

極短周期地震波動による被災の防止（トルコの東南部地震に鑑みて）

八戸工業大学 正会員 ○塩井 幸武

1. まえがき

2023年2月6日に発生したトルコ東南部で発生した大地震（ $M=7.8$, $M=7.5$ ）では5万人近くの死者、数十万戸の建物崩壊、2000万人以上の罹災者をもたらしました。トルコでのような被災は地盤の良いところで発生し、阪神大震災などでも見られた極短周期地震波によるものと考えられます。ここでは周期50Hz以上の極短周期の衝撃的地震波動が対象になります。地震工学は残念なことに、この領域の地震波動について空白状態です。原因は現行の地震計が50Hz未満の地震波動しか計測できないことや分解能にあります。

2. 極短周期地震波動の存在

このような極短周期地震波動による被災は阪神大震災で顕在化しました。このような被災形態は地盤のよい阪神高速道路の神戸線（洪積層上）で発生し、地盤の悪い湾岸線（沖積層上）では見られません。図-1は鉄筋コンクリート（RC）のT型橋脚のせん断破壊です。図-2、図-3は鋼製のT型橋脚の提灯座屈、地下鉄大海駅のラーメンのRC中間柱のせん断破壊です。いずれも鉛直方向の衝撃波動に拠るもので、現行の設計計算では破壊する筈のものではありません。同様の破壊形態は同じ地盤上のビルディングにも見られます。

破壊の原因が極短周期の上下方向波動にあることは、過去の大地震における破壊事例からも推測されます。従来の耐震設計は地震計で計測されるせん断波動を対象とし、50Hz以上の波動は破壊エネルギーが小さいとして、その影響は考慮されていません。しかし、大地震では極短周期の加速度波動が1Gを超えるケースがあり、上下方向の波動で顕著です。図-4は2008年岩手宮城内陸地震で記録された加速度波動のスペクトルです。上下動は道路橋示方書でも軽視されていますが、10Hz以下では応答が小さいものの、50Hz付近になると水平動を大きく上回る急激な応答の増大があります。パンケーキ崩壊の原因でもないかと推測されます。



図-1 RCのT型柱の
せん断破壊例

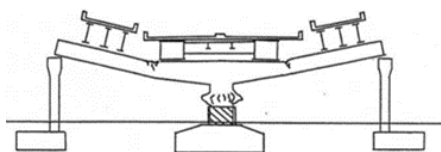


図-2 鉛直方向力による
鋼柱の座屈



図-3 大開駅の柱の座屈

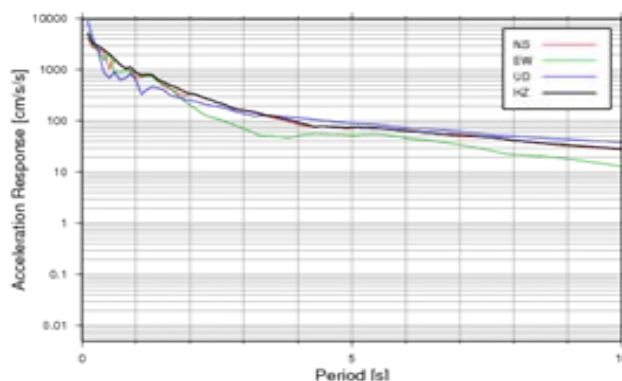
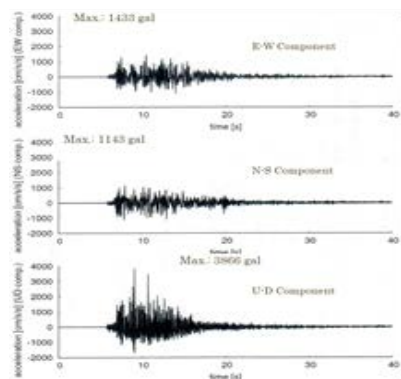


図-4 2008年岩手宮城内陸地震で観測された約4Gの加速度記録

キーワード 大地震、地震計、極短周期波動、せん断破壊、せん断補強筋、

連絡先 〒031-0813 青森県八戸市新井田字松山中野場 33-38 TEL 0178-25-7724

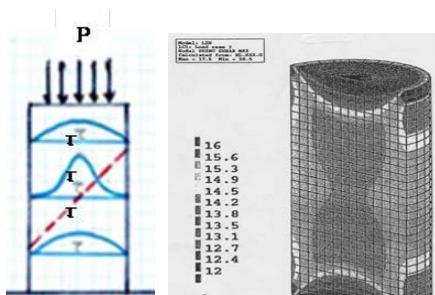


図-5 RC円柱のせん断応力



図-6 中心軸をせん断補強した供試体の圧縮試験結果

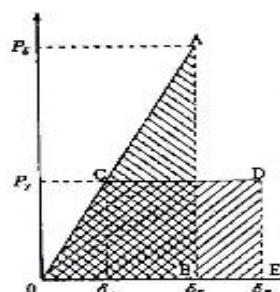


図-7 エネルギー

一定則

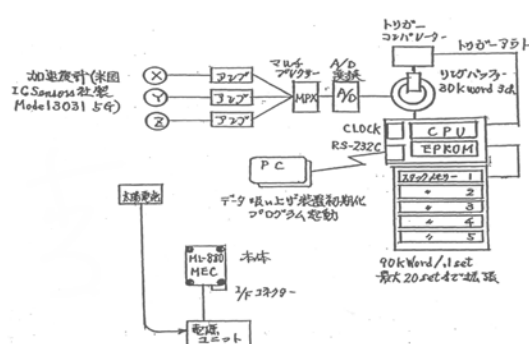


図-8 広帯域地震計の系統ブロック図



図-9 広帯域地震計の一式

3. 鉛直力の分布とせん断破壊防止配筋、極短周期波動の計測

FEMの二次元、三次元解析によるRC円柱内のせん断応力分布を図-5に示します。円柱の中間部で断面の中心で応力が最大になり、円周部ではゼロになります。この現象はテストピースの圧縮試験で実証されています。すなわち、せん断破壊は断面の中心部から始まるので、円周部の帯鉄筋はせん断破壊面の進展を拘束するだけの存在です。崩壊を防ぐには断面の中心軸にせん断補強筋を配置しなければなりません。

図-6は二重配筋したテストピースの圧縮試験の結果です。圧縮せん断して大きく縮んだ後でも崩壊しません。試験後に鉄筋を切り出すと中心部の配筋鉄筋籠とコンクリートが湾曲してピースの形状を保持していました。曲げ試験でも断面の中心でせん断応力が最大になります。このように部材断面の中心部をせん断補強すれば想定外の荷重の作用でも変形で吸収でき(図-9)、構造体に損傷があっても崩壊せず、形状を保持できます。形状が保たれば構造物上や内部の人命や財産を守ることが出来ます。

上述の措置は構造設計法の大改革になるので根拠を明示するために地震時の衝撃的な加速度の存在を立証できる地震計が必要になります。図-8は500 Hzの波動まで測定できる広帯域地震計の系統ブロック図です。そのセンサー、記録装置などを図-9に示します。簡単で、安価に製作できるので広い普及が望めます。

4. 結言

トルコの東南地震では5万人近くの犠牲者と多くの構造物の崩壊がありました。世界では過去に数多くの同様の被害が生じています。その原因として良好な地盤上に基礎を置く構造物は極短周期波動の高い加速度で崩壊しうることが立証されました。このような被災の防止のために、地震工学は極短周期波動の存在を立証し、対応策を提言するべきでしょう。そのために次の措置を早急に実現する必要性を訴えます。

- ① 数千Hzまで計測できる、分解能の高い地震計を全国に配置する。
- ② RC部材の設計基準はせん断破壊防止のために二重配筋、特に断面中心部の配筋を推進する。
- ③ 鋼構造では座屈防止のために必要に応じてコンクリートとの複合構造ないしは補剛構造を採用する。

参考文献

1. 塩井幸武、極短周期地震波動の測定可能な地震計の開発、第56回地盤工学研究発表会、2021年7月
2. 塩井幸武、地震波動に含まれる衝撃波動に対する設計施工、土木学会第77回学術講演会、2022年9月、
3. 塩井幸武、境友昭、地震波の中の衝撃波動の計測、土木学会第60回学術講演会、2005年9月