

公共土木施設の耐震性水準の設定に関する基礎的検討

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 ○吉澤勇一郎  
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 村越 潤

1. はじめに

道路施設等の社会基盤施設の耐震設計にあたっては、地域で想定される地震動に対する地震時性能が国・地域の要求を満たし、リスクの最小化を目指す必要がある。

筆者らは、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検討<sup>1)</sup>を行っており、道路を構成する複数の要素構造物の耐震性能を横断的に比較するための一つの指標として、地震被害に伴う施設の交通規制期間が活用できることを示すとともに、橋梁および道路盛土の試設計を通じて等耐震性水準線の試算を行っている<sup>2)3)</sup> (図-1)。本文では、橋梁と道路盛土

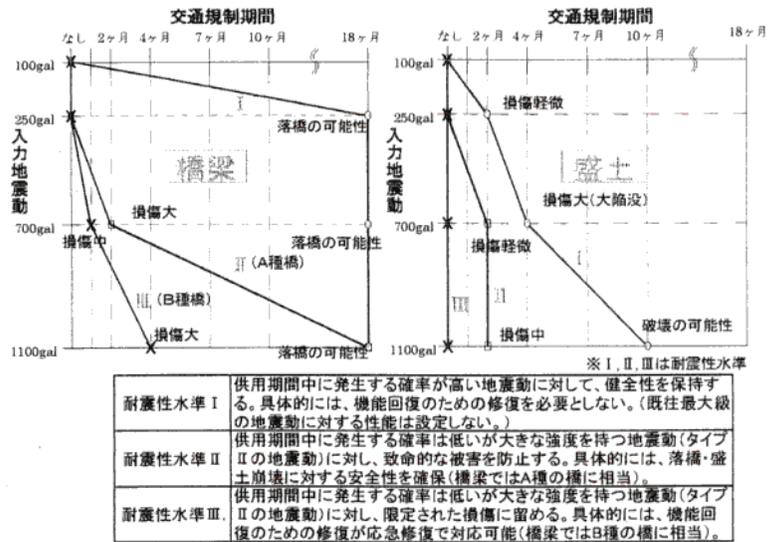


図-1 道路施設（橋梁、盛土）の等耐震性水準線

を対象として交通規制期間に伴う迂回損失を貨幣換算し、これに復旧費用、人的被害と初期建設費用を考慮したトータルコストを算出し、トータルコストと耐震性水準の関係について検討した結果を示す。

2. トータルコストの算定法

道路施設の地震被害に伴う損失項目としては、地震時の交通規制に伴う迂回損失の他に、損傷した構造物を復旧するための復旧費用、施設を通行中の利用者が被災することによる人的損失等が考えられる。ここでは、これらの費用に地震動の発生確率及び施設の被災確率を考慮することにより、施設被害に伴う期待損失を算出し、さらに初期建設費用を加えることによりトータルコストを算出することとした。具体的には次式の通りである。

$$TOT = C + \sum_{T=1}^{T_e} \left\{ \frac{1}{(1+r)^T} \int \sum_i \sum_j D_{ij} P_i(x) \cdot dP(x) \right\} \quad (1)$$

ここで、TOT: トータルコスト、C: 初期建設費用、 $T_e$ : 構造物の供用期間(=100年)、 $r$ : 社会的割引率(=4%)、 $D_{ij}$ : 損傷状態*i*における損失項目*j*の損失額、 $P_i(x)$ : 地震動レベル*x*で施設が損傷状態*i*に被災する確率、 $P(x)$ :  $x$ 以上の地震動レベルが発生する年間確率である。

3. 試算条件

橋梁と盛土を対象に、それぞれ3ケースの目標耐震性水準 (図-1) に対して試設計を行った。各試設計における諸元を図-2 に示す。各試設計に対し、4段階のレベルの地震動 (地表面加速度: 110,

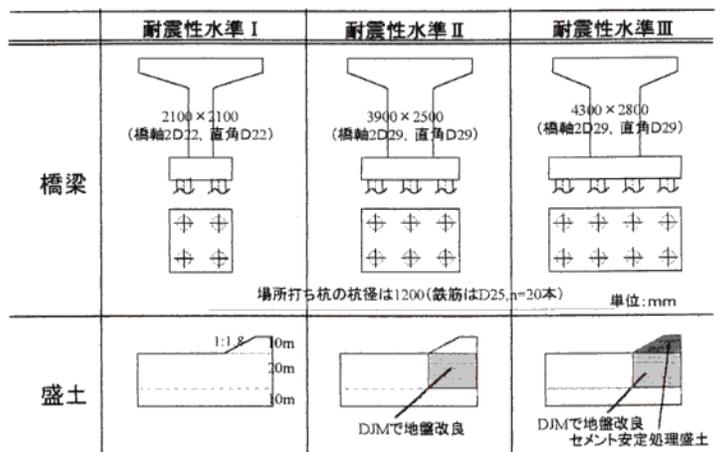


図-2 各目標耐震性水準に対する試設計結果

キーワード 耐震性水準, 費用対効果, 公共土木施設, 期待損失

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 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 TEL 0298-64-3245

250,700,1100gal) を与え、損傷状態を計算した。なお  $p_i(x)$  については実被害による統計データをもとにマクロ的に被害関数を与える方法があるが、ここでは簡略化のため各地震動に対する損傷状態を一意的に設定した。さらに各損傷状態に対し、交通規制に伴う迂回損失、復旧費用および人的被害による損失を算出した。

各損失項目の算出および貨幣換算については以下の通りとした。初期建設費用、復旧費用は工事实績等をもとに算出した。人的被害数に関しては各施設の損傷状態と交通量をもとに概略設定し、その貨幣換算は保険料等を参考に設定した（死亡 2 億円/人、残後遺症 1 億円/人、完治障害 500 万円/人）。交通規制による迂回損失については、交通止めの場合 60 分のロス、交通規制（片側通行）の場合 20 分のロスとし、この迂回時間に、一日の交通量と交通規制期間、車種毎の時間価値原単位  $\psi$  を乗じることにより算出した。地震の年間発生確率は、地表面加速度 110,250,700,1100gal に対してそれぞれ 1/25,1/200,1/5000, 1/50000 と仮定した。

4. 試算結果

表-1,2, 図-3 に橋梁と盛土の各耐震性水準に対するトータルコストの試算結果を示す。表中の網掛け部分は各交通量に対してトータルコストが最も低い耐震性水準を示している。橋梁については、交通量が 5,000 台/日の場合は耐震性水準 II（A 種の橋相当）、交通量が 10,000 台/日以上の場合は耐震性水準 III（B 種の橋相当）がトータルコストが最も低くなっている。盛土については、交通量 5,000 台/日、10,000 台/日の場合は耐震性水準 I、50,000 台/日の場合は耐震性水準 II がトータルコストが最も低くなっている。

また、表-3 に各地震動に対する期待損失の内訳を示す。耐震性水準 II, III において、1100gal と 700gal の地震動による期待損失はそれぞれ同程度となっている。複数の地震による期待損失を考えると、現行の設計地震動よりも大きな地震力を受けた場合の損失が耐震性水準の設定に影響することを意味しており、可能性のある全ての地震動を考慮することが重要と考えられる。

さらに、表-4 に損失項目別の期待損失の内訳を示す。迂回損失が他項目に比べ相対的に大きく、迂回損失の大きさがトータルコストに大きく影響を与える結果となっている。

5. おわりに

本研究では、橋梁と盛土の試設計を通じて、初期建設費用と期待損失額の和であるトータルコストを試算し、耐震性水準との関係について検討した。今回、非常にラフな仮定のもとに概略の試算を行ったが、その他の考慮すべき損失項目や被害のカタストロフィックな効果などの検討を進めていく予定である。

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方法に関する基礎的研究，第 25 回地震工学研究発表会，pp.1081-1084，1999.7 2) 大住道生、村越潤、大谷康史、杉田秀樹：性能評価に基づく耐震性水準の合理的設定手法に関する基礎的研究，土木学会第 56 回年次学術講演会，2001.10 3) 村越潤、大谷康史、大住道生、吉澤勇一郎：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，土木技術資料，2002.4 4) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針（案），1998.6

表-1 橋梁のトータルコスト試算結果（単位:百万円）

	耐震性水準 I	耐震性水準 II	耐震性水準 III
交通量5千台/日	2,342	526	533
交通量1万台/日	4,128	539	536
交通量5万台/日	18,413	644	555

表-2 盛土のトータルコスト試算結果（単位:百万円）

	耐震性水準 I	耐震性水準 II	耐震性水準 III
交通量5千台/日	147	539	978
交通量1万台/日	217	542	978
交通量5万台/日	777	560	978

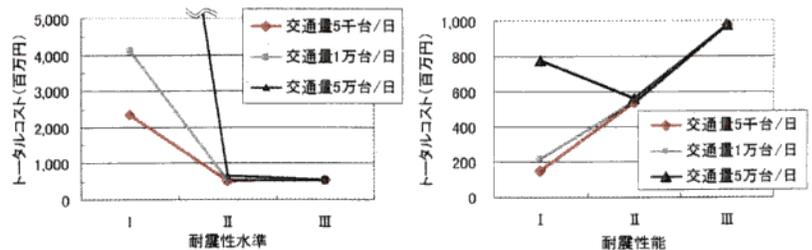


図-3 橋梁、盛土のトータルコスト試算結果

表-3 地震動別の期待損失内訳（橋梁で交通量 5000 台/日の場合、単位:百万円）

	耐震性水準 I	耐震性水準 II	耐震性水準 III
初期建設費用	475	512	531
各地震動による期待損失	110gal	0	0
	250gal	1,792	0
	700gal	67	6
	1100gal	7	7
トータルコスト	2,342	526	533

表-4 損失項目別の期待損失内訳（橋梁で交通量 5000 台/日の場合、単位:百万円）

	耐震性水準 I	耐震性水準 II	耐震性水準 III
初期建設費用	475	512	531
各損失項目の期待損失	迂回損失	1,462	12
	復旧費用	81	0.4
	人的損失	323	1.4
トータルコスト	2,342	526	533