

# 地震工学は、ほぼ完成したか？

伯野 元彦<sup>1</sup>

<sup>1</sup>攻玉社工科短期大学名誉学長、東京大学名誉教授

(〒229-0027 神奈川県相模原市光が丘3-26-5)

E-mail: [hakuno@theia.ocn.ne.jp](mailto:hakuno@theia.ocn.ne.jp)

最近の世界の地震被害を調査すると、何故そのような被害が起こったのか、の理由がわかるものがほとんどである。ということは、莫大な費用はかかるかもしれないが、そのような原因をなくしてしまえば、地震被害を起こらなくすることが可能である。一応は、地震工学は、完成の域に達しつつあるのではなかろうか。ただし、直下に大断層が貫いた場合は別であるが。

**Key Words** : *Earthquake engineering, earthquake damage, cause of damage*

## 1. 最近の地震被害は、原因を特定できる。

最近の地震被害は、そのような被害が何故起こったのか、原因不明のものはほとんどないと言ってよい。

例えば原因の不明な例としては、次のような地震被害がある。、1964年6月16日の新潟地震の直前の5月7日にM6.9の秋田県沖地震が男鹿半島を襲い当時建設中であった、八郎潟干拓堤防が最大3mもの沈下を起し、大被害を蒙った。幸い、それだけ沈下しても、海面上数十cm残っていたので、干拓地への海水の侵入はなく、現在の大潟村は守られたのである。ただ、我々調査員はそれまでの通常の盛土の被害と考え、盛土の締め固めが足りなかったのだらうと思ひ、そのような報告書を書いた覚えがある。ただ、その1ヵ月後に起こった新潟地震の被害が、そのときはわからなかったにしても、しばらくして、これらの被害の原因は、あとになって解明されることになる液状化現象だということがわかり、この現象が世界的に研究される端緒となったことは、諸兄が先刻ご承知の通りである。そして、後になって、新潟地震の被害地を見た、噴砂の孔などが、液状化の特徴であることを知り、その少し前の

1964年5月7日の秋田県沖地震による、八郎潟干拓堤防でも、崩れた堤防の根元に、多数の噴砂孔があったのを見ており、これは何だろうと思ったことは覚えているが、液状化現象などは全く知らない身であるから、干拓堤防は外海と接しているので、海水が地震振動によって、堤体に浸入した『みずみち』なんだろうくらいに考えて、写真も一枚しかとらなかったと思う。ところが、ずっと後に、このときの干拓堤防の破壊の現象は、どう見ても液状化現象であると思えてきて、そのとき、とった噴砂孔の写真を探したのだが、『後の祭り』で見つからず、悔しい思いをしたものである。

このように昔は、被害の真の原因が新しい種類のことも多かったのであるが、最近では被害の原因は大体見当がつくようになった。

例えば、1995年阪神・淡路大震災で言えば、  
①40年以上も経った瓦葺老朽木造家屋が弱い、また木造家屋が多数倒壊することが震後火災の原因となる。  
②RC造では、せん断耐力不足が被害の原因である。  
③軟弱地盤での地震動増幅が大きい。

等であろうし、

その他の日本国内の地震については、老朽木造家屋が弱いこと、軟弱地盤の地震動増幅以外に、軟弱地盤はそれ自身がきちんとした耐震設計がなされていないので、強震ではある程度のすべり破壊、沈下などは起こることを覚悟する必要がある。

また、中国、四川地震など、外国の地震では、

- ①組積造家屋が大部分の死者の原因。
  - ②設計震度が小さい。
- 等によって被害が起こっている。

## 2. 地震被害が起こる原因がわかれば、その原因をなくせばよい。

日本では、軟弱地盤上の瓦葺老朽木造家屋が、建物の最大の被害原因であるので、これをRC造などに建て替える方向に行くか、伝統の問題でもあるので、現在のように耐震補強を行っていくことになるのであろう。伝統とか、好み問題は、一朝一夕に変えられるものではないので、耐震補強をしながら、数十年に一回建てかえるという、現在のやり方を続けていくことになるのであろう。

外国でも、死者のかなりは組積造建物によるので、これをRC造にすれば、かなり事態は改善されるが、これも経済的問題、伝統の点から致し方ないのかもしれない。ただ、今後の経済発展の結果では、組積造のかなりは、もっと耐震的な構造物に変更される可能性もある。

## 3. 世界の地震犠牲者を減らすためには

日本と外国とは、地震死者を多く出している原因が、日本では老朽木造家屋、外国では、組積造家屋と異なっているため、処方箋も異なってくる。日本では、老朽木造家屋が多数倒壊したときに、犠牲者が多いので、耐震補強が最も重要な対策である。更に、建て替え時期に、他の建築材料、例えば、RC造に変更するのも最も効果的であるが、これは、個

人の好みもあって、なかなか難しい問題である。

橋梁などのライフラインは特に、材料などの弱点がなく、ほぼ世界共通の材料、構造なので、設計震度の大小の問題であらう。

## 4. Eディフェンス

日本では、数年前に、世界最大の、三次元振動台が完成し、ほぼ実物大の構造物を実地震動によって、破壊実験を行うことが出来るようになった。これによって、実大構造物の耐震安全性が確認できることとなり、地震工学もほぼ完成域に達したといえるのではなかろうか。

## 5. まとめ

こうして、見てくると、地震工学を、次のように分類してみよう。

- ①入力地震
- ②入力地震による施設の被害
- ③耐震対策

①の入力地震については、稀にはあるが、地表に活断層など、何の兆候もないのに起こる地震があるので、あらゆる地震を予測することは困難であらう。しかしながら、地表に痕跡も残さない地震は、我々に与える打撃も、それほど大きくないとも言える。であるから、これまでどおり、工学で推定してきた入力地震でよいのであろう。

### ②入力地震による施設の被害

過去の被害を見ると、1995年の阪神・淡路大震災によりはつきりした、瓦葺木造家屋の耐震補強をきちんとやっておけば、日本における震害はかなり限定したものとなり、ほぼ解決されたといえるであらう。

一方、外国の地震被害は、組積造がらみの被害が、多くの死者を出している。これは、組積造を鉄筋コンクリート造とか、鉄による粘り強さを入れた材料、

構造に変更していかなければ解決しないと思われる。しかし、これには、国全体の経済力の向上と、市民の考え方の変革が必要で、まだまだ、多くの時間が必要である。ただ、日本の木造とは異なり、50年で老朽化して耐震性が低下することはないので、同一の市民が、複数回地震被害を受けることはなく、地震に対する恐怖心もそれ程とは言い難い。非常に安価な耐震補強方法が望まれるところである。

また、新幹線、原子力発電所など新種の施設については、現在のところ日本のみが地震被害の経験があるが、それに基づくと、

新幹線については、橋脚へのせん断破壊防止のための耐震補強、脱線しても転覆しないための防止装置の設置などにより、解決される。

原子力発電所は、『止める』、『冷やす』、『放射能を閉じ込める』の重要機能にかかわる重要施設については、現在の建築基準法に定められた、一般地震力の3倍の地震力に耐えるように設計されており、東京電力の柏崎・刈羽原発では、2007年の新潟県中越沖地震において、この設計法による、耐震安全性が実証されたので、日本の全国原発は、この耐震設計が行われているので、1, 2の原発を除いては安全である。この1, 2についても、この基準より大きい地震動で設計されているので安全である。

**無駄な抵抗はやめよ**

写真は、皆様ご存知の 1999 年台湾・集集地震に



破壊である。大きな変位を持つ地表断層が、施設直下に現われた場合には、『無駄な抵抗はやめよ』とされているようである。しかし、このような大きな地表断層が、過去に断層の痕跡もないところに現われた例はないといってもよいので、そのようなところに、重要な施設を作らないことによって防止できる。

こうして、見てくると、現在の地震工学は、入力地震さえわかれば、Eディフェンスの助けを借り、金に糸目をつけなければ、地震にほとんど壊れない施設を作ることが出来る。地震工学はほぼ完成したといってもよいのではなからうか。入力地震は全く予想もしていないような地震が、稀に起こるが、それらはマグニチュードも比較的小さく、問題となるものではない。工学的に予想した地震でも、Eディフェンスの利用もあって、大被害は防げるのではなからうか。

結論としては、地震工学は、地表大断層を除いて、ほぼ完成の域に達したのではなからうか。

## WE CAN PREVENT MOST OF EARTHQUAKE DAMAGE

The cause of the recent earthquake damage become clear by the study of the damage, therefore, the most of earthquake damage could be prevented by investment of a lot of money. The most of damage had been caused by the brick masonry without shear walls in foreign countries, and old wooden houses in Japan.