

## 地震波動に含まれる衝撃的波動に対する設計施工

八戸工業大学 正会員 ○塩井 幸武

## 1. はじめに

2022年1月17日のNHKの“NHKスペシャル 見過ごされた耐震化”で、大地震時の鉄筋コンクリート(RC)部材の破壊が現行の耐震基準で防ぎきれないことが放映された。内容はRC部材のせん断破壊を曲げて捉え、現行規準の水平方向作用力では説明し切れないというものであった。対象のせん断破壊は鉛直方向の衝撃的荷重に拠るので、水平荷重で説明できないのは当然である。しかし、鉛直方向の衝撃的波動の存在は現行の設計基準では取り扱われていない。現行の地震計が50Hz以上の波動を記録しておらず、この領域の耐震工学上の知見は空白状態にある。土木学会は耐震工学に対する国民の信頼を損なわないためにも、この問題へ積極的な取り組みが必要である。

## 2. 鉛直方向の衝撃波動による被災事例

過去の大地震によるRC部材の被災は水平荷重によると説明されている事例が多い。改めて阪神大震災をはじめとする被災事例を取り上げることとする。図-1は阪神大震災での阪神高速道路神戸線の橋脚と三陸はるか沖地震の八戸東高校の玄関ポーチ柱のせん断破壊である。前者は大断面の全面せん断で、後者の一対の他方の柱は無傷である。図-2は中国縦貫道の高架橋の橋脚、八戸市役所2階の柱で共役(✕状)のせん断破壊である。いずれも、良好な洪積地盤上にある。この共役のひび割れを水平力による曲げモーメントで説明されることが多いが、回転や移動などは見られず明らかに鉛直方向突き上げ力によるせん断破壊である。同じような被災事例は他にも見られる。図-3の①は阪神大震災での神戸線のT型の鋼製橋脚の座屈事例である。上部工の鋼桁は軽く、上載荷重もないことから下方からの突き上げ力で座屈したものと考えられる。②は1982年浦河沖地震による国道235号の静内橋の被災橋脚で、他のせん断ひび割れのある橋脚を含めて倒壊していない。③は1978年宮城県沖地震による名取川河口の関上大橋の主径間の橋脚のせん断ひび割れと引張ひび割れを展開したものである。橋脚はPCの大きな上部工反



図-1 大小のRC柱のせん断破壊例



図-2 RC橋脚とビルの柱の共役せん断ひび割れ

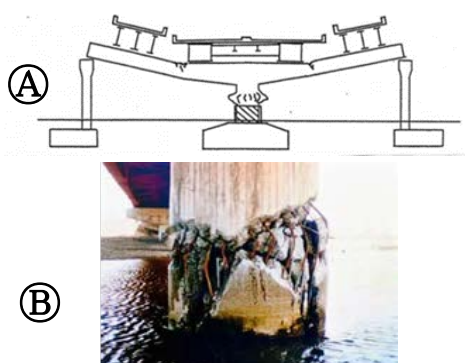
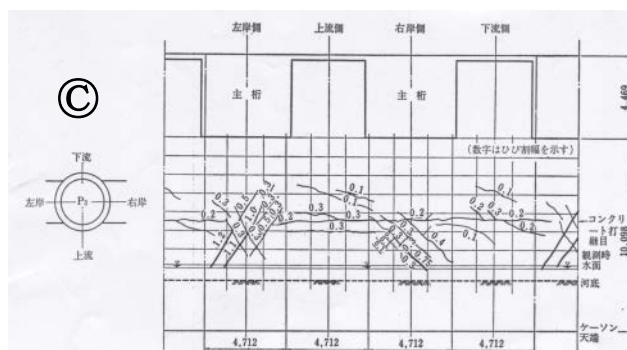


図-3 鉛直方向力による鋼柱の座屈、RC橋脚の共役ひび割れと引張ひび割れ



キーワード 地震波動, 衝撃的波動, 地震計, せん断破壊, せん断補強筋

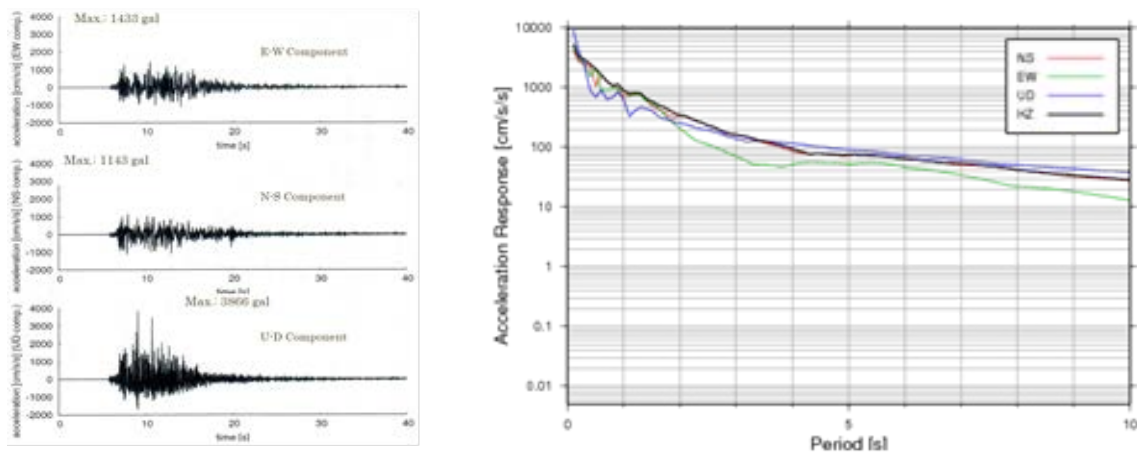
連絡先 〒031-0813 青森県八戸市新井田字松山中野場 33-38 TEL 0178-25-7724

力に対して基礎の負担を軽減するために円筒構造としていた。㊸、㊹の基礎はケーソン基礎である。

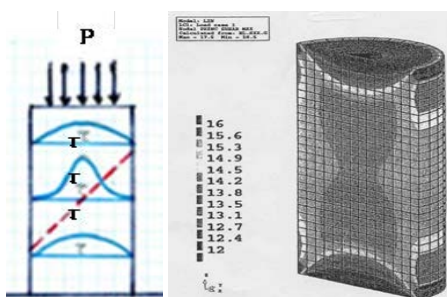
### 3. 鉛直方向の衝撃波動とせん断応力

現行の地震計で大地震の 50 Hz 以上の極短周期波動は記録されないが、中には大きな加速度を有する地震動が観測されている。図一4 は 2008 年岩手宮城内陸地震で記録された加速度記録で、上下動で 4000gal に達する衝撃的波動が記録されている。スペクトルを見ると 0.02 秒で途絶えているが、上下動は急増して 10000gal に近づいている。この傾向は 2018 年胆振東部地震などでも見られ、震源近くでは極短周期の高い加速度をもつ波動の存在が記録されている。これらの波動は粗密波で、海中では潜水艦対策の爆破波動に共通する。

この衝撃波動に対処するには断面の中心軸部分をせん断補強して靱性、延性を確保することが求められる。図一5 はコンクリート供試体の圧縮試験における内部のせん断応力の分布と三次元 FEM 解析の結果を示す。載荷荷重は中間断面の中心部で最大となり、外周面でゼロとなる。そのためにせん断破壊は中心部から始まり、周面に達する。この現象は圧縮試験時に経験することで、最大荷重に到達後は破壊前に載荷を止めて供試体を庭園の縁石などに利用している。図一6 は中心部にせん断補強筋を配置した供試体の載荷試験の結果である。大きな鉛直変位に拘わらず、形状が保持され、中心部の鉄筋籠がコアの役割を果たしていることが分かる。



図一4 2008年岩手宮城内陸地震で観測された4Gの加速度記録



図一5 RC円柱内のせん断応力



図一6 中心軸をせん断補強した供試体の圧縮試験結果

### 4. まとめ

大地震時の衝撃波動は周期が 0.02 秒以下 (50 Hz 以上) なので現行の地震計で補足できないものの、0.02 秒付近での観測事例は少なくない。地震時の水平荷重では説明しがたい、良好な地盤や剛性の高い基礎上の RC 構造のせん断破壊や鋼構造の座屈現象は鉛直方向の衝撃波動に拠るものである。しかし、この領域の耐震工学は白紙に近い状態である。高周波の地震波動を捉えられる地震計の開発と普及と共に、衝撃的波動に対する研究の振興が求められる。衝撃的波動に対しては RC 部材では曲げモーメントに効かないものの断面中央部のせん断補強、鋼構造では部材厚や補剛材などの座屈防止が必要とされる。

国民の土木工学に対する信頼を高めるためにも、この分野の研究を世界に先駆けていかねばならない。