

# トンネルPC天井版

仙洞田 将 行\*

## 1. まえがき

我が国において、道路トンネルの場合、500 m 以上のトンネルは、排気ガス等の換気のため人工的にトンネル内の換気をする事になっている。トンネル換気のシステムには、ジェットファンを利用して、縦流式に換気をする方法と、トンネルの天井にダクトをもうけて、新しい空気だけを天井ダクトよりトンネル内に送るもの、および天井ダクトを隔壁で分割して、送気ダクトと排気ダクトを採用する場合とがある。近年トンネル天井版に多種の材料が用いられていたが、日本道路公団の中央自動車道恵那山トンネル、延長=8489 m の長大トンネルの設計に当たり横流式が採用され、そのダクトの材料の検討に当たり多種の材質が上げられたが、半永久的に使用された場合は、プレストレストコンクリート版が最終的に残った。しかし、PC版は、トンネル内の火災に対して、版内の応力により、爆裂、はく落等の危険があるのではないかと心配された。したがって、トンネル天井版の設計が完了した時点で、耐火実験を行って、PC版が

天井版としての可否を決める事になった。

## 2. PC版の耐火試験について

### 2.1 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て、天井版の安全性と耐力を確認する。

- 1) 高温度 (925°C, 60分) における PC 版のひびわれとはく落
- 2) 火災時の PC 版のたわみ挙動の把握
- 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

### 2.2 供試体

試験のための PC 版は、加熱炉の寸法に合わせ、長さ=360 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種とし、表-1 のように設計した。供試体は PC 版 7 枚を一組として、加熱炉上で組み立て、目地部は差筋を溶接して無収縮性モ

表-1 供試体の製作

		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					

\* 興和コンクリート (株)

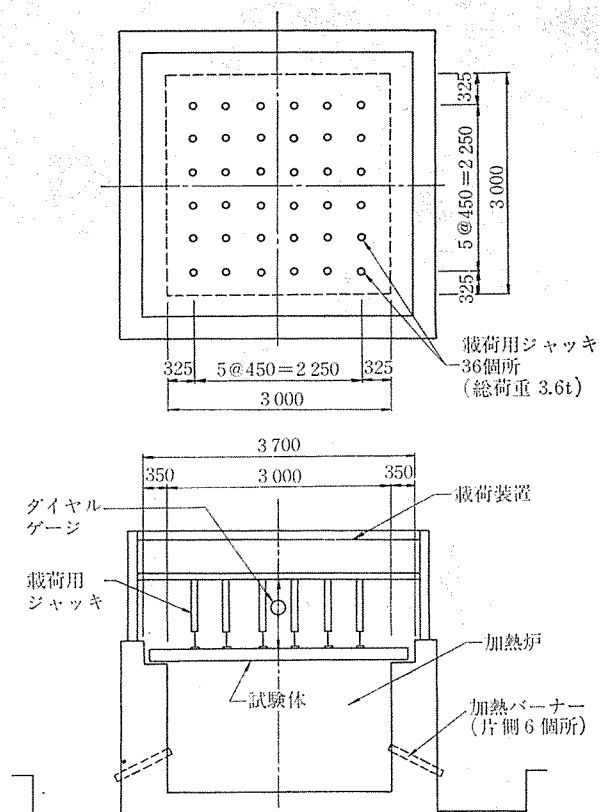


図-1 大型加熱炉

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

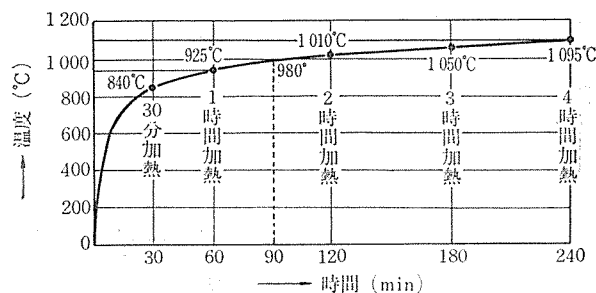


図-2 標準加熱曲線

ルタルを充填した。

### 2.3 試験方法

試験方法は、「JIS A 1304 建築構造部分の耐火試験方法」の床として、1時間加熱の方法は図-1の大型耐火加熱炉を使用し、図-2の標準加熱曲線に沿って実施した。

### 2.4 試験の結果と考察

加熱試験の結果を表-2、加熱後のPC版およびPC鋼材の耐力試験結果を図-3および表-3に示す。以上の結果から次のことが確認された。

表-2 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	
加熱試験の結果	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>	
	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	3600×3530×80		3600×3530×60	
	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 5kg 2m	衝撃部に深さ3mm、直径30mmの凹痕を生じた。		衝撃部に深さ3mm、直径30mm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)	
	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)	

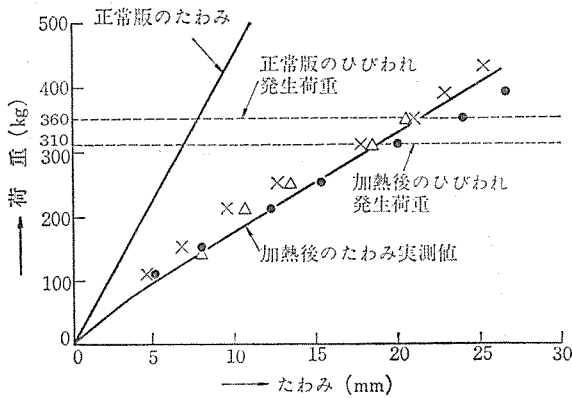


図-3 加熱後の PC 版の耐力



写真-1 現場に搬入された PC 天井版および受台

表-3 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	—	

- 1) 高温度における PC 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生じなかった。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 80% 程度が復元した。
- 2) PC 鋼材の温度はかぶりに大きく影響され、一般的に 400°C 以下であれば問題にならない。試験の結果より、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 PC 版から PC 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% 低下にとどまった。
- 3) 加熱後の PC 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、破壊に対しては予想破壊荷重 (正常版

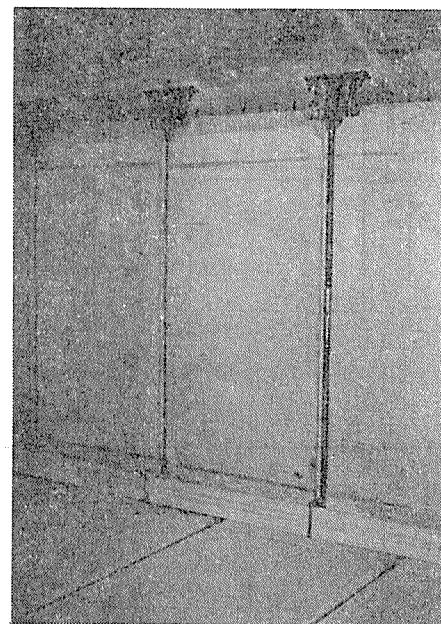


写真-2 天井版および隔壁版取付け状況

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版の取替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。

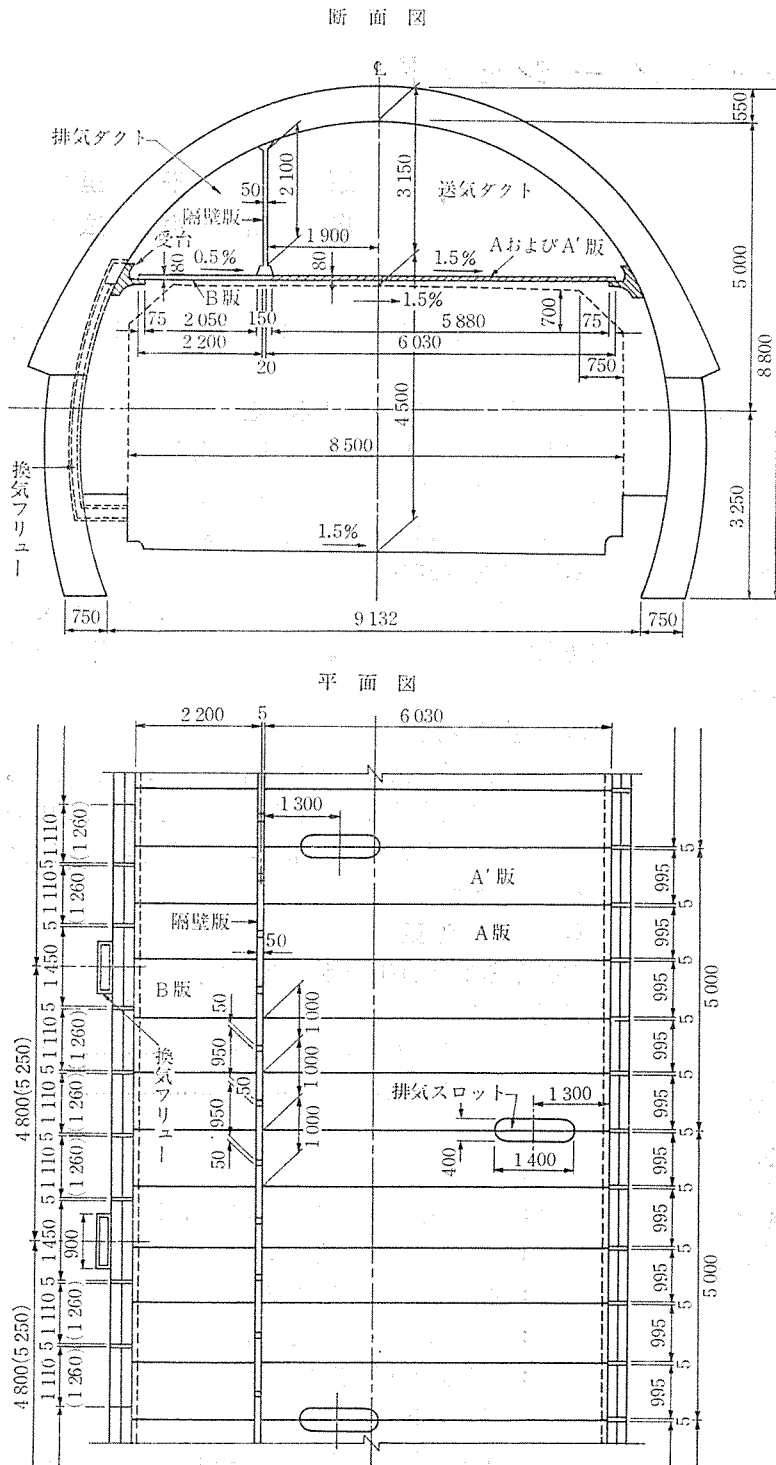
- 4) まとめ PC 版がトンネル換気ダクト用天井版として使用されても、今回の耐火試験から PC 版の高温度における性能は高く評価されるものと考えられる。

### 3. トンネル天井版に PC 版を使用した場合の構造形

トンネル内のダクト形式によって構造は多少変わってくるが、我が国の道路トンネルに使用された箇所は、

- 1) 中央高速道路 恵那山トンネル
- 2) 中央高速道路 笹子トンネル

以上の二つのトンネルの天井版に PC 版が使用された。



図一4 恵那山トンネル PC 天井版標準構造図

換気形式は、横流式である。ここでは参考までに、恵那山トンネルの標準部の構造図を例にあげ説明を行う。

まず図一4に示すように、トンネル内に天井版と隔壁版によって、送気ダクトと排気ダクトをPC版によって組み立て、版と版との目地は差筋を溶接して無収縮モルタルで気密性を持ったダクトをつくる構造に設計されている。

#### 4. 部材製作について

図一4に示すように、PC天井版と隔壁版は、プレテンション方式の工場製品であり、受台はRC構造の工場部材として製作されている。

天井版の製作は、ロングラインのプレテン工場に3日に一度のサイクルで製作され、工場内および架設時までのストックヤードでの積置きは、部材の変形のない位置に台木を置きストックする。

#### 参考資料

- 1) 恵那山トンネル PC 天井版工事報告、プレストレストコンクリート Vol. 17, No. 4
- 2) 土木構造物の耐火設計について、コンクリートジャーナル, Vol. 11, No. 8
- 3) プレストレストコンクリートの耐火性、疲労強度、衝撃に対する抵抗性、腐蝕性、など、プレストレストコンクリートの設計および施工、技報堂