

I - B 366 構造物の重要度に関する 2, 3 の考察

愛知工業大学 正員 青木徹彦

1. はじめに

阪神大震災以来、土木学会から「耐震基準等に関する第二次提言」も出され、構造物の重要度を考慮した耐震性能評価の必要性が認められはじめた。しかし構造物の重要度に関する議論はあまりなく、それに関わる要求性能水準の決定も曖昧になりがちである。これらはまた地震外力を受けた構造物の荷重—変形挙動の評価や耐震設計でどのレベルの変形まで許すかといった基準にまで関わるため、重要度に関する各方面の議論がもっととされるべきと考えられる。本論では主に都市における重要構造物である高架高速道路の重要度に焦点を当てて概観する。

2. 重要度とコスト

重要な構造物は耐震性を一段と向上させなければならないが、そのためには費用がかかる。社会資本を最も効率的に運用するためには、すべての構造物に等しい安全性を持たせることが最適解なのではなく、重要度を考えることによって社会全体のコストを最小にすることが必要となる。よって重要度とコストとは密接な関係にあり、重要度を表す指標としてコストを用いることができると考えられる。構造物の重要度は、それが機能を失ったときの全損失コストの大小から決定できるものとする^{1,3)}。簡単に言えば「その構造物が破壊したとき、社会的影響や損害が大きいほどその構造物は重要」ということになる。これはリスク・マネジメントと同じ考えである。すなわち

$$\text{重要度} = \text{全損失コスト} = \sum (P_i \times C_i \times n) \quad (1)$$

ここに P_i は事象 i の発生確率、 C_i は事象 i の 1 日当たりの損失コスト、 n = 機能喪失期間（日）。コスト C は a. 人命の損失、b. 構造物の費用、c. 構造物機能損失に伴う社会的損失 の和からなる。

- a. 人命の損失は過去の事故の補償額、判例等を参考にし、一人 1 ～ 2 億円とする。人命の貨幣価値換算については異論があるかもしれないが、文献 2) にも提案されており、社会的に浸透してきている。
- b. 構造物の費用は全損した場合、減価償却した後の現存価値。補修して使用可能な場合、補修費。
- c. 構造物機能停止に伴う社会的損失は例えば（高速道路の通行料） $\times$ （交通量）が目安になるが、通行不能による他の社会活動の損失コストも当然含むべきである。高速道路の事例として以下が考えられる。
 - 1) 部品を組立工場へ運搬するトラック（組立工場そのものが被災した場合は論外であるが、部品到着の遅延による組立作業停止に伴う全損失コスト）
 - 2) 商用、会議に出張中の乗用車（商用、会議に不参加の損失コスト）
 - 3) 行楽への乗用車（リラクスの時間が逆に心理的ストレス増加に伴う精神的補償）

新幹線鉄道の場合、上記 2), 3) 「乗用車」の代わりに「乗客」と置き換えればよいが、例えば商用の場合、乗客だけでなく、当然相手がいて、相手先の業務に影響を及ぼす。これらは社長、重役、平社員によっても異なり、復旧期間によっても損失コストは異なる。これらの算出は高い精度で出すことは難しくとも、全く困難ともいえず、各種調査機関（三菱総研、保険会社等）に相当額の調査費を出せば答えが得られるであろう

key words: 重要度、高架高速道路、損失コスト、リスク

連絡先（〒470-0392 豊田市八草町 愛知工業大学 土木工学科 Tel 0565-48-8121 FAX 0565-48-6445）

う。阪神大震災後、約1ヶ月でイギリスの船舶保険会社ロイドが震災の被害額を算出していた。また役所も通常時における道路渋滞による経済損失を算出している。

2. 震災直後の異常時でのコスト

阪神大震災でも明らかなように、震災直後の混乱や秩序回復過程での構造物の機能価値は平常時とは異なり、特別大きなものとなる。都市内高速道路を例に、時系列的に以下のように分けて考えられよう。

- 1) 震災後、数時間～24 時間以内： 人命救助、消火のための救急車両の通行の維持が重要。都市内高速道路のような最重要構造では最低限、緊急車両の通行ができなければならない（一般車は人為的に交通制限される）。例えば、人命に直接関係する消防車、救急車は1台、1回通行につき1億円とはじく。震災直後の1日は通常の100倍程度の価値となろう。
- 2) 震災後、3日以内： 食料、衣類等の生活用物資、主要道路、ライフライン復旧用工事車両の通行。車両1台1回通行につき実際は取らなくとも10万円～50万円の通行料相当（あるいは一般車からは50万円取ると予め決めておいてもよい）。通常時の50倍程度の価値。
- 3) 震災後、3、4週間以内： 一般交通施設、重要公共建築物等の復旧工事用車両の通行復旧。通常料金の10倍程度。
- 4) 震災後、3ヶ月以内。この道路を必要とする車両のために、あるいはこの道路を通らなくてもあまり支障のない車両を排除するために、通常料金の約2倍。

3. 鉄道構造物の特殊性

最高時速270Kmもの高速で走行する新幹線列車が地震に遭遇すれば、大惨事となり、多くの人命が失われることは想像に難くない。たとえ早期地震検知警報システム（ユレダス）が作動したとしても、列車が低速になるまでの間に、線路支持構造物のわずかな変形が、脱線転覆を生じ、人命という大きな損失コストを生む可能性は大きい。現在のような過密ダイヤ（1日280本）で、1列車1600人ほぼ満席の状態では、さらに長い走行距離による複数の震源域をカバーする状態（発生確率が大きくなる）では、地震被害による損失コストは想像以上に大きいものとなろう。例えば1人1億円 $\times$ 1600人 $\times$ 死亡率0.5=800億円。これに加えて重軽傷者治療費。にもかかわらず、一般構造物の耐震設計と同様の大変形を許す保有水平耐力設計が検討されているというのは経済性の問題があるにせよ検討を要するように思われる。こうした耐震設計の基本的考えについて、利用者にできるだけ情報公開を行う必要がある。脱線時に備えて、新幹線車両の下にそりを備えておくのはどうであろうか。

4. 重要度と破壊形式、補修方法

重要度の大きな構造物が機能停止すれば社会的な損失は大きいから、早期に復旧できる破壊モードが望ましい。千年に一度レベルの大きな地震に対しては部分的な破壊を許す設計を認めざるを得ないから、様々な破壊モードを想定し、補修方法等の検討を行っておく必要がある。例えば鋼製橋脚の場合、箱形断面ではリブ間の座屈は全体強度上はあまり問題なく、表面から鋼板をあてて溶接すれば地震直後から通常どおり使用できる⁹⁾。一方RC橋脚のせん断破壊では水平保有耐力があったとしても、撤去、長期間かけて再建される。

参考文献

- 1) 青木徹彦、“機能損失に基礎をおいた鋼構造物設計法の概念”、第44回応用力学連合会、平成7年1月
- 2) 土木学会鋼構造委員会、“構造物の破壊時コストの明確化と設計問題における意志決定”、一阪神大震災の提起する構造物のコストと安全性の問題一、平成7年度土木学会全国大会研究討論会資料、1995年9月
- 3) 青木徹彦、“地震時破壊後に補修した...”、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、1997.5