

1. 阪神大震災と釧路沖地震の比較

観測された地震の加速度記録を比較すると、阪神大震災の地震より、釧路沖地震の方が大きい値を示しているが、被害の大きさを見ると比較にならない程、阪神大震災の方が大きく、また従来での設計で予想していない構造物の破壊モードが見られる。両者の地震の規模は同程度であるが、震源の深さが異なる。阪神大震災の方が20 Km程度と浅く、このために短周期の地震動は減衰しにくく、特に、衝撃的地震動も減衰せずに表層地盤に入力したものと考えられる。この両者の差の別の原因としては震源での岩盤の破壊のメカニズムが異なっていること、すなわち、岩盤の破壊スピードの違いや破壊が進む場所の異なりも考えられる。ところで、釧路沖地震では観測された加速度記録の割には被害も少なく、耐震設計がオーバーデザインではないかと思われたが、一方、阪神大震災では観測された加速度記録だけでは説明できない現象が多々見られ、地震計で観測できない衝撃的な地震動があったのではないかと推測される。

2. 衝撃的地震動の加速度記録

地震計の性能に依存するが、一般には感知する周波数領域は30 Hz程度で、これより短周期領域の振動は精度が落ち、建設現場の杭打ちで見られるような衝撃的な振動は精度良く記録できない状況にある。現在、地震計の記録できる周波数領域は拡大する方向にあり、また観測点の増加により震源に近いところでの記録がとれるようになってきているので、1 Gを越える記録がとれてきているが、今後さらに、衝撃的振動が観測されるようになると、最大加速度の値はさらに大きくなり、10 Gを越える記録も得られると確信している。阪神大震災での加速度記録は多くの地点で観測されているが、P波の立ち上がり部で衝撃的な大きな値を示している記録が見られない。精度が落ちて記録されなかったのか、ノイズと判断されフィルターをかけてカットされたのか、この点も明らかにしなければならないところである。記録の中には軸線がずれるような現象も見られるようであるが、上下動のセンサーも衝撃的な振動を受けたことになるので、これによる影響ということも考えられる。

3. 衝撃的地震動による破壊現象

地震計に記録されていれば、この衝撃的地震動は理解されるわけであるが、記録がないので、構造物の被害状況からと、地震動を受けた人の話から推察しなければならない。写真に示すように、コンクリート橋脚の中間部で圧壊しているのが見られる。この破壊は載荷スピードが速い衝撃的P波と考えると説明しやすい。通常のテストピースの圧縮試験では載荷スピードが遅いので、斜めせん断の破壊モードとなり、このモードとは異なる。この圧壊する場所は種々あるようであるが、中間部での破壊の傾向が多く見られることより、衝撃波が橋脚の天端とフーチングの間を往復する間に、圧縮波が重なり合って、この破壊モードを作り出したものと推定される。また、この部分が弱かったとも考えられるが、主たる理由とは考えていない。同じ現象が、鋼管柱ではエレファント座屈現象として見られ、箱型の鋼製橋脚では向かい合う両面が外側に腹み、これと直行する両面が内側にへこんで座屈する現象として見られる。建物では6~7階建ての中間階の3階付近が1層分つぶれた被害が見られるが、衝撃波による座屈現象とみると説明しやすい。一方、衝撃波による引張り破壊現象が高層建物の矩形の鋼製柱に見られる。高張力鋼の脆性的破壊はやはり、載荷スピードが速いことを示している。このように、引張り、圧縮の両者の破壊現象が見られるわけであるが、すべての構造物が被害を受けたわけではないので、どのような条件がそろうとこれらの破壊現象が生じるのかは今後の検討にゆだねられるところである。

転倒した建物があるが、水平動で説明するのは難しく、衝撃的上下動の方が説明しやすい。ただし、この時どうして建物の底面に同じ入力にならなかったかは原因を明らかにしなければならない。打ち継目から上部が飛んだ煙突がある。打ち継目に残された円周の軸方向鉄筋はすべてまっ直である。やはり、衝撃的上下動を考えないと説明がつかない。地震の時に明石海峡を横断していた船が走行上のトラブルを起こし、また、多くの船は座礁したような感じを経験したようである。以上のように、いくつかの現象を見てみると、地震計に精度良く記録されない衝撃的地震動が存在していたことが考えられる。

4. 地震のメカニズム

地震動は震源域の岩盤の破壊状況に左右され、破壊スピードが遅い場合もあれば、速い場合もあると思われる。阪神大震災では岩盤の破壊スピードが速く、岩盤を伝播する弾性波速度を越えるとすれば、静止している表層地盤に破壊された岩盤が衝突することになり、衝撃的地震動が生じることになる。しかし、破壊スピードは伝播する弾性波速度を越えないとすると、衝撃的地震動がなぜ生じるのかの原因を究明しなければならなくなる。航空機の場合、衝撃による破壊現象は航空機が音速を越えて、静止している空気に衝突する場合に見られたが、これを克服している。

5. 衝撃的地震動の液化化への影響

衝撃的地震動の継続時間は非常に短時間であるが、このP波を受けると地下水で飽和された地盤は液化化するに十分な間隙水圧の発生が予想される。継続時間は非常に短時間であり、衝撃的なのでただ通り過ぎるだけであり、通り過ぎた後の残留間隙水圧は残らないと必ずしも言えないように考えられる。残留間隙水圧が残るとすれば、粘性土、砂質土、砂礫に関係なく地表に噴出した状況が説明しやすいと言える。

6. 今後の課題

衝撃的地震動によると考えられる構造物等の被害を示してきたが、この破壊状況を教訓に以下のことを、今後検討する必要があると考えている。

- ・ 衝撃的地震動を記録できる地震計の周波数特性の改善
- ・ 衝撃的地震動に対する、数値解析による検討
- ・ コンクリートおよび鋼材の速度依存を考慮した材料強度と変形特性
- ・ 設計にどう反映させるか（経済性、耐用年数、直下型地震の発生確率を考慮）

