

# 災害復旧対策工に関する設計の考え方について

## —国道230号 中山峠法面災害の事例—

札幌開発建設部 札幌事務所 計画課 ○佐野 法彦  
佐々木克典  
芳賀 祐介

平成24年のゴールデンウィーク後半に突入した直後、国道230号中山峠にて大規模な土砂災害が発生した。中山峠は、道内屈指の観光周遊ルートでもあり、昭和44年の開通以来初めての長期にわたる通行止めとなった。早期開通が求められる中、限られた時間の中で発生要因の分析を行うとともに、応急復旧対策工ならびに恒久復旧対策工に向けた調査・解析を行い、設計に至るまでのプロセスを含めた考察を行うものである。

キーワード：災害復旧、自然災害、防災

### 1. はじめに

国道230号中山峠は、札幌から南西約45kmに位置し、道央と道南の人や物をつなぐ重要な路線であるとともに、近隣に定山溪温泉街、ニセコ・羊蹄山や洞爺湖を有する道内屈指の観光周遊ルートとなっている。通常は札幌から地域のお店等に日用品を運ぶトラックや札幌へ仕事に向かう営業車、温泉や観光地を巡る観光バスなどにより一日約1万2千台が往来する大動脈であるとともに、中山峠頂上にある道の駅「望羊中山」は、一日に数千人に上る休憩客に利用されている。その中山峠でゴールデンウィーク後半2日目である平成24年5月4日に土砂災害が発生した。この災害で昭和44年の開通以来初めて20日間の長期にわたる通行止めとなった。災害箇所は規模の大小はあるが4箇所以上に上り、中でも表層崩壊のKP40.6と地すべり箇所のKP40.8が甚大な土砂災害を受けた。不眠不休の調査等により短期間で発生要因等を解明し、恒久対策を見据えた復旧対策を検討し、リスクも踏まえた上

で、迅速な施工が可能となる復旧対策の設計を行った報告である。

### 2. 災害の概要

平成24年5月4日に路面冠水のため札幌市南区定山溪～喜茂別町字尻別区間の延長約42kmで通行止めを行った(図-1)。その後、土砂崩壊箇所を2箇所(KP40.1、KP40.8)を確認し、さらに路面亀裂箇所を2箇所(KP40.6、KP39.6)を確認した。そのうち大きく被災を受けたKP40.6とKP40.8について具体的に述べる。

#### (1) KP40.6の被災状況

被災状況は、延長約85mにわたり路面亀裂が発生し、最大で約20cmも開いており、路面沈下は約40cmにも及んだ(写真-1)。



図-1 被災箇所図

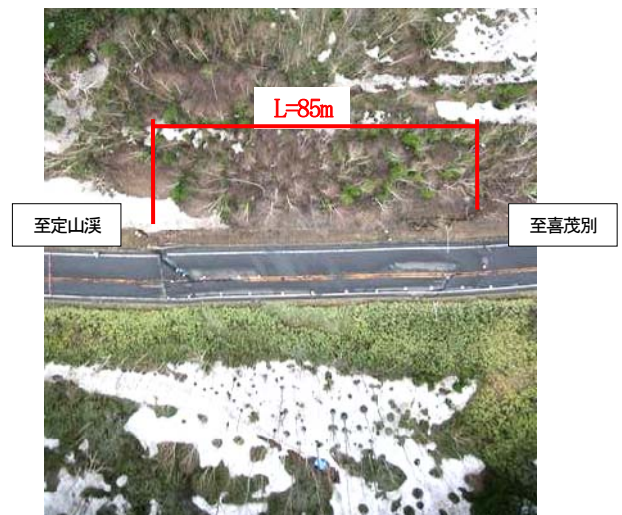


写真-1 KP40.6 被災状況

(2) KP40.8の被災状況

被災状況は、延長約40mにわたり土砂崩壊が発生し、幅約110m、高さ約40m、深さ約5mの範囲で崩落し、崩壊土量は約13,000m<sup>3</sup>にも及ぶ大規模崩壊であった（写真-2）。

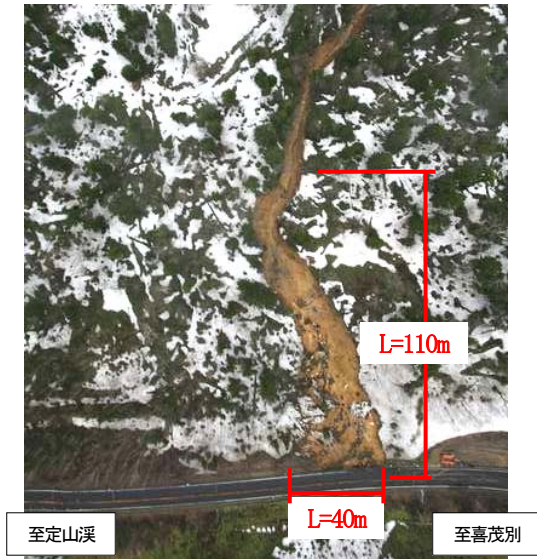


写真-2 KP40.8 被災状況

3. 地形・地質状況

被災区間の地形は、豊平川左岸斜面に位置し、集水地形が発達した斜面を形成する。また、地すべり地形が多く、変状箇所周辺にも複数の地すべり地形が判読されている。大局的に見ると路線より山側は緩傾斜となり、谷側は豊平川の影響により相対的に急勾配となっている。地質は、新第三紀の火山岩（安山岩）が分布した地域である。特に路線付近から山側では熱水変質作用を受けていることが特徴的である。熱水変質の影響により、本来、硬質な安山岩に粘土鉱物などが生成することで岩盤が脆弱化や軟質化している。

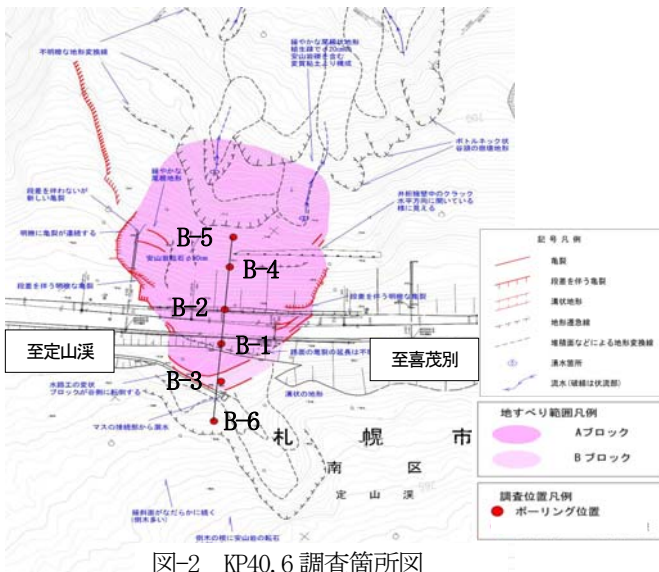


図-2 KP40.6 調査箇所図

4. 調査内容

現地踏査並びに崩壊状況を踏まえ、地すべりの変状形態のKP40.6と表層崩壊形態のKP40.8について、具体的に述べる。

(1) KP40.6の調査

路面亀裂区間が約85mであることと地すべりの状況から副側線は設けず主側線のみとした。ボーリング調査位置は、当初地すべり規模が小さいと判断したため地すべり地内2箇所（B-1、B-2）と地すべり地外1箇所（B-3）としていたが、その後、地すべり規模が想定より大きいことが確認されたために、さらに地すべり地内2箇所（B-4、B-5）と地すべり地外1箇所（B-6）を追加し合計6箇所とした。また、ボーリング削孔長は基盤岩を5m程度確認して完了とした。計測機器は、地すべり計測のため、全ての観測孔にパイプ歪み計と水位計を設置した（図-2）。

(2) KP40.8の調査

表層崩壊幅が約40mであることと表層崩壊状況から副側線は設けず主側線のみとした。ただし、表層崩壊地内でのボーリング作業により二次災害を引き起こす懸念が生じたため、副側線的に側部に側線を設けた。ボーリング調査位置は、表層崩壊地外1箇所（B-1）と表層崩壊が拡大する可能性がある道路面に1箇所（B-2）さらに側部に2箇所（B-3、B-4）の合計4箇所とした。表層崩壊地内の調査は、簡易動的コーン貫入試験を実施した。ボーリング削孔長は、N値30回以上を5回確認して完了とした。計測機器は、表層崩壊地の拡大を監視する目的でB-1にのみパイプ歪み計と水位計を設置した（図-3）。

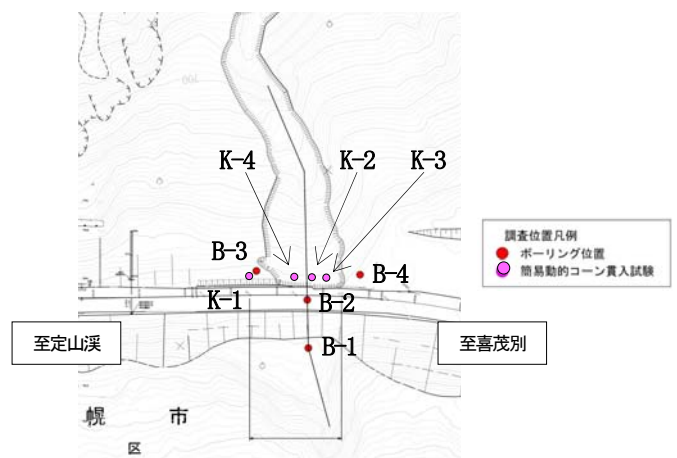


図-3 KP40.8 調査箇所図

## 5. 災害発生の要因分析と発生機構

### (1) 要因分析

災害発生時の現地は、5月3日から雨が降り続き、例年に比べ積雪も多く残っていた。

災害箇所にもっとも近い気象観測施設である東中山テレメーターのデータを分析したところ、5月3日から降り出した雨は、5月5日迄に連続雨量が90mmに達していることが分かった。さらに積雪量に着目して、過去10年の平均融雪量（積雪減少量）と平成24年の同時期の融雪量を比較した折線グラフを作成した（図-4）。このグラフから分かったことは、5月2日～5月5日にかけての融雪量が15.7cm/日に対して、過去10年の平均融雪量が5.3cm/日であるため、3倍の融雪量が有り、一気に雪解けが進んだことを表している。また、日降雨量と日融雪量の合計値では、過去10年の中では平成24年5月4日が1番目で前日の5月3日は3番目の記録であったことが分かった（図-5）。

以上のことから、災害発生の要因としては、過去から経験していない「降雨+融雪」により雪解けが一気に進み地下水位が大きく上昇したことが大きな要因であると推測される。

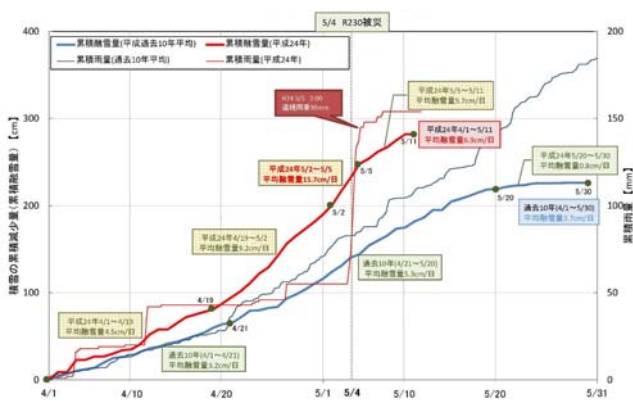


図-4 過去10年の平均融雪量と今年度の融雪量の比較

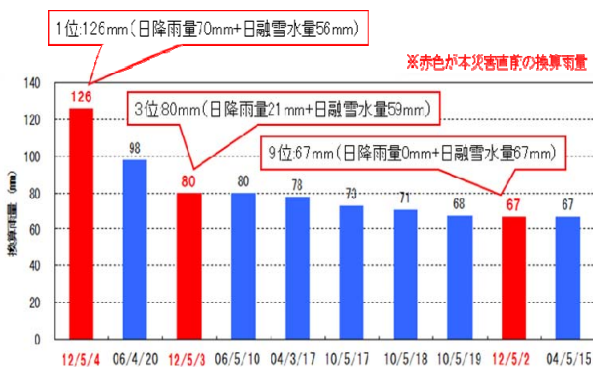


図-5 過去10年と今年度を比較した場合の換算雨量上位10値(3月から消雪まで)

### (2) 発生の機構

#### a) KP40.6

地表踏査結果、ボーリング調査結果、地すべり観測結果から以下の機構で地すべりが発生したものと推測される。

- ① 激しい降雨と急速な融雪による地下水位の上昇。
- ② 背後の地すべりの活動。

以上から道路交通の解放に向けては、道路直近に抑止効果のある対策が必要である。また確実な水処理や地下水排除工の施工が必要である。

#### b) KP40.8

崩壊面の地表踏査結果および地質調査結果から以下の機構で表層崩壊が発生したと推測される。

- ① 激しい降雨と急速な融雪による地下水の上昇。
- ② 道路下方側の集水地形により地下水および地表水が集中。
- ③ 集中した水により盛土の含水量が高まって強度低下し、道路下方側斜面で鉄砲水のように土砂が流出。
- ④ 下方斜面が崩れたため崩壊が上方に拡大し、路肩付近まで至った。

以上から道路交通の解放に向けては、不安定形状を成す崩壊頭部滑落崖の安定が必要となる。また、崩壊面の裸地化の解消や確実な水処理が必要である。

## 6. 復旧対策工の設計

復旧対策工の設計に当たっては、以下のコンセプトを考慮した設計条件とする。

- ① 安全確保を第一、応急復旧対策工と恒久復旧対策工の設計条件を明確にする。
- ② 設計時のリスクを十分に考慮した設計とする。
- ③ 早期交通解放のために、資材等の調達時間を考慮した設計とする。

### (1) 応急復旧対策工

#### a) KP40.6

被災直後の詳細調査から活動中の地すべり崩壊と特定した。そのため抑制工としては、山側排水や横断管等の排水工の早急な整備による地すべり地内への表流水の流入防止と安全な地すべり区域外からの水抜きボーリングの施工により地下水位の上昇抑制が必要である。

さらに抑止工としては、短期間の計測結果を踏まえ、且つリスクを考慮した結果、地下水位の低下を見込まない設計とし、計画安全率としてFs=1.05と決定した。なお、活動中の地すべりであることから、現況安全率をFs=0.95と仮定している。

早期の材料調達が可能であるH型鋼杭を採用し、許容応力度は仮設構造物から短期強度での設計とした。また、基盤岩への確実な根入れによる安定確保と地下水位の上

昇を防止するため、モルタル充填は根入れのみとした。

結果、H-350×350、L=21.5m、N=65本、c.t.c=1.0mとH-400×400、L=22.0m、N=17本、c.t.c=1.3mとした(図-6)。なお、H型鋼杭の規格違いは、早期調達を優先したためである。

b)KP40.8

被災直後の詳細調査から沢埋め盛土箇所と判明し、盛土部の土砂崩壊と特定した。そのため山側排水や横断管等の排水工の早急な整備による盛土内への表流水の流入防止が必要である。

さらに、早期の道路盛土の安定確保を目的とした土圧構造物を道路路肩端部に設置することが必要であることと、早期の材料調達も考慮の上、恒久対策も見据えたH型鋼杭による自立式親杭土留め工を採用し、H型鋼杭の許容応力度は、応急復旧対策工のため仮設構造物としての短期強度での設計とした。

結果、H-300×300、L=14.5m、N=41本、c.t.c=1.0mと恒久対策工を見据えて、杭間隔での施工性も考慮した鋼矢板の新世代鋼矢板900型、N=40枚とした(図-7)。

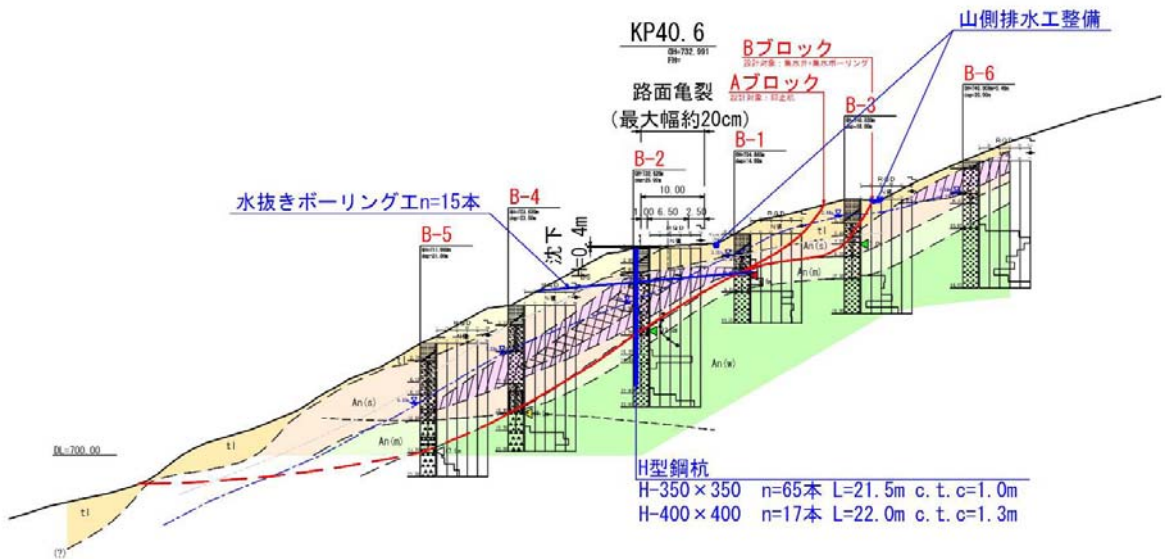


図-6 KP40.6 応急復旧対策工図

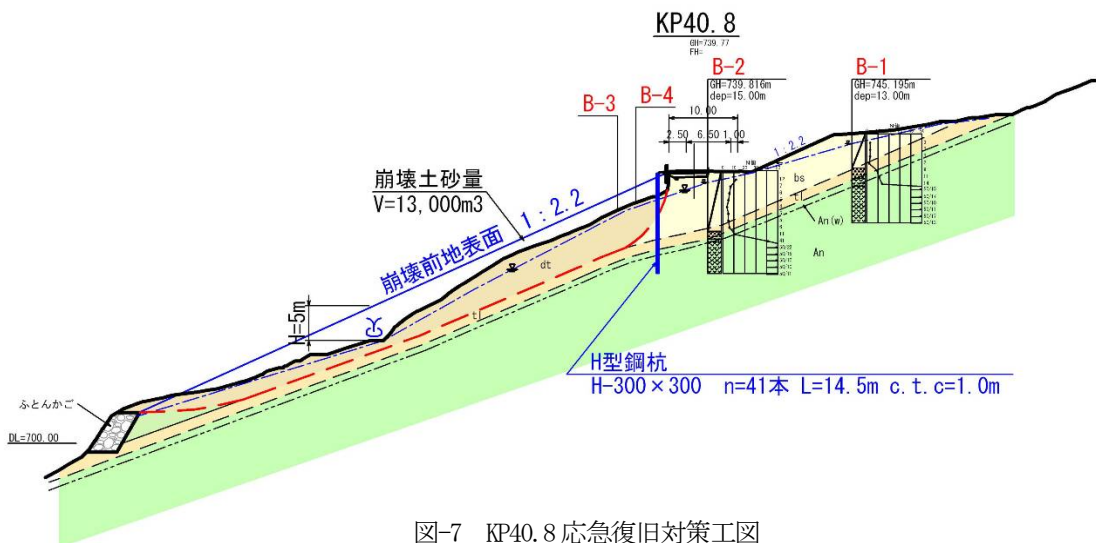


図-7 KP40.8 応急復旧対策工図

(2)恒久復旧対策工

計測機器を24時間観測することから得た結果をフィードバックしながら恒久対策工の設計を行った。

a)KP40.6

通常の地すべり対策にあたっては、1年以上の調査・計測を行った結果を基に対策工の設計を行うが、災害時の復旧対策工については、早期交通解放を目指すために、ある程度リスクを考慮した設計とし、安全性の確保に努める必要がある。

応急復旧工でのH鋼杭の打設、水抜きボーリングや気象状況等から地下水位の低下が図られ、地すべりが収束したことから、すべり面に貫入する集水井を設計することにより、地下水位の低下を促進させる。なお、集水井の設計に当たっては、リスクを考慮し、計測した最高水位から3mの水位低下を見込んだ設計水位としている。また、抑止工施工時の安全性も向上することになる。

総合的な検討による最適な抑止工として、市場性が良く経済的な規格となる鋼管杭を採用する。恒久対策の計画安全率は $F_s=1.20$ とし、杭の根入れ長さは必要な入れ長さ $\times 1.5$ を確保、鋼管杭の許容応力度は、集水井を設置

することから短期強度としている。また地下水の滞水を防止するために、杭間隔が広がる千鳥配置とし、地すべり規模等から2段配置とした。材料は、早期調達が可能であった、 $\phi 500$ 、 $L=25.5m$ 、 $N=73$ 本、 $c.t.c=1.0m$ と $\phi 508$ 、 $L=24.5m$ 、 $N=85$ 本、 $c.t.c=1.0m$ とした(図-8)

b)KP40.8

応急復旧対策工で使用したH型鋼杭を恒久対策工でも使用するため、杭の許容応力度を短期強度から長期強度へ設計条件を変更して設計している。杭頭変位を抑制するために、グラウンドアンカー(2段)を併用している。さらに親杭、腹起し材、アンカープレート等の鋼材への腐食防止および土留め材として、鉄筋コンクリート壁の打設も設計している。

また、地下水の排出を促進するために、水抜き孔に打ち込み式排水パイプも設置している。

崩壊斜面对策は、地下水の排出を促進するために、盛土内部に暗渠排水を設置するとともに、崩壊前勾配より緩い安定勾配とし、緑化景観の回復を考慮した植生工による法面保護を行っている(図-9)。

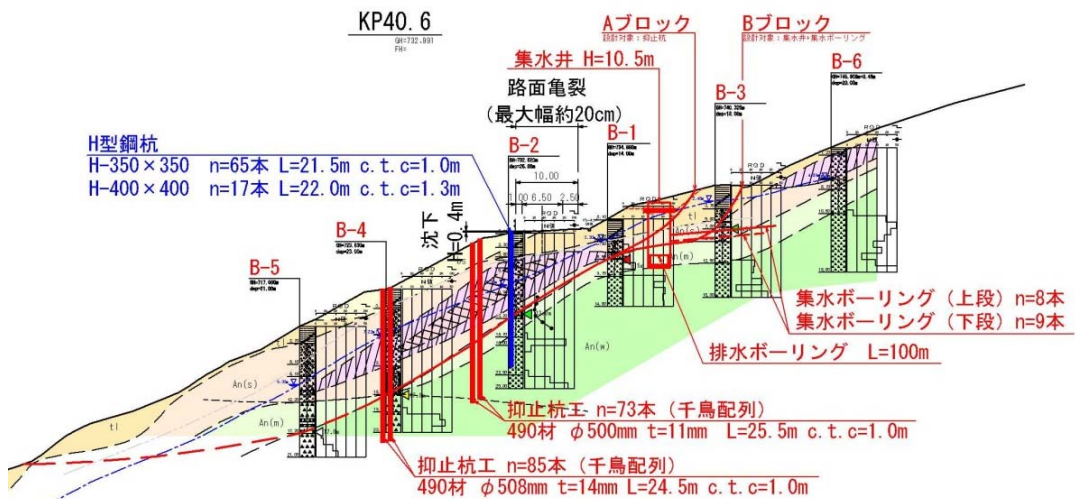


図-8 KP40.6 恒久復旧対策工図

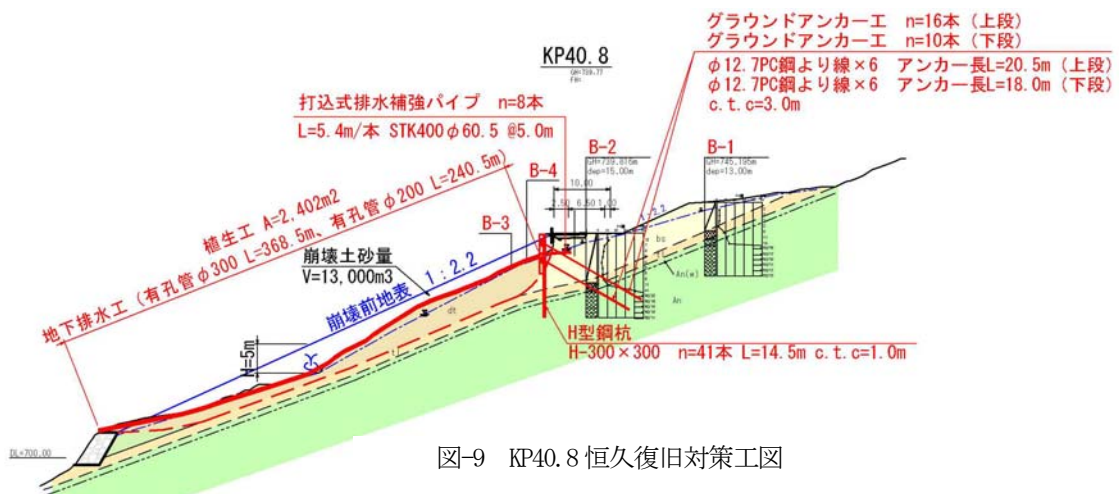


図-9 KP40.8 恒久復旧対策工図

## 7. まとめ

災害概要から復旧対策工までを述べたが、今回のような大規模災害における設計の考え方のまとめを以下に記す。

- ① 災害発生の誘因等を迅速に解明する。
- ② 的確な調査および結果を迅速に判断し、復旧対策や安全管理等に反映する。
- ③ 復旧設計に当たっては、資材や機械等の迅速な調達を念頭に置き行う。
- ④ 現地条件等を踏まえて、リスクを考慮した設計とする。
- ⑤ 何よりも、地域や道路利用者等の立場に立ち、安全且つ迅速な復旧計画を立てる。

## 8. おわりに

中山峠法面災害は、1日1万台を越す大動脈であることとゴールデンウィーク中の観光シーズンの真っ只中での発生で結果20日間もの通行止めを余儀なくされた。地域の方々や道路利用者、観光に来られた方々など、多大な影響が及んだが、復旧を最短の時間で行えたことは、産学官が一体となって復旧に全力で当たった結果と考えている。この経験を、今後の道路事業に反映していきたいと考えてる。また、来期の融雪期に設計の検証も行っていきたい。

**謝辞：**中山峠法面災害復旧等に携わって頂いた寒地土木研究所の伊東上席研究員を始めとする道路防災有識者の方々、工事等関係者の方々など、関係各位に深く感謝の意を表したい。