

I-A 471

構造物設計の安全水準に関連する議論

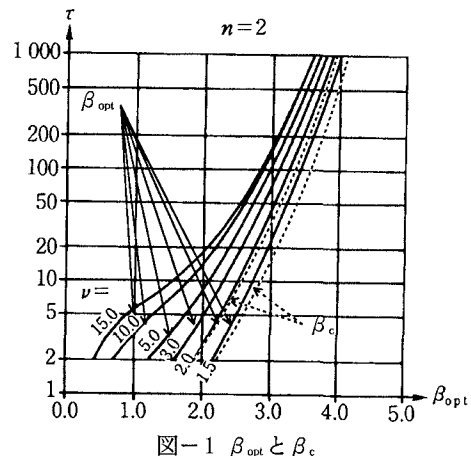
信州大学工学部 フェロー 長 尚

1. はじめに

安全には限界がある。構造物の設計においても、残念ながらある程度の被害を覚悟した目標水準を置かざるをえない。筆者はこのことを積極的に訴え続けてきた^{1) 2) 3)}。しかし逆に安易に安全だという専門家がほとんどで、なかなか理解が得られていない。しかし阪神・淡路大震災を経験して、一般社会からもそのような理解をして貰える雰囲気若干出てきたと思っている。その際に「acceptable risk」という形で理解を求めるべきではないというのが以前からの筆者の主張である。飛行機については「acceptable risk」が存在しているという議論がある。しかし世間に安全の水準を示して、acceptされて現在の安全の水準が設定してあるのではない。安全性と経済性の絡みの中で結果として現在の水準（世界の旅客機の墜落は約40万フライトに1回という確率）があるのである。これも世間に聞けば、現状よりもっと安全性を高めろと要求されるであろう。決して現状をacceptしている訳ではない。設計する側の「acceptable risk」という概念を世間に説明しても理解されない。却って反発を招いている⁴⁾。「acceptable risk」ではなく、やむを得ず結果的に強いられるリスク、すなわち「forced risk」であると、筆者は思っている。このような理解を妨げている大きな要因として、被災者救済策の欠如がある。後述するように、事故・災害強制保険制度を創設する必要がある。

2. 総期待費用最小化原則について

設計における安全の目標水準の設定の決め手となる合理的な判断基準は通常ない。筆者は以前から、総期待費用最小化原則は設計思想として普遍的で合理的であるとは言えないと指摘している。このことを大地震に対する設計問題で具体的に数値で示す。先に筆者はこの原則を次のように定式化して、最適な安全水準としての最適信頼性指標 β_{opt} を示した^{5) 6)}。 $C_T(\beta) = C_{i0} (1 + k \beta^n) \{1 + \Phi(-\beta) \tau\} \rightarrow \min (1)$ ここに C_T は総期待費用、 C_{i0} は基準の初期費用、 Φ は標準正規分布関数、 k は安全度の増加に伴う初期費用の増加割合 ν （通常は3～15）に關係する常数、 n は安全度の増加に伴う初期費用の増加曲線の形を示す常数（通常は2）、 τ は破壊損失費用の程度を示す常数（通常は2～100）である。さて阪神・淡路大震災の被害総額は10兆円前後だと言われているが、諸々の要因を考慮し、かなり多めに評価して、この倍の20兆円とする。このような地震が日本で例えば20年に1度の頻度で起きるとする（かなり多めの想定であろう）と、年平均1兆円の負担になる。また関東大震災が再来すると被害額は125～190兆円と見積もられている。これが100年に1度起きるとすると、年平均約2兆円の負担になる。この1～2兆円が日本における大地震に対する年平均被害額、すなわち年当期待損失費用ということになる。これの年当期建設投資額に対する比（以下 α と表す）は、平成6年度の建設投資額は約82兆円であるから、 $\alpha = 0.012 \sim 0.024$ （ $= 1/82 \sim 2/82$ ）となる。ここで、建設投資額の半分が年間の初期費用とすれば、式（1）において現行の安全水準を β_c とした時の初期費用に対する期待損失費用の比に 2α は相当するから、 β_c は次のように表される。 $\beta_c = \Phi^{-1}(2\alpha / \tau)$ (2) この結果を先に示した $n=2$ の場合の最適信頼性指標 β_{opt} と共に図示すると図-1 のようである。この図から明らかなように、通常は $\beta_c > \beta_{opt}$ で、現行の安全水準の方が最適な水準より高い。したがって、総期待費用最小化原則に基づくとなると、現行の安全水準を下げることになる。それを世間は許さないであろう。我々も世間にそれを強いるべきではないと思う。またこの原

図-1 β_{opt} と β_c

則は安全よりも経済効率最優先の思想で、その面からも世間は納得しないであろう。可能な限り安全性を高めるとすべきであろう。なお社会が容認する我慢限界水準という意見もある。こうしたものが常にあるとは限らない。あるとしても、実感した安全水準に基づく相対的なもので、しかも対応可能であるとは限らない。

3. 現実的な対応－社会との対話による安全水準の設定－

上述したように、経済効率が最高でなくても、可能な限り高く設定するという現実的な方法を一般社会の合意を得て進めなければならないと思う。そのためには「forced risk」を理解する社会的環境の構築が必要であると同時に、我々が安全の水準を量的に示すことと、経済性の絡みを数値的に示すことが肝要である。しかしこれは極めて困難であるというのも、厳然たる事実である。こうした事に関連して大地震に絡んで極めて大胆に結果だけを簡単に示す。阪神・淡路大震災に関連して、現在各方面で取り敢えず進められている既存構造物の補強の費用から、耐震性を向上させるための建設費の増分率を概算すると、2.0～8.0%となり、最終的な費用増の比率はこれをかなり越えるように思われる。そこでこの比率を仮に10%として、年間の新規増は約8兆円とる。更に既存構造物の補強費はこれの10倍を下らないと思われる。このような数字はごく大雑把なもので、今後より正確な見積りをしなければならないが、いずれにしても莫大な費用が必要であることが予想される。そこで、限られた財源を有効に活用するためには、大地震が予想される緊急度の高い活断層に関連した地域の重要な構造物に限って、大地震を想定した基準を適用して、建設し、補強をするというような対応をすべきである⁷⁾。なお設定した水準が必ず達成される訳ではない。あくまでその段階の精一杯の知見に基づいて設定された努力目標である。さらに神戸のような地震を遥かに超す大地震、例えば直下型でマグニチュード8を超すと推定されている濃尾地震のようなものもある。また新幹線も絶対安全とは言い切れない。例えばダンプカーが軌道上に転落して大事故になる可能性は結構ある。センサーを設置するような対策を講ずるべきだと思うが、これとて万全ではない。このようなことを世間にはっきりと説明しなければならないと思っている。

4. 事故・災害強制保険

筆者はほぼ10年程前から事故・災害強制保険制度の導入を提唱している^{1) 2) 3)}。事故・災害に遭遇する人は全国民から見ればごく一部である。しかしその人達の犠牲のもとに他の大多数の安全が保たれているのである。このような認識にたつて、被災した個人とか事業主体だけが費用増や復旧費の負担をしないで済むように、全国民を対象とした事故・災害強制保険制度を導入する必要がある。このようにすると、齎寄せが偏るという不公平が改善されるばかりではない。現状のように個人とか事業主体の対応に任せることによる対応のアンバランスもかなり改善される。しかもみんなで負担するので、後述するように、国民が十分対応できるような比較的軽い負担で済む。土木学会の「第二次提言」⁸⁾でも財源の負担に関して、「復興国債や特別増税あるいは強制地震保険等」について触れてある。また西野文雄教授も最近「強制加入の地震保険」⁹⁾を提唱されているし、兵庫県は住宅地震災害共済保険制度を提唱している。しかし「国民が全員で、かつ世帯間で分担」すべきものは地震災害だけではない。風水害、火山災害、地滑り災害、場合によっては各種の大事故等がある。したがって地震災害だけを特別扱いにしない、しかも復興国債や特別増税のようなその時だけのものではない、一般的な事故・災害強制保険制度（土地に絡むものに限定してもよい）を創設すべきである。このような制度の方が総合的で、公平性・継続性などに勝り、国民の理解が得られ易いように思う。ところで提案している事故・災害強制保険制度では、年平均約3兆円程度の負担が必要だと思われる。これは国民一人当たり年間2万5千円の負担になり、現在の損害保険料支払実績の約3.3分の1、生命保険料支払実績の約10分の1に相当する。

参考文献 1)長尚：安全に「絶対」はない、正論、1986年11月 2)長尚：「事故・災害強制保険制度」を、毎日新聞、1991年1月 3)長尚：事故・災害に関する基礎的考察、土木学会論文集、462/VI-18、1993年3月 4)武谷三男：安全性の考え方、岩波書店、1967年 5)長尚：総期待費用最小化原則に基づく最適安全性指標、構造工学論文集、Vol. 37A 6)長尚：構造信頼性設計、山海堂、1994年 7)長尚：阪神・淡路大震災考、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、1996年 8)土木学会：土木構造物の耐震基準等に関する「第二次提言」、1996年1月 9)西野文雄：改定地震保険なお不十分、読売新聞、1995年12月