

地すべり対策を踏まえた路線選定及び橋梁形式の検討

札幌開発建設部 岩見沢道路事務所

○谷野 淳

横山 朋紀

パシフィックコンサルタンツ株式会社北海道支社

荒木 誠司

桂沢ダムの高上げに伴い水没する一般国道452号の付替道路として計画する箇所において、最大幅720m、最大長410m、最大層厚55mの大規模地すべりが確認された。その箇所は、ダム嵩上げ計画の中で湛水地保護を目的とした地すべり対策が計画されており、付替国道の路線選定は、このダム計画で実施する地すべり対策を踏まえて検討する必要が生じた。本稿ではダム計画で実施する地すべり対策を踏まえた路線選定及び橋梁形式の検討内容について報告する。

キーワード：計画手法、地すべり対策工、路線選定、負反力（アップリフト）対策

1. はじめに

一般国道452号は、夕張市を起点とし、旭川市へ至る幹線道路で、平成5年に国道に昇格した第3種第3級の路線であり、起点から40～45kmの区間は桂沢ダム区域を通過している。（図-1.1）桂沢ダムは幾春別川総合開発事業の一環として治水を目的としたダムの嵩上げ計画（現在の計画高から12.4m嵩上げし、高さ76.0mのダムとして再開発する計画）が進められている。

ダムの嵩上げに伴い水没する一般国道452号の付替道路の路線選定を進める中、沢部（稲荷沢）と交差する箇所で大規模地すべりが確認された。（図-1.2）その箇所は、ダム嵩上げ計画の中で湛水地保護を目的とした地すべり対策が計画されており、付替国道の路線選定は、このダム計画で実施する地すべり対策を踏まえて検討することが必要となった。

当報告では、この地すべり対策を踏まえた路線選定及び沢を跨ぐ橋梁形式の検討について以下に報告する。



図-1.2 地すべり概要

2. 地すべりの概要

対象となる大規模地すべりは、写真-2.1に示すように供用中の湖畔橋A2橋台に変状を与え、現在も滑動中であり、ダムの湛水地保護及び付替道路計画に対して安全性が満足されていない状況であった。今後さらに、ダム湛水位の上昇の影響により、地すべり発生を誘因する恐れがあることから、ダム嵩上げ計画の中で湛水地保護を目的に地すべり対策工が計画されていた。（図-2.1）この地すべり対策工は、計画安全率を1.1とした「押え盛土案」（概算工事費：5.9億円）が選定されており、付替道路の計画については、この地すべり対策工を踏まえた路線選定及び橋梁形式の検討が要求された。



図-1.1 位置図

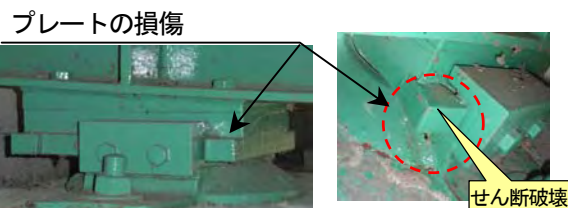


写真-2.1 湖畔橋の損傷状況

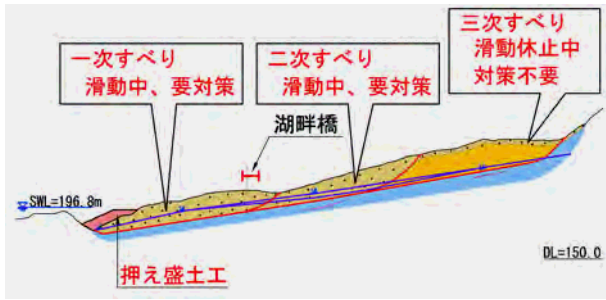


図-2.1 地すべり対策概要 (E-E 測線)

3. 実施手順と検討方針

最適な路線選定の実施に際しては、前項に示した湛水地保護を目的とした既往の地すべり対策地内（押え盛土）を横過または、迂回する付替道路を基本とするが、既往の地すべり対策工が大規模な押え盛土であり、横過または迂回した場合、橋梁延長が長くなり、多額の工事コストが必要となること、走行性に劣ることが懸念された。以上のことから、最適な路線選定の抽出にあたっては、地すべり対策地内を横過するルート、迂回するルートと共に最も橋梁延長が短く走行性に優れた路線として短絡ルート（地すべり対策地内への構造物設置）も視野に入れ、3ルートによる比較検討を行った。（図-3.1）

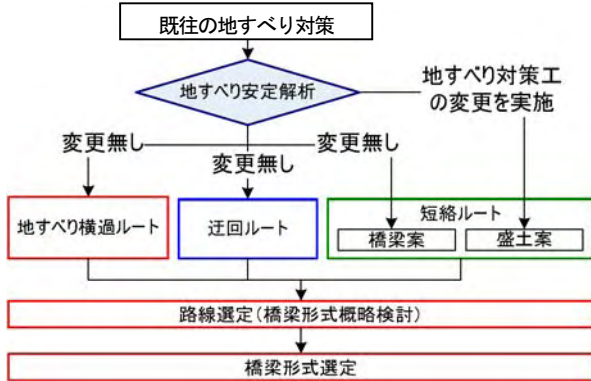


図-3.1 実施手順

4. 地すべり対策工の再検証

河川管理者が計画した既往の地すべり対策（押え盛土）は、湛水地保護を目的に安全率 1.1 で計画されているが、道路土工のり面工・斜面安定工指針^{※1}に規定されている道路建設に必要な計画安全率 1.2 を満足していない。このため、地すべり対策地内に構造物設置が可能となる安全率 1.2 を満たす事ができるように、既往の地すべり対策内容を再検証した。検証結果を以下に示す。

- 既往の押え盛土を 15m 程度前面側まで広げて設置すれば、計画安全率 1.2 を確保できる。しかし、既往の押え盛土よりも上側に盛土しても、安全率の向上は期待できない。（表-4.1）
- 計画安全率 1.2 を確保するためには、土工 35 万 m³、延長 1.1km の押え盛土が必要となり、既往計画の約 3 倍の土量が必要、対策工費は、約 3 倍で 17.5 億円が必要となる。対策工詳細図を図-4.1 に示す。

表-4.1 押え盛土の位置と安全率

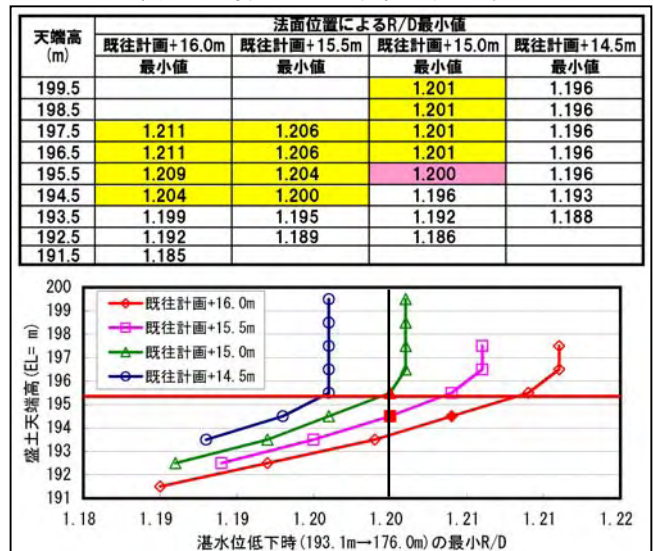


図-4.1 対策工詳細図

5. 路線選定

前項で検討した地すべり対策工範囲を踏まえ、現道交通を確保しながら、経済性・安全性・維持管理等に優れた路線計画を以下のように抽出した。

(1) 第1案：地すべり横過ルート（図-5.1）

本路線案は、計画予定の地すべり対策工の一部を橋梁にて横過できる路線を計画した。計画にあたっては、現道の既設橋梁（湖畔橋）と近接すること、現国道上を横過すること、支間長が長くなることなどに留意し、計画案を選定した。

なお、選定した計画路線よりもさらに現道側へ計画した場合、起点側擁壁規模が大規模となること、湖畔橋のA2橋台背面の擁壁に近接し、現道交通の確保が困難となる。

(2) 第2案：迂回ルート（図-5.2）

本路線案は、計画予定の地すべり対策工を迂回できるような位置に計画した。(1)の地すべり横過ルートよりも湛水地側に計画するため、平面線形計画上、曲線半径を小さく設定する必要がある。そのため、曲線半径の最小値を、本橋梁部において視距拡幅の必要がない $R=250m$ 以上として計画した。曲線半径を $R=250m$ 未満とした場合、橋梁部の視距拡幅が必要となり、工事

コストに与える影響が大きくなるが、土工部については、視距拡幅を実施しても工事コストに与える影響が少ないため、土工部においては現道路線で用いられている最小半径 $R=160m$ を適用し計画した。

(3) 第3案：短絡ルート（図-5.3）

a) 第3-1案：橋梁案

本路線案は地すべり地及び地すべり対策地内を単純桁で横断する路線として計画した。単純桁で横過する場合は、橋梁形式が下路式アーチ橋の形式となるため、道路線形を直線的に配置した。

b) 第3-2案：盛土案

既往の地すべり対策工から、前項4で示した地すべり対策地内に道路構造物を設ける事が可能な計画安全率1.2を満たす地すべり対策工に変更した案について検討した。地すべり対策地内への構造物設置案は、盛土高が30m以上になるため、盛りこぼし橋台の適用が難しいことから、土工による盛土案を抽出し検討した。

以上に示した3ルート4路線について、橋梁の概略検討も実施し、最適な路線を選定した結果「第1案 地すべり横過ルート」が最も経済性、施工性、維持管理面、環境面において優れた結果となったことから、本案を計画路線案に選定した。詳細な比較検討結果を次頁の表-5.1にまとめる。

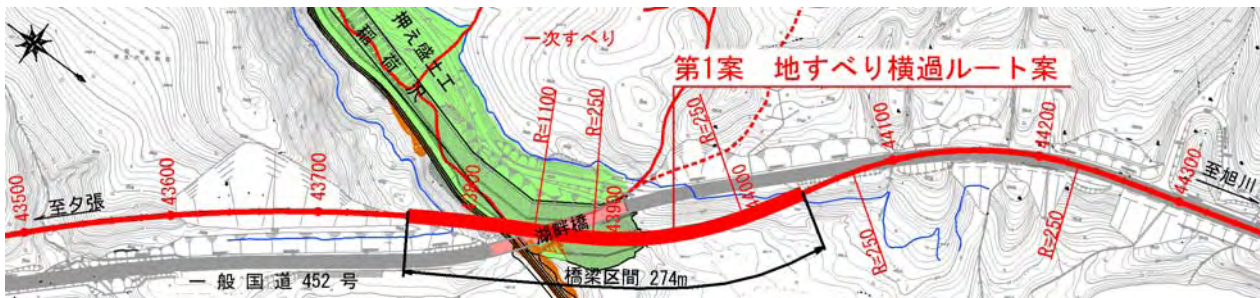


図-5.1 地すべり横過ルート

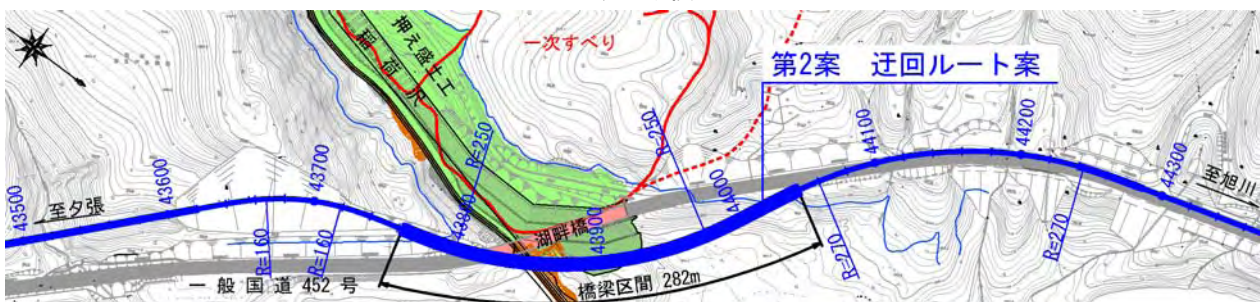


図-5.2 迂回ルート

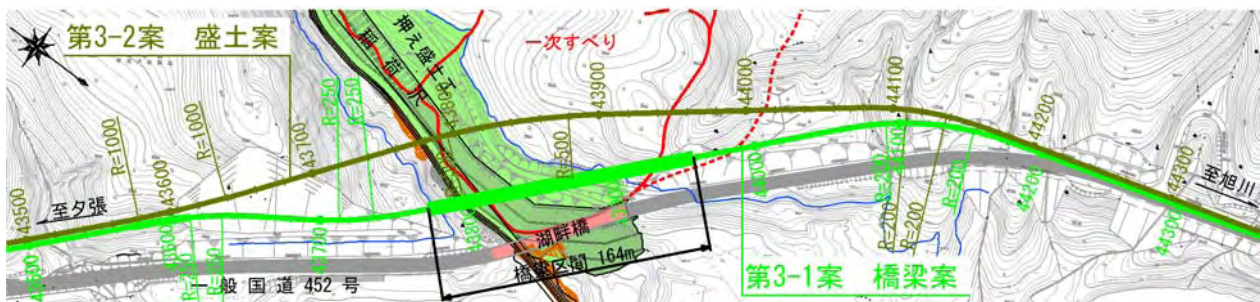


図-5.3 短絡ルート

表-5.1 路線選定結果

評価項目	評価ウェイト	第1案 横過ルート		第2案 迂回ルート		第3案 短絡ルート				
		橋梁案		土工案		橋梁案		土工案		
		評価	点数	評価	点数	評価	点数	評価	点数	
経済性	60	概算工事費をもとに下式より算定する。 最高点(60点) －(工事費比率－1)×最高点(60点)	23.0億円 (1.00)	60	23.7億円 (1.03)	58	24.2億円 (1.05)	57	24.4億円 (1.06)	56
走行性	6	平面線形が優れる場合を優位に評価する。 縦断線形が優れる場合を優位に評価する。 平面線形および縦断線形の組み合わせが良く、視認性が良い場合を優位に評価する。	○ △ ◎	3	△ △ ○	1	◎ △ ◎	4	◎ △ ◎	4
構造性	6	橋梁部の幾何構造が良い順に評価する。 一般的な構造形式でバランスの良い構造を優位に評価する。 耐震性・耐風性など、外力に対する安定性が高い構造を優位に評価する。	◎ ○ ○	4	○ ◎ ◎	5	◎ △ △	2	◎ △ △	2
施工性	8	計画延長(現道利用を除く範囲)が最も短い順に評価する。 土工バランスが優位な順に評価する。 新設橋梁の施工が容易な場合を優位に評価する。 旧橋撤去が容易な場合を優位に評価する。	◎ ◎ ◎ △	6	○ ○ ◎ ○	5	△ ○ △ ○	2	△ ○ △ ○	2
安全性	6	地滑りに対する長期的な安定の影響を受けない場合を優位に評価する。 地滑りを踏まえた施工(観測施工など)が必要ない場合を優位に評価する。 治水上の安全性が高い場合を優位に評価する。	○ ◎ ○	4	◎ ◎ ○	5	△ △ ○	1	△ △ ○	1
維持管理	8	構造物の延長および箇所数が少ない場合を優位に評価する。 維持管理が容易な構造形式の場合を優位に評価する。 管理区分が明確に別れており、管理し易い構造物の場合を優位に評価する。 補修・補強が容易な構造物となっている場合を優位に評価する。	○ ◎ ○ ◎	6	○ ◎ ○ ○	5	○ △ ○ △	2	○ △ ○ △	2
環境への影響	6	地形変化が少ない場合を優位に評価する。 周辺環境との調和が高い場合を優位に評価する。 自然を活かした道路構造となっている場合を優位に評価する。	◎ ○ ○	4	○ ○ ○	3	△ ○ ○	2	△ ○ ○	2
合計	100		◎	87	○	82	△	70	△	69

凡例 ◎：優 (点数は、評価ウェイトの100%)
○：良 (点数は、評価ウェイトの50%)
△：可 (点数は、評価ウェイトの0%)

※評価項目の作成および配点については地域条件、道路条件等を踏まえて、予備設計業務の中で検討したものである。

6. 路線選定を踏まえた橋梁形式検討

前項の路線選定で計画案に選定した「地すべり横過ルート」は、地すべり対策地内を横過するため、支間長が長く、不等径間となり、かつ地すべり対策工と近接する。このことから、地すべり地及び地すべり対策地内の位置関係に留意し、橋台・橋脚配置案を抽出し橋梁形式を検討した結果、「PC4 径間連続箱桁」を選定した。以下に、選定結果の検討経緯を示す。

(1) 橋台・橋脚配置計画

地すべり対策地内を横過するため、橋台及び橋脚が設置可能な位置を図-6.1 に示す。橋台位置は、サーチャージ水位内（ダム湛水地内）には設置できなく、橋脚位置は地すべり対策地内を回避し、基準径間長を確保する条件で計画した。特に下記の内容に留意し計画案を選定した。

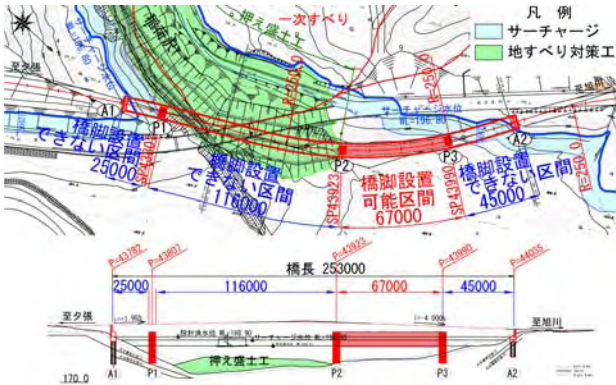


図-6.1 橋台及び橋脚配置

a) 安全な橋脚配置

支間長をできる限り短く設定するため、仮に地すべり（安全率 1.1）が滑動しても橋脚に影響を与えない安全性の高い構造物であることを以下により確認した。

- 地すべり崩積土は、稲荷沢左岸側のみに確認されており、右岸側との連続性はない。
- P1 橋脚基礎周辺は、RQD=90 程度の泥岩で十分な強度を有している。開削しても影響はない。（図-6.2）以上より、ダム嵩上げ後の水位でも滑動の影響はない。

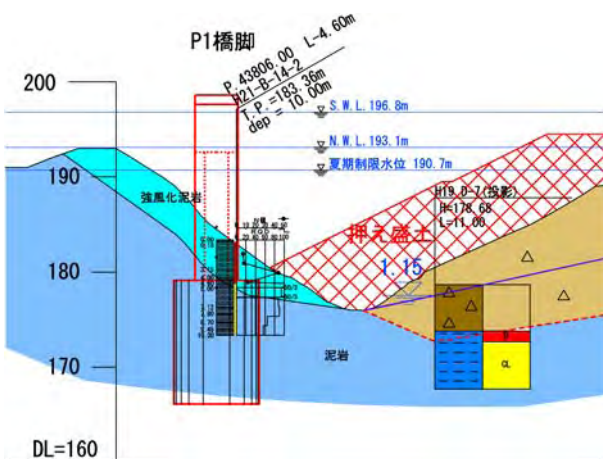


図-6.2 起点側(P1)橋脚配置位置

b) 負反力が生じないA1 橋台配置

図-6.1 に示すように、A1~P1 より、P1~P2 間が非常に長く、A1 橋台部に負反力（アップリフト）が発生することが予想された。このことから、カウンターウェイト（箱桁内部へのコンクリート打設）による対策を実施し、最適な橋台位置を決定した。（図-6.3）

A1~P1 橋脚間 カウンターウェイト設置

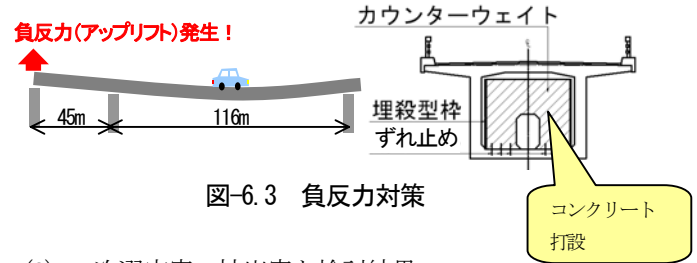


図-6.3 負反力対策

(2) 一次選定案の抽出案と検討結果

(1) で計画した下部工配置で適用できる橋梁形式として、負反力対策を実施せずに構造上適用可能な分割桁案と、負反力対策が必要になるが、耐震設計及び維持管理に優れた連続桁案を抽出した。また、既往の地すべり対策工を安全率 1.2 の地すべり対策工に変更し、地すべり対策地内に橋脚を設ける案についても抽出した。これらを比較検討した結果、下記 3 案について抽出した。（表-6.1）

第 1 案 鋼 4 径間連続鋼床版箱桁 (L=45+116+60+50m)

第 2 案 PC3 径間連続箱桁 (L=45+130+60m)

第 3 案 PC4 径間連続箱桁 (L=45+116+60+45m)

表-6.1 一次選定案の抽出案と検討結果

	橋 名	工事費 (億円)	点数	順位
鋼橋	【分割桁】 鋼単純鉄桁+鋼径間連続鋼床版箱桁	24.26	53 点	14 位
	【分割桁】 鋼単純鉄桁+ローゼ桁+鋼 2 径間鉄桁	22.40	54 点	13 位
	【分割桁】 鋼単純鉄桁+ローゼ桁+鋼 3 径間鉄桁	21.98	55 点	12 位
	【連続桁】 鋼 3 径間連続鋼床版箱桁	23.67	75 点	7 位
	【連続桁】 鋼 4 径間連続鋼床版箱桁	21.80	85 点	3 位 ◎
	【連続桁+地すべり対策変更】 鋼 5 径間連続非合成箱桁	28.61	64 点	10 位
PC 橋	【連続桁+地すべり対策変更】 鋼 6 径間連続非合成箱桁	28.33	58 点	11 位
	【分割桁】 PC 単純プレ+PC2 径間コンクリート橋	23.13	69 点	8 位
	【連続桁】 PC3 径間連続箱桁	20.48	88 点	2 位 ◎
	【連続桁】 PC3 径間連続波形鋼板ウェブ橋	21.02	79 点	5 位
	【連続桁】 PC3 径間連続コンクリート橋	24.25	78 点	6 位
	【連続桁】 PC4 径間連続箱桁	20.08	92 点	1 位 ◎
	【連続桁】 PC4 径間連続波形鋼板ウェブ橋	20.80	81 点	4 位
	【連続桁+地すべり対策変更】 PC5 径間連続ラーメン箱桁	28.91	67 点	9 位

※工事費は、地すべり対策工費も含んだ工費。

表-6.2 橋梁形式選定表

案名	側面図	断面図	概算工事費	評価
第1案 鋼4径間連続鋼床版箱桁橋			上部工 1,216,686千円 (555千円/m) 下部工 373,680千円 (170千円/m) 合計 1,590,366千円 (726千円/m) 比率 1.12	経済性 △ 構造性 ○ 施工性 △ 走行性 ○ 維持管理 ○ 景觀及び環境 ◎ 総合評価 △
第2案 PC3径間連続箱桁橋			上部工 1,052,620千円 (480千円/m) 下部工 405,872千円 (185千円/m) 合計 1,458,492千円 (666千円/m) 比率 1.03	経済性 ○ 構造性 △ 施工性 ○ 走行性 ○ 維持管理 ◎ 景觀及び環境 ○ 総合評価 ○
第3案 PC4径間連続箱桁橋			上部工 931,546千円 (425千円/m) 下部工 486,707千円 (222千円/m) 合計 1,418,253千円 (647千円/m) 比率 1.00	経済性 ◎ 構造性 ○ 施工性 ○ 走行性 ◎ 維持管理 ◎ 景觀及び環境 ○ 総合評価 ◎

(3) 橋梁形式選定

橋梁形式は、曲線半径が小さく不等径間となる本橋の特徴を踏まえた評価手法をもとに選定した。

a) 曲線橋を踏まえた構造検討

■ 架設時の安全性

計画案としたPC橋案では、図-6.4のように架設時にねじりモーメントが大きくなるため、施工性・安全性・経済性に留意した。

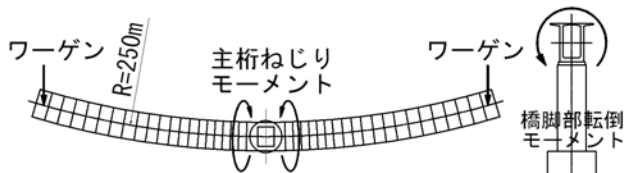


図-6.4 橋脚部のねじりモーメントの照査

■ 曲線橋における支承検討

選定案の支間長は長く、死荷重反力が大きく、曲線橋のため、左右の反力差が大きい。また、幅員が比較的狭く、支承設置範囲が限られているため、全体に占める支承費が多くなることから、ラーメン構造、アウトリガーを設置した免震支承、機能分離型支承などを比較検討し、経済性に優れる免震支承を選定した。

b) 評価手法とその結果

橋梁形式は、当該路線の地理的状況、地形地質の状況、構造的な特性などを踏まえた評価項目をもとに、比較検討を実施した。(表-6.2) また、評価ウェイトのバランスが異なる場合も想定されることから、感度分析を実施し精査した。(図-6.5)

■ 経済性・構造性を優位に評価した場合



■ 経済性・構造性・施工性・維持管理を優位に評価

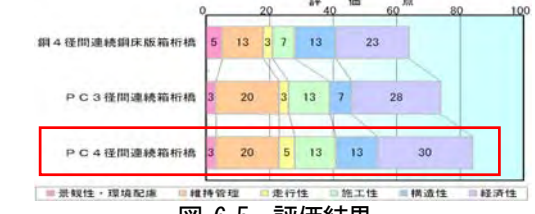


図-6.5 評価結果

7. おわりに

本検討によって、地すべりを踏まえた最適な路線選定および橋梁形式検討の実施により、長期的に安全な社会資本整備の実現と共に、地すべりに影響を与えない路線を選定することで、当初計画案（地すべり内ルート）よりも、1.2億円のコスト縮減が可能となった。また、押え盛土と橋梁・道路施設を構造的に分離することで、構造物の補修・補強などが容易になり、今後の維持管理の観点においても最良な提案と思われる。

参考文献

※1) 道路土工 のり面・斜面安定工指針H1.3

社団法人 日本道路協会