

極短周期波動による被災とその計測の必要性

八戸工業大学 正会員 ○塩井 幸武

1. 大地震における上下震動による被災

大地震では震源地に近い地域では構造物のせん断破壊、広範囲にわたる山地崩壊が見られる。地震被害を引き起こす波動では水平震動が卓越しているとされてきたが、被災の実態から水平震動というよりは極短周期の上下震動が原因と考えられる。

写真-1～写真-3 は阪神大震災における高架橋の橋脚の破壊である。いずれも耐震上、良好とされる洪積地盤上のものである。写真-1 は大断面の鉄筋コンクリート（RC）橋脚の典型的なせん断破壊である。写真-2 は壁式RC橋脚の共役のせん断破壊である。写真-3 は鋼製橋脚の座屈破壊である。これまでは水平力による曲げせん断破壊と説明されているが、橋脚上の上部桁はいずれも軽く、大きな慣性力を生じるものではない。建築構造物でも写真-4 は三陸はるか沖地震時の八戸市庁舎の中間柱の共役のせん断破壊で、写真-5 は東高校の車寄せの柱のせん断破壊である。写真-6 は北海道胆振東部地震での広範囲の山腹崩壊である。

いずれも水平震動では説明の付かない破壊、崩壊である。重力よりも大きい上下方向の衝撃的波動の作用とすると納得のいく被災状況であるが、この波動は極短周期であるために現行のSMAC型の地震計では測定できず、その存在も認知されていない。以下に、500Hz まで測定できる地震計を製作して実証した結果を示す。

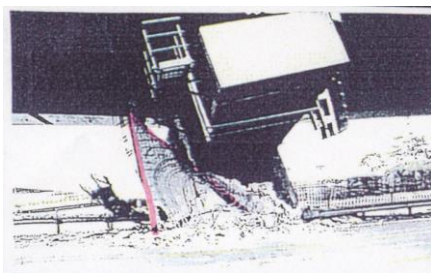


写真-1 せん断破壊した橋脚



写真-2 共役せん断破壊の橋脚



写真-3 圧壊した鋼製橋脚



写真-4 中間柱のせん断破壊



写真-5 車寄せの柱のせん断破壊



写真-6 広範囲の山腹崩壊

2. 広帯域地震計

図-1 は岩手宮城内陸地震 ($M=7.2$) における地震記録（一関西、IWITH25）で、上下動の最大加速度が 4022gal であった。二つのスパイク状の衝撃波が見られる。北海道胆振東部地震でも震源から約 20 km 離れた地点の地震計で上下動の最大加速度 1505gal が記録されている。これらの地震記録のスペクトルは 50 Hz 以下の波動しか捉えていないことを示している（図-2）が、波動のスペクトルは短周期側に向かって増大している。

そこで、周波数 500 Hz まで測定できる広帯域地震計を（有）アプライドリサーチの境友昭氏と共に試作した。この地震計は上下方向に限定し、図-3 のような基本回路のブロック図とした。この地震計とSMAC型地震計を併設して 10 kg の落錘をコンクリート床に落とす実験の結果を図-4～図-6 に示す。広帯域地震計は落錘の跳ね返りも記録しているが、図-5 は 500 Hz 以上の波動の測定の必要性を示している。SMAC型地震計は集約した波形を記録し、スペクトル密度（PSD）は 11 Hz 付近に地震計の周波数応答特性を表示している。

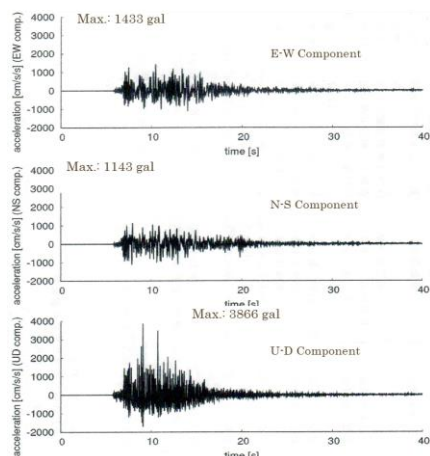


図-1 岩手宮城内陸地震の地震記録

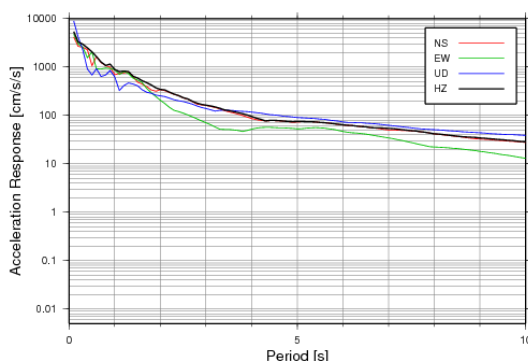


図-2 図-1の地震記録のスペクトル

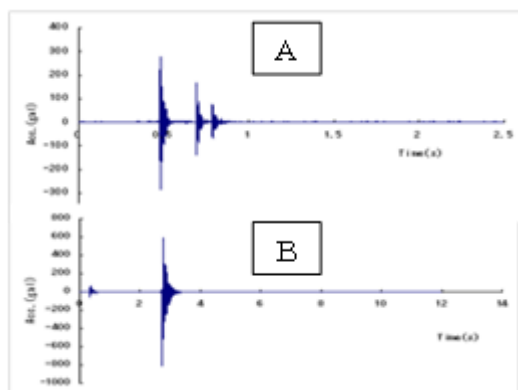


図-4 広帯域地震計(A)とSMAC型地震計(B)

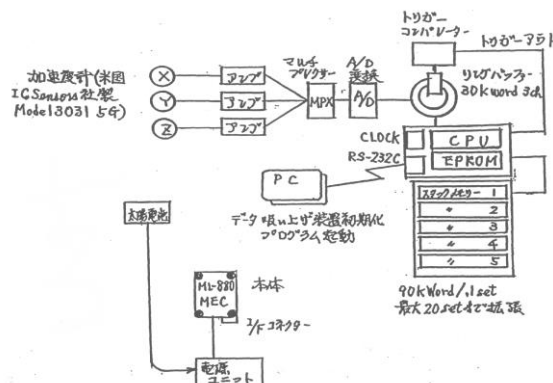


図-3 広帯域地震計の系統ブロック図

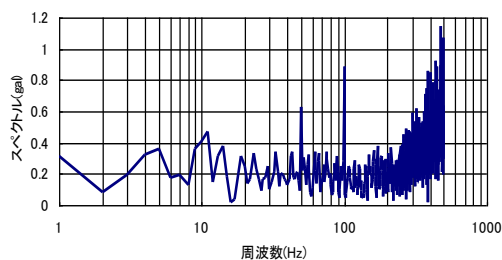


図-5 落錘(10kg)の波動スペクトル(広帯域地震計)

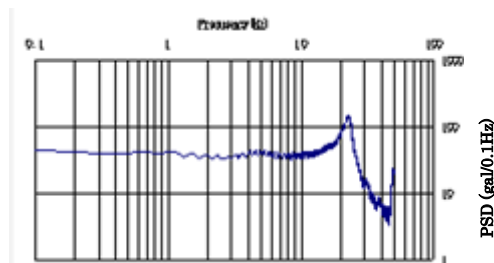


図-6 落錘(10 kg)の波動スペクトル(SMAC型地震計)



写真-7 中央配筋、せん断破壊した試験体、せん断補強筋

3. 極短周期地震計の開発と極短周期波動への対応

このように現行の地震計では 50 Hz を超える極短周期波動を測定できず、極短周期波動の挙動の実態を解明できない。しかし、その衝撃的波動は固い地盤、高い剛性の基礎で卓越し、大きな被害を惹起するので実態を把握し、破壊のメカニズムを解明すると共に具体的な防御対策を確立することが求められている。

極短周期波動に対する対策は靱性、延性の確保である。圧縮力による構造部材の破壊はせん断ひずみ最大の断面の中央から外面に進行する(図-7) ために、断面中央部にせん断補強筋(二重配筋)を配置すると強靱な保有耐力を発揮する。構造体はせん断破壊しても中央部分は残り、形状を保持できる。鋼構造の場合は鉄筋コンクリートを充填すること(RCFT)によって座屈を防ぎ、大きな荷重に耐えることができる。