

## ◆ 報 文 ◆

## 性能評価に基づく道路施設の耐震性水準の設定手法に関する一検討

村越 潤\* 大谷康史\*\* 大住道生\*\*\* 吉澤勇一郎\*\*\*\*

## 1. はじめに

道路等の公共土木施設の耐震設計に際しては、想定される地震動に対して所要の性能(地震動が作用した場合に発現する安全性、供用性、修復性などの状態)が発揮できるように構造部材等の設計を行う必要がある。また、その際には、適切な投資配分のもとで、耐震対策費用と地震時に想定される各種被害の回避便益を比較考慮し便益が最大となるように耐震性水準を設定していくことが必要である。しかしながら、各施設の現状の耐震設計では、それぞれの施設の構造・機能特性や技術動向の違い等により、必ずしも性能面で横断的に整合のとれた基準が用いられているわけでない。例えば、橋梁、盛土、トンネルといった道路を構成する要素構造物の設計体系を比較した場合、施設毎に入力地震動の設定方法や要求性能の表現方法が異なっており、道路ネットワークという施設システム全体として見た場合に、機能面から適切な耐震性水準の組合せになっているのかどうか、また、システム全体として耐震対策投資が最適化されているかどうかについては不明確な状況にある。各施設が選択すべき耐震性水準の評価に当たっては、個々の構造物の性能を扱う設計論と施設システム全体としての機能を扱う計画論の両者を融合させたアプローチが重要と考えられる。

旧土木研究所防災技術課では、このような観点から、平成10年度より社会基盤施設の耐震性水準の合理的な設定方法に関する基礎研究を行ってきた。その研究の中で、野崎らは地域に存在する複数の土木施設の耐震性水準を、相互の整合性を明確にしながら合理的に設定するための方法論について検討を行い、手法の枠組みや課題等を整理するとともに、任意の一つの設計条件で設計された施設に対して、様々な地震動レベルに応じて発現される性能を一本の曲線(以下、等耐震性水準

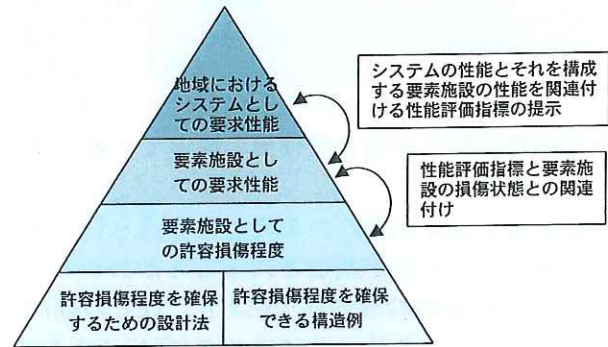


図-1 性能設計体系イメージと本研究の内容

線と呼ぶ)で表現する方法を提案している<sup>1),2)</sup>。この等耐震性水準線は構造物の耐震性水準そのものを表現したものであり、この線を用いることにより、異なる施設間の耐震性水準を横断的に比較することが可能と考えられる。

本研究では、手法構築の基礎として、道路システムを構成する橋梁部及び土工部(盛土)を対象に、耐震性能をシステムの機能面から横断的に比較するための指標を提案するとともに、施設の性能を、その指標を用いることにより、施設システムとしての機能的な性能に関連付けて評価する方法について検討を行った(図-1参照)。さらに橋梁部と土工部(盛土)を対象に試設計を行い、同指標により表現された等耐震性水準線を作成した。

## 2. 道路施設の耐震性能評価指標の提案

## 2.1 施設システムとしての耐震性能

道路は、橋梁、盛土等の複数の要素構造物が組み合わさって施設システムとしての機能が発現される。ここで、施設システムの耐震性能の概念を図-2のように表現する。図中の網掛け部分は、施設システムを構成する要素構造物の現状での耐震設計を表現している。要素構造物に地震動を入力した場合、構造物はこれに応答し、その大きさによっては、部材の変形・損傷、それに伴う橋桁間の開きや段差等が発生する。これらは、要素構造物毎に固有の構造的な性能(変状)を表すものであるが、施設システムの地震時性能を議論する際

A Study on Methodology to Rationally Determine Seismic Performance Level of Highway Structures Based on Performance Evaluation

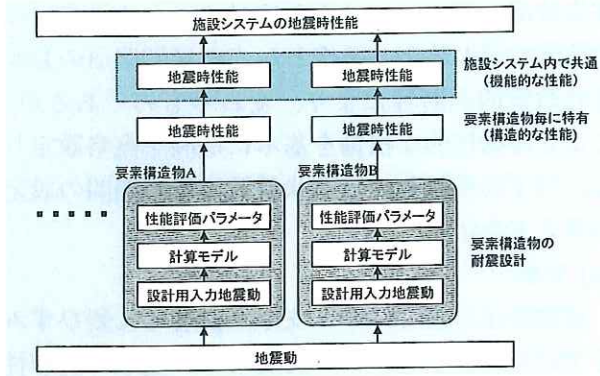


図-2 施設システムの耐震性能の概念

には、これを施設システムとしての機能的な性能に翻訳することが必要となる。例えば、橋梁の場合、段差等の構造的な性能は道路ネットワークとしての通行可能性、走行速度等の機能的な性能を表す指標に関連付けられるが、これらの指標は橋梁に特有の地震時性能とは異なり、施設システム内で共通・統一化された表現と言える。

2.2 施設システム内で共通の性能評価指標

各道路施設の耐震性能を横断的に比較するためには、各施設の性能を共通の指標で表現することが必要である。道路の場合には車両を通行させることがその基本的な機能であり、利用者便益を踏まえれば、ネットワーク内の走行時間の増分が有力な指標の一つになると考えられる。ただし、走行時間はネットワーク特性に依存するので、各施設の性能を直接的に評価する指標とはなり得ない。従って、施設の性能を横断的に比較可能で、かつ走行時間の増分を評価できる指標が必要となる。そこで、本研究では、特に地震後の通行機能に着目し、施設が被災した場合の交通規制期間を共通の指標とした。ここで、交通規制期間とは施設の補修に伴い交通止め又は交通規制が必要な期間とし、実工事の実績等を参考に設定することとした。

一例として RC 橋脚を有する鋼桁橋が被災したときの、各部材の損傷状態、補修内容、補修期間の関係を図-3 に示す。道路橋の場合、補修期間は損傷する部材によって著しく異なること、各損傷状態は補修期間に関連付けて表現可能であることがわかる。

3. 橋梁と盛土を対象とした等耐震性水準線の試算

3.1 検討方法

道路システムとして要求される耐震性能を合理

補修期間	なし	1ヶ月	2ヶ月	4ヶ月	16ヶ月
上部構造	無損傷 補修無し			局部座屈	落下 撤去・再構築
支承部	無損傷	破断			
橋脚	無損傷	ひび割れ発生 ひび割れ注入	ひび割れ貫通 断面修復 帯鉄筋修正	倒壊	撤去・再構築
杭基礎	無損傷				場合によっては再構築

図-3 橋梁各部の損傷状態、補修内容、補修期間の关系的に評価していくためには、システムを構成する様々な要素構造物に対して、共通の指標により耐震性能を表現する設計体系を整備することが理想的であろう。しかし、前述のとおり、現状の基準では、共通の指標で表現された耐震性能を実現する設計法が整備されているわけではなく、また、所要の耐震性能を確保するために許容できる損傷程度を演繹的に実現する設計法も整備されていないものが多い。

本研究では、このような設計法を実現するための一つの試みとして、道路システムを構成する橋梁部と土工部(盛土)を対象として、前節で提案した性能評価指標による等耐震性水準線の試算を行い、両者の耐震性能の比較検討を行った。検討手順は次のとおりである(図-4 参照)。

- ①両者同一の道路区間長(150m)を想定し、表-1の3つのケースに対して試設計を行う。
- ②試設計された各施設が4段階のレベルの地震動(地表面加速度:100, 250, 700, 1100gal)を受けた場合の損傷状態を推定する。
- ③損傷状態をもとに各施設に共通の性能評価指標を求め、等耐震性水準線を作成する。

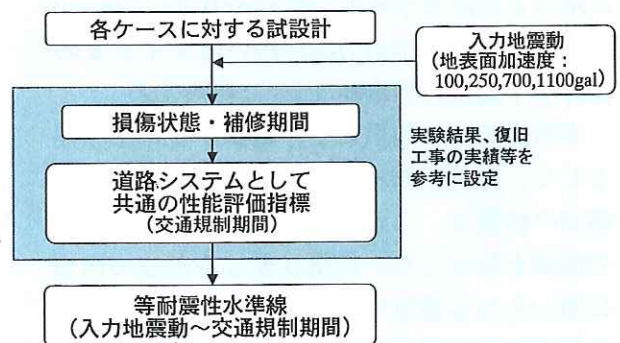


図-4 等耐震性水準線の作成手順

表-1 試設計における考慮する地震動と目標耐震性能

ケース A	供用期間中に発生する確率が高い地震動に対して、健全性を保持する。具体的には、機能回復のための修復を必要としない。(供用期間中に発生する確率は低い大きな強度を持つ地震動に対する性能は設定しない。)
ケース B	供用期間中に発生する確率は低い大きな強度を持つ地震動(タイプⅡの地震動) <sup>3)</sup> に対し、致命的な被害を防止する。具体的には、落橋・盛土崩壊に対する安全性を確保(橋梁ではA種の橋に相当)。
ケース C	供用期間中に発生する確率は低い大きな強度を持つ地震動(タイプⅡの地震動)に対し、限定された損傷に留める。具体的には、機能回復のための修復が応急修復で対応可能(橋梁ではB種の橋に相当)。

3.2 試算条件

3.2.1 橋梁

高架橋を対象とし、反力分散ゴム支承を有する3径間連続鋼箱げた橋(3@50m、全幅員9.5m)を想定した。下部構造は脚高10mのRC橋脚、基礎工は場所打ち杭、地盤条件はⅡ種地盤とした。

各ケースに対する試設計は、基本的に道路橋示方書<sup>3)</sup>に従うこととし、ケースAでは震度法、ケースB、Cでは地震時保有水平耐力法によることとした。ただし、ケースAでは供用期間中に発生する確率が高い地震動に対して橋脚断面が降伏しないように設計することとし、設計上安全率および許容応力度割増係数は考慮していない。

このように試設計された橋脚に対して、4段階のレベルの地震動(地表面加速度)を入力した場合の応答変位を算出し損傷状態を推定した。ここで、応答変位の算出に用いる水平震度の標準値としては、地盤にある振動が生じた場合に橋に生じる加速度が一般に地盤加速度の2~3倍になる<sup>3)</sup>とのことから、便宜上前述の地表面加速度を2.5倍した値を震度換算した値を用いることとした。したがって、地表面加速度100galは震度法に用いる設計水平震度の標準値0.25、700galは地震時保有水平耐力法に用いるタイプⅡの設計水平震度の標準値1.75に相当する。

本研究では、地震により橋梁が受ける損傷として、支承、橋脚および基礎の3つの構造部分の損傷と、これらの損傷に伴う上部構造の落橋を想定した。損傷状態は各部位の照査に用いられる諸量に基づき設定し、損傷に伴う補修期間は復旧工事の実績等を参考に仮定した。なお、実際の補修期間は、周辺地域の

被災状況や現地における資機材の投入や作業員の動員等の復旧体制、路線としての早期開通の必要性の政策的判断等により、変わるものであるが、ここでは物理的な損傷を基本に期間を概略設定した。以下に部位毎の損傷状態及び補修期間の設定の考え方を示す。

(a) 支承

道路橋示方書ではゴム支承の許容せん断ひずみを250%としているが、橋梁用ゴム支承の変形性能がせん断ひずみで350~400%以上であることから、350%を破断ひずみとし、この値を超える場合には補修期間を1ヶ月に設定した。

(b) 橋脚 (RC 橋脚)

橋脚の損傷状態の推定には、次式のパラメータλを用いることとした。

$$\lambda = \frac{\delta - \delta_y}{\delta_u - \delta_y} \quad (1)$$

ここで、δ:橋脚の最大応答変位、δ<sub>y</sub>:同降伏変位、δ<sub>u</sub>:同終局変位であり、λを塑性状態率と呼ぶこととする。λは降伏時(δ = δ<sub>y</sub>)に0、終局時(δ = δ<sub>u</sub>)に1となり、橋脚の変形状態を、断面諸元によらず無次元化して表現可能であり、橋脚の損傷状態と概略関係付けることができる。このλに対する損傷状態、補修期間については、文献<sup>4)</sup>を参考に表-2のとおり設定した。

(c) 基礎 (杭基礎)

基礎は、一般に橋脚よりも耐力に余裕を持たせて設計されており、橋脚の損傷が先行するため大規模な損傷は生じにくい。また、地中に埋設されており仮に損傷を受けたとしても補修補強が難しく、損傷状態(例えば、基礎の応答塑性率μ<sub>FR</sub>)と補修期間の関係付けは現実的ではない。そこで

表-2 橋脚における塑性状態率λと損傷状態、補修期間との関係

塑性状態率λ	損傷状態	補修期間
0以下 弾性範囲内	完全に機能	無し (補修無し)
0~0.25	使用可能 (軽微な損傷)	無し (補修無し)
0.25~0.6	交通規制で補修 (中規模な損傷)	1ヶ月 (ひび割注入)
0.6~1.0	補修後に使用可能 (大規模な損傷)	2ヶ月/4ヶ月 (断面修復/大規模断面修復)
1.0以上	倒壊の可能性	4ヶ月 (撤去再構築)

本研究では、簡略化のため、橋脚が倒壊し上部構造の再構築が必要となる場合に限り基礎の再構築による補修期間を考慮することとし、それ以外は補修なしとした。

### 3.2.2 盛土

現行の道路盛土の設計<sup>5)</sup>では、構造物の重要度に応じた設計震度に対し円弧すべりによる破壊安全率の照査を行うこととされているが、照査に用いられる諸量と損傷状態、補修期間との関連付けを行うことは難しい。そこで、別途数値解析により、地震動に対する盛土の沈下量を推定し、入力地震動～沈下量～補修期間の3者を関連付けることとした。沈下量については、二次元静的弾性FEM解析結果に、地盤の剛性低下分の補正を施すことにより推定した。沈下量に対する損傷状態及び補修期間は、文献<sup>6)</sup>や復旧事例等を参考

道路面の沈下量	損傷状態	補修期間
5cm程度以下	完全に機能	無し (補修無し)
20cm程度以下	使用可能 (軽微な損傷)	無し (はだ落ち補修)
50cm程度以下	交通規制にて補修 (中規模な損傷)	2ヶ月 (法面補修・ 舗装オーバーレイ)
1m程度以下	交通止めにて補修 (大規模な損傷)	4ヶ月 (盛土体補修・法面 補修・舗装再構築)
1m程度以上	交通止めにて補修 (再構築が必要)	10ヶ月 (再構築)

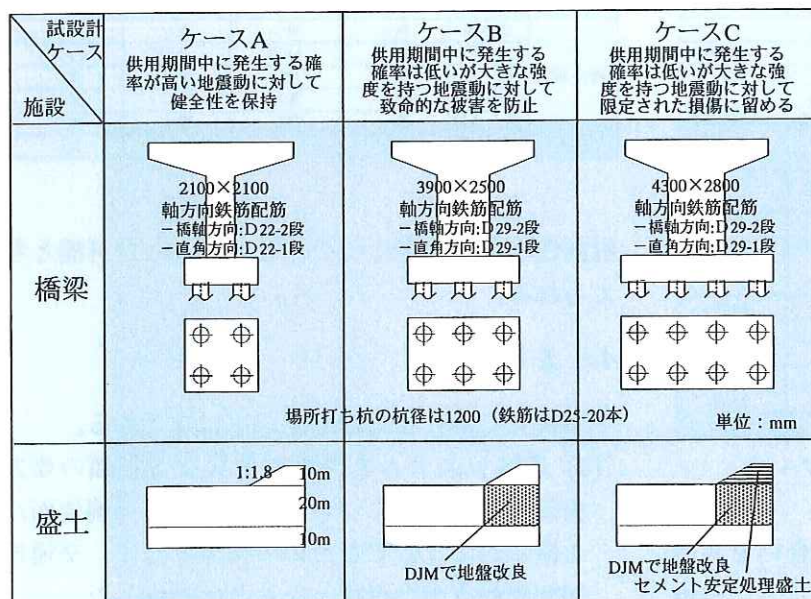


図-5 各ケースを満たすように試設計した橋梁及び盛土の断面諸元

に表-3のとおり設定した。なお、盛土の沈下量の算定手法については、本来ならば手法自体の評価が大きなテーマであるが、ここでは異なる道路構造物の性能を横断的に比較するための方法論の提案が目的であることから、簡略化した計算手法を用いた。

盛土断面としては、区間長 150m、高さ 10m、法勾配断面 1:1.8 を有する標準的な断面を想定した。この断面に対して、数値解析により各ケースの入力地震動に対する沈下量を計算した結果、ケース B, C では目標耐震性能を確保できなかったため、地盤改良(ケース B: 盛土基礎地盤を粉体噴射攪拌工法(DJM)で改良、ケース C: 盛土基礎地盤を DJM で改良し、セメント安定処理土で盛土を構築)を想定し、目標耐震性能を確保した。

### 3.3 試算結果

図-5 にケース A~C を満たすように設計した橋梁および盛土の断面諸元を示す。表-4, 5 に計算結果を示す。また、図-6 に橋梁と盛土の等耐震性水準線を示す。ここで、入力地震動は地表面加速度で示している。

橋梁ではケース A の場合、250gal 程度の地震動に対して復旧までに 18ヶ月かかり、その間通行止めになる。一方、ケース B の場合、各地震動レベルでより性能が高く、700gal に対しても 2ヶ月で復旧となる。さらに高いケース C により設計していれば、想定外の極めて大きな地震動である 1100gal に対しても 4ヶ月で復旧するということが表現されていることがわかる。盛土についても、橋梁と同様の形で表現することができ、両者の性能比較が可能である。

また、橋梁と盛土の性能を比較した場合、橋梁の方が各設計における設計地震動以上の地震動を受けた際の交通規制期間への影響が大きいこと、ケース A の盛土は、同等の地震動に対して同等の耐震性能を確保するように設計されたケース A の橋梁と比較して交通規制期間への影響が小さいことがわかる。

以上のように、この表現方法により各地震動レベルに対する各施

表-4 橋梁の試算結果

(a) ケース A

地震動レベル(地表面)	100gal	250gal	700gal	1100gal	
設計対象状態	○(健全)				
初期建設費(千円)	475,000・				
状態	上部工	損傷無し	損傷無し	落橋の可能性	落橋の可能性
	支 承	損傷無し ( $\gamma=81\%$ )	損傷無し ( $\gamma=200\%$ )	破断 ( $\gamma=570\%$ )	破断 ( $\gamma=890\%$ )
	橋脚柱	損傷無し (弾性範囲)	倒壊の可能性 ( $\lambda=1.15$ ) 鉄筋破断	倒壊の可能性 ( $\lambda=10.4$ ) 鉄筋破断	倒壊の可能性 ( $\lambda=25.9$ ) 鉄筋破断
	杭	損傷無し (弾性範囲)	損傷無し (弾性範囲)	損傷無し (弾性範囲)	損傷無し (弾性範囲)
	橋全体	損傷無し (継続使用可能)	落橋の可能性 (交通止再構築)	落橋の可能性 (交通止再構築)	落橋の可能性 (交通止再構築)
補修費用(千円)	橋全体 0・	665,000・	665,000・	665,000・	
補修期間	上部工	無し	16ヶ月	16ヶ月	16ヶ月
	支 承	無し	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月
	橋脚	無し	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月
	杭	無し	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月
	橋全体	無し	18ヶ月	18ヶ月	18ヶ月
交通止め・規制期間	無し	交通止18ヶ月	交通止18ヶ月	交通止18ヶ月	

(b) ケース B

地震動レベル(地表面)	100gal	250gal	700gal	1100gal	
設計対象状態	○ (致命的損傷無)				
初期建設費(千円)	512,000・				
状態	上部工	損傷無し	損傷無し	損傷無し	落橋の可能性
	支 承	損傷無し ( $\gamma=35\%$ )	損傷無し ( $\gamma=87\%$ )	損傷無し ( $\gamma=240\%$ )	破断 ( $\gamma=380\%$ )
	橋脚柱	損傷無し (弾性範囲)	軽微な損傷 ( $\lambda=0.01$ ) $\Delta$ 7カラ程度	大規模な損傷 ( $\lambda=0.74$ ) 斜ひび割貫通	倒壊の可能性 ( $\lambda=1.97$ ) 鉄筋破断
	杭	損傷無し (弾性範囲)	軽微な損傷 ( $\mu FR=1.2$ )	軽微な損傷 ( $\mu FR=1.2$ )	軽微な損傷 ( $\mu FR=1.2$ )
	橋全体	損傷無し (継続使用可能)	軽微な損傷 (使用可)	大規模補修 (補修後使用可)	落橋の可能性 (交通止再構築)
補修費用(千円)	橋全体 0・	0・	19,000・	727,000・	
補修期間	上部工	無し	無し	無し	16ヶ月
	支 承	無し	無し	無し	1ヶ月
	橋脚	無し	無し	2ヶ月	4ヶ月
	杭	無し	無し	無し	4ヶ月
	橋全体	無し	無し	2ヶ月	18ヶ月
交通止め・規制期間	無し	無し	交通止2ヶ月	交通止18ヶ月	

(c) ケース C

地震動レベル(地表面)	100gal	250gal	700gal	1100gal	
設計対象状態	○ (限定損傷)				
初期建設費(千円)	531,000・				
状態	上部工	損傷無し	損傷無し	損傷無し	局部座屈
	支 承	損傷無し ( $\gamma=35\%$ )	損傷無し ( $\gamma=87\%$ )	損傷無し ( $\gamma=240\%$ )	破断 ( $\gamma=380\%$ )
	橋脚柱	損傷無し (弾性範囲)	損傷無し (弾性範囲)	中規模な損傷 ( $\lambda=0.33$ ) 斜ひび割発生	大規模な損傷 ( $\lambda=0.93$ ) 被30リット剥離
	杭	損傷無し (弾性範囲)	損傷無し (弾性範囲)	軽微な損傷 ( $\mu FR=1.2$ )	軽微な損傷 ( $\mu FR=1.2$ )
	橋全体	損傷無し (継続使用可能)	損傷無し (継続使用可能)	中規模補修 (交通規制補修)	大規模損傷 (交通止補修)
補修費用(千円)	橋全体 0・	0・	6,000・	170,000・	
補修期間	上部工	無し	無し	無し	4ヶ月
	支 承	無し	無し	無し	1ヶ月
	橋脚	無し	無し	1ヶ月	4ヶ月
	杭	無し	無し	無し	無し
	橋全体	無し	無し	1ヶ月	9ヶ月
交通止め・規制期間	無し	無し	交通規制1ヶ月	交通止4ヶ月	

注)  $\gamma$ : ゴム支承に生じるせん断ひずみ  
 $\mu FR$ : 基礎の応答塑性率

設の損傷状態及び道路機能への影響度合いを共通の指標により表現することができる。さらに一歩考えを進めると、この表現方法を各施設の最適な

表-5 盛土の試算結果

(a) ケース A

地震動レベル(地表面)	100gal	250gal	700gal	1100gal	
設計対象状態	○(健全)				
初期建設費(千円)	74,500・				
状態	盛土体	損傷無し (3~5cm程度)	軽微な損傷 (7~20cm)	大規模な損傷 (60~100cm)	破壊の可能性
	法 面	はだ落ち程度	はだ落ち程度	法面内破壊	破壊
	舗 装	損傷無し	若干の陥没 (7~20cm)	大きな陥没 (60~100cm)	破壊の可能性
	盛土全体	損傷無し (継続使用可能)	軽微な損傷 (交通規制補修)	大規模な損傷 (交通止補修)	破壊の可能性 (交通止再構築)
補修費用(千円)	盛土全体 2,000・	5,000・	25,000・	303,000・	
補修期間	盛土体	無し	無し	2ヶ月	4ヶ月
	法 面	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月	1ヶ月
	舗 装	無し	2ヶ月	2ヶ月	2ヶ月
	基礎地盤	無し	無し	無し	4ヶ月
	盛土全体	無し	2ヶ月	4ヶ月	10ヶ月
交通止め・規制期間	無し	交通規制2ヶ月	交通止4ヶ月	交通止10ヶ月	

(b) ケース B

地震動レベル(地表面)	100gal	250gal	700gal	1100gal	
設計対象状態	○(健全)				
初期建設費(千円)	534,500・				
状態	盛土体	損傷無し (1cm以下)	損傷無し (1~2cm)	軽微な損傷 (2~10cm)	中規模な損傷 (9~24cm)
	法 面	はだ落ち程度	はだ落ち程度	法面内破壊	法面内破壊
	舗 装	損傷無し	損傷無し	若干の陥没 (2~10cm)	若干の陥没 (9~24cm)
	盛土全体	損傷無し (継続使用可能)	損傷無し (継続使用可能)	軽微な損傷 (交通規制補修)	中規模な損傷 (交通規制補修)
補修費用(千円)	盛土全体 2,000・	2,000・	8,000・	8,000・	
補修期間	盛土体	無し	無し	無し	無し
	法 面	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月
	舗 装	無し	無し	2ヶ月	2ヶ月
	基礎地盤	無し	無し	無し	無し
	盛土全体	無し	無し	2ヶ月	2ヶ月
交通止め・規制期間	無し	無し	交通規制2ヶ月	交通規制2ヶ月	

(c) ケース C

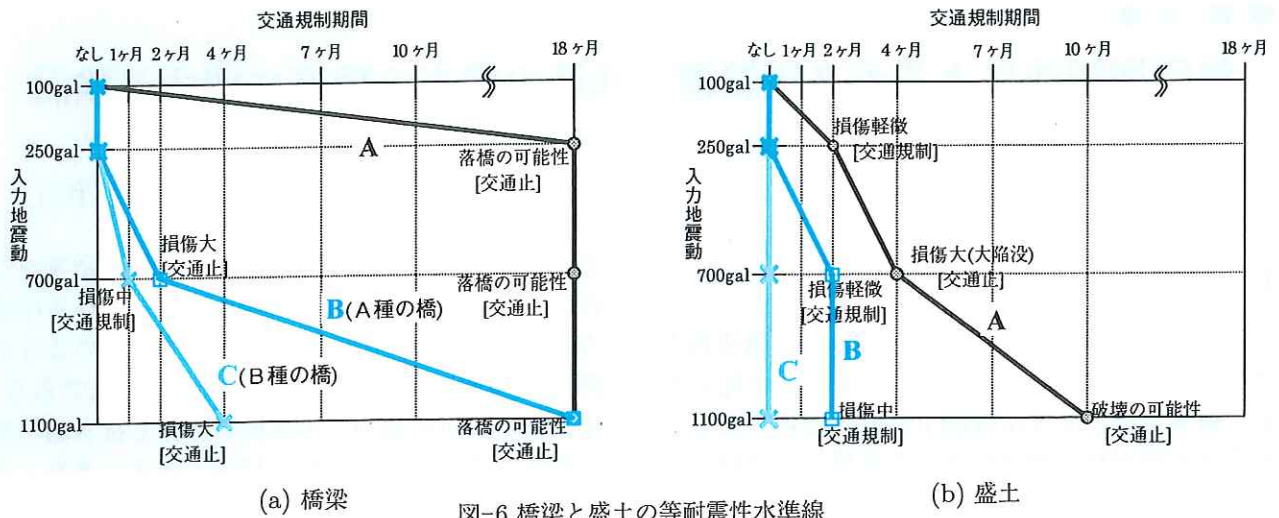
地震動レベル(地表面)	100gal	250gal	700gal	1100gal	
設計対象状態	○(健全)				
初期建設費(千円)	975,500・				
状態	盛土体	損傷無し (1cm以下)	損傷無し (1cm以下)	損傷無し (1cm程度)	損傷無し (2~3cm)
	法 面	はだ落ち程度	はだ落ち程度	はだ落ち程度	法面内破壊
	舗 装	損傷無し	損傷無し	損傷無し	損傷無し
	盛土全体	損傷無し (継続使用可能)	損傷無し (継続使用可能)	損傷無し (継続使用可能)	損傷無し (継続使用可能)
補修費用(千円)	盛土全体 2,000・	2,000・	2,000・	2,000・	
補修期間	盛土体	無し	無し	無し	無し
	法 面	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月	4ヶ月
	舗 装	無し	無し	無し	無し
	基礎地盤	無し	無し	無し	無し
	盛土全体	無し	無し	無し	無し
交通止め・規制期間	無し	無し	無し	無し	

耐震性水準の設定につなげていくことが可能と考えられる。

#### 4. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 道路システムを構成する異なる種類の要素施設の耐震性能について、システムの機能面から横断的に比較するための指標として、交通規制期間が有用な指標となることを示した。
- (2) 道路システムを構成する要素施設の耐震性



能を、システム全体としての機能的な性能に関連付けて評価する方法を示すとともに、橋梁と盛土を具体例として、施設の構造的な性能(変状)と道路システムの性能(機能損傷)の関連付けを行った。

- (3) 橋梁および盛土の等耐震性水準線を試算し、両者の耐震性能を道路システムに対する機能的な性能の観点から比較可能な形で表現した。
- (4) 目標耐震性能における設計地震動以上の地震力に対する橋梁と盛土の性能を比較した場合、現状では橋梁が受ける損傷の方が盛土と比較して交通規制期間への影響が相対的に大きい傾向にあることがわかった。

参考文献

- 1) 野崎智文、杉田秀樹：社会基盤施設の耐震性水準の合理的な設定法に関する基礎的な研究, 土木技術資料, 41-1, pp.56-61, 1999.1
- 2) 野崎智文、杉田秀樹：社会基盤施設の耐震性水準の合理的な設定方法に関する基礎的な研究, 第25回地震工学研究発表会, pp.1081-1084, 1999.7
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 1996.12
- 4) 土木学会：平成11年度土木技術者のための耐震設計入門, 1999.7
- 5) (社)日本道路協会：道路土工のり面工・斜面安定工指針, 1999.3
- 6) (社)日本道路協会：道路震災対策便覧(震災復旧編), 1988.2

村越 潤\*



国土交通省国土技術政策  
総合研究所危機管理技術  
研究センター地震防災研  
究室長  
Jun MURAKOSHI

大谷康史\*\*



同 地震防災研究室主任  
研究官  
Yasushi OHTANI

大住道生\*\*\*



国土交通省四国地方整備  
局土佐国道工事事務所調  
査第二課長  
Michio OHSUMI

吉澤勇一郎\*\*\*\*



国土交通省国土技術政策  
総合研究所危機管理技術  
研究センター地震防災研  
究室研究官  
Yuichiro YOSHIZAWA