

I-B84

トータルコストから見た土木構造物の要求耐震性能の設定法に関する一検討

建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹

" " 大住 道生

1. はじめに

土木構造物の耐震設計では、想定するある設計地震力に対して所要の耐震性能を発揮できるように構造部材等の設計を行う。構造物が建設される地点において将来予測される地震動が精度よく推定できれば、この地震動に対して必要最小限の耐震性能を付与することにより全体として合理的な耐震設計が可能となるが、将来起こり得る地震動の予測には非常に大きな不確定性が存在する。どこまでも強い構造物を作ることも技術的には可能と考えられるが、限られた資源の中で投資を行うことを考えると現実的とはいえない。このため、このような大きな不確定性を有する地震動に対して耐震設計を行わなければならないという条件で、土木構造物に対してどのレベルの耐震性能を確保するように設計するのが合理的かについては多くの議論があるところと考える。

本研究は、大きな不確定性を有する地震動に対し、土木構造物に対する合理的な要求耐震性能の設定法の検討を目的として実施しているものであり、本文では、道路ネットワークを対象に、初期建設コスト、震災時の影響コストなどを考慮したトータルコストの観点から見た要求耐震性能の評価法の考え方について検討した結果を報告する。

2. 地震危険度を考慮した土木構造物のトータルコストの基本算定式

本研究では、問題を簡単にするために、図-1に示すようなある2地点間を結ぶ道路ネットワークを対象にした。この道路ネットワークに対して、地震危険度を考慮したトータルコスト C_T を次式により仮定した。

$$C_T = \sum_m \left\{ \sum_n (C_1 + C_s + C_R \cdot P_2 \cdot P_1) \right\} + C_E \cdot P_3 \cdot P_1 \quad (1)$$

ここで、 C_1 ：構造物の初期建設コスト、 C_s ：構造物の補強コスト、 C_R ：震災時の構造物の復旧コスト、 C_E ：道路ネットワークの損傷による社会経済的損失コスト、 P_1 ：地震発生確率、 P_2 ：構造物の損傷確率（＝構造物耐力と地震動強度の関係）、 P_3 ：ある地点間を結ぶ道路ネットワークの損傷確率、 m ：道路ネットワーク上の構造物数、 n ：道路ネットワーク数、である。

図-2は、式(1)を簡単に図化したものである。耐震性能を大きくすると、初期建設コストが高くなるが、一方、震災を受けにくくなるので地震の際の社会経済的損失コストは小さくなるというものである。したが

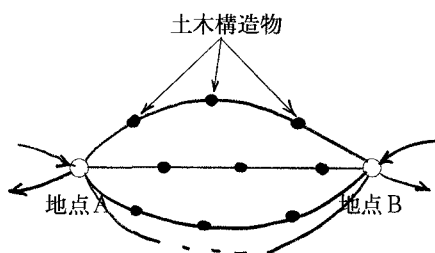


図-1 2地点間を結ぶ道路ネットワーク

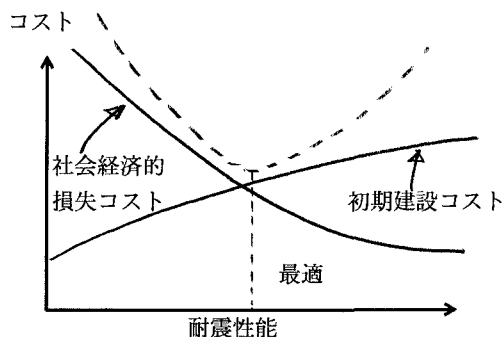


図-2 耐震性能のコストの関係

キーワード：耐震設計、トータルコスト、橋梁、耐震水準

〒305 茨城県つくば市旭1番地 TEL:0298-64-2211 FAX:0298-64-4424

って、初期建設コストに比較し、地震時の構造物の機能損失による社会経済的影響の方がはるかに大きい場合には、初期建設コストを大きくした方がトータルとしての損失コストは少なくなるということになる。

したがって、ある道路ネットワークのトータルコストを最小化できる構造物の耐震性能を設定することを考えると、各種の初期条件、境界条件下において式(1)を最小化することによりこれが求められる。

各コスト関数は、以下のように考えた。

（１）初期建設コスト

橋梁などの道路構造物の初期建設コスト関数は、耐震設計で考慮する設計地震力の関数として表わすこととした。設計地震力が大きくなると、例えば橋脚の鉄筋を大きくしたり、断面を大きくしたりする必要が生じ、また、これに伴って支承や基礎が大きくなることにより、建設に要する初期建設コストも大きくなることになる。

（２）補強コスト

補強コストは、耐震補強などの構造物のアップグレードのためのコストである。既設構造物の耐震性能を考える場合や、建設当初には当面相対的に低い耐震性能で設計し、将来研究の進展などにより当該地点における地震動が大きいことが明らかになった時点で補強を行うというような考え方をする場合に想定するコストである。

（３）震災時の復旧コスト

地震被害を受けた場合の復旧コストは、ある想定される被害に対してその機能を回復するために必要となるコストである。地震時に発生するコストであることから、地震発生確率と構造物の損傷確率との積で表すこととした。あるレベル以上の地震が発生した際の構造物が被災する確率と被災度に応じた復旧コストが算定される。構造物の供用期間中に想定される地震力が完全に明らかな場合には、復旧コストが不要のように初期建設コストに投資するか、また、初期建設コストと復旧コストの和が最小になるように初期建設コストに投資することができる。

（４）社会経済的損失コスト

社会経済的損失コストは、道路ネットワークの機能損傷に起因して発生する社会経済的損失であり、評価対象とする道路システムの利用状況などの属地環境に支配される。また、復旧の時間的な進捗や利用者の経路の選択法などの要因にも依存する。このような社会経済的損失の評価法については、非常に多くの因子が関係するためこれを精度よく推定するのは難しいが、ここでは、既往の研究等を参考に産業連関表等を用いて評価を試みることにした。社会経済的損失コストには、地震の発生確率とある地点間を結ぶ道路ネットワークの損傷確率を乗じて算定することとした。損傷確率には、道路ネットワーク内の構造物の損傷確率と、十分な代替性を有する複数のネットワークがある場合には、ある特定の道路ネットワークの機能損失が社会経済的な損失に結びつきにくいという点を関係づけるものとした。

3. まとめ

本文では、トータルコストの観点から見た土木構造物の合理的な要求耐震性能の設定法の開発を目的にその基本的な考え方について検討した結果を報告した。今後、地震動の不確定性を表すための取扱い方法、各種のパラメータ解析を通じた感度分析を行い、耐震設計で考慮すべき要求耐震性能の合理的な考え方についての検討を行っていきたい。

参考文献

- 1) 庄司、藤野、阿部：高架道路橋システムにおける地震時損傷配分の最適化の試み、土木学会論文集No. 56 3/I-39、1997年4月
- 2) 野中、猪熊、片山：道路橋の地震被害率と設計震度選択に関する基礎的検討、土木学会論文報告集、第340号、1983年12月
- 3) 荒川、川島：設計水平震度が道路橋建設費に及ぼす影響、土木技術資料、28-2、1986