

公共土木施設の震害と経済上の対策

建設省土木研究所 正員 栗林栄一

まえがき

古来、震害は、主として人命の損失と負傷者の数、ならびに家屋の損壊・焼失・流失と云う面から捉えられてきている。近世以前の日本においては、道は山を削り、窪みを埋めて造られ、川の多くには橋が無く、徒渉していた。また港湾や堰堤や堤防にしても、小規模かつ、一部の地域に限られて設けられていたに過ぎない。

しかし、1923年の関東地震以降は、明治以来の近代化への努力による国力の充実ともなわぬ、震害の様相も一変した。今日では、エネルギー・通信・交通運輸・上下水道など、常日頃は、改めてその意味がわかりみられぬ程、すつかり生活に溶け込んでいる多くの大規模かつ近代的な公共施設が蒙った震害の影響と云うものが、評価の対象とされなければならぬであろうと考える。

震害を、人命の損失と構造物の滅失からのみ評価して、平面的に捉える方法では、震災地域の、または日本の経済および社会に及ぼす震害の影響を測れるものではなくなってきたと云えよう。

1964年の新潟地震に因り新潟県関係の直接被害額は約1000億円で、その内訳は下表のようである。

一方、間接被害額は、救済、応急復旧、収入減、その他算出根拠の明らかでない事柄の推定値などを合算すると、約1200億円強となっている。その内訳は右表のとおりである。)	公共土木施設	236億円(18.2%)
	運輸通信関係	245" (18.8%)
	電力、水道、病院、学校、官庁庁舎	124" (9.5%)
	商工業、農林水産業関係	491" (47.8%)
	住家	204" (15.7%)
	直接被害額合計	1000" (100%)
	産業関連	270億円(20%)
	区分・算出根拠不明確、災害対策費等	251億円(20%)
	間接被害額合計	1221" (100%)

この間接被害額は、直接被害額に匹敵するものであり、またそれが公共施設の被害に可成り支配されていることは否定できないであろう。

筆者は、上述のような状況の元にあつて、公共施設に対する投資と確保すべき施設の地震時の安全性をより合理的に選択する方法について調べてみた。

まず、米国においては、凡そに關する保険は、すでに民間企業として採算のとれる事業となっているが、震害に關しては、余りにもその被害額が莫大なる故に、未だに特殊な場合を除いて、保険企業として成り立つ見通しも樹っていないし、震害の危険度に関する理念も確立されていない。

また我國の地震保険は、云わば、社会保障的な理念から、新潟地震を契機として生じた政府管掌保険の一種であり、保険額は限定されている。

したがって、日米両国共に震害の定量的評価と云う問題に対しては、政府の公約は一定の見解はないと云える。公共施設の震害を念頭に置いた場合に、人命の安全が確保されると云う前提条件の元に

東大生産技術研究所岡本舞三教授が提案されている“公共施設への投資と耐震性確保の定量的評価”に関する理念は、きわめて興味深いものである。

本報告では、岡本の仮説¹⁾ともなるべき方法について、具体的な数値計算を施して、学外検討を加えた点について報告する。

1. 岡本教授の提案²⁾

日本における有史以来の大地震も、古文書などから調べて作られた河角の震度期待値図、または、短期的にみて器械併用による地震観測記録も用いて統計的に求められる震度期待値などによって、地震の震度と再現期間の関係が求められる。地震の震度は、構造物の震害の程度と寸方尺度であると共に、設計に用いべき地震力のよりどころとなるべきものである。再現期間としては構造物の耐用年限をとればよい。

このような前提にたつて、包括的な経済的考慮から耐震の面での耐用年限はつぎのように考えることが出来る。簡略化のために、金利はらびに経済成長は考えないとする、経済活動が突発的に持続されるためには、(図1参照)

$$nTq + Nq + Nr = NpT, \quad (1)$$

更新量 初期投資

(=償却量) (=建設量)

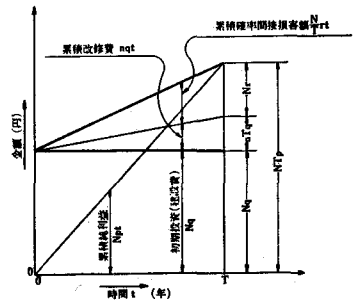


図1.

直接損害額 + 間接損害額 = 純利益 とする。

ここで、記号の意味を一例として道路の場合について与えると、つぎのとおりである。

- T: 道路の耐用年限 (これはまた、再現期間でもある) 年
- N: 道路の全延長 Km
- n: 1年当りの改良区間の延長 Km/年
- q: 道路単位長さ当りの建設費 (改良に要する費用も同額と見なす) 円/Km
- r: 道路単位長さ当りに換算した間接損害額 円/Km
- p: 道路を1km建設したことによって生ずる1ヶ年当りの純利益 円/Km年

(1)式で、間接損害額 Nr を広域的、包括的にみれば、年間確率間接損害額は Nr/T となる。年間確率直接損害額は $nq + Nq/T$ となる。これら二者の和が年間純利益 NP に等しいとする。この関係を書き直すとつぎのようになる。

$$T = \frac{1 + \gamma(P/q)}{(P/q) - f}, \quad \text{年} \quad (2)$$

ここで、 $f = n/N$ (1/年) : 全延長に対する年間改良区間長の割合、 $\gamma = r/p$ (年) : 間接損害額が純利益の何年分に相当するかとした場合、その何年に当たる年数を意味する。

2. 三つの指標 P/q , f , γ の再現期間 T に及ぼす効果^{3), 4)}

ここで、 P/q , f , γ の三つの指標が T に及ぼす効果を調べてみることにする。

i. 他を固定した場合の P/q の効果。

P/q すなわち利益率の高い程、 T は小さくてよい。ひいては想定する地震の震度を低くみてよい。

ii 他を固定した場合の f の効果

f すなわち改良率を高める程、 T は大きくなる。ひいては想定する地震の震度を高く採らなければならぬ。しかし、これは逆説である。何故ならば、(2) 式から解るように、 $P/q \leq f$ では、 T が無限大になるか、または、この考え方が成り立たなくなるのであって、 f が相対的に大きいことは地震以外の原因によって改良率がいじり高く高い場合に相当し、耐震の面からは初期の建設費をできるだけ低める努力をし、経済性に寄与することが求められる。

iii 他を固定した場合の γ の効果

γ すなわち、間接損害額が大きくなる程、 T は大きくなる。ひいては想定する地震の震度を高く採らなければならぬ。

3. 新潟地震における被害総額の統計による検討¹⁾

先に示したように新潟地震による直接損害額(震域には物件等の滅失価格)は1,000億円、間接被害の内、積算根拠の明らか金額は370億円、間接被害の総額は1221億円であった。

今、便宜上、利益率 P/q を 0.05, 0.10, 0.15 (1/年) とすれば、初期投資額の償還年数とも言うべき γ は、つぎのようになる。

ここで、 P/q を 0.05, 0.10, 0.15

	P/q	$\gamma (N \cdot r = 370 \text{ 億円})$	$\gamma (N \cdot r = 1221 \text{ 億円})$
に採る理由は、公団等の資金の金利が年約5分、最近の日本の実質経済成長率または市中銀行の短期小額融資の金利が約1割、名目成長率または裏金利をとらざる高利貸し金利が約1割5分程度であることと目途に、各種事業の採算上、この程度の利益率を見込んでおいてよからうと考えた。	0.05 (1/年)	5.6 (年)	18.8 (年)
	0.10 ("	2.8 ("	9.4 ("
	0.15 ("	1.9 ("	6.3 ("

このような P/q のもとで、期待される γ は、上表の二種の γ の中間に真実に近い値があるものと考えられる。また、公共事業では γ が相対的に大きい方に寄り、私企業では、それか小さい方に寄るものと考えられる。

4. 新潟地震における道路施設の被害総計による検討²⁾

昭和9年度における一般国道の統計上の数値はつぎのとおりである。一般国道の昭和9年度当初における総延長は27728 Km、改良済延長は15958 Kmであった。同年度内における改良延長は1854 Kmであった。改良に要した事業費は1059億円であった。従って

項 目	改良済延長を対象とした場合	総延長を対象とした場合
N (Km)	15958	27728
n (Km/年)	1854	1854
$f = \frac{n}{N}$ (1/年)	0.116	0.067

右の表のような結果を得る。また建設費は便宜上改良に要した事業費と同じ単価で積算されるものとする、つぎのようになる。

$$g = 1059 \text{ 億円} / 1854 \text{ Km} = 5720 \text{ 万円/Km.}$$

一方、新潟地震による道路施設の被害総額はつぎのとおりである。

被害総額	道路関係分	橋梁関係分	国道7.8号線分総額	道路関係分	橋梁関係分
38.1億円	28.4億円	14.7億円	9.1億円	6.3億円(延長9km)	2.8億円

先に一般国道当初建設費単価を求めた。この値を、この被害額と延長から吟味してみよう。国道7.8号線の総被害額から推定される被害延長は、つぎのようになり、

$$N = \frac{N\$/\$}{f} = \frac{21 \text{ 億円}}{0.572 \text{ 億円/km}} = 15.9 \text{ km} > 9 \text{ km} \quad \left(\frac{15.9}{9} = 1.8 \right)$$

橋梁の被害も含めると、延長はここに示したように長くなりすぎる。これは新潟のように河川が多く、しかも新潟地震の場合のように、橋梁に大きな被害が生じた場合の特殊な事情によるものであろう。

橋梁の部分を除いた道路の被害額からは、つぎのようになり、

$$N = N\$/f = 6.3 \text{ 億円} / 0.572 \text{ 億円/km} = 11 \text{ km} \approx 9 \text{ km} \quad (11/9 = 1.2)$$

この場合には全国平均の建設費単価と被害額から推定した被害延長と実際に起った被害延長は可成りよく一致する。これは偶然かもしれないが建設費単価と被害額の統計に可成りの信頼を置いてよいことを示している。よって償却費年率 f を 0.116 および 0.067 とし検討を進める。

そこで、利益率 P/f 、初期投資の償還年数 τ を総被害額の統計から求めた値とすれば、再現期間 T は下表のようになる。

新潟地震の一般国道の被害は、新潟市周辺の改良済区間に生じたものであるから、 f が 0.067 の場合の数値により信頼がつけられる。しかしこのように米之も政府固定資本に対する公共投資の年率に關係する f の値はこのように大きくなる反面、新潟の利益率 P/f が、実質経済成長率 10% を上回るとは考えられない。したがってこの場合、地震の再現期間は 28.5 年 ~ 58.7 年よりも大きくはなろう。	P/f	$N.I = 370 \text{ 億円の場合}$			$N.I = 122 \text{ 億円の場合}$		
		τ	$f = 0.116$	$f = 0.067$	τ	$f = 0.116$	$f = 0.067$
0.25 (1/4)	5.6 (年)	—	—	18.8 (年)	—	—	
0.10 (1/10)	2.8 (年)	—	28.5 年	24 (年)	—	58.7 年	
0.15 (1/6.7)	1.8 (年)	38 年	15.3 年	6.3 (年)	57.2 年	23.5 年	

5. 結論

(2)式から明らかのように τ が零、すなわち、間接損害が生じないような不毛の地でも、地震の再現期間 T はある値をもつようになり、多額の間接損害が生じる地域では、当然、より長い再現期間を必要とする。しかし、両地域の経済活動の同じ程、再現期間に差をつける理由はない。一方 P/f が大きくなる程、云わば都市の方が山村より、再現期間が短かくてよい。

実用問題に適用する場合、経済の成長や金利を考慮するに必要であると共にある地域と想定した場合に、構造物の数量および償還に関する被害率の指数を導入することが必要になるであろう。また地震被害に関する統計資料は、十分に納得の行くように、被害の量の表現を正確に、間接損害と直接損害の区分を明確にすることが必要である。今後は、これらの諸点についても十分な考慮を払って、地震被害の統計を作っていくと共に震災後の財政、税法、金融上の措置にとまらう云々、間接損害と云うべき点についても考求していく必要があると云えよう。

参考文献 1)新潟地震記録 新潟県 54.6.16. 2)岡本舞三 地震力と2E構造物設計法 207頁 オ-ム社 3)栗林栄一 "耐震研究の経緯と現況ならびに今後の課題" 建設月報 44.2.1. 197.2. 4)栗林栄一 "盛土及び堤防の地震被害と其対策" 季刊 37.2.10.21 44.4.1.