

No.6 『基礎構造』

基礎構造は、常に上部構造の荷重を地盤に伝えて支持させる働きをします。しかし、地震によって地盤が不規則に運動すると、基礎を通して逆に荷重が上部工に伝えられ、構造系が破壊される場合があります。過去に、地震後10年以上経過してから建物の杭の被害が発見された例があったように、基礎が被害を受けても上部構造物には目立った障害がないことが多いようです。

今回、個人の立場でいただいたご意見は、基礎の調査事例と被害の特徴、上部構造の被害との関連から、被害原因の新しい考え方、地盤調査法、耐震設計法に対する提案まで、基礎構造に関わる問題の広がりと複雑さを写した豊富な内容となっています。実際に基礎の被害を調査し、安全性評価を行うことは簡単ではありません。しかし、これを地道に行うことが耐震の基本であるという認識は共通しています。

(担当委員 五十嵐 俊一)

■ 液状化地盤での杭基礎の免震効果

正会員 工博 (財)電力中央研究所 我孫子研究所 國生 剛治 Takaji KOKUSHO

以前よりいくつかの地震で見られた傾向で、今回の地震で再度確認された事象として、液状化地盤での杭基礎構造物の挙動があげられよう。すなわち、今回液状化した埋立地や人工島などにおいて、側方流動による橋梁桁の落下などの被害は顕著に見られたが、上部構造物の地震動による直接的被害は非常に少なかった点が大きな特徴である。たとえば、阪神高速の神戸線と湾岸線を比べると、液状化地盤を通過している湾岸線では杭にかなりの被害が生じたにもかかわらず上部構造の被害は神戸線に比べて圧倒的に少なかったと聞いている。また、杭基礎上の建物についても震動による構造的被害はポートアイランドなどでは非常に少ないのではないだろうか。さらに、関西電力の東灘発電所では4000klの燃料タンク2基が群杭に支持されていたが、激しい液状化や沈下にもかかわらず上部構造は地震動の被害を受けなかった。

このような単純な議論は入力地震動の地域差や液状化以外の構造物地盤やその他の条件の差異を無視したかなり乱暴なものではあることは承知している。しかし過去の地震においても、たとえば日本海中部地震での男鹿工業高校や北海道南西沖地震での中ノ沢小学校のように杭基礎に支持され

た建物は、地盤が激しい液状化や側方流動を生じたにもかかわらず上部構造はほとんど無傷で生き残った例が目につく。

これらの多くの事例が教えるように、杭に支持された構造物は地盤が液状化した場合に構造的健全性を保持しているものが多く、液状化によりむしろ地震力が低減される効果さえ読みとれるように思われる。すなわち水平動は杭の水平剛性のみによってしか伝達されず、しかも液体化した泥中での杭の震動減衰効果もあわせ著しい免震効果が発揮されている可能性が高い。

すなわち杭基礎上の構造物は地盤の液状化に伴う側方流動や沈下などへの適切な対応さえできれば、液状化を恐れる必要はないと言っても言い過ぎではないとさえ思える。むしろ、液状化地盤での水平地盤バネ定数の低減と引き替えに、上部構造への慣性力の低減も適切に評価し、設計の合理化も可能ではないか。

もちろん、阪神高速湾岸線に見られたように液状化により杭基礎本体は損傷を受けやすくなるが(側方流動の影響も大きかったとも考えられる)、それでも上部構造の震動による被害は軽微であり、逆の場合に比べればはるかに好ましい結果であった。いわゆるレベル1の地震力に対しては杭

の健全性は確保されなければならないが、今回のような数百年以上の再起頻度のレベル2の地震力

に対しては基礎が犠牲になっても上部構造の倒壊は許さないことが本来あるべき姿であろう。

■ 被災した杭基礎を見て考えたこと

正会員 工博 京都大学助教授 工学部交通土木工学科 木村 亮 Makoto KIMURA

朝日新聞の夕刊第一面に「阪神高速地中杭にも亀裂」とショッキングに伝えられたのは、昨年3月10日である。地震後各機関で、掘削による目視、非破壊試験、ボアホールテレビによる観察等々の手法を用い、杭の損傷は確認されている。もちろん無被害の杭も多い。杭基礎に対して、私見を述べてみたい。

杭は杭種や施工法によって、支持力特性が大きく変わる構造物である。場所打ちコンクリート杭の場合、杭頭に静的な水平力が作用すれば、杭径の1%程度の杭頭変位量で、RC構造物の特性として引張り側にクラックが生じる。クラックの幅、本数、方向を考慮して、被災後の杭基礎の水平耐力を推定する方法は難しいが、鉄筋が降伏点を越えていると、不安な杭基礎といえよう。鉄筋の腐食を防ぐために注入を行うだけですむ場合、地盤改良や増し杭が必要な場合の境界はどこにあり、根拠は何なのか、解決しなければならない問題である。被災の確認はボアホールテレビによる観察が有効といわれているが、いっそのこと重要構造物のフーチングと杭には、施工時に何本かの中心にあらかじめ穴を開けておくほうがよい。

静的な群杭の水平保有耐力をいかに算定するか、破壊メカニズムはどのようになるか等は、地震前の重要研究課題であった。杭基礎にも限界状態設計法を導入しようという動きから発生したものである。一般に、単杭と群杭の変形・支持力特性は根本的に別物であり、使用限界・終局限界等の定義をも含めて再考する必要がある。ただ、杭

径に対する変位量で杭の損傷度は決まり、杭径の小さい杭ほど終局耐力に至る絶対変位量は小さい。小径杭が「折れ」ても、大径杭は同じ状態ではない。また、鋼管杭はどのくらいの変形量で座屈するのか、全くしないのか、興味深い問題である。

動かないと思ったものが動くと大変なことになる。護岸近傍の基礎は、護岸の動きによって側方流動を受け被害が拡大した。設計上動いては困る構造物近傍に、新たに構造物を作る場合、何らかの対処を既存の構造物にできなかったのであろうか。事業者が別なら「縦割り…」で困難なのか。今後は、同時に計画が決まっても、後に計画されたものであっても、何らかの方策ができる体制を作るべきである。

「他のところではどのように復旧するのかよくわからないし、知りたい」という言葉をよく耳にした。各事業者はそれぞれの考えで、ベストの復旧を模索された。ベストと考えた方法もいろいろ集めてみると、見劣りや不経済性が顔をだす。税金を使うかぎり後で比較される。確立した手法が皆無の状況で、混乱の中大変な努力が注がれた。後で比べるのは簡単だが、それなりの配慮があったてしかるべきだろう。

不運にも落橋した部分を通過中のトラックが、橋脚に付けたタイヤの痕を見た。動的な問題として水平力を受ける群杭の挙動をどこまで解明できるか。黒いタイヤ痕を常に思い出しながら、問題を整理し、解決のため私は邁進しようと思う。