

地震損失指標として「時間」を用いた構造性能評価



東京理科大学

衣笠 秀行

1 はじめに

1995年兵庫県南部地震の甚大な被害を契機に、建物の継続使用性に注目が集まるようになり、人命保全や財産保全に加えて、地震後における「経済活動」や「日常生活」の保全を目標とした、耐震設計法の開発を模索する動きが活発化している。ここでは、これまで耐震設計で使用されてこなかった「時間」を、損傷評価や継続使用性評価の指標として使用することの可能性について考えたいと思う。

2 地震で失われるもの

大地震では、建物に生じる損傷や建物内の物品が破損することによって、「人命」そして「物（財産）」が失われる。しかしながら、地震時に失われるのはそれだけではなく、最近の地震被害で、「時間」が失われることが、経済活動や人々の生活に重大な影響を及ぼす事が明らかになってきた。

地震によって、実際に時間が消えるわけではないが、予定していた活動の「機会」が失われると損失が発生する。経済の世界では、これを「機会損失」と呼び、ある事態が発生した場合（例えば機械の故障など）、その事態が発生しなければ得られたであろう利益が損失として扱われる。

マグロは鰓（えら）を動かす筋肉がなく、泳ぎを止めてしまうと酸素を取り込めなくなり、最悪の場合は窒息死してしまうそうである。経済は、活動を止めると大きな損失（機会損失）を生じる、マグロと同じく、活動を止めることができない非常に厄介なものと言える。

また、2016年4月に発生した熊本地震では「関連死」の問題がクローズアップされた。関連死とは、地震による家屋倒壊や津波等による直接的な死亡（直接死）ではなく、避難生活の疲労や環境の悪化

などにより病気にかかったり、持病が悪化したりするなどして死亡することである。関連死は建物や社会が機能停止、あるいは機能停滞し日常生活が奪われることによって引き起こされる。

すなわち、地震によって経済活動の時間（機会）が失われることによって損失が発生し経済は危機に瀕し、また、日常の時間（日常生活）が失われることによって人々の生命が危険にさらされると言うことができる。

3 経済損失を測る指標としての「時間」

損失を測る方法として、「お金」（以降「通貨」）を指標とする方法と「時間」を指標とする方法が考えられる。損失評価が、地震が「経済活動」に及ぼす影響の大きさの評価を目的にしている場合、評価指標として通貨は有効である。なぜなら、この世は経済社会であり、経済は通貨で動いているからである。

一方、損失評価が建物性能（「継続使用性」や「機能回復性」など）の評価や定義を行うことが目的である場合、「通貨」は評価指標として必ずしも適切とは言えない。「通貨」は物理量（物理現象の表現のために使用する量）ではないためである。通貨は、発行する国家の信用によって価値が変動し、また、その流通域での財政破綻や、信用が失墜する事によって、価値が無くなり紙切れになる場合もある。工学性能である建物の耐震性は物理量で行われなければならない。

物理量は、質量、長さ、時間、電流、熱力学温度、物質質量、光度の7つを、基本量としている。この中の一つである「時間」による損失評価を考えてみる。

世の中では、「事の重大さ」や「被害の大きさ」を通貨で次のように表現することが行われている。

- ①犯罪等における事の重大さ=>罰金（円）
- ②事故等における被害の大きさ
=>治療費や修理費（円）

一方、時間による表現も同様になされている。

- ①犯罪等における事の重大さ=>懲役（年）
- ②事故等における被害の大きさ
=>治療期間・修理期間（年）

何かが発生した場合の「事の重大さ」や「被害の大きさ」を表現する際に、「時間」は「通貨」と並び一般に尺度として使用されており、「通貨」（=経済）に最も近い物理量が「時間」であると言えるのではないだろうか。

4 「時間」を用いた構造性能評価

地震時に失われる「時間」とは、地震の発生により、通常の経済活動や日常の生活が妨げられる時間であり、図1に示す建物機能量と時間の関係における、地震発生から建物機能回復までの時間（以下、回復時間）であると考えることができる。回復時間は、地震発生から修復を開始するまでの時間である「遅延時間」と修復が始まり完了するまでの「修復時間」の和で与えられる。

遅延時間に対する影響要因として、被害調査、修復方法の策定、再設計、修復工事業者の選定、資金調達、意思決定、資材の入荷待ちなど、また、修復時間に影響を及ぼす要因としては、損傷の量、損傷の広がり、工事作業者の効率、工程計画、指定工期、作業不能日、周辺環境、社会的環境、など、実に多くのものが挙げられる。

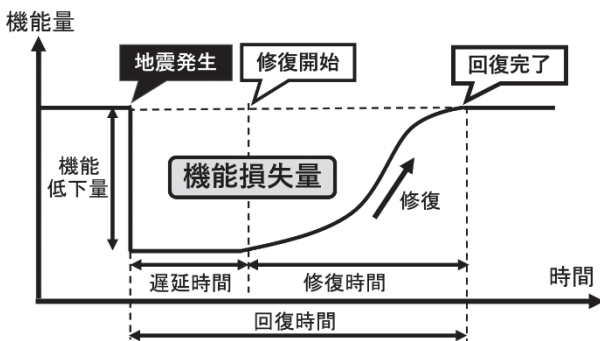


図1 地震時の建物の機能低下と回復

ここで、建物の回復時間評価の目的について考えたい。これには次の2つがあると思われる。

- ①建物の地震時における実際の回復時間を予測する。
- ②建物の耐損傷性能（工学性能）を評価する。

前者は、地震の際に実際に起こることをできるだけ正確に予測し、建物所有者に起こるであろう地震時の生活困窮度や事業困難度を示すことが目的である。この目的における回復時間の評価では、上記の影響要因をできるだけ多く（特に影響が大きいと思われる要因の全て）考慮することが必要となる。

一方、後者は建物の対損傷性能（地震時の損傷の発生を抑制する性能）の評価を行うことを目的に、工学指標としての、設計用地震動に対する回復時間を算出するものである。この目的において、考慮する影響要因は多ければよいというわけではなく、評価対象とする要因に絞った回復時間の評価が求められる。例えば、回復時間の算出が、発生が予想される損傷の評価であり、回復時間を一種の構造性能評価指標として使用する場合には、損傷以外の要因、すなわち、周辺環境や工事作業者の効率の差など、建物の構造性能と関係のない（関係の少ない）要因の影響を、算定上の仮定を設けることによって排除する必要がある。全ての要因を考慮した回復時間は、同じ損傷状態であっても、建物の構造性能と関係のない要因で違った値となってくるため、構造性能評価指標として使用することはできない。

このような影響要因を絞った性能評価指標の身近な例として、車の性能指標である「燃費(km/ℓ)」がある。燃費には、カタログ燃費と実燃費があり、カタログ燃費は定められた走行パターンに基づき、テストドライバーが車を走行させて計測されている。一方、実際の生活における燃費である実燃費は、所有者が運転する道路の交通状況、路面状況、積載重量、ドライバーの運転技術などにより異なってくる。このため、影響要因を絞ったカタログ燃費は実燃費と乖離するが、車の燃費性能（車の工学的性能）を表す指標としては有効であり、車の売買における情報として機能している。カタログ燃費の目的は車の性能の相対比較であり、この目的では、必ずしも全ての影響要因を考慮する必要はない。

実際の回復時間の推定は影響要因が多く非常に難しいが、必ずしもそれで絶望する必要はない。

5 おわりに

「時間」を指標とした建物の性能評価について考えてみた。大地震時の継続使用性の確保は容易なことではない。継続使用性の評価方法確立が、免震建物の意義をより際立ったものにするのではないと思う。今後のこの分野の発展に期待したい。