

東山トンネルPC天井板の設計・施工

名古屋支店 川本幸広
 名古屋支店 岡林秀勝

概要：東山トンネルは、名古屋市道路公社が建設を進めている市道高速1号四谷高針線の内、東山丘陵地帯を貫通する上下線合わせて約5kmの道路トンネルである。東山トンネルの換気システムは、立地上換気用立坑の設置が可能であることから横流方式天井板による換気方式が立案され、耐荷性、耐久性、供給性、および経済性について検討した結果、天井板構造にはプレキャストPC板が採用された。本天井板工事の特色は、隔壁により分割された2室構造であり、トンネル壁側の受け台もプレキャスト部材とし、それぞれの部材の架設において専用台車を用いて施工したことである。本報告は、大規模な横流方式天井板工事である東山トンネルPC天井板工事の設計、施工について記述するものである。

キーワード：横流方式，風荷重，天井板，隔壁板，受け台，中央支持部材，バルクヘッド

1. はじめに

東山トンネルの横流方式換気ダクトは図-1に示すように、トンネル断面を上下に分離するPC天井板、PC天井板により分離されたトンネル断面上部を左右の空間(ダクト)に分離するPC隔壁板、PC天井板をトンネル壁側で支持するRC受け台、PC天井板をトンネル中央で支持しかつ隔壁板を保持する中央支持部材の4種部位より構成されている。

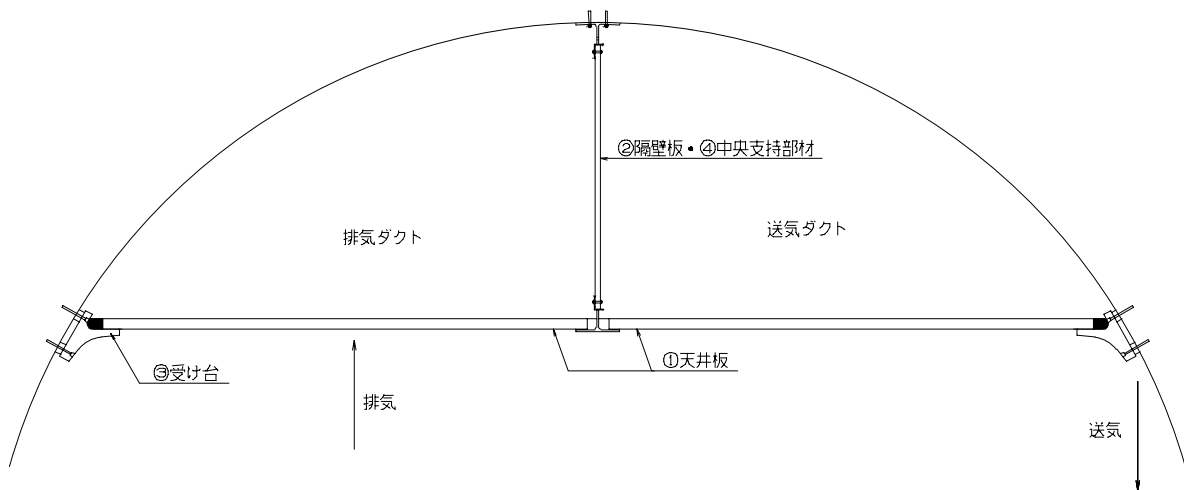


図 - 1 横流方式概略図



川本幸広
 土木技術部



岡林秀勝
 土木工事第一部

横流方式は、天井板によって隔離したトンネル断面に送排気の空気流を起こすことによりトンネル内の換気を行うものである。東山トンネル上り線においては、図-1に示すように受け台に設けた送気ダクトから車道部に新鮮な空気を送り込むと同時に、汚れた空気は天井板の開口より左側部分の排気ダクトに吸気する。下り線においては送排気のダクト位置が上り線と左右反対となる。

設計の課題としては、送気ダクトを設ける受け台の形状決定があった。検討の結果、図-12に示すように、受け台の中央支持部を切り欠いてダクトを取り付けることとし、その結果、天井板反力により発生するねじりモーメントに耐え得る構造とした。

施工においては、架設作業の効率をはかる目的で、受け台取り付け、および天井板、隔壁板架設のために図-21、22に示す専用の作業台車を用いた。また、天井板の反り量のばらつきにともなう段差発生が懸念されたため、図-17に示すように目地部において天井板側面からの鉄筋どうしを溶接接合することにより隣接する天井板の段差調整を行った。

2. 全体概要

東山トンネルの天井板工事は、図-2に示すように上り線 Ⅰ区、下り線 Ⅰ区～Ⅴ区の9工区に分かれている。

施工概要

- 件名：市道1号四谷高針線東山公園工区（上り線）トンネルダクト設置工事
- 発注元：名古屋市道路公社
- 施工場所：愛知県名古屋市名東区藤巻町1丁目
- 仕様寸法：工事延長 L = 985 m トンネルダクト工事
- 工期：平成14年5月～平成15年2月

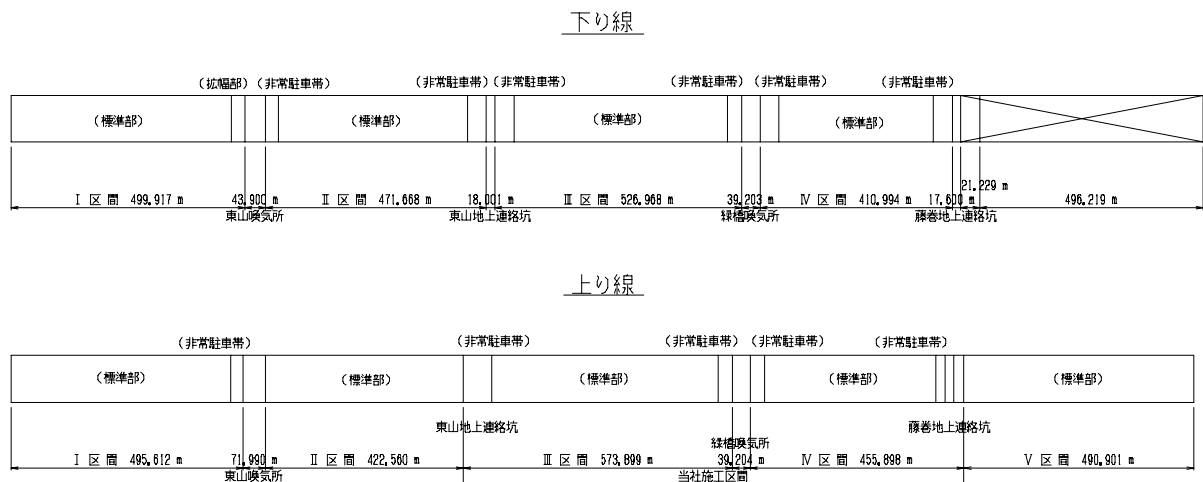


図-2 全体概要図

各工区は標準部、拡幅部、非常駐車帯部に分けられており、その各々でトンネル断面が異なる。当社は上り線のⅠ区、Ⅱ区、Ⅲ区、Ⅳ区、Ⅴ区の施工を実施した。

上り線 Ⅰ区～Ⅴ区の標準部および非常駐車帯部のトンネル断面の形状を図-3および図-4に示す。

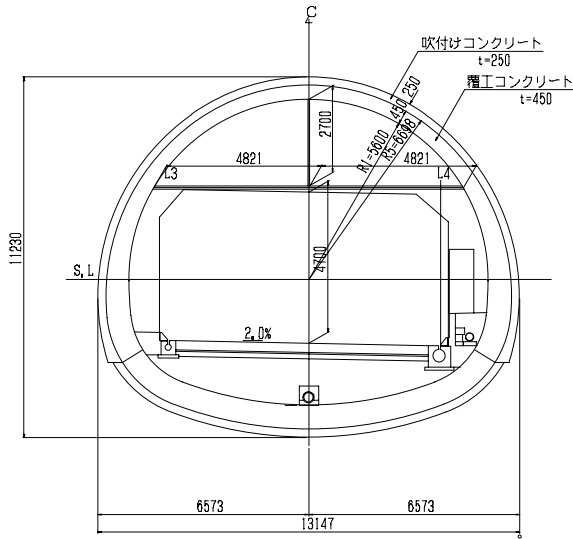


図-3 上り線 III区 標準部

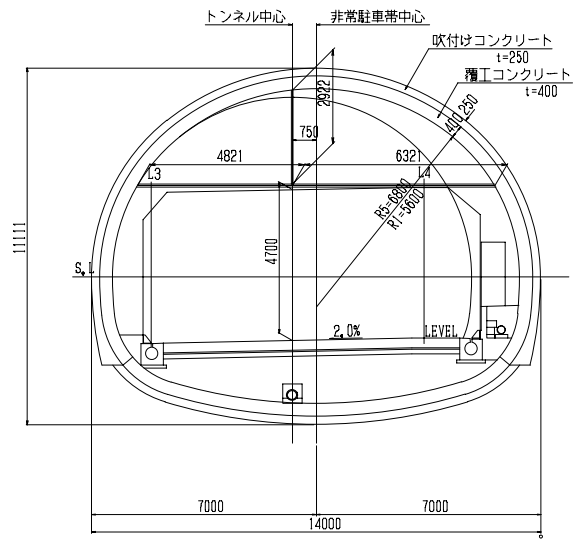


図-4 上り線 III区 非常駐車帯部

3. 設計

(1) 設計概要

天井板，隔壁板は，ひびわれや破壊に対する安全度が大きく，耐久性部材としての実績も多く，また部材寸法の変更が容易なプレテンション方式のプレキャスト部材とした．受け台は，天井板との違和感をトンネル利用者を感じさせないための配慮と経済性的見地から同じコンクリート製とし，RCプレキャスト部材とした．また，吊り材である支持部材は鋼製を用いた．

天井板の設計を実施するに当たり，風荷重と施工荷重に対して安全だけでなく，保管時・施工時においてクリープ・乾燥収縮による変形が天井板に発生しないようにするため，天井板自重作用時においてたわみを生じないようなプレストレス量とすることとした．

(2) 天井板および隔壁板の設計

a) 荷重条件

施工時：自重 + 作業荷重 (1 kN/m²)

常時：自重 + 風荷重 (風圧)

表 - 1 風荷重

区間	下り線			上り線		
	延長 (m)	送気 (kN/m ²)	排気 (kN/m ²)	延長 (m)	送気 (kN/m ²)	排気 (kN/m ²)
	449.917	0.75	1.40	495.612	0.20	1.00
	471.668	0.60	1.00	422.560	0.60	1.00
	526.968	0.60	1.00	573.866	0.60	1.00
	401.994	0.25	0.70	455.898	0.40	0.80
	-	-	-	490.901	0.30	0.80

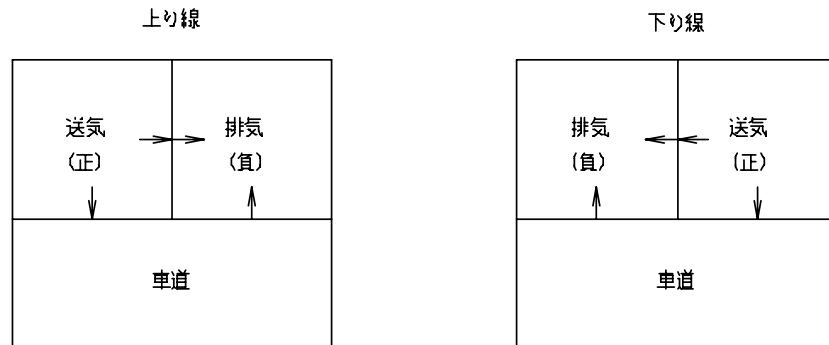


図 - 5 風荷重作用方向

b) 構造条件

図 - 6 に示すように、2枚の天井板と隔壁板をそれぞれ独立した単純梁と考える。但し、下り線の工区と上り線の工区は天井板支間が長い為中間支持を設けるので、図 - 7 に示すように連続梁として計算する。

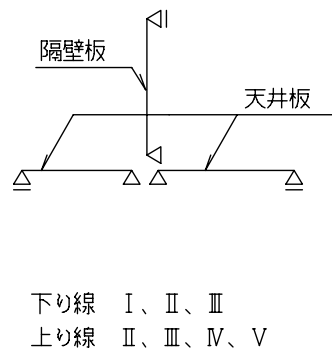


図 - 6 (標準部)

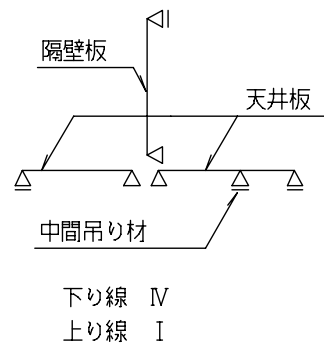


図 - 7 (拡幅部)

c) 断面条件

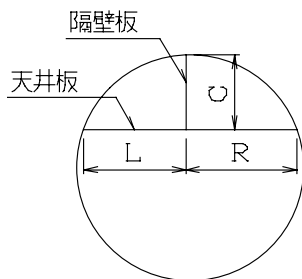


図 - 8 部材支間

表 - 2 部材支間

		単位(m)		
		L	R	C
下り線	標準部	4.375	5.305	3.399
	非常駐車帯部	5.915	5.345	4.162
	非常駐車帯部 1	6.065	4.565	3.140
	標準部	4.565	4.565	2.918
	非常駐車帯部 2	6.065	4.565	3.140
	非常駐車帯部 1	6.065	4.565	3.140
	標準部	4.565	4.565	2.918
	非常駐車帯部 2	6.065	4.565	3.140
	非常駐車帯部 1	3.705	8.075	4.493
	標準部	2.145	8.015	3.171
	非常駐車帯部 2	3.645	8.015	3.891
	上り線	標準部	6.985	3.235
拡幅部		7.285	3.535	4.468
標準部		4.275	4.275	2.368
非常駐車帯部 1		4.305	5.805	2.640
標準部		4.305	4.305	2.418
非常駐車帯部 2		4.305	5.805	2.640
非常駐車帯部 1		5.175	4.675	2.327
標準部		5.175	3.175	1.981
非常駐車帯部 2		5.275	4.275	2.125
標準部		5.275	2.775	1.732

d) 計算結果

計算結果を表 - 3 に、上り線 工区標準部の部材断面を図 - 9、図 - 10 に示す。

表 - 3 計算結果

	板厚 cm	コンクリート強度 N/mm ²	PC鋼材	備考
天井板	10.0	60	SWPR7AL 12.4mm	
隔壁板	5.0	60	SWPD3L 2.9mm	下り線 非常駐車帯部
		70		

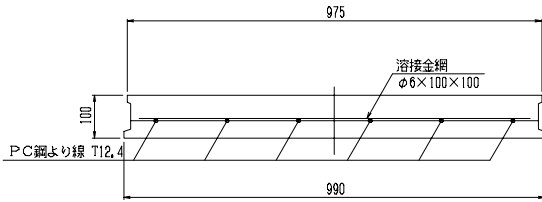


図 - 9 天井板断面図

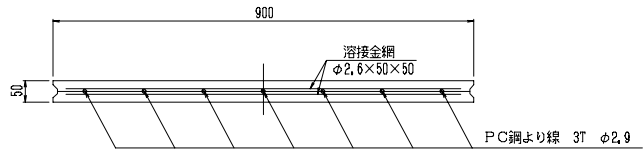


図 - 10 隔壁板断面図

(2) 受け台の設計

受け台はプレキャストのRC部材とした。また、受け台には標準受け台と、送気口が取り付けられる張り出し受け台の2種類があり、それぞれについて設計を行った。設計に使用した天井板反力は表 - 4 のとおりである。図 - 11 に示すように、受け台の設計は、天井板からの反力に対して受け台各部の安全性、トンネル壁面に設置するアンカーボルトの検討、およびアンカーボルト引張力が受け台部に及ぼす影響について実施した。

表 - 4 受け台反力表

左側受け台 KN	右側受け台 kN
10.4	10.0

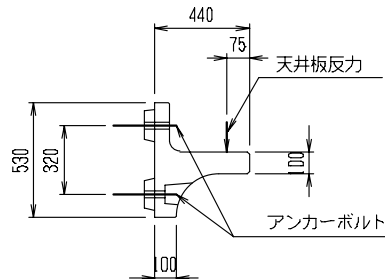


図 - 11 受け台設計概要図

上り線 工区における標準受け台の配筋図を図 - 12 に示す。

なお、張り出し受け台は、図 - 13 に示すように送気口の開口が設けられるため、天井板支持部にねじりモーメントが発生する。よって、ねじりの検討を追加した。

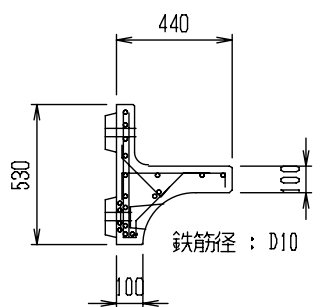


図 - 12 標準部受け台配筋図

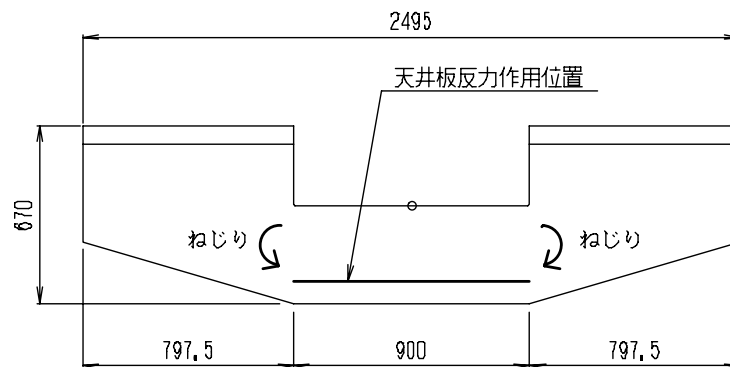


図 - 13 張り出し受け台平面図(ねじり状況)

ねじりによるせん断応力度は、 $t = Mt / Kt$ により算出した。その結果、せん断応力度の合計 $t+$ は、表 - 5 に示すように許容値 a を上回るため横方向および軸方向に鉄筋を配置し、ねじりに対して安全な構造とした。

表 - 5 張り出し受け台ねじり検討結果

	$t+$ (kN/m ²)	a (kN/m ²)	横方向鉄筋	軸方向鉄筋
左側受け台	632	390	D10 ctc75	D10 6本
右側受け台	605	390	D10 ctc75	D10 6本

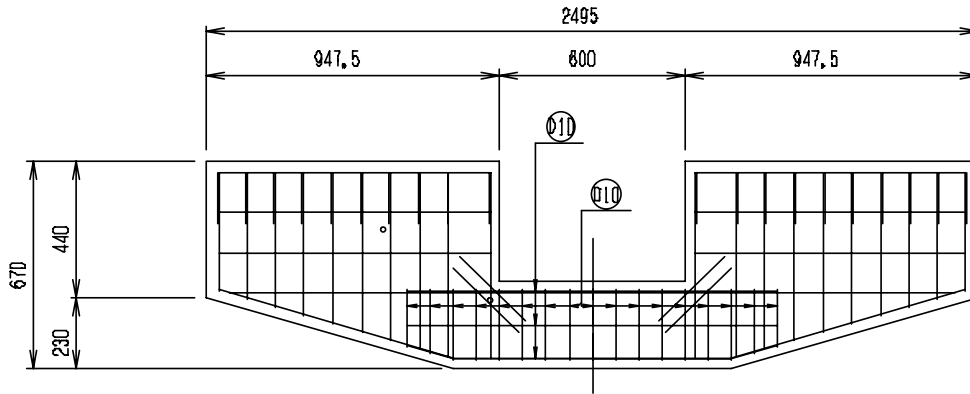


図 - 14 張り出し受け台配筋図

(3) 支持部材の設計

支持部材は中央支持部材と中間支持部材の2種類がある。中央支持部材は全線に渡りトンネル中央で天井板と隔壁板を支持する部材で、図 - 15 に示すように中央上部金具と中央吊り金具および中央支持金具から構成されており、トンネル全線にわたりトンネル壁上部に設置される。設計は天井板からの反力および隔壁板自重が軸力として作用するものとして実施した。

中間支持部材は天井板スパンが長い下り線 区間と上り線 区間に設置されるもので、天井板中間を支持する金具である。

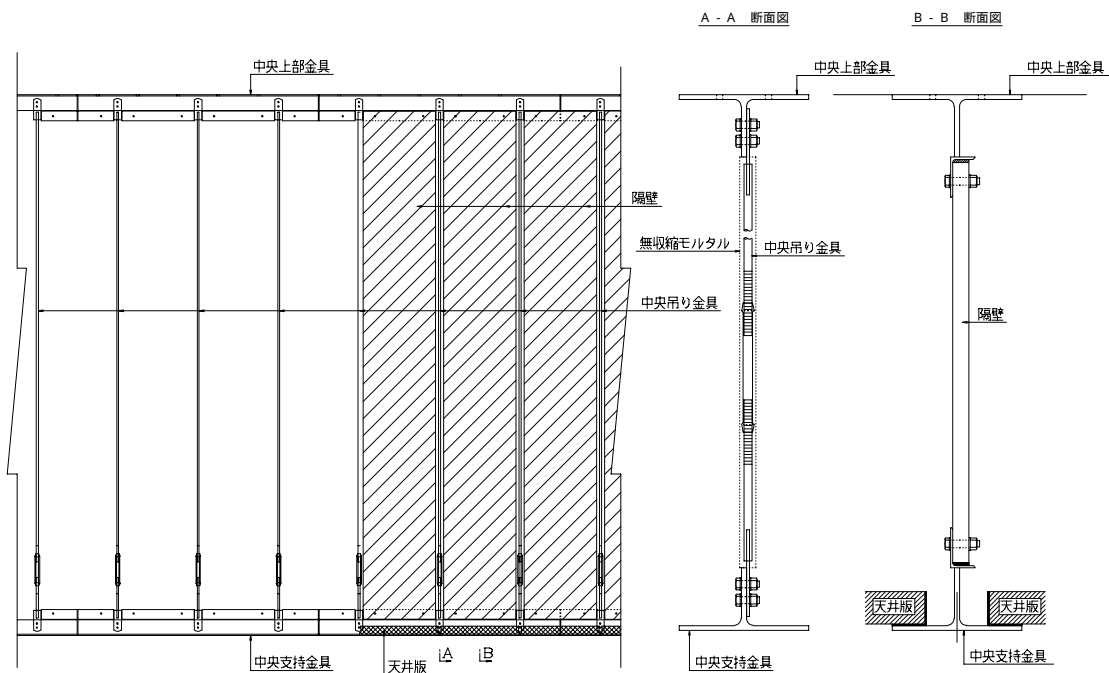


図 - 15 中央支持金具

(4) 目地部の構造

構造の一体性と送風時における漏風防止のため、天井板間、隔壁板間および天井板両端部の目地には無収縮モルタルを打設する。したがって、隔壁板間の目地に配置されている上記の中央吊り金具は無収縮モルタルによって埋め込まれる。図 - 16 ~ 図 - 18 にそれぞれの目地構造を示す。

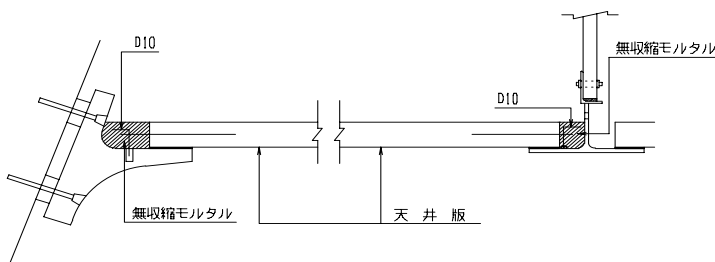


図 - 16 天井板端部目地

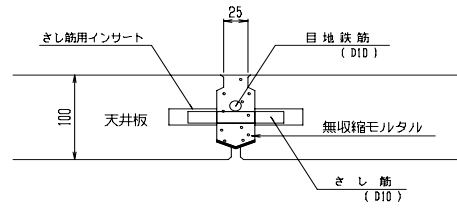


図 - 17 天井板間目地

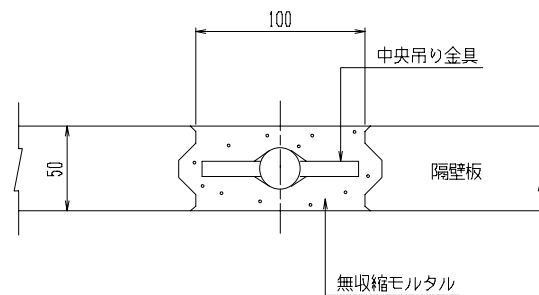


図 - 18 隔壁板間目地

4. 施工

(1) 施工フロー図

施工全体のフローチャートを図 - 19 に示す。

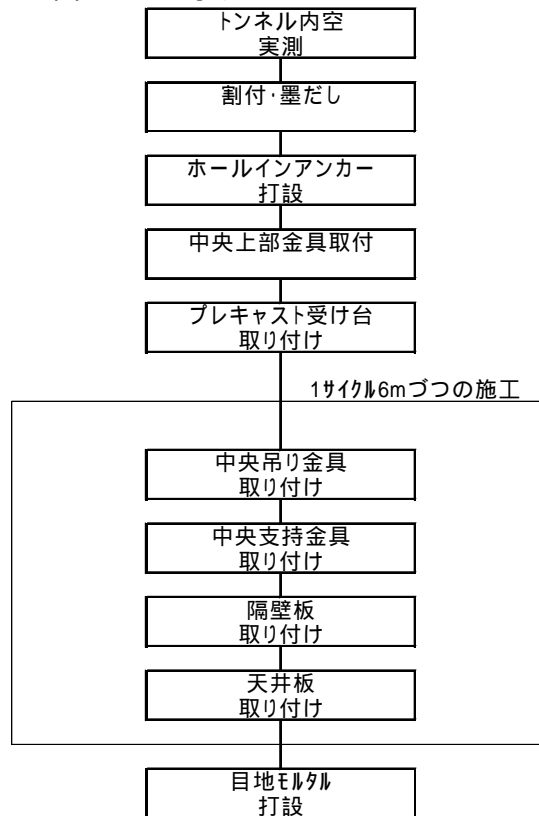


図 - 19 フローチャート

測量・割付

トンネル内空の出来形にはばらつきがあると考えられるため、天井板および隔壁板の製作に先立って覆工が完了したトンネルの内空実測を行い、製作寸法を決定するための割付を行った。トンネルの実測は天井板の設置高さ位置においての内空幅、隔壁板設置位置のトンネル頂部から天井板の設置高さまでの内空高さをトンネル延長10m毎に実施した。その実測値をもとに天井板は60mm単位で隔壁板については20mm単位で分類し製作長を決定した。

(3) 受け台取付

天井板のトンネル壁面側を支持するため受け台(プレキャスト製RCブラケット)は図-21に示すように、専用台車を用いて取り付け作業を実施した。ユニック車で受け台を専用台車で荷揚げし、専用台車上の油圧ジャッキにてトンネル壁面に押し付けホールインアンカーにて固定した。

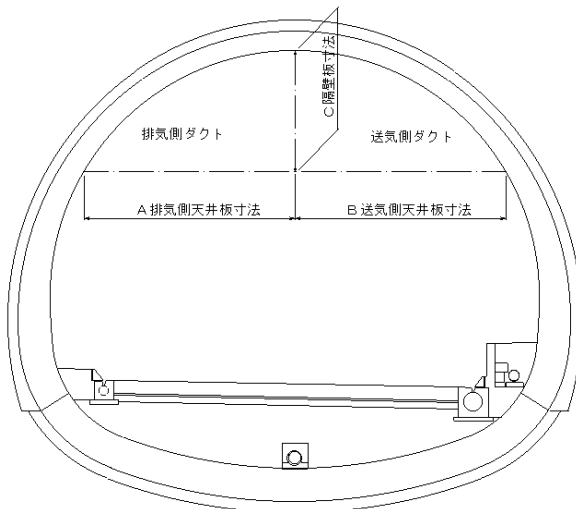


図-20 トンネル内空測量

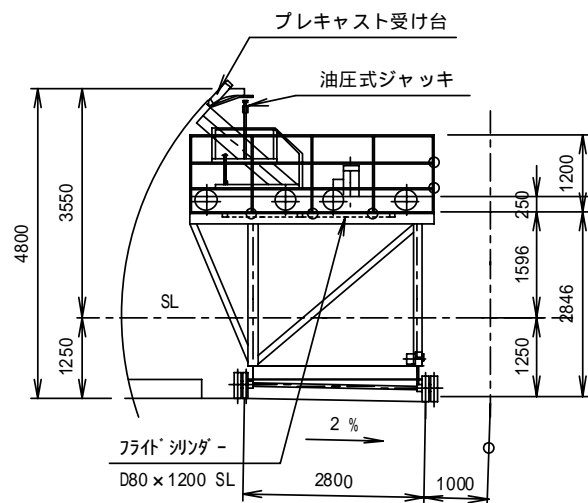


図-21 受け台取り付け専用台車



写真-1 受け台設置専用台車



写真-2 受け台設置状況

(4) 中央支持金具、隔壁板および天井板の取付

中央支持金具、隔壁板および天井板の取り付けは図-22に示す専用台車を用いて行った。ユニック車またはクレーンにて各部材を専用台車の上に荷揚げし、台車上の可動式のターンテーブルに載せて所定の位置まで移動させ設置した。これら部材の取り付けは専用台車の8.0m x 7.6mのステージ上で行うため、6m(天井板6枚分)を1セットとしてのサイクル作業となった。施工サイクルを図-23のフローチャートに示す。

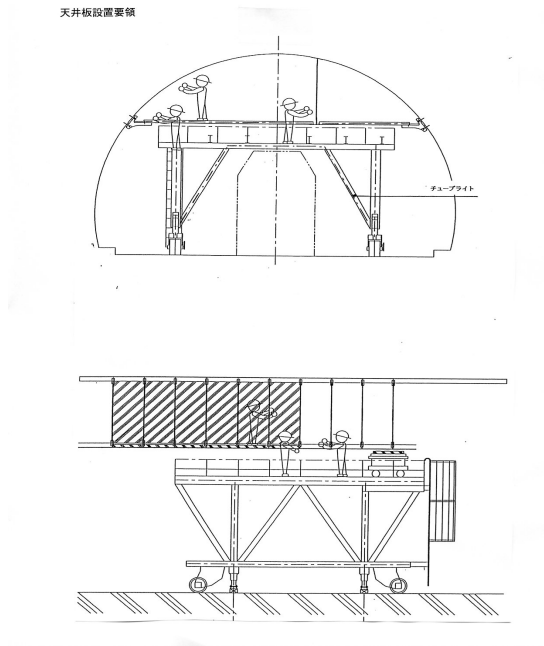


図 - 2 2 天井板設置専用台車

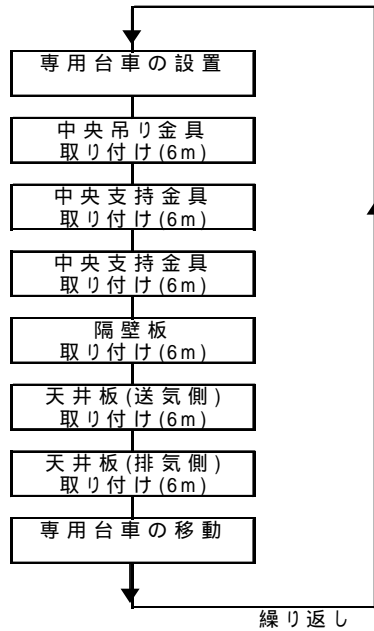


図 - 2 3 天井板設置施工サイクル図



写真 - 3 中央支持部材設置状況



写真 - 4 隔壁板設置状況



写真 - 5 天井板荷揚げ状況



写真 - 6 天井板設置状況

(5) 目地部無収縮モルタル打設

前述したように、天井板間、隔壁板間および天井板両端部に無収縮モルタルを打設する。なお、打設に先立ち、天井板間の連結および受け台や中央支持金具と接続するために、天井板の目地間と端部に D 10 鉄筋を配置する。

(6) バルクヘッドの施工

バルクヘッドは、トンネル本坑に連絡坑が接続する部分において、ダクト内送風が連絡坑側に流れるのを防止する目的で連絡坑上部を半月状に遮蔽する部材である。バルクヘッドは天井板施工後、鋼材と鋼板を組み合わせて施工する。写真 - 7 にバルクヘッドの状況を示す。



写真 - 7 バルクヘッド

(7) 完成

施工前状況および施工完了状況を以下に示す。



写真 - 8 天井板設置前



写真 - 9 天井板設置完了

5. おわりに

東山トンネル天井板工事は、天井板だけでなく隔壁板および受け台もコンクリート部材を用いて実施した本格的な横流方式PC天井板工事である。また、バルクヘッドを含む本坑と連絡坑の取り付け部の施工、および本文では省略したが震災等の災害時のためのフェイルセーフ設備工事も当社施工分に含まれており、天井板工事のほとんどの部分を本工事で経験することができた。よって、これら設計、施工に関する一連の技術蓄積は将来に実施される同種の工事において十分に参考となるものと考えられる。

謝辞

最後に、本工事の発注者である名古屋高速道路公社の皆様、ならびに設計に関する事項をまとめるにあたり適切なご指導を頂いたパシフィックコンサルタンツ(株)の倉持課長をはじめ関係各位の皆様へ深く感謝いたします。また、本工事にあたりご支援を頂いた関係者の皆様に合わせて感謝の意を表します。