

I-573

兵庫県南部地震の主要動の源泉について

東京大学地震研究所 正会員 東 原 紘 道

1. はじめに

兵庫県南部地震を契機として耐震工学の体系的な見直しが進められている。本報告は、その理論的基礎を固めるために、この地震の過程について、現時点で得られている資料の範囲内で一つの考えのすじみちを提示するものである。

それがどこまで正しく了解されていたのかは別にして、これまで我国では、＜関東地震＞に耐えられるかどうかという線引きが、広く合意を得ていた。このような枠組みの存在は、公共事業の計画・実施にとって重要な価値をもっている。しかし、この枠組みは、＜耐震神話の崩壊＞と同時に、社会学で謂う正当性了解(legitimacy)を失ってしまったと言える。したがって、今回の地震に対する耐震工学研究は、これまでの地震の場合とは全く様相を異にするものとなることが避けられない。新しい枠組みを創設しなければならないからである。これは容易ではないが、大きなイノベーションの機会であることも間違いない。筆者は、耐震工学についての自分の体系を作るために、まず基礎理論である構造設計の方法論を整理した[1]。次の問題は、耐震設計の特徴である想定外荷重への対応の理論的構造を明らかにすることであり、これにより設計実務を検討し、筆者が耐震設計の本領と考える技術創造的な耐震工学への歩を進めることである。そこでこの観点からこの地震を見ることにする。

2. 考察の視点

兵庫県南部地震は想定外荷重の多様な事例を示している。想定外荷重下の構造物の挙動は個別性が強く、容易に一般化を許さないから、個々の事例の個性を十分に考察することが必要である。この地震の基礎的な特徴は、これが大都市の近傍で発生した内陸地震ということであろう。これまでの遠地地震では、震源メカニズムに関する地震学の知見は、地震工学の基礎となる入力地震動を直接に規定することはなかったのに対し、この地震では震源メカニズムと入力地震動が密接不可分となるからである。

被害データとともに地殻・地盤の運動に関するデータが多数採取されているので、都市直下地震を理解する材料はかなり集積されているが、その中には相互に矛盾し合うものが少なくなく、内部不整合のない全体像を描くのは容易でない。しかし、この全体像は直下地震研究の重要な課題であり、試みる価値がある。

3. 地震動の特徴

震源に近い神戸市内の地震記録によれば、主要動の振動周期が長い。近年の他の大地震と比較しても、周期が0.7～2秒の範囲のパワースペクトルが非常に大きい。主要動の継続時間は約10秒と短く、これは海外の記録を用いたCMT解析による断層の破壊継続時間や国内の記録の逆解析による断層運動の継続時間とほぼ等しい。波形は極めて単純であり、その初期に2ないし3個の大きな波が現れる。

大きな被害を受けた鉄筋コンクリート柱の主鉄筋は、この波によって降伏伸長し大きく外にはらみ出したと推定される。したがってこのような破壊力の大きな地震動の源泉を詳細に考察しなければならない。断層震源モデルにおいて破壊の様な伝播の描像によれば、すべりが直近の断層面を通過する時に放出された成分が、この単純相の源泉と解釈される。しかし、この相は数十km遠方での記録にも明瞭に認められる普遍的なものである。断層面の放出モーメントの強度分布が、CMT解から推測されるように、離散的描像をもつものであれば、この単純相は特定の地域から放出されたものと解釈される。武尾らによる波形の逆解析によれば、本震の震源位置である明石海峡の地下5～15kmにおいて、初めの3秒間に大量のエネルギーが放出されている。一般論としてこの逆解析による発震位置と時刻の決定精度は比較的高く信頼できるものであり、他の逆解析結果もこれと整合している。そこでこの破壊域の物理的実体を明らかにする必要がある。

4. 起震断層の特定

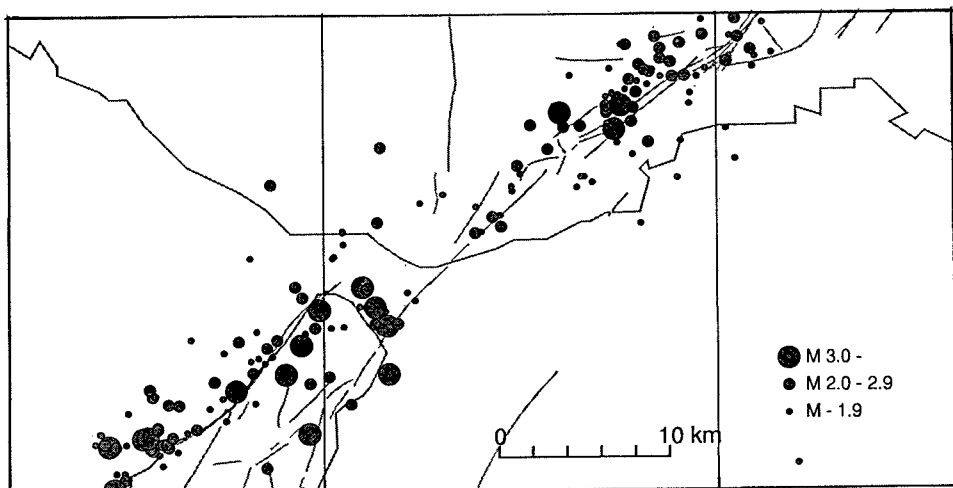
淡路島北西岸の野島断層がすべてエネルギーを放射したことには問題がない。また淡路島北部の東岸にある大きな断層の動いた形跡はない。しかし、CMT解析が示す第2、第3のイベントに対応する起震断層は特定できていない。まず本州では起震断層は地表に達していない。地質学者らの少数説は、神戸・西宮の震度7の帯の直下に伏在断層の存在を考えるのに対し、多数説は六甲山周辺の断層群を想定する。その根拠は、後者には多数の余震が発生しているのに対し、前者には見られないこと、神戸・西宮の伏在断層に大きな右ずれがあるとしたときの地表地殻変動が観測値と整合しないことである。しかし、地下の断層面の傾斜を考慮すれば、平面図上で地表面断層位置と地下10 km程度の余震位置が一致したからそこに本震の断層を予想するのは単純に過ぎる。なお重力データや音波探査記録は、神戸直下に六甲山から大阪湾に3000 mを落ちる断層を確認しているが、上の問題を解決する分解能はない。

5. 広域地殻変動

国土地理院の本州・瀬戸内海沿いの水準測量は、明石海峡北岸の垂水で0.2 m程度の隆起、その東側の須磨で0.1 m程度の沈降を示す。淡路島では北西の野島断層で東側が1 m程度の相対隆起を示す。海岸線に直交する方向では、人工衛星搭載のSAR（合成開口レーダー）の干渉計測によれば、神戸地区で山側が隆起（海側が沈降）している。

6. 明石海峡の地殻構造

余震位置の分布は、巨視的に見る限り、概ね1枚の断層面上に存在するように見える。上記の逆解析でも1枚の断層面が設定されている。しかし、耐震工学上問題となる周波数／波数のスケールで観察するならば、これはあくまで第1次近似である。下図は、吉井がコンパイルした余震位置資料の一部である。問題の明石海峡での地表面断層および余震位置について見れば、本州側の断層面と淡路島側の断層面は走行は平行でありながら明かなオフセットが存在する。海上保安庁水路部や国立大学の音波探査などによれば、この海底には北東・南西方向に断層が走っている。ここに正断層型の微小地震が発生する事実と併せて、張力場が生じているとする考えもある。この考えは、GPSによる水平地殻変位をうまく説明する。しかしSARによる垂水の隆起との整合性には問題が残る。本州四国連絡橋公団が公表した測量結果では、本州側基礎と淡路島側基礎が相対的に1.4 mもの大きな右横ずれ変位を生じている。上掲の海底断層が右横ずれを生じたと考えるのが自然であるが、この断層運動は海底では見えていない。



〔1〕地震2, 47 (1994)