

PC スノーシェッドの設計と施工について

八 木 定 利*
 児 玉 充**
 鳥 海 広 史***

1. ま え が き

我が国の国土の大半は山岳地帯で、山間部の道路計画は年々増加している。これに伴い、土砂崩れ、落石、雪崩から道路を防護し、交通の安全を確保する一方法として、スノーシェッド、ロックシェッド等の需要も増加している。これらのシェッドは、環境および施工条件等の制約からプレキャスト化し、かつ軽い PC 構造とすることが有利と考えられる。

2. 設計の要点

2.1 構造型式

主として雪崩から道路を防護するため道路を覆うように架設される構造物をスノーシェッドといい、プレストレストコンクリートの主梁でシェッドの屋根を形成したものを Prestressed Concrete Snow Shed (略して PC スノーシェッド)と呼んでいる。

シェッドの上部工の構造型式は、設置場所の地形、地質、荷重の種類および大きさにより各種の型式が考えられるが、その代表的なものを 図—1 (a)、図—1 (b) に示

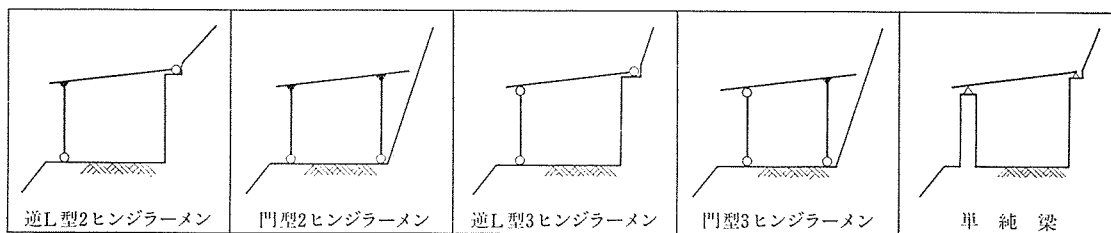
す。

一般に PC スノーシェッドは、主梁および柱を品質管理の行き届いた工場で作製し、現場に運搬して組立てる方式のものである。

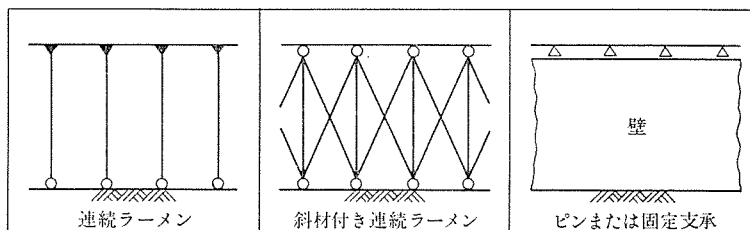
2.2 荷 重

シェッドの荷重には以下に示すようなものがあり、設計に際しては、設置場所の諸条件によって、ここにあげた荷重の中から必要に応じて適宜選定される。各荷重についての詳しい説明は、本誌 Vol. 22, No. 4 でなされているので省略する。

- | | |
|----------|---|
| 1) 死 荷 重 | 自 重
サンドクッション |
| 2) 雪 荷 重 | 積雪荷重
雪崩荷重
デブリ荷重*1
巻だれ荷重*2
沈降力荷重*3 |
| 3) 土石荷重 | 堆積土荷重
落石荷重
土石流荷重 |



図—1 (a) 道路直角方向構造型式



図—1 (b) 道路(柱列)方向構造型式

* オリエンタルコンクリート(株) 仙台支店工務部副部長

** オリエンタルコンクリート(株) 仙台支店工事部工事課

*** オリエンタルコンクリート(株) 仙台支店工務部設計課

- 4) プレストレス力
- 5) コンクリートのクリープ乾燥収縮の影響
- 6) その他 地震の影響
温度変化の影響
風荷重
衝突荷重
架設時荷重

*¹ デブリとは、雪崩によって運ばれ、堆積した雪をいい、通常は圧縮された雪塊の集合体である。
 *² 積雪が屋根面に沿ってずり落ち、庇にぶら下がるものを巻だれという。
 *³ 巻だれが大きくなり地上の積雪とつながった状態で放置すると、時間とともに雪の沈降によって下方に引張る力が生ずる。これを沈降力という。

2.3 荷重の組合せ

荷重の一般的な組合せは表-1のとおりであり、設計に際しては、荷重条件によって適宜選定される。

表-1 荷重の組合せ

荷 重 の 組 合 せ	
長期荷重	(1) 死荷重+プレストレス力+コンクリートのクリープ・乾燥収縮の影響
	(2) (1)の組合せ+積雪荷重
	(3) (1)の組合せ+1/3積雪荷重+デブリ荷重
	(4) (1)の組合せ+堆積土荷重
	(5) (1)の組合せ+温度の影響
	(6) (1)の組合せ+風荷重
短期荷重	(7) (1)の組合せ+1/2積雪荷重+雪崩荷重
	(8) (1)の組合せ+落石荷重
	(9) (1)の組合せ+土石流荷重
	(10) (1)の組合せ+1/2積雪荷重+地震の影響
	(11) (1)の組合せ+堆積土荷重+地震の影響

2.4 使用材料

(1) コンクリート

コンクリートの設計基準強度は、PC部材、RC部材とも、道路橋に使用される部材の強度以上であればよい。

PC梁のコンクリート強度は、山間部での運搬・架設等を考慮して、自重を軽減するための高強度コンクリートを使用する場合もある。

(2) PC鋼材

PC鋼線、異形PC鋼線およびPC鋼より線は、JIS G 3536に適合したものが使用される。

(3) 鉄筋

鉄筋は、JIS G 3112に適合したものが使用される。

2.5 PC部材の設計

PC部材は「プレストレストコンクリート標準示方書」および「道路橋示方書 コンクリート橋編」に基づいて

設計が行われる。橋梁のPC部材の設計とほとんど変わらない。PC部材の引張側の応力レベルについては、PCスノーシェッドにおいても、これまで長期荷重、短期荷重のいずれに対しても、コンクリートのひびわれを許容しない Limited Prestress (Ⅱ種)で設計されてきたが、最近、短期荷重に対しては、ある範囲内でひびわれを許容する Partial Prestress (Ⅲ種)で設計の方が合理的ではないか、との考えもあり、今後この方面の研究が進むにつれ Partial Prestress での設計へと移行していくものと思われる。

2.6 RC部材の設計

RC部材は「コンクリート標準示方書」に基づいて設計が行われる。

2.7 支持部の設計

柱の基部は図-1に示したようなヒンジ構造であり、通常鋼製の沓を用いず、ヒンジ部で鉄筋を交差させ、その弾力性を利用するメナーゼヒンジ構造としている。主梁の支持部には合成ゴムが使用される。

2.8 目地部の設計

工場で製作されたプレキャスト部材を一体化する場合

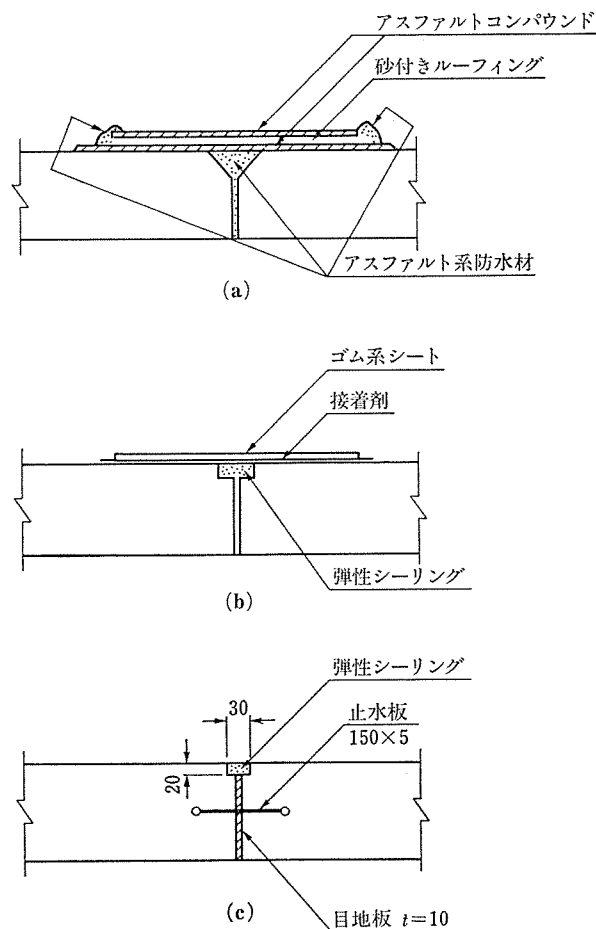


図-2 屋根部の防水工

報 告

には、目地の位置および構造等を十分検討し、構造物全体または各部材が所要の強さを発揮することができるよう設計しなければならない。目地幅は次の値を目安とするのがよい。

- セメントモルタルの場合 1~6 cm
- 樹脂モルタルの場合 0.1~0.3 cm
- コンクリートの場合 20~50 cm

伸縮目地および部材の接合目地は図-2に示すような防水工が使用されている。

3. 実施例

3.1 工事概要

- 発注者：福島県
- 工事名：国道352号線防雪工事
- 工事位置：福島県南会津郡伊南村恥風地内
- 構造型式：逆L型2ヒンジラーメン
- 道路規格：3種3級（設計速度 40 km/h）
- 道路幅員：8.0~8.5 m
- 建築限界：4.5+0.2（余裕高）=4.7 m
- 設置延長：120.0 m

3.2 上部工の設計概要

（1）設計上の基本方針

本防雪工は、環境および施工条件等を考慮し、計画に際して以下のような基本方針が設定された。

- 1) シェッドの構造型式は、図-3に示すような、逆L型2ヒンジラーメンとする。
- 2) 工期を短縮するため、部材は主梁と柱に分割し工

場にて製作し、現場に運搬して組立てる。

3) 設計条件および設計方法は「新防雪工学ハンドブック」日本建設機械化協会、「スノーシェッド設計要領（案）」福島県に従う。

4) 断面力の算出に際しては、道路直角方向、道路方向ともに平面骨組構造とし、タワミ角法によって解析する。

（2）設計条件

- 設計積雪深： $H_s=3.00$ m
- 積雪の単位重量： $r_s=0.30$ t/m³
- 雪崩の層厚： $H_a=1.50$ m
- 雪崩の単位重量： $r_a=0.45$ t/m³
- 雪崩斜面の平均勾配： $\alpha=40^\circ$
- 雪崩の動摩擦係数： $\mu_a=0.3$
- シェッド屋根面の勾配： $\theta=10^\circ$
- 設計水平震度： $K_h=0.15$
- 主梁・柱の設計基準強度： $\sigma_{ck}=750$ kg/cm²

（3）荷 重

○自重

自重は、表-2に従って算出した。

表-2 単位重量 (単位 kg/m³)

材 料	単位重量	材 料	単位重量
鋼	7850	瀝青材	1100
鉄筋コンクリート	2500	緩衝材切込砂利	1800
プレストレストコンクリート	2600	〃 砕砂	1600
無筋コンクリート	2350	〃 山土	1800
セメントモルタル	2150		

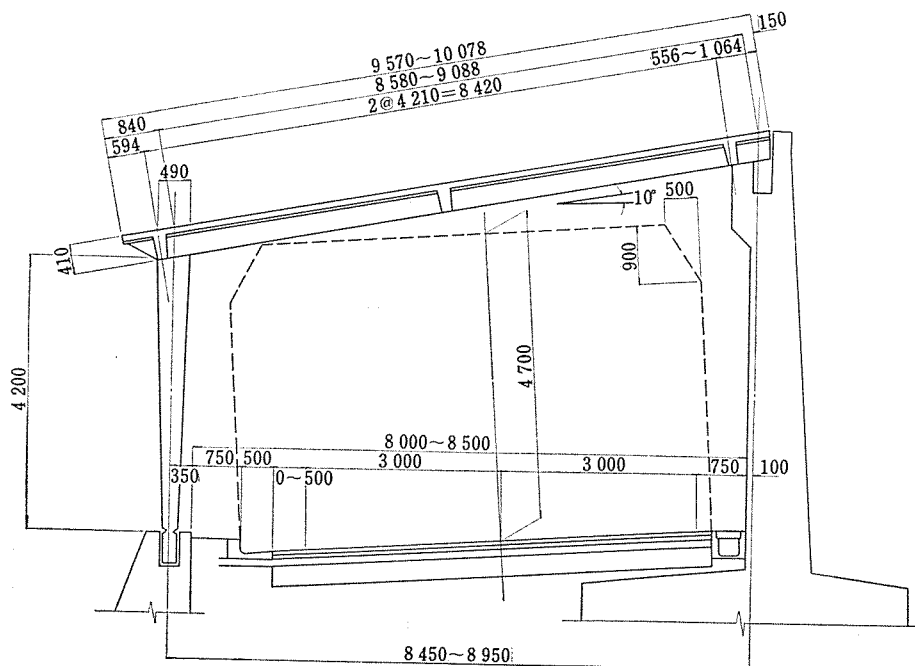


図-3 道路直角方向一般図

○積雪荷重

シェッドの屋根面に作用する積雪荷重の設計積雪深は、30年確率再現の最大積雪深を採用した。

○雪崩荷重

雪崩荷重は、シェッド屋根面に等分布荷重として作用するものとし、その荷重強度は次式により算出した。

鉛直荷重 $q_{av} = i_{av} \cdot \gamma_a \cdot h_a \text{ (t/m}^2\text{)}$

水平荷重 $q_{ah} = i_{ah} \cdot \gamma_a \cdot h_a \text{ (t/m}^2\text{)}$

ただし、 $i_{av} = 1 + \mu_a \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$

$i_{ah} = \mu_a \cdot \cos^2 \theta$

$h_a = H_a \sqrt[3]{\sin \alpha / \sin \theta}$

なお雪崩荷重の算定式は、次の仮定によっている。

- 1) 対象とする雪崩は全層雪崩とする。
- 2) 全層雪崩が発生するときの発生地における雪崩の層厚は設計積雪深の1/2とする。
- 3) 雪崩は発生地における層厚状態で定常的に流れるものとする。

○地震の影響

地震の影響は、自重と積雪荷重を受ける状態で考慮した。この場合の積雪荷重は設計積雪深の1/2とした。

(4) 断面力の算出

タワミ角法に基づいて算出された道路直角方向のモーメント図は図-4に示すとおりであり、また断面力および

び反力の集計表は表-3に示すとおりである。

(5) 道路直角方向の設計

主梁は図-5に示すようなT形断面のプレテンション方式のPC構造とした。主方向のPC鋼材として、PC鋼より線 SWPR 7A 12.4mm を14本使用し、引張部に対して Limited Prestress となるように設計した。

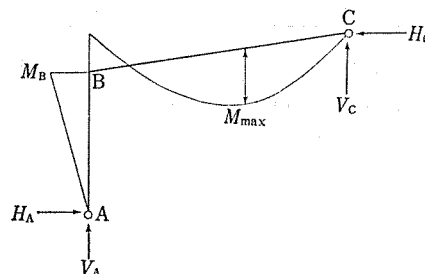


図-4 モーメント図

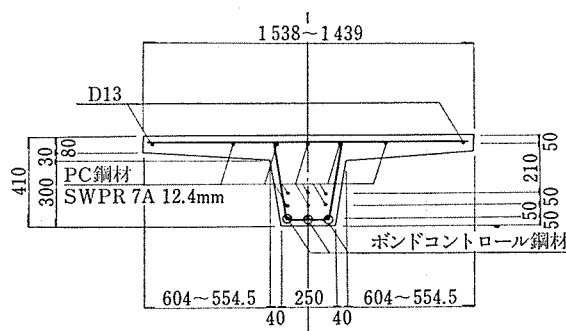


図-5 主梁配筋図

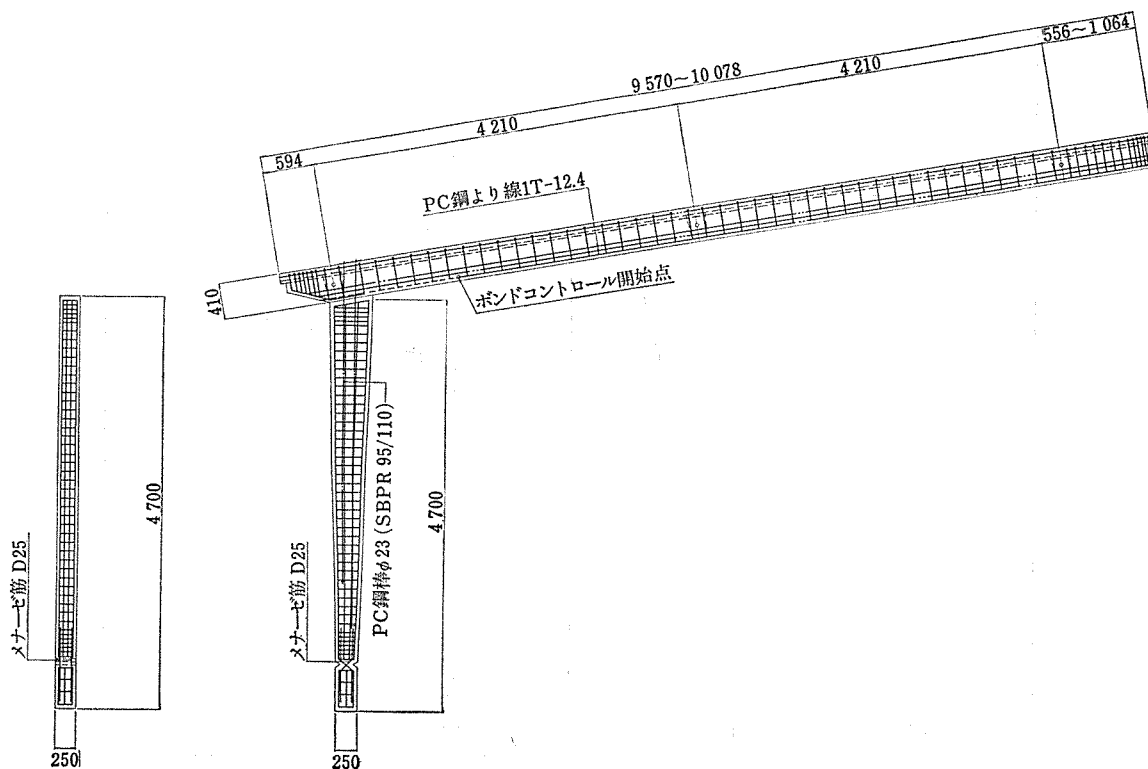


図-6 主梁および柱の側面配筋図

表-3 曲げモーメント, 反力集計表

		常 時	積雪時	雪崩時	地 震 時	
					←	→
V_C	(t)	2.371	7.436	11.523	5.112	4.694
V_A	(t)	4.344	11.548	16.294	7.738	8.155
H_C	(t)	-0.739	-2.317	0.913	0.346	-3.442
H_A	(t)	0.739	2.317	3.358	1.542	1.514
M_{max}	(t·m)	4.874	15.286	22.139	9.846	10.314
M_B	(t·m)	-3.316	-10.401	-15.188	-6.606	-7.112

なお主梁の負のモーメントに対しては、図-5, 図-6 に示すように、3本のPC鋼より線の端部の一部分をボンドコントロールし応力調整を行った。また柱の負のモーメントに対しては、PC鋼棒B種SBPR 95/110 ϕ 23 mmを4本使用し、ポリウレタン変生アスファルトを塗布しアンボンドとした。

柱の中間部については、曲げと軸圧縮力が作用するRC構造とした。柱の下端支持部は、亜鉛メッキした鉄

筋D 25 mmを4本配置したメナーゼヒンジ構造とした。

(6) 道路方向の設計

道路方向の主梁および柱の間隔は1.5 mとした。主梁どうしは、梁の両端部と中間部に設けられた横梁のPC鋼より線1 T 19.3 mmによって一体化される構造とした。道路方向の断面力の算出は、5セット単位で一体化するものとし、柱・横梁および屋根版から成る4径間の連続ラーメンとして解析を行った。

(7) 使用材料

主要材料の使用量は次のようである。

コンクリート： $\sigma_{ck}=750 \text{ kg/cm}^2$	231.2 m ³
PC 鋼より線：SWPR 7 A 12.4 mm	7.6 t
PC 鋼 棒：SBPR 95/120 ϕ 23mm	4.2 t
鉄 筋：SD 30 D 13	19.2 t

3.3 施工概要

(1) 施工順序および工程

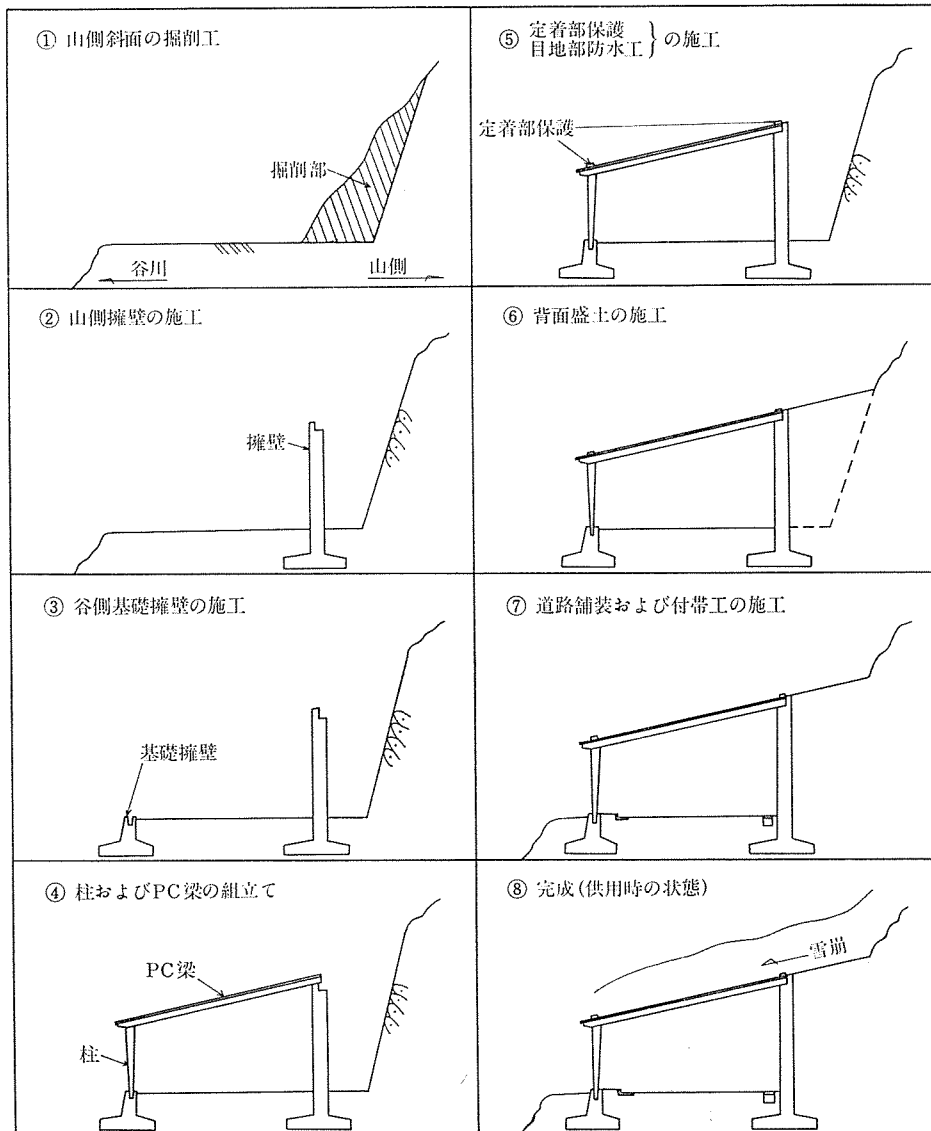


図-7 施工順序

施工順序は図-7に従って行われた。上部工の主梁および柱は、下部工施工中に工場にて製作し、下部工の施工完了後、トレーラーにて現地に運搬し、組立てられた。その後、目地部の防水工を行い、最後に舗装および付帯工の施工を行って、積雪および雪崩に備えるものとした。なお、工程は、表-4に示すように45m(30セット)あたり180日を要した。

(2) 工場製作

主梁および柱は、当社の東北工場にて製作された。コンクリートの示方配合を表-5に示した。混和剤は、ポルアルキルアリルスルホン酸塩を主成分とする高性能減水剤を使用した。主梁はコンクリート打設後、蒸発養生を施し、硬化後、強度の確認を行ってからプレストレスの導入が行われた。導入緊張力は全体で約170tである。

(3) 柱および主梁の組立て

組立てに際しては片側交互通行とし、写真-1に示すように35tトラッククレーンにより、柱および主梁の組立てが行われた。柱を所定の位置に設置するために、木製キャンバーおよびトラフワイヤーにより鉛直性を調整し、高さ方向は、ドライモルタルによって調整した。主梁と柱の接合部のなじみをよくするために、柱の頭部には樹脂セメントが塗布された。山側の主梁支点部には、支承材として合成ゴム(200mm×200mm×10mm)を敷いた。

各主梁間には、横締め用のグラウト漏れ防止と、主梁の横反りに対しなじみをもたせるために、横梁接合部にゴム製のパッキン材(φ150mm, t=20mm)を取付けた。

(4) 剛結部および横梁の緊張

柱および主梁の組立てと同時に剛結部のPC鋼棒を1本当たり約30tで緊張した。5~7セットから成るブロックの組立て完了後、横締め用PC鋼より線を横梁内に配

置されたシース内に挿入し、これを1本当たり約30tで緊張した。

(5) 山側アンカーバーの設置

山側アンカーバーの設置のために、擁壁の施工時に図-8に示すように、パラペット部を切欠いておき、柱および主梁の組立て後に切欠き部の施工を行い、アンカーバーを固定させた。

(6) 防水工

防水工は図-9のように主梁の製作時に設けた切欠き

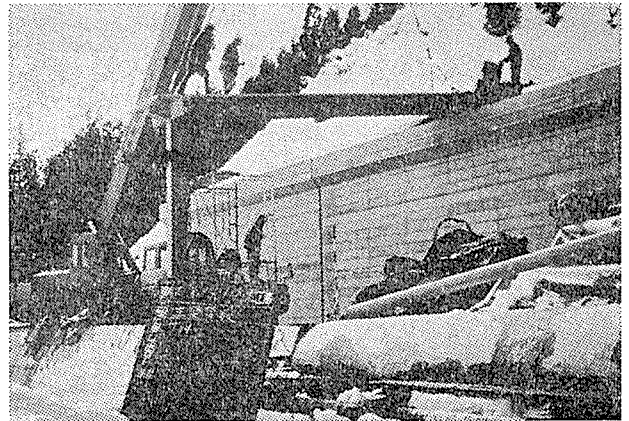


写真-1

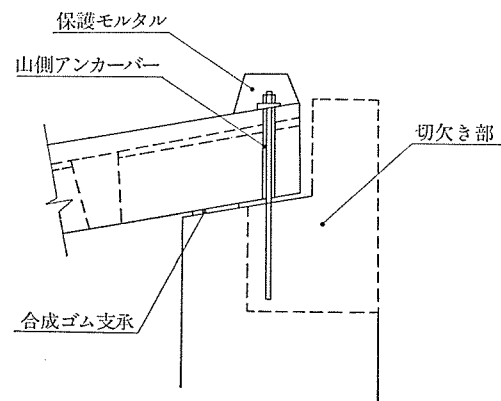


図-8 山側支承部

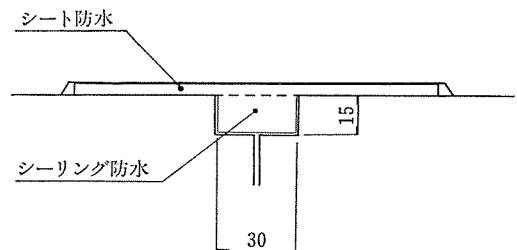


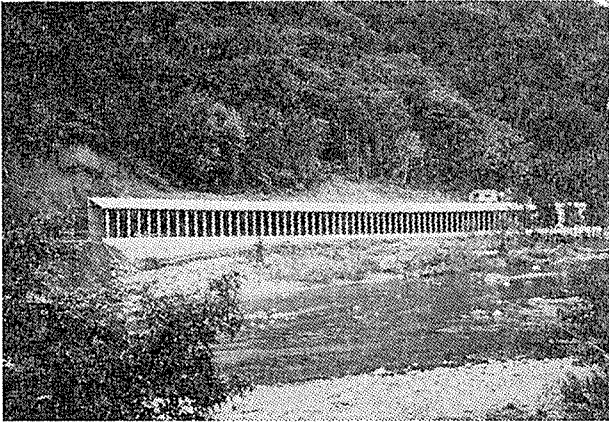
図-9 目地部防水工

表-4 工程表(延長45m分)

工種	月数	1	2	3	4	5	6
山側擁壁工							
谷側基礎擁壁工							
部材製作工(工場)							
部材運搬・組立て工							
目地部防水工							
背面盛土・道路舗装・付帯工の施工							
跡片付け工							

表-5 示方配合表

設計基準強度(kg/m ²)	スラブ(cm)	粗骨材最大寸法(mm)	空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位セメント量(kg/m ³)	単位細骨材量(kg/m ³)	単位粗骨材量(kg/m ³)	単位水量(kg/m ³)	単位混和剤(kg/m ³)
750	8±2.5	20	4±1	30	36	600	557	1028	180	9.0

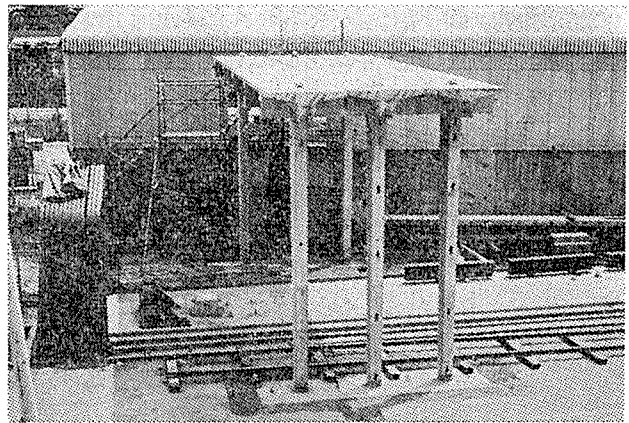


写真—2

に2成分形ポリウレタン系のシーリング材を充填し、さらに安全のため、加硫ゴムシートによる防水を併せて行った。写真—2 は完成した PC スノーシェッドの全景である。

4. あとがき

最初に日本で PC シェッドが道路に設置されてから10数年経過している。しかし、設計方法に関し、統一的な設計指針あるいは示方書のようなものは今だになく、特に土石荷重については当該道路の監督官庁が定める基準等により設計されているのが現状である。一方、各種シェッドに対する実物大モデルの載荷実験が行われ、いくつかの実験式も提案されるようになった。



写真—3

当社では、ここで報告した PC スノーシェッドの設計・施工に先立ち、写真—3 に示すような実物大のプレキャスト方式の PC スノーシェッドの載荷実験を行い、構造全体についての安全性について検証を行った。本実験については、当技術協会主催の第 22 回研究発表会講演概要に記載しているので、興味のある方は参照されたい。

以上、PC スノーシェッドの設計要点を述べるとともに、福島県において建設された PC スノーシェッドの設計・施工について報告させていただいた。今後、設計・施工にたずさわの方々の何らかの参考になれば幸いである。

【昭和 58 年 2 月 18 日受付】

◀刊行物案内▶

PC 定 着 工 法

(1982 年改訂版)

本書は、現在我が国において多く用いられている PC 定着工法 19 種についてとりあげ、それぞれの工法の概要、構造、施工法、特長、注意事項などを解説したものであります。

設計者、施工者の利用とともに教育用テキストなどにも広く使用できることと思います。

また付録として PC 鋼材一覧表（改訂版）等を添付してあります。

ご希望の方は代金を添え（現金書留かまたは郵便振替東京 7-62774）プレストレストコンクリート技術協会宛（電 03-261-9151）お申し込みください。

体 裁：B5判 94 頁

定 価：2,800 円（会員特価 2,500 円） 送 料：350 円