

# 阪神・淡路大震災に思う

名誉会員 工博 東京大学名誉教授 **岡本 舜三** Shunzo OKAMOTO

去る2月8日の阪神・淡路大震災・緊急報告会において、長年にわたり耐震工学の研究に携わってこられた岡本舜三博士（日本学士院会員）による総括講演が行われました。関東大震災における体験をもとに大変示唆に富んだご提言等をいただきましたので、ここに全文をご紹介します。今後の参考とさせていただきますと存じます。

（土木学会誌編集委員会）

今回の地震では5000余名の方々が命を失われ、多数の方々が怪我をされ、また財産を失われました。心からお悔みとお見舞いを申し上げます。

特に耐震工学を主題として研究を続けてきた私としては申し訳ない気持ちでいっぱい、一時は茫然としましたが、今では気を取り直して、老骨ながらいくらかでも耐震工学再建に貢献したいと願っているところであります。

本日の発表会は第一線研究者による調査結果を聴くのが目的で、明治生まれの私などが出る幕ではありませんが、関東地震の経験者として今度の地震をどう考えるか話をせよとの達てのご依頼を受けましたので、関東地震を中心にお話をさせていただきます。関東地震を知っているといても当時は中学の2年生で、専門的に考察できたわけではありません。しかし考えてみると、今日では関東地震の経験者は土木学会会員の中にもそう多くはおられませんので、お聴き苦しいとは思いますがしばらくご清聴をお願いいたします。

関東地震の当日は2学期の始業式の日で、学校から家に帰る途中、池袋駅でちょうど電車からホームに降りた時でした。突然歩けなくなり、柱につかまって辛うじて立っていましたが、これが私にとっては最初の地震の経験でした。それか

ら国電の土手の上を歩いて大久保の自宅まで帰りましたが、家族は庭にすのこを並べてその上に集まっていました。当時は現在と違ってどの家にもある程度の庭があり、井戸を持っていましたが、このようにわずかでも余裕があるということは地震防災上は目に見えないプラスであると思います。

その夜は赤く照り映えた東の空を見ながら、植木に蚊帳を吊って野宿しました。3日目の朝には伯母の家に届けるために、メリケン粉を背負って九段まで歩いて行きました。九段坂の上から見ると日本橋辺りまで見渡す限り焼け野と化し、左手の今の後樂園にあった砲兵工廠ではまだ煙が上っていました。この有様は子供心にも非常に強い衝撃を受け、後日耐震工学を学ぶようになったのも、あるいはこの時の強烈な印象が潜在したせいかも知れないと思っています。

関東地震は大正12年9月1日正午に起きた大地震で、マグニチュードは7.9です。そのエネルギーの発生地点は小田原附近から相模湾海底に広がる地域で、その量は今回の地震の10倍と推定され、山梨・静岡・神奈川・東京・埼玉・千葉の各都県が震度5または6、局地的には7の強い地震を受けました。もっとも当時はまだ震度という

尺度はもちろん、今日のような計測震度という規定はなく、正確な加速度や速度を知る由もありませんが、小田原や横浜・東京の一部での激しい被害からみて、震度7の地域もあったことは間違いありません。

この地震による死者・行方不明者数は14万2807名。全壊家屋は50万戸に及び、倒壊率は東京下町で15～25%、山の手で10%以下、震源に近い湘南地方では50%を超える所もありました。

また倒壊家屋を構造別に見ると木造家屋の倒壊は一般に軟弱地盤が多く、沖積地盤においては層厚の厚い所、もと川や池であった所、台地に深く切り込まれた谷間に造成された埋立地等で特に多いことが認められました。しかし土蔵、レンガ造、RC造等は地盤の硬い山の手で被害率が高く、地盤の違いが家屋の被害に非常に大きな影響を持つことが認められました。

今回の地震でも地盤と震害が密接に関係があることは、多くの人によって指摘されています。しかし両者の関係が関東地震の時と同じであるかどうかはわかりません。建造物の構造は細部においては当時とはかなり変わっていますし、地震の揺れ方も違うため、地盤の影響もおそらく異なるものと考えられます。この問題は耐震工学上きわめて重要ですから、精密に調査し、将来の設計に生かさなければならぬと思います。

なお、この地震において各種の型式の永久建築物が試練を受け、その耐震性が比較されたことはその後の耐震技術に大きな影響を与えました。当時は超高層はまだなく、東京駅前の9階建ビルが最も高く、また塔では浅草の遊園地に12階の塔がありました。私の記憶では12階の塔は途中で折れ、9層のビルの1軒はかなりのせん断亀裂が入り、他の1軒は竣工直前でしたが崩壊しました。また丸の内のお堀端にあった中層のビルは中間部の1層がつぶれて4層の建築となり、京浜地方にあった多数のRC造の工場建築は壊滅的な破壊を受けました。

しかし、すべての永久建築が破壊し去ったわけではありません。建築耐震工学の創始者であり、

東京タワーの設計者として知られる内藤多伸先生の設計になる興業銀行の建物が無傷であったことは有名な話です。この事実は地盤・設計・施工の3者がすべて震害と密接な関係があり、このそれぞれに対し慎重に考慮されれば強い地震に耐えることも可能であり、反対にそのいずれかひとつに配慮が欠ければ震害は免れないことを示しています。これは経験から知られた真理です。

今回の地震では高架橋の破壊が多く、このため交通が乱れて防火・救援や復旧作業に大きな支障を与えました。関東地震の頃は高架橋は少なく、道路や鉄道はかなりの部分盛土の上を走っていました。また盛土は河川堤防に広く用いられたことは今日と変わりません。したがって関東地震による高架の被害はありませんが、盛土、堤防の被害は非常に多く、特に軟弱地盤上に新しく作られたものには形を留めぬまでに被災したものもありました。当時は液状化という現象は知られていませんでしたが、今日から見ると盛土・堤防の破壊の原因は基礎地盤の液状化によるものが少なくなかったであろうと思われます。

今回の地震でも液状化やそれによる側方流動が特に港湾地区で多く認められています。その対策は技術的に難しく多額の工費を必要としますが、今後研究を深めて実行可能な対策を打ち出していかねばならない問題です。

説明は略しますが、この他港湾・橋梁・隧道・上下水道等今回大被害を受けたと同種の構造物が関東地震でも大被害を受けました。したがって両地震による被害を比較検討することは非常に参考になると思います。たとえば旧河川敷上の埋立地では震害が多いとか、隧道は工事中に苦労したような断面で壊れやすいとかは両者同じです。しかし盛土や堤防は形こそ似ていますが、この半世紀間の土質工学の進歩には著しいものがあり、質的には非常に違ったものになっているはずで、さらに高架橋・地下鉄・超高層ビル等の構造、溶接、高張力ボルト等の技術は関東地震の頃はなかったもので、震度7の地震を受けたのは初めての経験です。これらについては被害の有無に関わらず綿

密な調査研究を行って、今後の耐震設計に役立てなければなりません。

次にぜひ行わなければならないことは、地震動の揺れ方についての研究です。関東地震による東京の地盤の振動はやや遠い所に起きた巨大地震による厚い沖積層上のものですが、今回のそれは震源直上部の振動です。それで今度の地震動の特異な揺れ方については、新聞紙上にも報じられていますが、幸いに今回は地震計による観測記録がかなり多数とれているようであります。これは今後の研究の基礎となる貴重なもので、辛抱強い努力で記録に成功された研究者の方々に深い敬意を表するものであります。

震源直上部の地震動加速度が非常に強く、波形も異質であることはかねがね推測されておりました。しかしその範囲は狭く、関東地震の際は東京ではそのような状況とは違っていました。東京が首都であることが強く印象づけられ、関東地震の時の東京での揺れ方に耐えるということがあまりに強く私達の頭にあったために、全国的規模で考慮すべき設計震度の決定にあたって、震源直上部の地震を取り上げるという点でいささか配慮が足りなかったように思い、反省している次第であります。今から言っても遅いことですが、きわめて稀にしか起きない強い地震を設計に取り入れる問題は10数年前から検討されており、建築や道路橋の示方書は1990年頃にその点を考慮したものに改訂されていました。しかし現状はそれ以前の示方書によって設計された構造物がなお非常に多数あるわけで、今回の地震でも大破したものは比較的古いもので、新しいものは少なかったとも言われています。古い構造物の補強工事の急速な施工が強く望まれる所以であります。

ロマプリータ地震の時、アメリカでちょうど今回の阪神高速3号線におけるようにサイプレス高架橋が数百mにわたって崩壊しましたが、この時はこの橋は補強が計画されていましたが順位が廻ってこないうちに地震がきたとあって、関係者は残念がっておられたと聞きました。それ以後アメリカではロマプリータ、ノースリッジ両地震の

苦い経験から、補強の早急な実現が強く叫ばれている由です。

なお今後の中長期対策として基準の制定に関する問題ですが、関東地震までは地震はこれを静的現象におきかえることで十分対応できると考えられていました。しかし関東地震の経験で地震は動的現象である、設計に動的配慮が必要である、ということが強く認識され、その結果振動論に基づく設計理論が体系化され、示方書にも取り入れられてきました。

しかし、今度の地震はさらに動的現象とは振動ばかりではない、衝撃作用も忘れてはならないということを教えているように思います。もちろん詳細な調査を待たねば明言はできないことですが、私はテレビに写し出された発震時の家具の倒れ方や橋梁のこわれ方をみて直観的にそう思いました。詳しい検討が望まれるものであります。

以上、問題のハード面について申しましたが、今日のように社会が複雑になるとソフト面は非常に重要になり、その重要さは関東地震の時とは比較にならない程であろうと思います。しかし一応当時との比較で考えてみると、あれからすでに70余年の歳月が経過しているので人心の変化を密かに懸念する声もありました。しかし今回の地震はわが同胞の人情は変わっておらず、懸念が杞憂であることが示されました。若い人達の活発なボランティア活動は関東地震当時を超えるものがあるのではないかと思われ、誠に心強いことであります。

次に大きな変化は情報伝達かと思えます。当時は電話さえまだ一般には普及していませんでしたから、情報は主として張り紙とロコミで伝達されました。その結果デマが盛んに飛び、戒厳令が布かれ、自警団が組織され、私も老父に代わって自警団に出ましたが、その行き過ぎから忌わしい事件も起きました。それに比べ今回の情報活動の活発さには目を見張るものがあり、忌わしい事件も起きなかったことは、その大きな功績と思われます。その貢献がいかに大きかったかは言うまでもありませんが、この進歩した組織をさらに有効に

生かすことが今後の課題かと思えます。

最後に東京の地震ですが、地震学者が指摘されているように関東平野の下には2つのプレートが複雑に沈み込んでいますから、マグニチュード8級の巨大地震はとにかく、もう少し小規模のものならかなり頻繁に起こるであろうことは予想されます。また関東平野が厚い堆積層に覆われているため明瞭には現れませんが、その下には活断層があると指摘する地質学者もおられます。よってプレート運動による地震、活断層による地震、両者ともにあるものとして我々技術者は備えなければなりません。東京には震度5程度の地震は25年に1度位の割合で起きています。震度7が局部的には起こったであろうと思われる地震には元禄16年11月23日マグニチュード8.2の元禄地震、

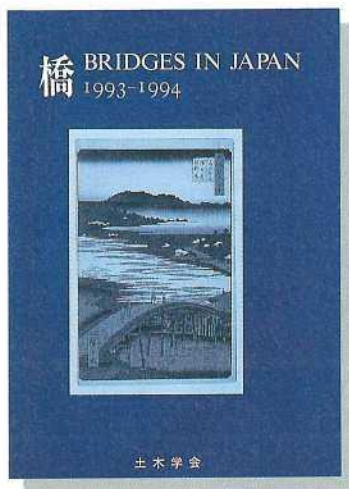
安政2年10月2日マグニチュード6.7の安政地震、大正12年9月1日マグニチュード7.9の関東地震があり、それぞれの発生間隔は152年と68年です。周期があるか否かはわかりませんが、おおよそこれ位の間隔で震度7の地震も起こるものとして用心しておかねばなりません。東京はもちろん全国各地はそれぞれにその地域の地震事情にあった耐震化を図る必要があります。

この度は予想を超えた地震を受けて大きな犠牲を出したことは誠に遺憾なことで、この犠牲を無にすることなく、この経験を安全な国土の建設に生かしていくことが我々土木技術者の責務であると思います。皆様の一層のご尽力をお願いする次第であります。

## BOOK PICK UP

■定価8,500円／会員特価7,650円

全国から十都市を選んで、この都市のモニュメント的な存在になっている橋梁を紹介し、その橋梁がそのような存在となるに至った由来を紹介している。この紹介文は原則として土木関係者ではない人に依頼して寄稿して載っているため、専門家以外の読者の興味も引き得るものである。



橋はわが国に架設された主な橋梁のカラー写真とその橋梁の諸元をすべて網羅した年報である。一九九四年版は  
1、一九九三年度田中賞受賞橋梁  
2、同右受賞候補橋梁  
3、一九九三年および九四年に竣工した橋梁のうち主なもの。  
について、写真はすべてカラーで登載し、諸元を巻末に詳しく掲載している。また、毎号

橋  
Bridges in Japan 1993~1994

### ●お問い合わせ先

出版元：土木学会・出版事業課

TEL 03-3355-3445(ダイヤルイン) FAX 03-5379-2769

発売元：丸善(株)・出版事業部

TEL 03-5684-5571 FAX 03-5684-2456