井版を使用し、送排気ダクトの仕切りは、隔壁版(PC版)を用いて送気および排気、ダクトを形成する構造となっている。ここでは、PC天井版の設計、架設およびPC版の耐火試験についてその概要を報告するものである。

### 2. 設計について

1) 設計条件：天井版、隔壁版は単純支承として計算を行い作業荷重と風圧荷重について検討した。設計条件とトンネル標準断面を示すと表-1および図-1のとおりである。

2) 構造：送排気ダクトの中間部の吊り構造は図-2に示すようにトンネルアーチ部にケミカルアンカー(φ19)を2本打ち込み、これより丸鋼(φ19)とCT鋼の吊り金具で天井版および隔壁版の重量(1か所あたり最大2.5t)を吊る構造とした。吊り金具はCT鋼の下面を除きすべてモルタルで被覆し、防錆効果を高める構造である。天井版相互の目地は図-3に示すように差筋(φ9)を溶接鉄筋(φ13)に溶接し無収縮性モルタルを充填し気密性を保つ構造とした。受台はRC部材で、形状は図-4のとおりとし、コンクリートアンカー(φ16)3本で取り付け、受台の背部にモルタルを充填する構造

表-1 設計条件

形 式	プレストレストコンクリート版(プレテンション方式)		
最 大 風 圧		東 工 区	西 工 区
	送気ダクト	150 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>
	排気ダクト	-300 "	-200 "
作 業 荷 重 荷 重 の 組 合 せ	100 kg/m <sup>2</sup> 排気側(A版)、送気側(B版)についてそれぞれ曲げモーメントが最大最小となるような組合せ		
隔壁版の温度差	隔壁版の送・排気面の温度差を5°Cとする		
PC鋼材の 最小かぶり	天井版 2.5 cm, 隔壁版 2.0 cm		
コンクリート	$\sigma_{ck}=500 \text{ kg/cm}^2$		
PC鋼材	PC鋼より線(JIS G 3536)		





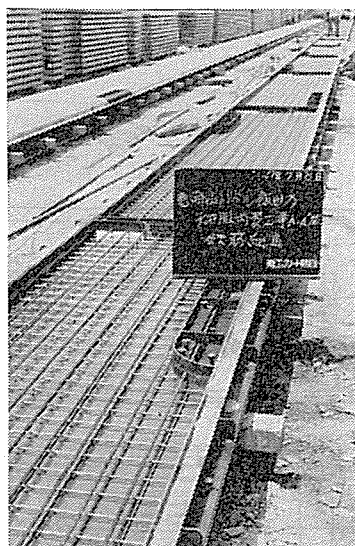


写真-2 PC天井版製作

表-2 PC版の製作工程 (毎日打設)

工種	日	1日	2日	3日
型 枠 工		■		■
PC鋼材工		■		■
鉄筋組立工		■		
コンクリート打設		■		
養生工		■	■	
プレストレス導入			■	
切断運搬			■	
備 考 (条件)	1. プレテンションアバットメント 2基 (型枠底版) 2. 側型枠 1基 3. 気温 20℃、 養生温度最高 60℃ (8時間)			

できるような仮置方法とする。

製作は総数量 2 万 5 000 枚から既存の工場能力を考慮し 3 工場で分割し、それぞれ製作するものとした。製作工程の一例を示すと表-2 のとおりである。

#### 4. 架設について

天井版の架設は東西両坑口より行い、架設の順序と方法は図-5 に従って行った。1 日あたりの工程を示すと表-3 のとおりである (写真-3, 4)。

#### 5. 耐火試験について

##### (1) 試験の目的

トンネル内の自動車事故による万一の火災に対し、天井版の安全性と特に次の事柄を確認する目的で PC 版の耐火試験を行った。

- 1) 高温度 (925℃, 60 分) における PC 版のひびわ

表-3 架設工程

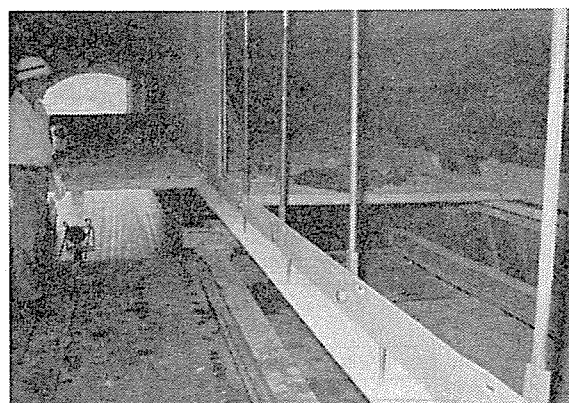
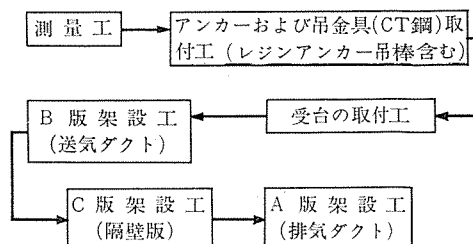
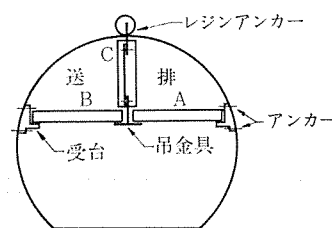


写真-3 東工区架設

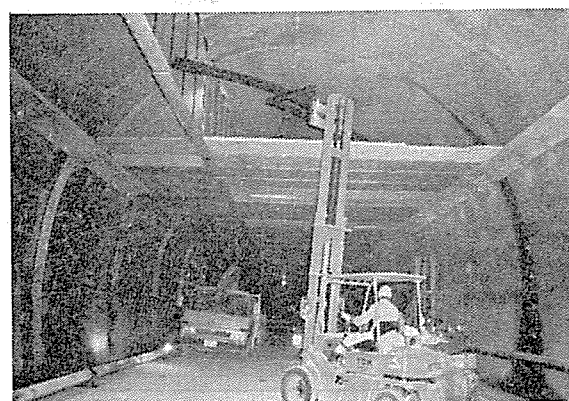


写真-4 西工区架設

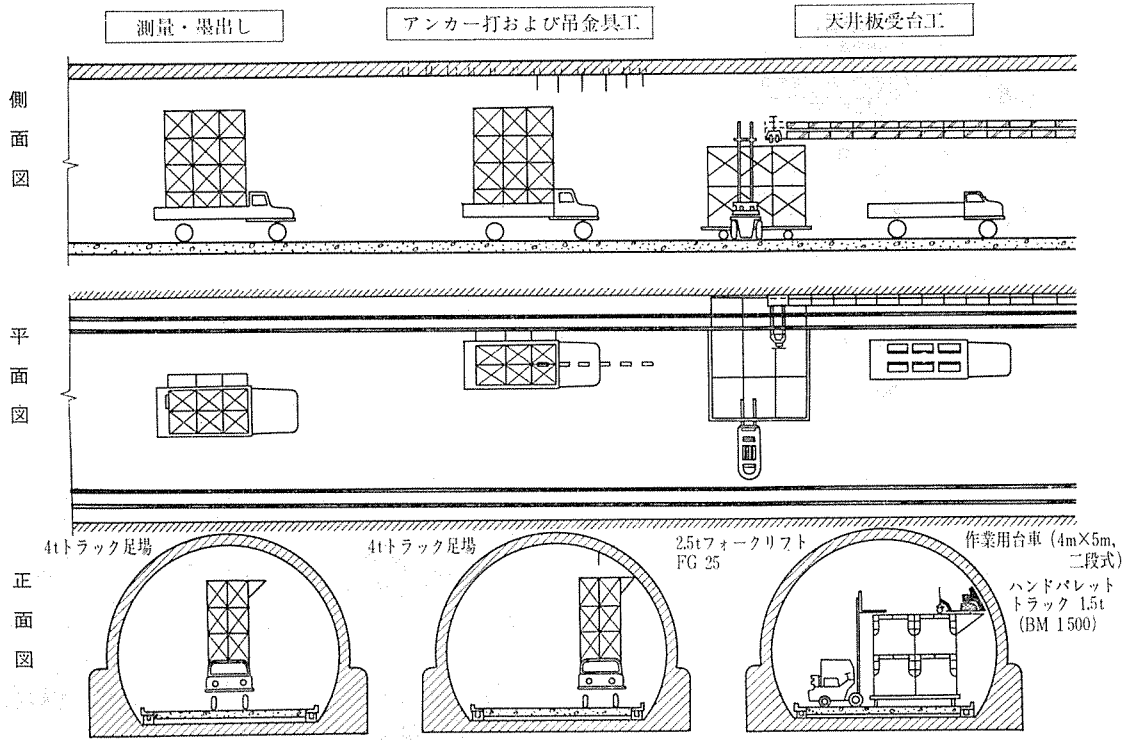
れとはく落

- 2) たわみの挙動を把握すること
- 3) 設計に採用した PC 鋼材の最小かぶり (2.5 cm) の可否の確認
- 4) 加熱後の PC 版の耐力検討
- 5) 加熱後の PC 鋼材の耐力の検討

##### (2) 供 試 体

試験のための PC 版は、加熱炉の大きさより長さ 360

施 工 次 第 図 (1)



施 工 次 第 図 (2)

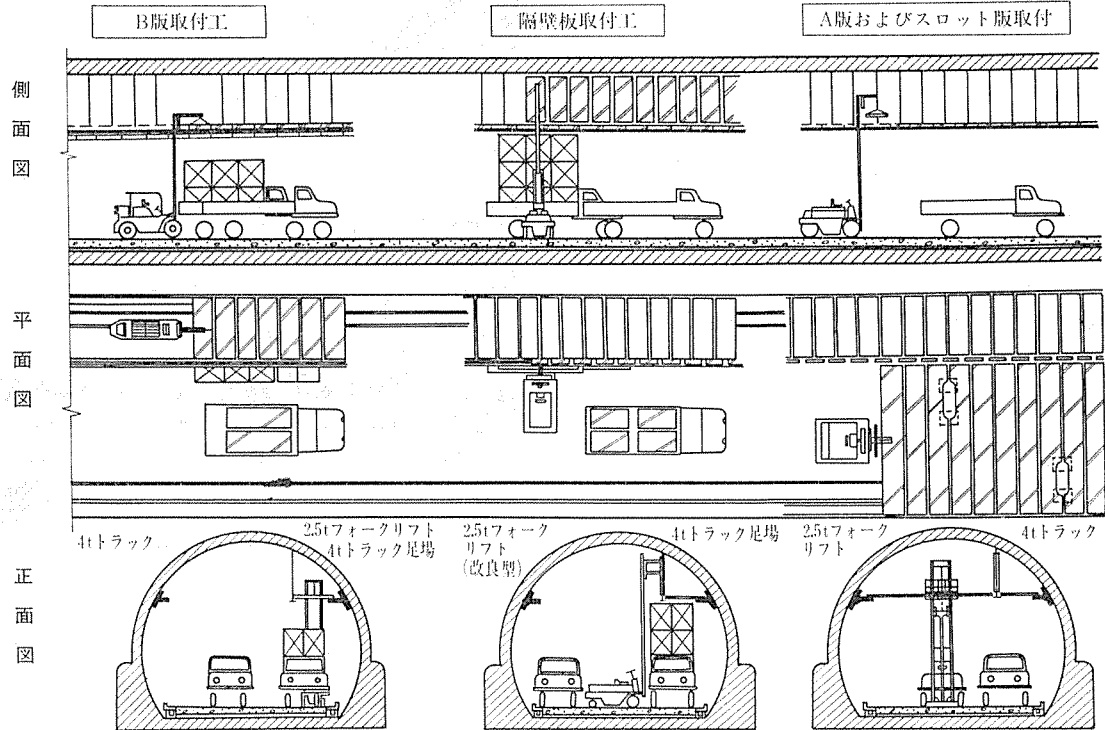


図-5 (a)



cm, 幅 50 cm とした。版厚は実際の設計に準じて 8 cm (A 版) と 6 cm (B 版) の 2 種類とし, 表-4 のように設計した。供試験体は P C 版 7 枚を一組とし, 加熱炉上で組立て, 目地部は差筋を溶接して無収縮性モルタルを充填した (写真-5, 6)。

表-4 供試験体の製作

		A 版		B 版	
版 厚		80	mm	60	mm
コンクリート強度 $\sigma_{CK}$		500	kg/cm <sup>2</sup>	500	kg/cm <sup>2</sup>
応力の状態	上 縁	73	"	49	"
	下 縁	161	"	7	"
PC鋼材のかぶり		27.35	mm	25.35	mm
A 版の断面					
B 版の断面					

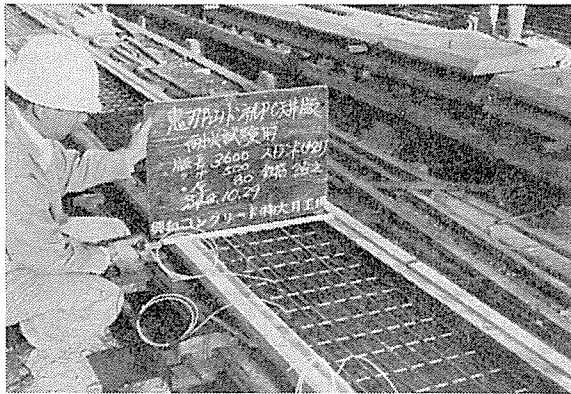


写真-5 耐火試験用 P C 版製作



写真-6 大型加熱炉上の組立

(3) 試験の方法

試験の方法は「JIS A 1304 建築構造部分の耐火試験方法」の床として 1 時間加熱試験を行った。加熱の方法は 図-6 に示す大型耐火加熱試験炉を使用し, 表-5 の標準加熱曲線に沿って行った (写真-7, 8)。

温度の測定は, P C 版の加熱面および裏面, P C 鋼材, 鉄筋 (溶接金網) について 図-7 に示すように熱電対を配置して測定するものとした。なお熱電対は「JIS C 1602 熱電対」に規定する 0.75 級以上の性能をもつ CA 熱電対を使用した。また加熱後試験に P C 版の載荷試験と, 別に P C 鋼材を取り出して, 耐力試験を行うものとした。

(4) 試験の結果と考察

加熱試験の結果を表-6 に, 加熱後の P C 版および P C 鋼材の耐力試験結果を表-7 および表-8 に示す。以上の結果から次のことが確認された。

1) 高温度における P C 版の挙動については加熱終了まではく落や破壊または有害と思われるひびわれはまったく認められず, この程度の加熱温度

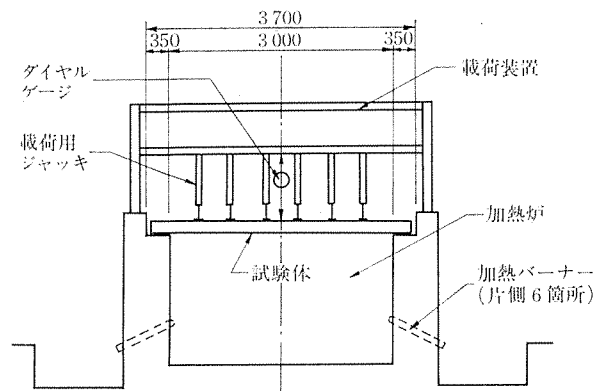
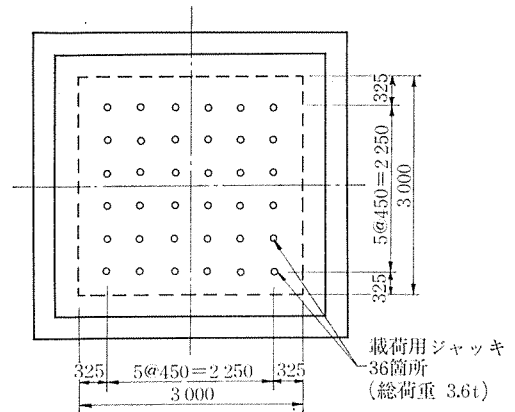


図-6 大型加熱炉



表-5 標準加熱曲線

経過時間	5分	10分	15分	20分	25分	30分	40分	50分	60分	90分
加熱温度	540°	705°	760°	795°	820°	840°	880°	905°	925°	980°

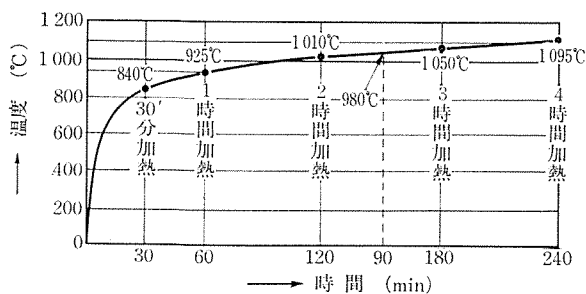


写真-7 加熱荷試験 ( $t=80\text{ m/m}$  送気版)

に十分耐えうるものと思われる。またたわみについては、ほぼ JIS 規格と一致しており、加熱終了後 24 時間では 80% 程度が復原していることも実測できた。これは、P C版の加熱面と裏面との温度差(約 700°C)による熱彎曲が温度の低下とともに消失したのと、P C鋼材、コンクリートの材料強度の復原によるものと推定される。

2) P C鋼材の温度はかぶりに大きく影響され、一般的に 400°C (JIS 規格では最大 450°C) 以下であれば問題にするにたらないといわれている。

試験の結果からは平均 400°C で最小かぶり 2.5 cm はほぼ妥当であると思われる。また、加熱後の P C版から P C鋼材を取り出し強度試験を行った結果では、出荷時と比較すると引張荷重で 5~7%、降伏点荷重では 4~5% 低下にとどまっている。これは使用した P C鋼材がスタビライズド加工されたものであるためと思われる。

3) 加熱後の P C版の耐力試験でたわみが大きいのは加熱によってコンクリート強度と弾性係数が低下したためで、破壊に対しては予想破壊荷重(正常版で)まで載荷したが破壊するまでに至らなかった。したがって、万一の火災によって局部的に天井の取換え作業を必要とする場合でも十分に安全であると考えられる。

### 6. ま と め

P C版がトンネル換気ダクト用天井版として使用されることは今

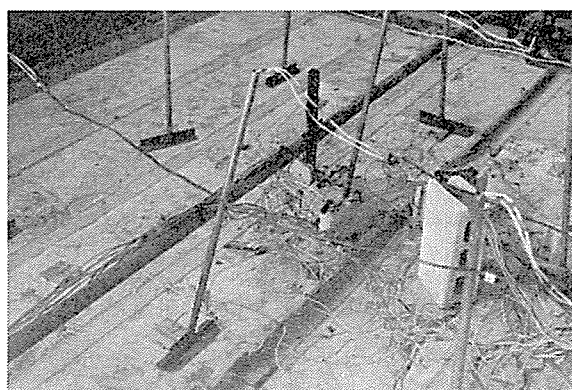
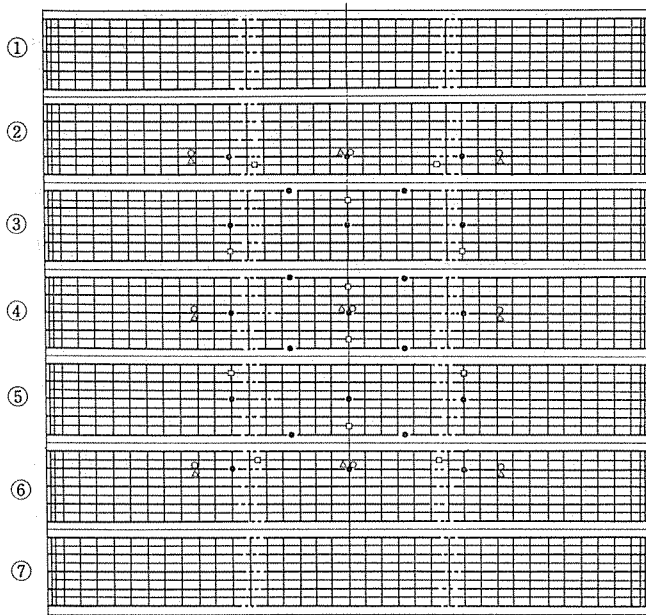


写真-8 加熱無荷試験 ( $t=60\text{ m/m}$  排気版)

表-6 加熱試験の結果

		A 版		B 版	
試験日		昭和 48 年 12 月 5 日		昭和 48 年 11 月 30 日	
試験体	材令	コンクリートの打設後 37 日		コンクリートの打設後 36 日	
	比重	コンクリート 2.42		コンクリート 2.42	
	含水率	期間短縮のため、平均 40°C 程度の人工乾燥を行い、実際の含水率は 49% 程度を測定した。		期間短縮のため、平均 40°C 程度の人工乾燥を行い、実際の含水率は 40% 程度を測定した。	
	継目等	無収縮モルタル施工		無収縮モルタル施工	
備考		コンクリートは早強セメント使用		コンクリートは早強セメント使用	
測定温度曲線		別図-P <sub>43</sub> ~P <sub>47</sub>		別図-P <sub>52</sub> ~P <sub>56</sub>	
加熱試験の結果	鋼材最高温度	430°C (64分)	鋼材平均温度 402°C (64分)	467°C (63分)	鋼材平均温度 410°C (64分)
	裏面最高温度	244°C (108分)	その他	279°C (93分)	その他
	変形・破壊脱落、その他	加熱後 10 分頃から目地に微きれつが発生した。		加熱後 10 分頃から目地に微きれつが発生した。	
	火気の残存	なし		なし	
	最大たわみ	58.5 mm		101.5 mm	
	その他	なし		なし	
衝撃試験	試験体の形状	3 600×3 530×80		3 600×3 530×80	
	試験年月日	昭和 48 年 12 月 8 日		昭和 48 年 12 月 3 日	
	加熱時間	60 分		60 分	
	おもりの重量	5 kg 2 m 衝撃部に深さ 3 mm、直径 30 mm の凹痕を生じた。		5 kg 2 m 衝撃部に深さ 3 mm、直径 30 mm の凹痕を生じた。	
備考	最高温度	溶接金網 615°C (62分)		558°C (62分)	
	差 筋	227°C (87分)		318°C (100分)	
備考	平均温度	溶接金網 545°C (62分)		530°C (62分)	
	差 筋	209°C (99分)		279°C (90分)	

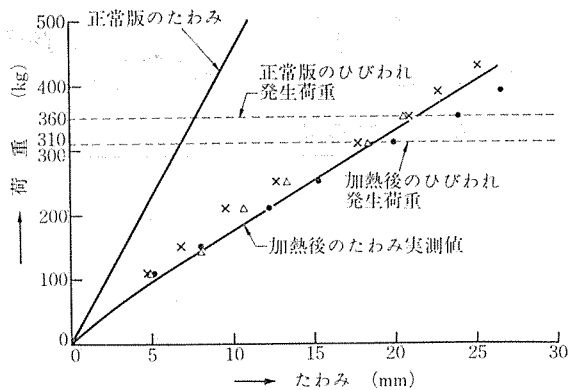




○…加熱温度(炉内温度) (9)    △…裏面温度 (9)  
 ●…PC鋼線温度 (23)    □…鉄筋温度(溶接金網) (12)

図-7 熱電対の配置

表-7 加熱後のPC版の耐力



後ますます多くなると思われるが、今回の耐火試験からPC版の高温度における性能は高く評価されるものと思う。また構造的には吊り装置などの金物をできるだけ表面に出ないようにすることにより、有害ガスや漏水に起因する腐食や侵食の少ない耐久な構造とすることができた。しかし経済設計から部材の厚さが薄くなると製作時あるいは仮置時に慎重な管理をしないとPC版の変形のばらつきが大きくなり、完成後のダクト内の平滑性が失われる危険性が出てくる。したがって、製作および架設までの仮置期間も十分に検討したうえで、それを設計に生かすことが必要である。

表-8 加熱後のPC鋼材耐力試験

	ストランド径 (mm)	引張荷重 (kg)	降伏点荷重 (kg)	伸び/600mm (%)	レラクセーション (%)	備考	
規格 (JIS G 3536-71)	9.3+0.4 -0.2	9050 以上	7700 以上	3.5 以上	3.0 以上		
耐火試験後	B-1	9.32	9350	8580	8.7	—	B版より採取
	2	9.30	8800	7850	8.5	—	
	3	9.32	9000	8200	7.1	—	
	4	9.31	8750	8630	7.5	—	
	5	—	—	—	—	0.50	
	6	—	—	—	—	0.50	
	A-1	9.30	8850	8200	6.6	—	A版より採取
	2	9.31	8800	8530	7.2	—	
	3	9.30	9050	8500	7.1	—	
4	9.32	8950	8380	6.7	—	—	—
5	9.30	9300	8880	7.4	—	—	—
6	9.30	9400	8700	7.4	—	—	—
7	9.31	9250	8550	6.9	—	—	—
8	—	—	—	—	0.32	—	—
9	—	—	—	—	0.37	—	—
出荷時	6-39-40	9.30	9550	8815	6.2	0.44	48年4月
	6-39-51	9.30	9400	8800	7.1	—	

A-1の荷重-伸び曲線を付図1、機械試験の様子を写真-6~9、またサンプルの破断後の状況を写真-10に示す。

2) 組織

入手サンプルの破断部近辺の顕微鏡組織を写真-11に示す。

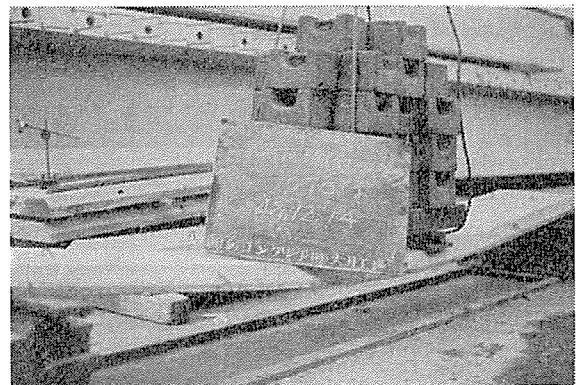
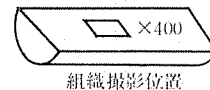


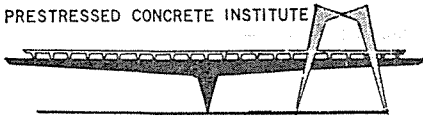
写真-9 耐火後のPC天井版の載荷試験 (t=60 m/m)

参考資料

- 1) 猪股俊司訳：プレストレスト コンクリート, Vol. 12, No. 5, Sept. 1970.
- 2) 小寺重郎, 他：PC工法の応用 (土木新技術選書)
- 3) 西野・泉共著：土木構造物の耐火性について, コンクリート ジャーナル Vol. 11, No. 8.

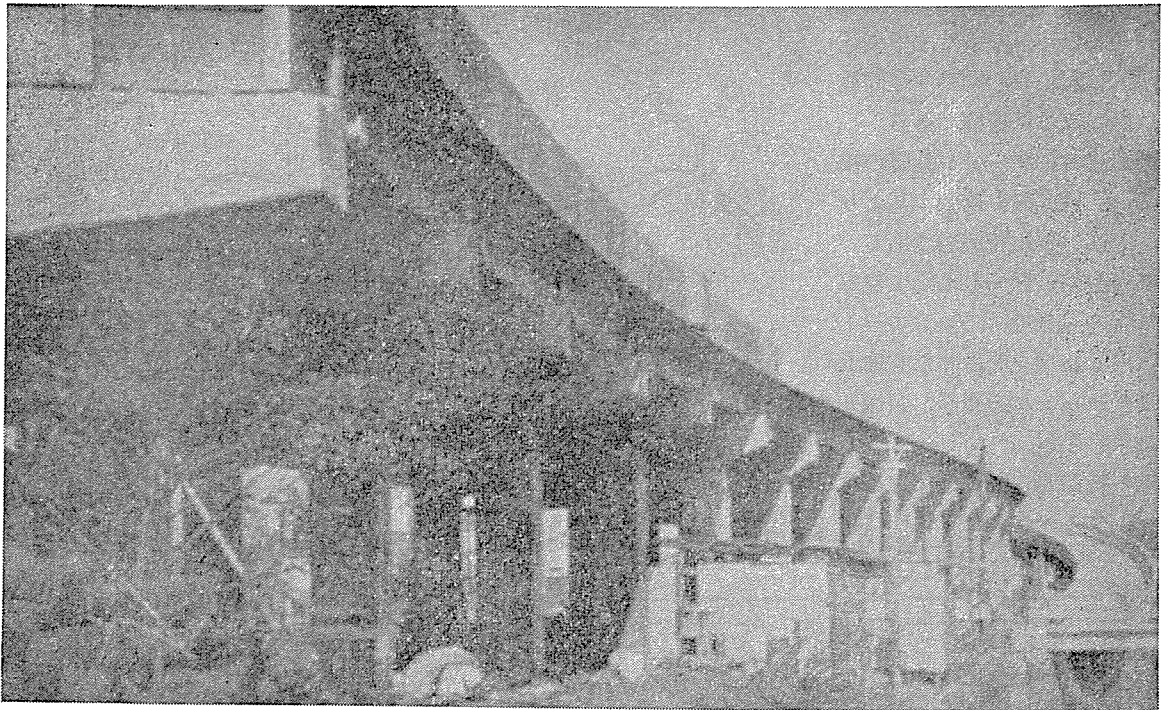
1975.7.20・受付

MEMBER  
PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE



# 興國のPC鋼線

## 鋼線・より線・異形線



★興國のPC鋼線・より線・鋼棒は国内はもとより海外の土木・建築に好評を得ております★



日本工業規格表示工場 B. B. R. V. 工法用鋼線認定工場 P. C. I. (アメリカP. C. 協会) 会員

## 興國鋼線索株式會社

本社	東京都中央区宝町2丁目9番地 宝町清水ビル	電話	東京 (561) 2 1 7 1 代表
大阪営業所	大阪市西区阿波通り1の67の1 大急ビル550	電話	大阪 (541) 3 5 9 5 代表
東京工場	東京都江東区亀戸町九丁目19-15号	電話	東京 (681) 5 3 7 1 代表
大阪工場	大阪府貝塚市堤3 0 0 番地	電話	岸和田貝塚(3)3701 代表
新潟工場	新潟県加茂市上条1 3 6 9 番地	電話	加茂(2) 0 2 8 0 代表