

■ 上下動における地盤と構造物の相互作用について

フェロー 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科 園田 恵一郎 Keiichiro SONODA

筆者は、阪神・淡路大震災における構造物の破壊は地盤の上下動に大きな影響を受けているとの確信の下、独自の調査・研究を進めており、現時点では地盤と構造物の相互作用の問題に関心を向けている。ところで、今回の地震で、建設途上で上部に何も無い場所打ち RC 杭に水平輪切りひび割れが入っていた事例の報告を 3カ所（現場）から受けている。これらの杭の先端は N 値が 60 以上の砂または砂礫層に支持されており、杭の周辺の表層地盤は支持地盤よりかなり柔らかい。“なぜ上部に何も無い単独の RC 杭が軸方向引張力を受けたのか？”この問題を解くために、地盤と杭を弾性定数の異なる 3次元連続体と仮定し、支持地盤層の下部にある基盤層より入射した上下動によって杭にどのような鉛直（軸方向）引張応力が入るのかを 3次元有限要素解析により調べたところ、杭中央断面の引張応力は、杭下端からの圧縮応力と杭周面からのせん断応力の杭内の伝播に

よって発生し、周面からの応力は表層地盤の上下の伸縮運動に杭が抵抗することによって発生していることがわかった。

ところで、通常の構造物の動的応答解析は、支持地盤の代表点（1点）での地震加速度と構造物の質量との積である慣性力を強制力として構造物に与え、運動方程式を解くことによって実行されており、地盤と構造物の相互作用はそれらの界面に挿入された線形または非線形バネ等で考慮されることが多い。しかしながら、地盤と構造物では、地盤の方が柔らかく変形しやすいので、それらの界面では地盤の運動を拘束する力である応力が発生し、この応力が構造物内に入射する。それゆえ、地盤と構造物の相互作用の問題は、地盤内を伝播する波動が構造物との界面で反射や屈折する問題として捉える必要があり、構造物の振動問題として捉えた通常の動的応答解析は相互作用の問題に対して十分でないと思う。

■ 基礎構造の被害探査法およびその健全度評価方法の確立を

正会員 学博 (株)青木建設 研究所土木研究室主任研究員 孫 建生 Jian-Sheng SUN

兵庫県南部地震では、杭やケーソンなどの基礎構造も多大な被害を受けたものと考えられる。その被害状況の把握は復旧方針の立案に欠かせないが、地上構造物のように直接確認することは困難である。掘削による目視やボアホールカメラによる観察などの直接的調査方法ではかなりの時間と労力を必要とすること、弾性波探査などの間接的調査法では基礎構造物の損傷（数 mm 以下の亀裂など）を十分に把握できないことなど、現状の技術では地震時の基礎構造の被害状況を把握するには限界がある。

これまで、私たちのグループでは、亀裂を有する材料の波動伝播特性に関する研究を行っており、それをベースに地震被害を受けた構造物に関する独自の非破壊探査システムを開発した。本システムは精度向上などの課題があるものの、地上から地中の基礎構造の亀裂位置や幅を特定できることを特徴としている。これを用いて被害を受けた基礎杭等を探査した結果、杭頭付近だけでなく、かなり深いところにも亀裂のあることがわかった。このことから、杭頭付近の地震被害対策だけではなく、深い位置における亀裂等の損傷に対す

る診断および対策方法の検討が必要であると考えられ、今後の課題として捉える必要があると思われる。たとえば、亀裂発生時の鉄筋の状態、あるいは構造物の鉛直、水平および曲げ荷重に対する耐力の評価および対策に関する研究など。

これまで、健全な構造部材、健全な基礎を持つ

構造物に関する実験、解析および耐震評価法などの研究が多く行われてきたが、震災後の復旧関連業務に携わって、ある程度の損傷を受けた構造物、とくに基礎構造の健全度の探査および評価方法の研究が必要であると痛感した。

■ 杭の破壊・変形両モードの調査が必要

正会員 建設省建築研究所 国際地震工学部第一耐震工学室長 大岡 弘 Hiroshi OH-OKA

兵庫県南部地震の際に生じた地盤の液状化とそれに伴う地盤の側方流動によって、構造物を支持する多数の杭基礎に少なからぬ被害が生じた。それでは、被害を受けた杭基礎に対しどのような調査を行い、何をすることが目下の急務なのか。逆な言い方をすれば、把握すべき最重要なことは何であり、それを知るにはどのような調査を実施すべきなのだろうか。

ぜひとも知りたいことは、ひとつは杭全長にわたる杭体の破壊モードであり、いまひとつは杭全長にわたる杭体の定量的残留変形モード、すなわち、杭全長にわたる杭体の残留水平変位量分布である。同じ基礎杭に対し両者を把握することが、最も大切なポイントと思われる。

それを達成するには杭体の全深度掘削調査を行

うことが最善であるが、それを実施するとなると多額の費用と、かなりの調査期間を要することになる。次善の策は、孔中内視カメラと孔内傾斜計を用いて、地盤中の杭体の破壊モードと残留変形モードをそれぞれ把握することである。これは、前者の方法と比較すると格安な機動的調査手法と言える。地震前に中空部を有している既製杭（RC杭、PC杭、PHC杭、および鋼管杭）に対しては、この次善の策のような調査をぜひ実施されてはいいかがだろうか。

それらの調査結果は、杭基礎に生じる応力に及ぼす構造物の慣性力による影響、地盤震動による影響、さらには側方流動による影響を明確にした、物理的意味の明快な杭基礎設計法の確立に役立つものと思われる。

■ 側方流動に強い新しい基礎形式の提案

フェロー (株)問組 土木統括本部 下村 嘉平衛 Yoshihira SHIMOMURA

今回の地震直後から震災復旧まで半年の神戸勤務と、ここ数年間の基礎（杭・壁等）施工機械導入（独より）の経験から、主として高架橋基礎杭の被害状況とその復旧方法、および表層が側方流動しやすい地点でのそれらの新しい基礎形式について私見をまとめる。

阪神高速道路神戸線高架橋基礎は、名神高速道路に引き続き直径1.2m程度の場所打ち杭（主としてベント工法）が多用されている。これら基礎

の詳しい被害状況は別途報告されようが、私見では径の大きい杭ほど杭自身の致命的な損傷は少なかったように思う。最も弱かったのは細径の既製杭で、次に中詰めコンクリートのない鋼管杭（たとえ太径であっても）で、これらは補強して利用するには無理なものが多い。考えられる理由は、橋脚フーチングの被災時の動きと剛性に追従できなかったためであろう。一方損傷を受けた場所打ち杭は、知る範囲では致命的なものは少なく、そ