

平成7年兵庫県南部地震（阪神大震災）の被害とその対応について〔続報〕

東京工業大学 瀬尾 和大

1. はじめに

前報[1]では、兵庫県南部地震の発生(1995.1.17.)から約1カ月の間に、筆者の感じたことを報告し、その時点で重要と考えられたいくつかの研究課題について触れておいた。その後も、被害調査・復旧活動・現地支援活動・各種の研究活動など大量の情報に接しながら、実際に余震観測や微動測定のために現地を何度か訪れたりもしたので、地震から約7カ月を経過した時点での中間報告を試みることにした。

2. 阪神地域の自然環境と社会環境

今回の震災では、震害の著しかった地域が、神戸市須磨区から西宮市に至る狭い帯状に分布していたことが特に注目されている。この帯状地域の地震動特性が被害建物にとって不利な条件を与えたことは確かであるとして、それが震源特性と地域の地盤特性のいずれの影響をより強く受けたものであるのか、あるいは被害建物の側の特殊な条件が支配的であったのかを明らかにしておくことは、今回の被災原因の究明のみならず、今後の地震防災計画においても極めて重要なことと考えられる。筆者らは、微動測定や地下探査を主体とした地盤調査を手段として、対象地域の地盤震動性状についての考察を加えようとしているところであるが（それについては別の機会に報告したい）、その前にここでは、地域の自然環境と社会環境について若干触れておきたい。

神戸市域の地形を自然環境（地質・地盤環境）の立場から巨視的にとらえると、六甲山・摩耶山を中心とする花崗岩質の山地、その山麓の段丘、沖積低地、大阪湾岸の埋立地の4種に大別できそうである[2]。それらは北から南へ向かって急激に変化しており、六甲山麓から大阪湾岸までの距離はわずかに数km程度しかない。このため、湾岸部から見る六甲山地は大きな壁のごとく間近に迫って見える。このような自然環境が特に水害に対して不利な条件を与えていることについては以前から指摘があり[3]、都市開発との関連において大きな問題を投げかけていたことからすれば、災害に対する脆弱性と云う意味で、社会環境に関わる問題も内抱している可能性が高い。そして今回注目されている震害の分布状況を理解する際にも、このような背景を無視することは出来ないのではないかと考えられる。この件に関連して、例えば阪神地域の都市開発を推進してきた神戸市と神戸商工会議所の主導者が『今回の震災と人工島や丘陵造成地の開発の是非とは関係がなく、むしろ開発していなかった場合にはさらに大きな被害が発生していたかも知れない[4]』とかなり強気の発言を行っている点は今後とも物議をかもしそうに思われる。

3. 兵庫県南部地震における地震動の性質と大きさ

前報でも触れたように、今回の地震動（例えば神戸海洋気象台の強震記録）が既往の地震動と比較して異常に強かったのかどうかについては未だ決着はついていないが、これまで震源近傍での地震動評価についての知見が不足していたことは事実として認めざるを得ないのではないかと、少なくとも『異常に』と云う形容詞を除去する努力は払うべきであり、異常であったと釈明しながら巨費を投入して補強工事に着手している各種公共事業の対応にはあいまいさが感じられてならない。そのような専門家の言動によって、『東京でさえ

関東大地震並みの地震しか想定していなかったくらいですから[4]、『関東大震災クラスの地震に十分に耐えられるよう造られています、さらに今回の「阪神・淡路大震災」クラスの大地震にも耐えられるよう耐震補強工事を(営団地下鉄メトロニュース, No.224)』と云った反応は今後とも増え続けるものと思われる。

ところで入倉[5]によれば、今回の地震の際に得られた多数の強震記録によって、前述の知見不足は着実に解消されつつあるものと考えられる。例えば、波形逆解法で求められた本震の断層モデル(3つの主破壊域を有する)に余震合成法を適用して再現された本震時の強震動は非常に良く説明されており、しかもそれには神戸市直下の3番目の破壊域が大きく寄与しているとのことである(図1参照)。また、断層からの距離と最大加速度との関係(図2参照)では、震源近傍においても(断層からの微妙な距離にどれほどの意味があるかはともかく)倍半分の精度で強震動予測が可能であることが示唆されている。さらに水平動と上下動との大きさの関係(図3参照)については、最大加速度振幅が増すごとに上下動成分が優勢に現れる傾向が見て取れる。この件については、すでにポートアイランドで議論されているように、水平動成分に強く地盤の非線形効果が現れるとの解釈や、条件によっては直下の地下構造の不整形性が影響するなど種々の要因も考えられ、『直下地震=上下動』の説明にはなっていないのではないかと考えられる。

阪神地域の地盤震動特性、すなわち地域によって地震波がどのように増幅変調されたかについては、現在のところ地盤情報が不足しており判然としないものがある。現在多くの機関で計画実施されようとしている調査資料が早期に公開されるよう期待したい。例えば地質調査所等[6]は、伏在断層の探索を目的とした反射法地下探査をすでに実施している(図4参照)。伏在断層の存在如何はともかくとして(筆者には判断がつかない)、図中の王子公園からJR線を経て国道2号線に至る鮮明な境界面とその傾斜が地震波動の伝播に与える影響はさぞかし大きいであろうと察しがつく。このような地下探査がより広範囲で実施され、その他の地盤資料や強震記録・高密度の余震記録・微動測定資料をも総合的に分析することによって、今回の地震の際の地震動分布はかなりの程度まで解明できるのではないかと期待している次第である。併せて、設計震度と最大加速度の違いや『直下地震=上下動』についての思い込み、『関東地震にも耐えられる』と云うものの云い方などについても、世間一般から誤解を招くことのないような形での決着をつけておく必要があるものと思われる。参考までに、筆者らのグループがこれまでに神戸市東灘区の住吉川付近で実施している余震観測(図5参照)や微動測定(図6参照)の結果によれば、六甲山麓から大阪湾岸にかけて余震の振幅や微動の周期特性は急激に変化しており、それらの性質と地下構造や震害分布の間には密接な関係があるものと推察している[5]。

4. 震災の地域性

今回の兵庫県南部地震は、震源断層・地震規模ならびに震害の甚大さなどの類似性ゆえに1948年(昭和23年)の福井地震とよく対比される。確かに、M7の横ずれ断層に起因する極浅発の直下地震によって数千人規模の犠牲者が生じた点は類似しているように思われるが、被災地域の自然環境や社会環境についての相違点、とりわけ47年間と云う無視できない時代の相違までを勘定に入れて両者の比較を行うことは容易ではない。

自然環境(地形・地質条件)から見た大きな相違点として指摘できることは、福井地震が周囲を閉ざされた盆地状の堆積平野の直下で発生したのに対して、今回の地震はより規模の大きな堆積盆地(中心は大阪湾となっている)の縁辺部で発生している点であろう。そのようなマクロな自然環境が地震動の形成にどのように作用するかについては詳細な検討が必要であり、あるいは直下の地盤条件の方が支配的であるとの結論に達するかも知れないが、一般論としては、平坦な地形(1次元問題)に比して側方境界からの影響(2次元, 3次元問題)を考慮する必要があると不利な条件とならざるを得ないであろう。阪神地

域のマクロな環境は、ランドサットの衛星画像(阪神コンサルタンツによる図7参照)や重力異常図(地質調査所による図8参照)にも鮮明に現れており、六甲山地の存在が阪神地域に与える影響がいかにも大きそうな印象を受ける。しかし、それはあくまでも今回の地震に限った話であって、M8級の巨大地震の場合には恐らく、六甲・生駒・和泉山系と淡路島によって閉塞された大阪盆地全体の問題として捉える必要があるものと考えられる。以上のような自然環境上の特性は地域によって様々であり、福井地震との類似性と云う点では、切迫性が懸念されている神奈川県西部地震の足柄平野も大いに気になるところである。

震災の地域性に関連してもう1つ留意したいのは、対象地域をややミクロに見た場合の開発・発展の歴史とその間の自然災害履歴である。一例として前述の神戸市東灘区の住吉川周辺地域に注目すると、1880年代(明治中期)・1930年代(昭和初期)・現在の各々の地形図から種々の地域的特色を読み取ることが出来そうである(図9参照,[7]・[8])。例えば、六甲山麓の住吉川中流域には扇状地がよく発達しており、その下流側では河床の標高が周囲のそれよりも高い、いわゆる天井川を形成していることが判かる。明治中期の地形図によれば、住吉川の左岸河口付近には酒造業を主体とした魚崎村の存在が大きく、六甲山麓に向かって横屋・田中・野寄・岡本などの村々は畑地の間に散在するのみであった。昭和初期になると、古くからの村々を核として集落が拡大され、すでに魚崎から住吉にかけての地域では一連の市街地が形成されている。住吉川の自然堤防上や六甲山麓の斜面にまで宅地化が進行しているが、周辺にはまだまだ空地が残されている。谷崎潤一郎の『細雪』に登場する豪雨水害はこの頃(昭和13年)に発生しており、国鉄本山駅から線路沿いに田中の甲南女学校(現在の本山南中学校)に至る地域の災害の様子がこと細かに描写されている。この前後にも明治43年と昭和42年に記録的な豪雨災害を受けており、このような約30年間隔での大水害の繰り返しを高橋[3]は『神戸の宿命』と呼んでいる。図の右端は同一地域の現在の地形図を示したものであり、今回の地震による震害の著しい地域には陰影が施されている。今回どのような地域に震害が多く発生したかは、上記のような都市開発や水害の歴史とも何等かの関係があるはずであり、逆に今回の地震による六甲山地の地盤破壊が今後の水害に与える影響についても無視できないのではないかと考えている次第である。

5. おわりに—今後の地震防災計画のために—

今回の震災経験によって、地震直後の被害見積・初動対応・救援復旧対策の不備を指摘する意見に代表されるような突発災害時の危機管理のあり方から、想定地震・地震動評価・耐震規定・構造設計・施工管理に至るまでの、広範囲な見直し作業の必要性が指摘されている。今回の震災の特質がまだ判然としない段階で全国一斉の活断層捜しがマスコミ主導で始められようとしたのには正直なところ驚かされたが、現時点で要求されているのは、より現実的な震災軽減のための具体策であろう。各々の専門分野において、本当に必要でかつ早急に行き得る対応策があるのかないのか、その優先度はどうか、と云った基本的な作業から着手する以外に方法はなく、好都合の特効薬はそう簡単には手に入らないのではないかとと思われる。またその際には、前述のような震災の地域性についても十分な配慮が必要であろうと考えられる。以上のような観点から、今後の震災対策に関係しそうな現場写真のいくつかを選別して、コメントと共に文末に掲げておいたので、参照願えれば幸いである。

以上に述べてきたように、今回の震災については未だ多くの問題が山積したままであり、その全貌は筆者にはまだ見えてこない。現地においては、7か月後の現在においても避難所や応急仮設住宅での不慣れた生活が続けられており、その一方では、被災建物の解体作業や修復工事が進められ、災害特別立法の法制化と併せて復興計画案の可否や被災した共同住宅の建て替え問題についての論議が繰り返されている。そのような状況を横目で見ながら、各種の被害調査・復旧活動・現地支援活動・研究活動についての膨大な資料に埋もれ、

夏休みになってようやく合同微動観測が実現し、本格的な地下構造探査はこれから計画実施される段階にある。何とも歯がゆいことである。最後に、筆者なりに興味を抱いた文献のいくつかを以下に列挙してこの中間報告を終わりとしたい。

末筆ながら、現地調査でお世話になったNHK神戸放送局・神戸海洋気象台・神戸商業高校のご関係各位と文献・図表を引用させて頂いた方々、および当研究室の研究協力者各位に心からお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 瀬尾和大：平成7年兵庫県南部地震（阪神大震災）の被害とその対応について；第53回工学地震学・地震工学談話会，東京工業大学工学地震学・地震工学研究グループ，pp.25-41，1995.2.25.
- [2] 土質工学会関西支部ほか：神戸扇状地の地盤構成；関西地盤，関西の大深度地盤の地質構造とその特性の研究委員会・地下空間の活用と技術に関する研究協議会，pp.73-78，1992.
- [3] 高橋裕：神戸の宿命；国土の変貌と水害，岩波新書，pp.68-77，1971.
- [4] 財界特別臨時増刊：総特集・阪神復興を日本立て直しにつなげ！；財界研究所，Vol.43，No.15，pp.1-138，1995.6.15.
- [5] 藤原悌三（研究代表者）：平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究；平成6年度文部省科学研究費（総合研究A）研究成果報告書，pp.1-475，1995.3.
- [6] 遠藤秀典ほか：阪神地域の地下地質構造と被害分布；シンポジウム「阪神・淡路大震災と地質環境」論文集，日本地質学会環境地質研究委員会，pp.219-224，1995.6.20-21.
- [7] 清水靖夫編：明治前期・昭和前期神戸都市地図；柏書房，pp.1-78，1995.4.
- [8] 国土地理院：1:10000地形図芦屋（緊急修正版）；1995.5.16.
- [9] 日本建築学会：1995年兵庫県南部地震災害調査速報；日本建築学会，pp.1-193，1995.3.
- [10] 亀田弘行（研究代表者）：兵庫県南部地震をふまえた大都市災害に対する総合防災対策の研究；文部省緊急プロジェクト報告書，pp.1-37，1995.3.
- [11] 日経アーキテクチュア編：阪神大震災の教訓－「都市と建物」を守るためいま何をなすべきか－；日経BP社，pp.1-199，1995.3.
- [12] 震災予防協会：特集 阪神大震災を思う；地震工学振興会ニュース，No.141，pp.1-19，1995.3.
- [13] 内橋克人・鎌田慧：大震災復興への警鐘；同時代ライブラリー，岩波書店，pp.1-198，1995.4.
- [14] 日本地図学会：阪神大震災地図；日地出版，1995.5.
- [15] 特集：だれのための阪神大震災復興か；建築文化，Vol.50，No.583，pp.79-138，1995.5.
- [16] 小林昭雄：建築構造士が見た阪神大震災－この教訓を生かすために－；建築雑誌，Vol.110，No.1372，pp.92-93，1995.5.
- [17] 毎日放送：阪神大震災の被災者にラジオ放送は何ができたか－「被災していない人への情報はいらぬ！」と言いつづけた報道者たち－；同朋舎出版，pp.1-244，1995.6.
- [18] ジュリスト臨時増刊：阪神・淡路大震災－法と対策；有斐閣，No.1070，pp.1-240，1995.6.20.
- [19] 震災予防協会：特集 阪神大震災を思う（2）；地震工学振興会ニュース，No.143，pp.1-19，1995.7.