

建設省土木研究所 正員 栗林 栄一

〇 “ “ “ 田崎 忠行

1. はじめに

近年における耐震設計法の進歩はめざましく、個々の構造物についてはかなり高い精度で耐震設計を行なうことができるようになってきた。しかしながら、実際に地震を受けた場合を想定してみると、様々な設計法による様々な強度を持った構造物の集合体としての耐震性が検討されなければ、実際の地震に際して、人命救助、救援物資の輸送、通信連絡等、各施設が有機的に連結してはじめて機能する公共施設が、どの程度確保されるかが判断できない。ここでは、主として種々のレベルの耐震性を持つ構造物の集合体について、どの構造物をどの程度耐震性を向上させるかという計画手法の基本的な考え方について述べようとするものである。

一般的に耐震性は、構造物を補強するという投資をすればする程、増加するものであるから、いかなる地震に対しても絶対に破壊しないような構造物に補強しようと思えば、必要投資量は限りなく大きくなり、実際の財政等の条件を考慮すると非現実的である。最適投資規模を決定する方法としてまず考えられるのは、投資量に対して得られる効用が最大となる点を見出すという方法である。即ち、耐震性をある尺度で計量可能とした場合に、単位当りの耐震性向上の投資に対して、耐震性向上の度合が最大となるような投資規模を見出そうとするものである。しかしながら、耐震性の計量化には、単に構造物の耐震性のみでなく、例えばその効果としての人的被害、交通施設に関する避難の容易性、通信施設に関する通信連絡の可能性等についても評価しなければならないが、これらは多くの要素から成り立っており評価が非常に困難である。更に、このようにして求められた投資規模によって地震時に最低限必要な避難路、通信連絡施設等がどの程度確保されているか不明確である点に大きな問題が残る。

一方、地震災害は対象が無差別的であるので、そのうちで特に耐震性を向上させる地域、施設、規模等を選別し、これに重点的に耐震性機能を持たせるという考え方もある。以下にどの地域の、どの施設で、どのような規模のものを、どの程度の耐震性を持たせるかについて検討してみる。

2. 選別的手法

何に重点的に耐震性機能を持たせるかという尺度のオーは、地域、施設、規模ごとの重要度である。重要度というのは非常にあいまいな概念であるが、大きく分けると施設等のそれ自体の個有的目的に対する貢献度、万一被害を受けた場合の被害の影響の大きさ、被害を受けた際、他のもので補完されるか否かの補完性等に分類され、これらを総合した概念であると考えることができる。まず施設の目的に対する貢献度を道路を例にとり、地震時に道路が避難路として利用される場合について考えてみる。地震時における避難路として、区画道路まで含めたあらゆる道路を整備することは困難であり、実際的にもないので、ある一定条件以上が道路を避難路として選定することとなる。従来検討されてきた避難路の考え方を総合してみると、オーに避難交通を十分に処理し、かつ沿道の建物等の被害があつてもある程度その機能を保持しうるだけの巾員があり、避難するに十分な間隔で道路が配置されており、更に地震時に火災等の恐れがあるような危険物から十分な距離を保った道路ということが出来る。加えて、道路は地震時において、避難路としてのみではなく、救助活動、消火活動のスペースを提供するものであるため、この面からも一定以上の巾員を要求される。このような避難路の設定は、各地方自治体によって部分的に設定されはじめているが、設定された道路が地震時に十分に機能するかどうかがという検討は、まだ完全には行なわれていないようであり、今後の課題であろう。一方都市部の道路においては、道路は避難路としてよりも、救援物資の運搬路としての性格が強いので、ある一定クラス以上の道路でネットワークが構成され

ていいまいことになる。道路橋耐震設計指針において、高速自動車国道、一般国道、主要地方道の橋、一般郡道府県道および市町村道のうち重要な橋とそれ以外の橋の設計震度に関する重要度別補正係数を区別しているのも、この考え方と共通したものがあると思われる。

道路と同様に、地震時の社会活動に欠くことのできない施設である緊急連絡および情報伝達の通信連絡施設、水道、電力等生活を維持していくのに最低限必要な施設、いわゆるライフラインについては、少なくとも基幹的施設については他の施設と比較して重要度が高く、より高い耐震性を持たなければならないということは、社会通念からも受け入れられることであろう。

次に、万一被害を受けた場合の被害の影響の大きさという観点からの選別の仕方であるが、ここには被害の影響の大きさとは、ある施設が被害を蒙った場合に、その施設自体の物的被害のみでなく、その施設が壊れることによって付随的に破壊がおこるような被害、およびその施設が利用できなくなることによる間接的な被害等を総称したものと考えることができる。このうち前者は主として人口密度、空地率等の地域の利用状況ないし利用形態と関連し、後者はこれに加えて交通量等の各施設の利用頻度と関連している。

最後に他との補完性であるが、具体的には、道路であれば代替路線、通信施設であれば迂回する回線の有無等が判断基準となる。

耐震性向上の尺度のオ二番目のものとしては、おのおのが個有に持っている耐久性に関する性質である。即ち橋梁、トンネル、建築物等の構造物は時間の経過と共に材料の劣化、腐食、疲労等により耐久性は低下していくのに対し、土構造物では、圧密、締固め等の効果により耐久性は増加する傾向にある。（図-1）このような性質の異なるものに、設計時に全く等しい耐震性を要求すると、後者は前者に比較して使用期間内における平均的強度は増しているから、過大な耐震性を見込むことになり不合理である。時間の経過に対する耐久性の変化は、具体的なデータが少なく今後のデータの蓄積が必要である。

オ三番目に、被害を受けた場合の復旧の容易性という尺度が考えられる。道路を例にとってみると、トンネルが被害を受けた場合は、相当長い期間の復旧日数を要するし、橋梁も延長が長い場合は同様である。土構造物の場合には、復旧日数はかなり短かいが、土構造物の規模によってはかなりの復旧日数を要するものもある。これらはあらかじめ概略の復旧日数が想定できるので、これが尺度の目安となる。

以上の検討項目をまとめると、表-1のごとくなる。

3. 耐震性向上の手段

前段において、耐震性を向上させる対象が特定された場合、それらの対象をどの程度の耐震性を持たせるかという問題がある。オ一の考え方としては、想定される地震に対する応答計算を行な、安全を確認する方法があり、オ二には地震に対する応答計算と過去の地震に対する震災例からの経験的な法則の両方によってチェックする方法である。現状では橋梁、地理トンネルは前者の考え方であり、土構造物は明確ではないが、後者の方向を進むのではないかと考えられる。

次に既存の構造物を考えた場合には、その耐震性に関する点検手法が確立していなければならない。現状では耐震性に関する諸要素が明らかになってはいるが、各要素の計量化、重みづけは不明確であるのが実体であり、今後の研究に待つところが多い。

更に、構造物の耐震性を向上させる計画をする際には、個々の構造物の計画のみではなく、それらが組み合わされた総合的な機能について評価することが重要である。例えば道路という施設についての避難路確保という観点からの耐震性向上計画を立てる際には、沿道の防火性能の向上、道路上の交通の処理等を考慮することにより、よりその機能が向上するということが考えられる。ここに、総合的な防災行政の求められている根拠があるといえよう。

以上のような手法を、実際の道路の耐震性向上の計画に適用する際の考え方を概念的にとりまとめたのが図-

2である。まず考えらる数種類の耐震性向上の代替案のコストを計算し、これが改築の費用を超えないことを確認しなければならない。次に各々の代替案についてこのコスト-耐荷力および耐荷力-安全性、信頼性の関係を定量化する必要がある。最終的にどの代替案を選択するかは、社会的にどの程度の安全性、信頼性を要求されているかによって決定されるものであるから、地域、施設、規模が異なれば「あつ」と異なってくるものであるが、これらの重要度、耐久性および復旧の容易性を判断材料として、行政的に導き出されるものである。

CLASSIFICATIONS	FUNCTIONAL IMPORTANCE			DURABILITY	REPAIR AND RECONSTRUCTION
	CONTRIBUTION	NUISANCE	DUMMY		
VICINITY	○	○	○		
STRUCTURE	○	○	○	○	○
SCALE	○	○	○	○	○

TABLE 1 ITEMS TO EXAMINE FOR EARTHQUAKE DISASTER MITIGATION

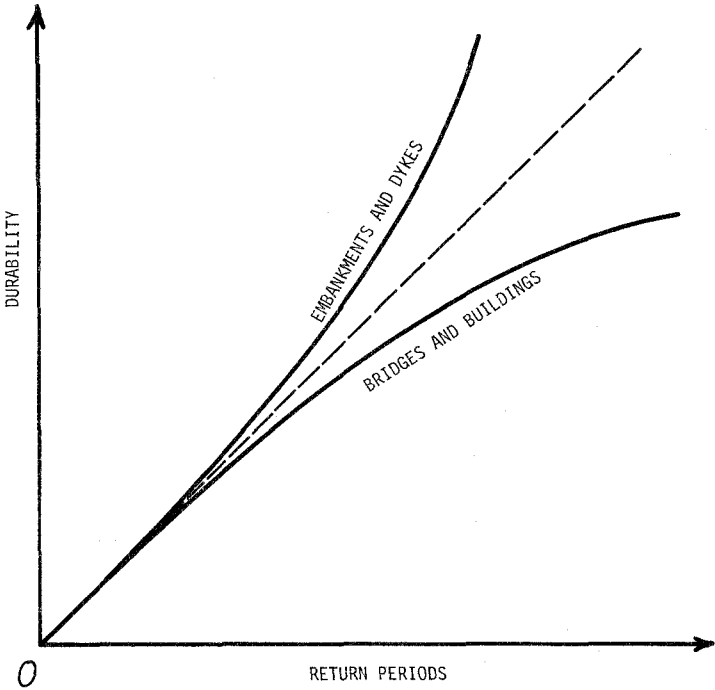


FIG.1 CHARACTERISTICS OF DURABILITY OF EXISTING STRUCTURES

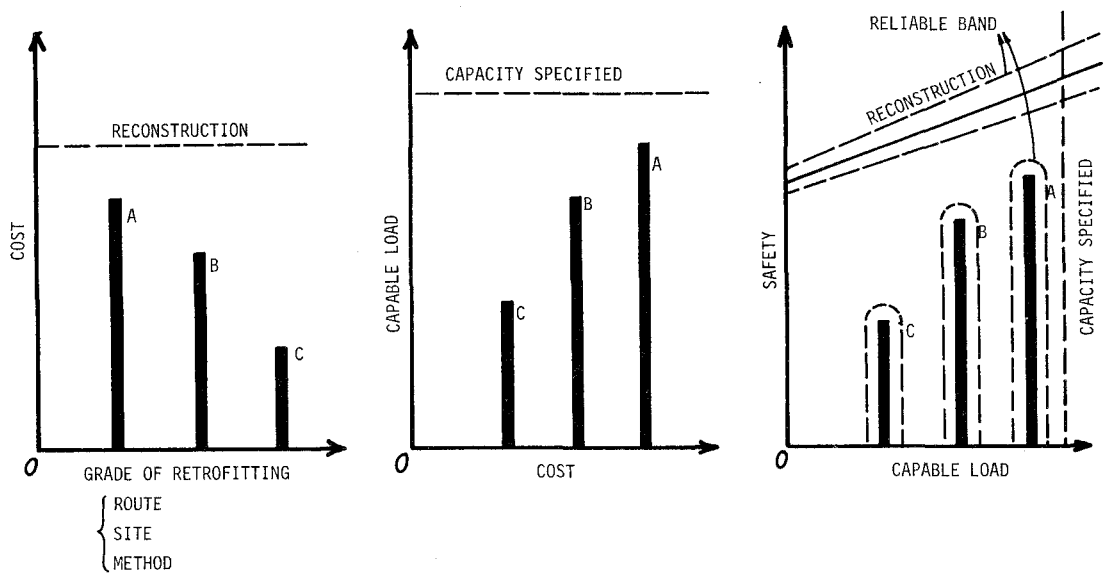


FIG. 2 INVESTMENTS AND RETROFITTING

参考文献

- 1) 日本都市センター：都市防災計画の検討
- 2) 建設省都市局：防災対策緊急事業計画暫定作成要領（案）
- 3) J. Cooper : Highway Bridge Seismic Research, Proc. of 7th Joint Meeting of Panel on Wind and Seismic Effects, UJNR, Tokyo, May 1975
- 4) 東京都防災会議：大震災時の避難場所の機能整備に関する調査研究 昭和48年9月
- 5) 横浜市：危険エネルギー 1972
- 6) 名古屋市防災会議：名古屋の大震災時における避難計画に関する調査-予備的研究- 昭和49年6月
- 7) 米大統領府災害対策局編：防災体制 - その分析と対策 -