

重力式護岸の地震時変状に関する模型振動台実験

Abbas Ghalandarzadeh・織田隆志・東畑郁生・方 雲
 キーワーズ：液状化／岸壁／地震／土圧／変形／模型実験
 IGC：E8／H7

1995年兵庫県南部地震では、埋立で造成された港湾施設の重力式護岸に大きな側方移動が起きた。埋立地盤では広く液状化が発生したにもかかわらず、被災護岸の直近では噴砂が見られなかった。したがって護岸の地震時移動が慣性力の作用した結果であるようにも受け取られ、詳細な解明が必要であった。護岸模型の振動台実験を行った結果、護岸の側方変位は裏込めから作用した繰返し動的土圧の影響、すなわち慣性力が本質であるものの、護岸直下の基礎で過剰間隙水圧が発生して応力状態が破壊規準に達していたことが変位を大きくしたことがわかった。振動や地盤の条件を変えて実験を繰り返した結果、振動が強くて周波数が低く、基礎の砂が緩い時ほど、護岸の変位は甚大になった。さらに護岸基礎の砂の応力ひずみ関係および応力径路を実験測定データから再構成して、慣性力と過剰間隙水圧上昇の組み合わせられた効果を確認した。(英文、図：34、表：1、写真：9、参考文献：22)

兵庫県南部地震によって被災した鋼管杭式栈橋の調査と解析

西澤信二・橋本正治・坂田 豊・園井啓士郎
 キーワーズ：液状化／解析／現地調査／杭／水平荷重／震害
 IGC：H7

兵庫県南部地震によって被害を受けた鋼管杭式栈橋の詳細調査を行い、作用外力および破壊メカニズムの推定を行った。本栈橋は直杭と斜杭とからなる横栈橋形式で、護岸、栈橋の変位・傾斜等の調査に加え、鋼管杭を引き抜いて座屈・変形調査も行った。栈橋建設地付近では327 galの水平加速度が観測されており、護岸のケーソンや栈橋に大きな慣性力が作用したことが考えられるが、ケーソン下の置換砂が液状化の影響を受けたことで置換砂や捨て石が移動したため、杭にも直接水平力が作用し、折れ曲がったものと推定された。そこで、解析では地震による躯体の慣性力に加え、地盤が移動したことによる水平力の有無、水平荷重の載荷方向や大きさを変化させた全8ケースの検討を行った。その結果、地盤変形荷重と逆方向に躯体慣性力を作用させたケースが実際の変状をよく説明できることがわかった。(英文、図：22、表：3、写真：1、参考文献：6)

ポートアイランド埠頭における締め固めた埋立土層を貫く鋼管杭基礎の永久変形

大岡 弘・福井 實・畑中宗憲・大原淳良・本田周二
 キーワーズ：永久変形／液状化／埋立土層／締固め／サンプリング／側方流動／沈下 IGC：E8

兵庫県南部地震による被害を免れた事例として、振動締固め改良地盤を貫く4階建て鉄骨造建物を支持する鋼管杭基礎の変形性状を、杭傾斜計を用いて調査した。当該調査建物は、ポートアイランドの3方向を海に囲まれた埠頭に建っている。原位置凍結サンプリングを含む地盤調査、室内力学試験、各種測量を併せて行った結果、以下のことが分かった。

(1)地震による地盤沈下量は、30～100 mmと推定される。(2)ロッドコンパクション工法で締固めた埋立土層の液状化強度は、非改良埋立土層の液状化強度と比較し、60～80%ほど高い。(3)約40 m長の鋼管杭基礎は、埋立土層とその下位に位置する沖積粘土層(Ma13層)の境界面以浅で変形しているばかりでなく、Ma13層の下面境界付近でも変形している。(4)杭頭は、

北北東～北東の方向に向かって最大で344 mm程度移動したと判断される。

液状化を生じた埋立地盤上に位置する杭基礎建物の移動量、建物と岸壁間の距離、岸壁天端の側方移動量、および、埋立土層厚の間の経験式に基づき、杭頭の移動量ならびに移動方向について、各種考察がなされた。(英文、図：23、表：1、写真：6、参考文献：24)

1995年兵庫県南部地震の液状化による地盤変位が杭挙動に与えた影響

時松孝次・浅香美治
 キーワーズ：液状化／杭／側方流動／建物／地震被害／地盤反力 IGC：E8

1995年の兵庫県南部地震で液状化および側方流動を経験した種々の杭基礎の挙動をまとめている。その結果、杭種により被害を受けているものとならないものが区別できること、被害が液状化層の下部に集中していること、側方流動の生じた護岸近傍では、海側と陸側の杭の被害パターンが異なるが、護岸から離れると、両者に違いがなくなることを示している。地表測量および航空写真測量、強震記録の解析から、地震時および地震後の地盤の繰返しせん断変形と残留せん断変形の成分を明らかにし、これらの原因により生じる地盤変位の予測法を提案している。この結果に基づいた応答変位法により被害事例の解析を行い、計算結果が杭の実挙動と良く対応していることを示している。さらに上部構造からの慣性力に加え、地盤の繰返し変位および残留変位とその空間的分布が杭の被害に大きく影響していることを示している。以上の結果は、提案した手法が地盤変位を受ける杭の応力と変形を求める手段として有効である可能性を示唆している。(英文、図：23、表：1、参考文献：32)

兵庫県南部地震における液状化で被災した杭基礎建物の調査と解析

藤井俊二・伊勢本昇昭・佐藤麻彦・金子 治・船原英樹・新井寿昭・時松孝次
 キーワーズ：液状化／杭／地震被害／地盤反力／有限要素法／有効応力 IGC：E8

筆者らは兵庫県南部地震で被害のあった杭基礎を対象に、被害状況の調査と、地震応答解析および杭の応力解析を行った。被害調査として、杭頭部の掘削と目視観察、ボアホールカメラによるひびわれ状況調査、傾斜計による杭の残留変形の測定を行った。その結果、液状化の可能性のある埋立土層下端で杭が損傷して大きく曲がっていることが判明した。建物近傍における地盤調査に基づいて地盤をモデル化し、有効応力法による地盤および地盤-杭-建物連成モデルの地震応答解析を実施した。地盤の解析から埋立地盤における液状化程度や地盤の変形を推定した。連成モデルの解析から液状化過程における杭の応力を求め、破壊過程と被災原因を推定した。また、地表面付近にある非液状化層が杭の応力や破壊にどのように影響するかを検討し、解析における適切なモデル化方法を提案した。次に、ウィンクラータイプの地盤ばねを仮定した杭の静的応力解析を実施した。液状化層の地盤ばねの低減、杭頭固定度、根入れ効果についてパラメータスタディーを行い、被害状況との比較からこれらパラメータの適切な設定値を求めた。次に、地震時のいくつかの時間断面について杭の応力を解析し、被害状況および動的解析との比較から、この解析手法の適用性を検討した。(英文、図：35、表：3、写真：2、参考文献：8)