

## まえがき

1968年に修士課程を修了以来、建設会社の技術者として、また大学教員として、半世紀以上にわたって地震防災分野の研究と実務に携わってきた。この間、専門家として悔いの残る二度の失敗をした。最初の失敗は1995年阪神・淡路大震災である。阪神地域の都市圏近傍の活断層が、それまでわが国の地震では経験したことのない激烈な地震動を発生させ、10万棟以上の建物・家屋を倒壊させ、5500人以上の人命を奪った。

筆者を含めて地震防災分野の専門家の関心は、関東地震や東海地震などの海洋型の地震にあった。内陸断層による地震は、発生位置と時間の予知がほとんど不可能であること、また地震によって被害を受ける地域が海洋型地震に比較して限定され、大都市圏を直撃する可能性は低いと考えていたことが大災害発生の根底にある。

専門家としての二度目の失敗は、2011年東日本大震災である。東北地方より関東地方にかけて、海岸線での高さが10mを超える大津波が襲い、2万5000人以上の人命が失われた。わが国では1923年の関東地震に次ぐ犠牲者数となった。特に、東京電力の福島第一原子力発電所では炉心溶解、原子炉建屋爆発・飛散、広域での放射能汚染という世界史上例を見ない重大事故が発生した。福島第一原子力発電所施設の設計用の津波高さは6.1mであったが、

15 mを超える津波により冷却施設の全機能が失われた。津波高さの予測の失敗が最大の要因である。

東日本大震災発生前の7年前、2004年にインド洋大津波によって人口の1/3の7万人が犠牲となった、スマトラ島北端の町バンダ・アチエを津波により2か月後に訪れた。ほとんどの家屋と建物が倒壊して海へ流出した惨状を見て、わが国ではこのような大災害は起きないであろうと何の科学的根拠もなしに思った。わが国ではマグニチュード9を超える地震は発生しない。東海地震と南海地震の連動によるマグニチュード8.5が最大の地震と筆者を含めて大半の専門家は考えていた。スマトラ島西岸のプレート構造と東日本の太平洋岸のプレート構造と規模が極めて類似していることに何故注目しなかったのか。

阪神・淡路大震災と東日本大震災の後、地震防災分野の多くの専門家からこれらの災害発生は「想定外」という無責任な発言がなされた。マスコミにも取り上げられて、社会的に大きな批判を受けた。

建物や橋梁などの建造物の耐震設計では、設計の対象とする地震の揺れの大きさ、設計震度を想定する。「想定する」という言葉に設計技術者に特段の違和感はない。問題はほとんどの専門家が基準や指針で決められている地震動や津波高さで設計しておけば建造物の安全性は保たれると考えていたことにあるのではないか。想定した地震動や津波高さを超えた場合に、構

造物はどのようになるのか。損傷はどこまで進み、施設としての機能はどの程度保てるのか、特に人命に与える影響はどうなるのか、という想定が欠けていたのではないか。社会の機能はどこまで損なわれ、復興・復旧にはどのくらい期間と費用が必要か。そのことの重大性を教えてくれたのが、阪神・淡路大震災と東日本大震災だと考えている。

本書では、筆者が半世紀にわたって取り組んできた、地震防災分野の研究・開発の背景や災害軽減のための社会活動、国際協力などについて振り返る。筆者の後半期の主要研究テーマは、液状化地盤が水平方向に数メートル変位するいわゆる「側方流動」である。1980年日本海中部地震によるガス導管の被害調査を契機に、この現象に着目し、側方流動による被害の軽減、地盤変位の予測方法などの研究を行った。臨海埋立地の産業施設を防護する方法として、基礎杭を一定間隔に一列に打設して、液状化地盤の流動を抑止する「飛び杭工法」を開発、実地盤にこの工法を適用した。側方流動現象の発見、発生メカニズムの解明、被害の予測法、さらに対策工法に至るまでの一連の研究を行った。

首都直下地震や南海トラフ沿いの大地震の発生日時を予測することは難しいが、長い年月を考えれば、これらの地震は必ず発生する。

将来の地震災害軽減のための研究・開発とそれらの技術を用いた国土強靱化のため、本書が地震防災分野の研究者、関係者に有用な知見と情報を提供することを念願している。

1

阪神・淡路大震災

# 1.1 震災が発生した日

阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）が発生した1995年1月17日の前日、日曜日の夕方、家内と二人で新横浜駅の近くの蕎麦屋で夕食を取った後、午後7時ごろの新幹線に乗って新大阪に向った。翌日より始まる「第一回日米都市防災会議」に出席するためであった。午前9時からの開会式の司会に指名されていた。11時近くに大阪城近くのホテルにチェックインし、明日からの会議に備えるため、早めにベッドに入り眠りについた。

翌朝4時45分、それまで東京、横浜でも経験したことのないような大きな揺れで、危うくベッドから転げ落ちそうになった。咄嗟に、恐れていた関東地震が起ったのではないかと思つた。自宅のある横浜の状況が心配になったが、部屋の電話は切れていて使えない。テレビ報道が始まっていた。真っ先に映し出されたのは、市街地より煙が幾筋も立ち昇っている状況である。地震により火災が発生したらしい。航空自衛隊伊丹基地の航空機からの映像で、神戸市上空で撮影されたものだという。震源の詳細は報道されなかったが、神戸市から淡路島にかけての地域と推定されていた。

関西地方で大きな地震が発生するということは、その当時、地震学分野の研究者がほとんど

想定していなかった。耐震工学を専門とする筆者自身もそう考えていたので、震源が神戸だと聞いても信じがたい思いであった。

ホテルの外壁が一部崩れていた程度で建物自体には目立った被害は見られなかった。ホテルが用意してくれた簡単な朝食をとった後、防災会議の会場に出かけた。既に何人かの参加者が集まっており、テレビの画面に見入っている。多くの建物、家屋が倒壊し、火災も複数地点で発生しているらしい。米国からの出席予定者は50名程度であったが、その内の半数以上が会場に来ており、揺れのすさまじさを口々に話していた。米国では西海岸で時折、地震が発生するが、その揺れは日本の震度でⅢ程度で、震度Ⅵに達するような揺れは米国からの参加者にとってはじめての経験であったと思われる。という筆者自身も震度Ⅴは経験していたが、Ⅵ以上の揺れはじめてだった。

とにかく、開会式だけは開こうということになった。型どおりの開会のスピーチなどはすべて省略して、この地震による被害を日米共同で調査するための体制について意見が交わされた。とりあえず、いくつかのグループに分かれ、それぞれのグループが調査対象を決めて行動し、夕方には再び集合して情報を共有しようということになった。

筆者は京都大学のS教授と阪神地区の埋立地の被害を調査することにした。レンタカーを借りて二人で神戸に向った。最初に行き当ったのは、国道岩屋高架橋の1本足の橋脚が500

メートル以上にわたって倒壊した現場である。わが国でこのような被害が発生するのか。嘩然としてその場に立ち尽くした。

阪神・淡路大震災の約1年前、1994年1月に米国カリフォルニア州でサンフェルナンド地震が発生し、高速道路が倒壊する被害が発生していた。日本からも調査団が派遣され、米国のマスコミの取材に答えた。調査団の代表格の研究者は、「日本の橋梁の耐震設計は米国より進んでおり、設計用の地震力も米国に比較して大きい。日本ではこのような被害が起ることはない」と答えた。筆者自身もそのように思っていた。しかし約1年後、カリフォルニアでの被害を上回る被害がわが国で発生したのである。被害の最大の要因は、内陸活断層の近傍で発生した強烈な地震動である。マグニチュード7クラスの内陸断層による地震動は、阪神・淡路大震災以前の構造物の耐震設計では考慮されていなかった。1923年の関東大震災を契機に構造物の耐震設計が始められた。そのときに想定した地震の揺れは、関東地震による東京での揺れがもとになっている。関東地震の震源は相模湾で、東京の都市圏とは50km以上離れている。これに対し、兵庫県南部地震を発生させた内陸断層と神戸など都市圏までの距離は10km以下である。兵庫県南部地震のマグニチュードは7.4で、関東地震の7.9より小さいが、断層近傍域で極めて強烈な地震動が発生した。

阪神・淡路大震災以後、ほとんどすべての社会基盤施設、ライフライン施設の耐震設計法の

改定が行われ、設計用の地震動が大幅に引き上げられた。このことについては後述の1・3節「新しい耐震設計法」で述べる。

阪神高速道路の倒壊現場に着いたとき、すでに報道陣が現場に到着しており、そのうちの何人かに取り囲まれた。『このような被害をどう思うのか』『専門家の意見を聞かせて欲しい』という。筆者もS教授も被害のすさまじさに驚愕するばかりで、何もコメントできない。

S教授は別のマスコミとほかの被害現場に向かうことになり、筆者一人でレンタカーを運転して神戸市の中心街に向かうことになった。神戸市の三ノ宮駅付近まで来たときに日が暮れはじめた。大阪に引き返さないといけないと思い、国道を大阪方面に引き返すことにしたが、大渋滞である。車が進まない。思い切って脇道に入ったが、倒壊した家屋の瓦礫でほとんど道が塞がれている。

昼食を取らずに大阪を出発した。飲料水も非常用食料も持たずに神戸に向ってきた。車の中に閉じ込められた状態で、災害の状況がよくわからない。車のラジオからの報道だけでは、被害の状況がつかめない。たまたま、当時普及しはじめていた携帯電話を持っていた。現在のスマートフォンなどと比較するとかなり大型で重量もある。携帯電話を使って自宅の家内に連絡し、テレビ報道による災害の状況を把握することにした。

車はのろのろと進み、大阪市内に入った。大阪を出発してから約16時間後、翌日の午前4時



を過ぎていた。夜明け前ということもあって、大阪は何事もなかったかのように静寂であった。地震による被害は見当たらない。街全体が静まり返っていた。

まず、昨日泊まったホテルに戻ろうとしたが場所がわからない。ホテル名は記憶していたが、大阪の地理に詳しくない。タクシーを捕まえてホテルまで先導してもらうことにして、やっとの思いでホテルにたどり着いた。地震が発生してから、丸一日近くの時間が過ぎていた。

## 1.2 震災が残した教訓

兵庫県南部地震は、マグニチュード7.2の内陸断層によって引き起こされた。淡路島から六甲山系に続く長さ30kmの断層で、震源が10kmと浅かったため、阪神地域の都市圏に強烈な揺れを発生させた。

地震の揺れの強さは、気象庁の震度階のほかに、工学分野では地震動の加速度で表される。神戸海洋気象台の地表面の水平方向の加速度は約800ガル( $\text{cm/s}^2$ )と報告されている。地球の重力加速が980ガルなので、重力の約8割の加速度が生じたことになる。兵庫県南部地震による震度階は、最高ランクのⅦで、これもわが国ではじめて観測された。阪神地区の背

# 地震災害軽減への歩み

定価はカバーに表示してあります。

2024年1月10日 1版1刷発行 ISBN978-4-7655-1894-9 C1051

著者 濱田政則

発行者 長 滋彦

発行所 技報堂出版株式会社

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-2-5

日本書籍出版協会会員  
自然科学書協会会員  
土木・建築書協会会員

電話 営業 (03) (5217) 0885

編集 (03) (5217) 0881

F A X (03) (5217) 0886

振替口座 00140-4-10

<http://jihodobooks.jp/>

Printed in Japan

© HAMADA Masanori, 2024

装丁：浜田晃一 印刷・製本 昭和情報プロセス

落丁・乱丁はお取り替えます。

**JCOPY** <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail : info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。