

1 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3報]

東京工業大学 瀬尾 和大

1. はじめに

兵庫県南部地震の発生から早くも2年以上が過ぎてしまった。この間に、第1報[1]では地震から約1カ月、第2報[2]では地震から約半年を経過した時点での、この震災に対する筆者の率直な考えを述べさせて頂いた。その後、1995年10月に開催された建築学会地盤震動シンポジウム[3]では関連の問題について、筆者の理解するところでは以下のような討論が行われている。まず大方の意見として、兵庫県南部地震の際の震源域での強震動が非常に大きなものであったことは認めながらも、継続時間・最大振幅の距離減衰・水平動に対する上下動の比率など様々な視点からみて、それらの地震動がこれまでの常識(既往の研究成果から解釈できる)を覆すほどのものではなく、地震そのものも特異な地震ではなかったとの印象であった。しかしその一方において、周囲の強震データから逆解析された震源の破壊過程は大変複雑であり、強震データの細部を説明するためには地下構造に関する情報が大いに不足していることも事実であった。また、今後の地震予測(いわゆる地震予知ではない)に必要な活断層データと地震規模・地震発生時期・震源過程などとの関係が明確でないこともあって、今回の知見をいかに具体的な設計実務に取り込んでいくかについての指針は未だ見えてこないとの印象であった。そして結局のところ、震源域での強震動とはどのようなものか、それに対する建物の理想的な応答性状とはどのようなものか、それに伴う設計用地震動レベルとはどのようなものか、等についてのコンセンサス造りが必要であろうとの結論であったように思われる。

その後、地下深部の地盤構造についての情報不足は着実に解消され、反射法・屈折法探査や深層ボーリング、強震・弱震・微動の観測など各種の調査データの集積によって、神戸・阪神地域の地下構造は地震直後の状況と比べると飛躍的に判り易くなったことは確かである。しかし地下構造が次第に明らかになるにつれて、前報[2]でも触れた六甲・生駒・和泉山系と淡路島によって完全に取り囲まれた大阪盆地(図1参照)の存在が一層不気味に感じられてきたことも事実である。この四周の壁がいかに強固なものであるかについては、1995年末に実施された人工地震の観測データ(図2参照、六甲の壁で反射した波動成分が優勢に現れているが、このような観測事例は極めて稀なことである)が如実に示す通りであり、また深層ボーリングによって第四系の大坂層群に接して基盤岩(花崗岩)が確認されたことで、水平方向のみならず鉛直方向の壁も相当に強固(明瞭なコントラストを有している)であることが明らかになった。昨年10月の地盤震動シンポジウム[4]ではそのような心配もあって、今回の地震以外に想定すべき震源のことも含めて大阪盆地全体の問題についての討論が行われたところである。

それから現在までの半年間には、上記のシンポジウム以外にも参考文献[5]~[12]に示すように、実に数多くの検討や議論が行われており、その内容も多岐に亘っている。そしてそれらの事例からは、多くの研究分野において概ね基礎調査の段階から脱出し、今回の地震もしくは震災の核心を各々の立場で探り当て、それを今後どのようにクリヤーするかを検討に移行しつつあるのでは、との印象を受けているところである。ただ、気をつけておきたいのは“過大入力”と“衝撃的破壊”と云う2つのキーワードであり、今のうちにその意味するところについて共通の理解を深めておいた方が良いのではないかと、またそのためには、構造物の地震応答に関わる幅広い分野の研究者が一堂に会して議論する場が必要ではないかと思われる。

2. 兵庫県南部地震における構造物被害の規則性に着目して

神戸・阪神地域での震害調査の過程で大変気になっていたことの一つは、余りにも“破壊のパターンが悪すぎる”構造物が目についたことであった[1]。木造家屋の圧壊は別としても、新幹線・高速道路の高架橋や公共建築物が地震動に対して殆ど抵抗もしないで崩壊した様は、無惨と云うよりは大変腹立たしいものであった。もちろん全ての構造物が無被害であることを期待している訳ではなく、逆に満身創痍になりながら崩壊を免れた構造物には賛辞を贈りたいほどである。恐らく前述の“過大入力”や“衝撃的破壊”と云った言葉に対する筆者の嫌悪感はこのような被害実態から生じたものであるが、それだけになぜあのような被害が発生したのかについて本当の理由が知りたいところである。そこで、前述のような課題（各専門分野が個別の結論を導き出す前に、地震の震源から構造物の地震時挙動までをトータルで考えてみる）への一つのアプローチとして、兵庫県南部地震における幾つかの単純な構造物に見られる被害あるいは地震時挙動の規則性に着目することによって、震源域での地震動が構造物にどのように作用したのか、また、そのような地震動を発生させた震源破壊過程とはどのようなものであったのかを改めて考えてみたい。そこでこのための素材のいくつかを提示してみることにした。筆者が特に注目した構造物被害は以下の通り、いずれも破壊形式もしくは物体の地震時挙動が単純なものばかりであるが、決して都合の良いものばかりを選別したつもりはない。

A. 神戸市役所2号館 [中央区加納町6] (写真1-a, b 参照)

RC造8階建て(4階以下はSRC造)の6階部分で層崩壊し、上層部分は北に変位している。その原因は北からの地動加速度(すなわち南からの慣性力)によるもので、南側の高層棟との連絡橋(8階)が全く圧縮力を受けていないことから、崩壊はそれ以前に大振幅の変形を経ないで突然に発生したものと考えられる。写真1-bは市民のグラフこうべ(No.268, 1995.7)による。

B. 甲南大学校舎 [東灘区岡本8] (写真2-a, b 参照)

RC造4階建て校舎の各柱に1方向のみの純せん断破壊が発生している。校舎の向きは長辺方向がほぼ南北方向に対応しており、地震力の作用方向は上記の神戸市役所の場合と全く同様である。なお、校舎の裏側(写真2-b)の柱列にも同様の1方向せん断破壊が発生している。

C. JR六甲道駅構内の電柱 [灘区永手町] (写真3 参照)

線路に沿った多数の電柱は例外なく北に倒れている。線路を挟んだ両側の電柱は鉄骨トラスで連結されているため、純粋な単柱の倒壊とは云えないかも知れないが、両側の電柱が揃って北に倒れているものも見られることから、そのような傾向が強いことは確かであろう。写真は神戸大震災(産経新聞緊急増刊, 1995.1.27.号)による。

D. JR鷹取駅構内の列車 [須磨区大池町] (写真4 参照)

駅構内に留置された列車群の全てが転倒したわけではないが、転倒したものは例外なく南へ倒れている。写真は同じく神戸大震災(産経新聞緊急増刊, 1995.1.27.号)による。

E. 阪神高速3号神戸線 [東灘区深江本町] (写真5 参照)

周知の通り道路橋は長さ600mに亘って北に倒壊している。1本足の柱列の北面(倒壊した側)には殆ど損傷が認められないことから、神戸市役所の場合と同様、倒壊は極めて瞬時に発生したものと考えられる。

F. 夙川マンションN [西宮市安井町] (写真6 参照)

S造5階建て集合住宅の1階ピロティー式駐車場(RC造)部分の柱頭が座屈破壊されたことにより、建物全体が北へ崩壊している[9]。写真は緊急報告第3弾・阪神大震災の30日(サンデー毎日臨時増刊, 1995-2-28)による。

G. 貨車を利用した喫茶店 [長田区神楽町] (写真 7-a, b 参照)

南北方向に敷設されたレール上の貨車を店舗として利用しているもので、貨車がレール上を南へ約20cm移動したことが取り付け階段に残された痕跡(写真7-b)から読みとれる。(この現象の存在は小林啓美東工大名誉教授からのご教示によって知り得たことである。)

H. NHK神戸放送局 [中央区中山手通2]

地震時にNHK神戸放送局(RC造4階建て)の3階で撮影された約10秒間のビデオ映像から、室内の地震時挙動がよく観察され、しかもそれが約1km離れた神戸海洋気象台の強震記録とよく対応していることについては既に報告した通りである[13]。このビデオ映像が柱に固定されたカメラから見た室内什器類や宿直担当者の挙動を反映したものであることを勘案すれば、主要動の途中で什器類が南東方向にカメラぶれを伴いながら突然大きく変動しているところが、建物自体の北西方向への応答と対応しており、地震力の作用方向には上記の神戸市役所の場合との類似点が認められる。

以上のような結果から、これらの現象(構造物の被害形態とその原因としての地震力の作用)には図3に示すような規則性が認められる。すなわち、神戸市中央区から東側においては構造物は北向きの慣性力を受け、長田区から西側では逆に南向きの慣性力が作用している。また、その中間の中央区と兵庫区の境界付近(湊川神社付近一帯)で被害が少ない(震災の帯が途切れる)ことについては、この付近だけ地盤条件が異なるとの解釈が試みられているが、この問題との関係についても疑ってみる必要がありそうである。なお、木造家屋の倒壊方向に上記と同様の傾向が見られることを松田・竹村がすでに指摘していたこと[14]はその後で知ったことである。また、そのほかにも墓石の倒壊方向(池田安隆ほか)や電柱と路面のすき間と衝撃力の作用方向との関係(宮田隆夫ほか)についての興味深い議論が紹介されているが[15]、ここでは割愛させて頂くこととする。

3. 強震記録の方向性と構造物被害との対応

上記の対象地点(A~H)の周囲では兵庫県南部地震の際の強震記録が得られていることから[16]、図3にはそれに基づく水平変位の軌跡が併せて示されている。すでに知られているように、震源断層に直交する成分が極めて優勢に現れており、前述の構造物被害の特徴とよく整合している。さらに、構造物に作用した地震力の方向性について吟味するために、神戸市役所に近い神戸港と、鷹取駅構内の強震記録の時刻歴波形が加速度・速度・変位について、それぞれ図4-aと図4-bに示されている。例えば前者の場合、神戸市役所の上層階に急激な北向きの慣性力を与えた地震動成分は図4-a中に▼で示された位相に対応するものと考えられ、主要動の開始点からやや遅れて到来した波動成分(入倉[17]が指摘する神戸市直下の第3イベント)が構造物の致命的な破壊に関与したものと考えられる。

もし一般に理解されているように、明石海峡から神戸方向への移動震源効果が構造物破壊の主因であるならば、鷹取駅構内の列車群は北に向かって転倒しているはず(神戸市役所や阪神高速高架橋と同じセンスの地震力を受けているはず)であるが、上記の現象からは鷹取・新長田地域と三宮周辺以东とで南北方向に逆向きの地震力が作用しているように見え、神戸市直下に点震源を置いた右横ずれのダブルカップルを示唆しているように思えてならない。ここでは強震記録の全てについて詳細な吟味を行った訳ではないので、図3に使用した強震記録を議論のために掲げておくだけに止めたい。また、ここに掲載された強震記録の全てについて云えることとして、水平動と比べて上下動の構造物被害への影響はさほど大きくないものと推察される。

4. おわりに

以上は比較的単純な構造物被害から大雑把に理解した筆者の兵庫県南部地震に対する地震像である。さらに詳細な検討によって、地震発生から構造物被災までの過程を可能な限り追跡することにより、震源域における地震動特性がどのようなものであったのか、それによる災害を軽減するにはどうすればよいのかを考えてみたい。なお本研究テーマには当研究室の大学院生元木健太郎君が中心となって取り組み始めたところであり、各方面からのご教示・ご示唆をお願い申し上げたい。本検討の中で強震記録を使用させて頂いた関西地震観測研究協議会、気象庁、運輸省港湾技術研究所、鉄道総合技術研究所、NTT、住宅・都市整備公団、関西電力、建設省土木研究所、日本建築学会のご関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

最後に、阪神大震災のその後について追記させて頂きたい。一昨年暮れに人工地震探査のために神戸を訪れてから約1年間現地にご無沙汰していたことから、その後の様子が大変気掛かりであった。そのため、静寂な状態での微動測定が必要であることを口実にして、年末年始にかけて地震から2年後の現地を見せて頂いた。さらに3月にもう一度現地を訪問する機会があり、ようやく西宮から須磨までの復興状況を確認することが出来たので、文末に写真と併せて気が付いた点をコメントしておきたい。本報告で述べたような研究課題に注目するようになったのは、もちろん地震直後の震害調査時からの疑問点でもあったが、主に今年になって神戸を歩きながら考えたことである。以前に谷崎潤一郎の「細雪」を引用して昭和13年の大水害のことに触れさせて頂いたが、それは同時に芦屋・東灘地域の豊かな地域社会の生活実態を反映したものであった。最近ベストセラーになった妹尾河童さんの「少年H」には、それに続く時代の庶民生活が忠実に描かれているようで、お陰で鷹取・新長田地区が大変身近かなものとして感じられるようになった。それにしても、3月になってポートアイランドの高層ホテルから直下の仮設住宅群を見た(見えてしまった)時は大変なショックを受けてしまった。間近かに別世界としての高層ホテルを見ながら仮設住宅の中で孤独死を余儀なくされる状況とは一体如何なるものであろうか? しかも地震から2年以上を経過した現時点においてである。

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] 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[続報]；第55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.19-34，1995.9.9.
- [3] 第23回地盤震動シンポジウム：1995年兵庫県南部地震で試された地盤震動研究，日本建築学会地盤震動小委員会，1995.10.
- [4] 第24回地盤震動シンポジウム：1995年兵庫県南部地震で試された地盤震動研究(2)-大阪平野について考える-，日本建築学会地盤震動小委員会，1996.10.
- [5] 第3回地震防災シンポジウム：阪神・淡路大震災が問いかける地震防災システムのあり方(2)-20ヶ月を経て得られた教訓と新たな課題-，日本建築学会地震防災システム小委員会，1996.10.
- [6] 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム，文部省科学研究費補助金重点領域研究「都市直下地震」総括班，1996.11.