

## 一般国道 230 号 無意根大橋付近の雪崩対策

Snow slides prevention works of Muine bridge in national highway 230

(株) 土木技術コンサルタント○正員 三好 章仁 (Akihito Miyoshi)

北海道開発局札幌開発建設部 小田嶋正之 (Masayuki Odazima)

北海道開発局札幌開発建設部 高山 博幸 (Hiroyuki Takayama)

北海道開発局札幌開発建設部 正員 佐藤 昌志 (Masashi Satou)

## 1. まえがき

平成 12 年 5 月に発生した一般国道 230 号無意根大橋付近の地すべりは、崩落土石流が P 3, P 4 橋脚に達した他、橋梁下の薄別川を堰き止めた。結果的に橋梁に対する被害は極軽微なもので道路交通の安全上は問題とならなかったが、橋脚に達した崩落土の再移動を抑止するために押え盛土等の緊急対策を迅速に実施している。

しかし、今回の地すべりにより植生がなくなったため冬期の雪崩の危険性が高まったこと、来年以降の融雪期に再度地すべり崩落の危険性も考えられることから、橋脚の防護を重要な視点とした対策工が必要となった。

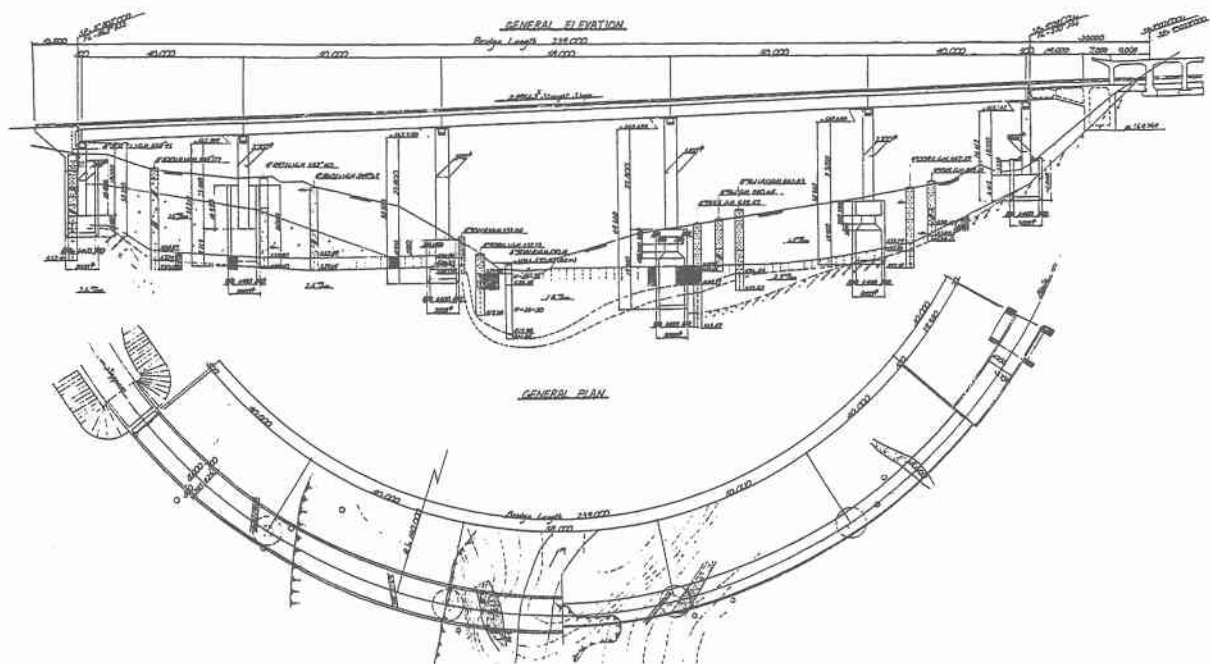
対策工は、P 3, P 4 橋脚の沢上流部に雪崩等に対する防護壁を設けて下流に誘導するものとし、緊急性を伴うことから中掘鋼管杭を躯体まで伸ばす鋼管コンクリート構造とスチールファイバーコンクリートを用いてせん断力に抵抗させることとした。

防護壁の設置方向に関して、雪崩および土石流の方向性を考慮する必要があることから沢地形の 1/200 縮尺模型を作成してシミュレーションを行い決定した。

これらの対策を応急対策と位置付けして、工事を完了したので報告するものである。



図一 地すべり状況



図二 無意根大橋一般図

2. 防護壁形状

雪崩・土石流の流下部に位置するP3橋脚、P4橋脚は、深さ20m程度のケーソン基礎が岩着した上に、直径3mの鋼管柱が高さ30m程度立ち上がったHigh Pierである。橋脚の防護壁を設置する場合、まずケーソン基礎と近接することから防護壁に雪崩が作用したときにケーソン基礎に影響のない位置に設置する必要があったため、FEM解析によりその離れを検討した。

次に、防護壁の形状は誘導壁として一般的なV字型、U字型のうち、構造的に安定性の高いこと、施工スペースの制限、流下方向の変化にある程度の幅を許容できることなどを考慮してU字型のアーチ形状とした。

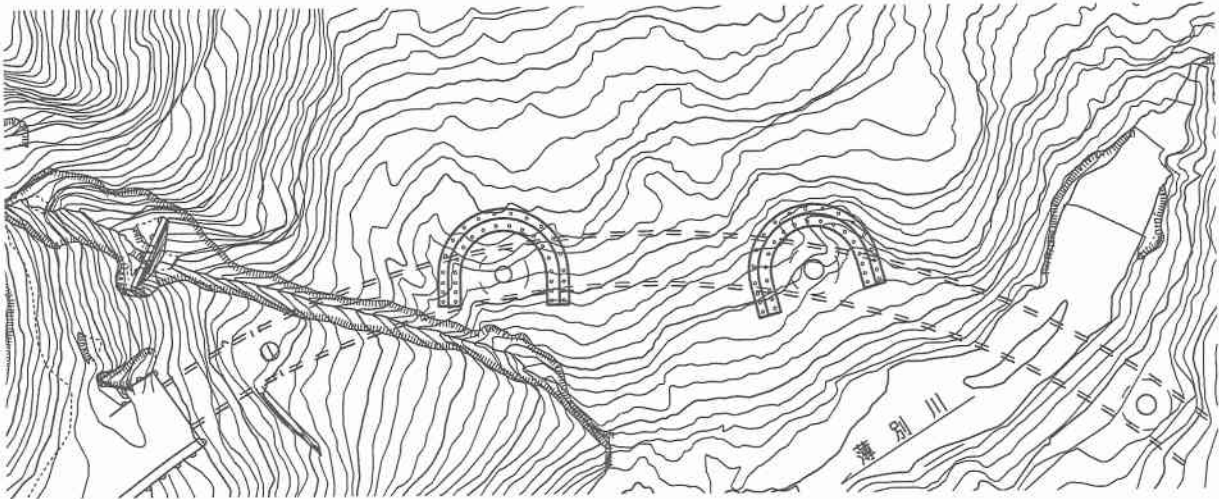
U字型のアーチ形状は上流からの雪崩荷重に対し、U字の両サイドの杭が郡杭として連成する安定した形状であり、一面的な構造に比べ効率的である。また、凸部から幾分ずれた雪崩に対しても、放射状に杭配置していることから安定性に変化がない形状である。

3. 鋼管コンクリート構造

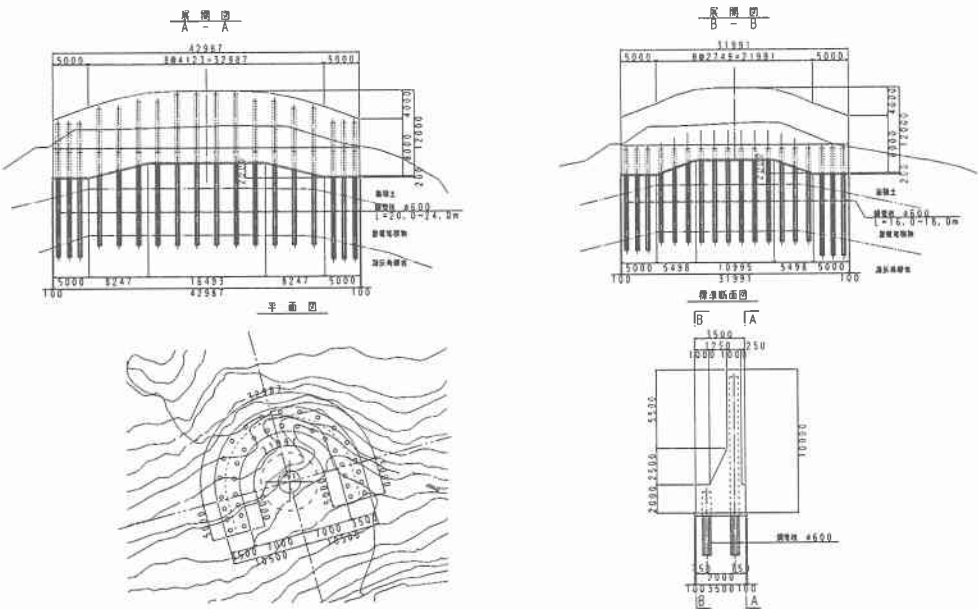
橋梁周辺の現状の地盤は、崩積土・崖錐層・凝灰岩の構成であり支持岩盤までは10m以上の層厚となることから杭基礎が必要となる。また、斜面上の施工となること、施工スペースが狭いことから、深礎杭あるいは大口径ボーリングによる既製杭が考えられた。しかし、地すべりが発生した地質である崩積土やN値の低い旧地すべり堆積物と推定される崖錐層に杭を施工する場合、深礎杭の杭内作業を有人で行うのは危険性があり、坑内作業のない大口径ボーリング工法を採用した。

表層・中間層は軟弱であることから曲げ耐力、変形性能が高い鋼管杭を用いた。また、杭内部には、雪崩荷重作用時に橋脚ケーソン基礎に対する影響を極力小さくするためにコンクリートを打設し剛性を高めた。

この杭打ち後、杭を地上部までそのまま伸長し、鋼管を壁の主部材とすることで鉄筋組立てを不要とし、工期短縮が可能となった。また、この鋼管コンクリート壁構造は、鋼管のじん性、せん断耐力が大きいことから衝撃的な雪崩荷重や、想定以上の外力に対しても安全性の高い構造と考えられる。



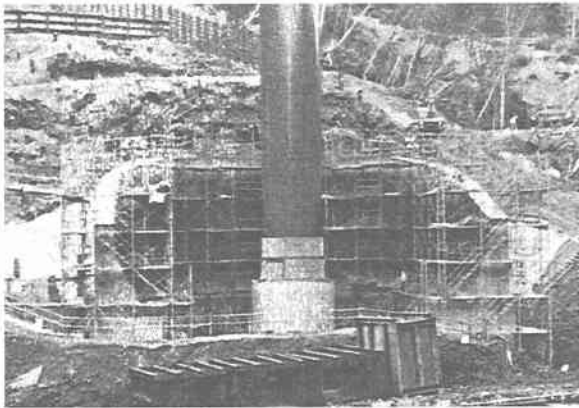
図一3 防護壁設置位置



図一4 防護壁形状

#### 4. スチールファイバーコンクリート

雪崩荷重が衝撃的に作用する場合、壁内部の鋼管周辺のコンクリートにはせん断力が集中的に働く。そこで鋼管周辺にスターラップを配筋するとともにスチールファイバーコンクリートを用いてせん断耐力を向上させた。スチールファイバーコンクリートの配合については、せん断試験を行いその強度増加について検討を行った結果、スチールファイバーの混入量を  $40\text{kgf/m}^3$  とすることで約2割のせん断強度増加が確認されたことからこれを使用した。また、スチールファイバーコンクリートを用いることは、コンクリートのひび割れ制御、鋼管とコンクリートの一体化、コンクリートのじん性向上が期待できる。



図一5 工事状況

#### 5. 想定荷重

##### (1) 雪崩

雪崩の規模は、沢上流部に緊急対策として設置済みの導流柵があることから抑止効果があるため、上流からの全層雪崩発生の可能性は低い。また、導流柵から下流部についても地山傾斜が緩勾配であり雪崩発生の可能性は低い。しかし、無意根沢の積雪量は4mを越えることから、上記導流柵の上部を流下する表層雪崩の発生が想定される。

表層雪崩の作用荷重として、文献<sup>1)</sup>を参考に層厚1.1m、流速10m/sにおける雪崩衝撃力  $F=10\text{tf/m}^2$  を考慮した。雪崩作用位置は、無意根周辺の観測データより4m以上の最大積雪となることから、雪崩が導流柵を越えて流下した後に防護壁の天端付近に衝突するものとした。また、雪崩の衝撃的な荷重を解析するために、雪塊の衝撃力を文献<sup>1)</sup>より算出し、動的解析に用いた。

##### (2) 土石流

今後予想される無意根沢上流部の残留する崩落土は  $36,000\text{m}^3$  程度と推測されている。これが土石流として流下した場合、橋梁部到達時の層厚は、沢地形の流下幅を考慮して厚さ1mと想定された。文献<sup>2)</sup>により、流速が6m/sにおける土石流の流体力  $F=7\text{tf/m}^2$  を考慮した。

##### (3) 崩積土圧

土石流が防護壁に到達しそのまま堆積した場合には土圧となって壁面に作用する。壁高さに土圧を作用させた場合を検討した。(  $F=22\text{tf/m}$  )

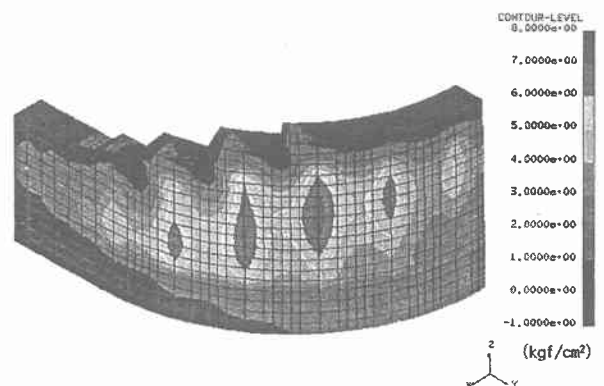
#### 6. 3次元FEM解析

防護壁がU字型のアーチ形状であることから立体的な解析が必要となる。また、防護壁と地盤、地盤と橋脚ケーソン基礎の近接構造の影響を考慮するために、構造物と地盤の相互作用が評価できる3次元のFEM解析を行った。雪崩、土石流等の衝撃的な荷重は動的解析と位置付け、崩積土の土圧は静的解析として行った。

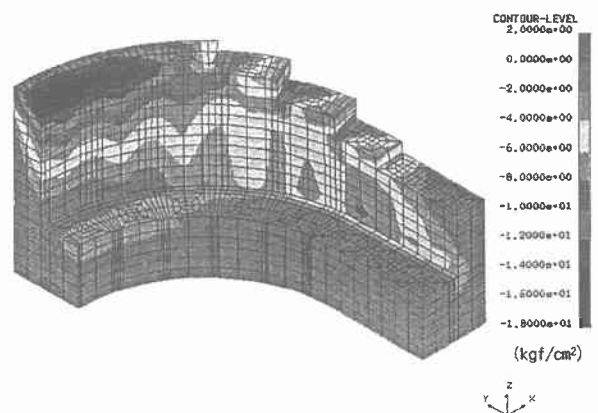
動的解析の結果、主応力の分布は壁構造に現われ、杭は壁内部で壁と同様に挙動するのみで地盤内までは応答せず応力は発生しないことがわかった。最大応答は入力波形が最大となる30msにおいて、壁外面の杭周辺(図-6参照)に引張応力が、壁内面は雪塊作用点付近(図-7参照)に圧縮応力が発生する。

圧縮・引張応力・せん断応力ともに小さな値となっており、無筋コンクリートの応力レベルにあることが確認された。

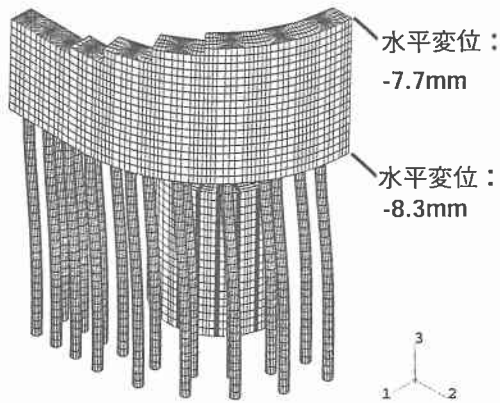
静的解析においては、杭が沢下流側に変形し、壁は剛性が大きいことから変形しない。これは地盤の表層・中間層の水平抵抗が小さいため、杭の変形が卓越し壁がロッキングすると考えられる。杭頭変位、杭体応力、杭反力ともに許容値を十分満足する結果となった。また、橋脚ケーソンについても防護壁の杭からの伝達はないことがわかった。



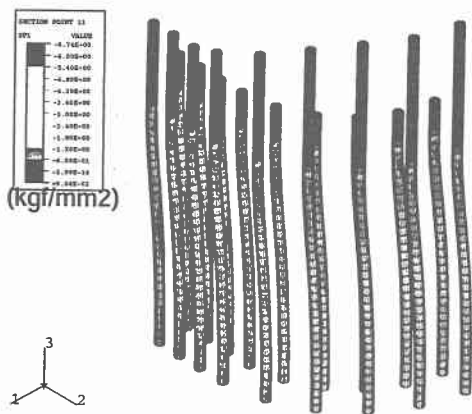
図一6 動的解析(雪崩)の主応力分布図(壁外面)



図一7 動的解析(雪崩)の主応力分布図(壁内面)



図一 8 静的解析（崩積土圧）の変形図



図一 9 静的解析（崩積土圧）の  
杭主応力分布図

## 7. 模型シミュレーション

無意根本沢の想定雪崩、土石流について沢地形の縮尺模型を用いて流下方向のシミュレーションを行い、P 3、P 4 橋脚の防護壁の設置方向を検討した。

雪崩、土石流に相当する流下物として粘性を変化させた数ケースを行った結果、粘性の違いにより流下方向にある程度変化があることがわかった。（粘性の高いケースほど終点側 P 4 方向に流下する結果となった。）

実験の結果、防護壁の設置方向は P-3 と P-4 橋脚の図心を結ぶ法線に対し、凸部を P-3 防護壁は反時計回りに 105°、P-4 防護壁は 90° に向けることとした。

## 8. あとがき

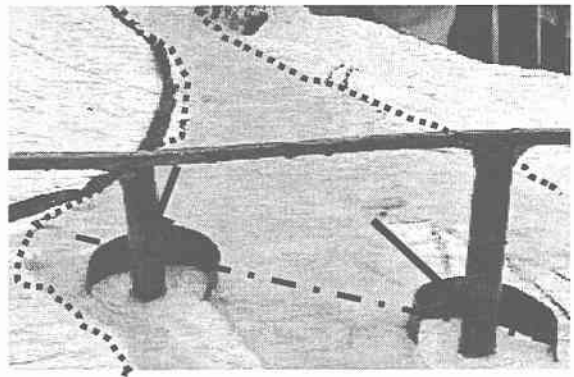
一般国道 230 号無意根大橋の P 3、P 4 橋脚周辺は冬期に想定される雪崩、融雪期に想定される土石流に対し、橋脚を防護し誘導流下させるための防護壁を早期に完成させる必要があり、これを踏まえた検討を行ったものである。

施工の安全性、工期短縮、衝撃的な荷重に対する安定性等の課題に対し、鋼管コンクリート構造やスチールファイバーコンクリートを採用し応急対策を完了させた。

災害応急対策という緊急性を要する工事であると同時に施工時の 2 次災害も想定される現場であったことから、施工性、安全性の検討を行いながら状況に応じて工事を進捗させた。監督員、施工業者、コンサルタントがそれぞれの立場から議論を交わし検討したことは、非常に緊張感のある日々であり貴重な経験であった。



図一 10 模型（下流からの視点）



図一 11 シミュレーション

## 参考文献

- 1) 日本建設機械化協会、防雪工学ハンドブック、1988 年 1 月
- 2) 日本道路協会、法面工・斜面安定工指針、1999 年 3 月