V-410

鋼管杭式桟橋の終局状態に関する実験的検討

関東学院大学　学生会員　菅原　亮
運輸省港湾技術研究所　正会員　横田　弘
同　上　正会員　竹鼻直人
鋼管杭協会　正会員　川端規之

1．まえがき

桟橋は鉄筋コンクリート上部工（床版）と鋼管杭により構成され，これらが一体となって，地震力などの外力に抵抗する．兵庫県南部地震以降，桟橋の耐震設計法の見直しが行われているが，レベル2地震に対しては，終局時保有耐力の照査が導入される予定である．しかし，桟橋の終局時の耐荷力や変形性能などの力学特性は十分に解明されていない．そこで，実構造物を模擬した桟橋模型載荷試験を実施し，耐荷力，変形性能，破壊過程などを検討したので，その結果について報告する．

2．実験方法

試験体の構造概要を図1に示す．試験体は実際の桟橋の約1/4の模型であり，鋼管杭の肉厚直径比，杭間隔，床版の鉄筋量などの基本諸元は実物と相似である．同図に示す上側のコンクリート部材は床版をモデル化したものであるが，下側のフーチングは試験体を固定するために設けたものである．鋼管杭は外径が267.4mm，板厚が5.8mm，長さが3934mmのSTK400材（実降伏応力度：3620kgf/cm^2）を使用した．試験体は全部で3体で，Case1およびCase2は，2本の鋼管杭を有し，杭－床版構造の基本的な性状を調べるために製作した．その内，Case1は梁崩壊型，Case2は床版の剛性を高め杭崩壊型になるように設計した．Case3は3本の鋼管杭を有しており，かつ杭下方部分は高さを変えてコンクリート中詰めしており，実際の桟橋での斜面をモデル化した．なお，杭頭部は，床版主鉄筋の溶接および中詰めコンクリートにより床版と接合した．

試験体は水平に設置し，床版部の片側端部から油圧ジャッキによる正負交番載荷を行った．また，設計で考慮する上載荷重として，杭1本当たり20tfの軸力をPC鋼線を用いて導入した．載荷はいずれかの杭の応力度が降伏応力度に達した時の変位量を1δ_yとし，1δ_yずつ変位を増加させる正負交番で行った．載荷は，1δ_y，あたり3サイクルを基本としたが，4δ_yからは破壊状況に応じて，1サイクルあるいは2サイクルとした．

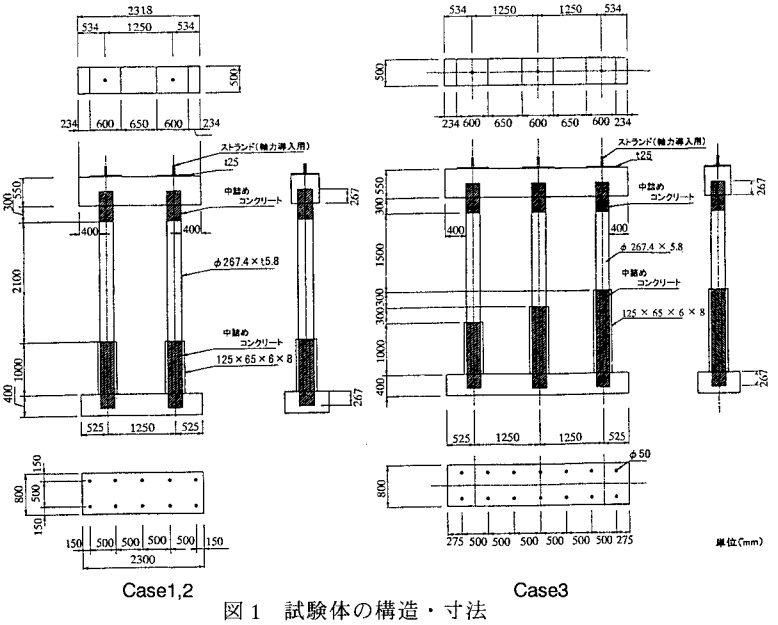

図1　試験体の構造・寸法

3．実験結果と考察

各試験体毎の水平荷重と床版の水平変位の履歴曲線を図2～4に示す．Case1およびCase2においては，2δ_y，

キーワード：桟橋，耐荷力，変形性能，載荷実験
〒239-0826　神奈川県横須賀市長瀬3-1-1　TEL 0468-44-5031　FAX 0468-44-0255

程度までは水平荷重は増加傾向にあり，繰返しによる荷重の低下は見られなかった．$3\delta_y$では水平荷重は増加傾向にあったものの，繰返しによる荷重の低下が現れ始めた．さらに，$4\delta_y$からは荷重の増加は見られず，耐荷力は減少傾向にあった．一方，より実際の構造に近いCase3では，$4\delta_y$程度で最大の耐荷力となった．

図5にCase3における破壊イベントの発生箇所と発生順序および発生時点（水平変位で表示）を示す．まず，床版に曲げひび割れが発生し，C杭（最短杭，実構造物では陸側杭）の杭頭が降伏に至った．その後，$4\delta_y$付近でB杭（中央杭）の杭頭および基部において座屈による膨らみが発生した。本実験では杭の基部にも座屈が生じたが，実際の構造物では杭基部は地盤により支持されているため，座屈が発生したとしても，さらに変形が進行してからになるものと推測される．その後，C杭の杭頭および基部で座屈が発生した後，最終的には床版の回転変形により床版コンクリートが剥落して終局状態に至った．線形解析上はC杭の杭頭で曲げモーメントが最大となるため，本来はそこで破壊が最初に進行することが推測されるが，床版の破壊が進行することで杭頭固定の条件が満たされなくなり，結果的にB杭で破壊が先行した．

この種の構造物は，杭体の一部が降伏あるいは座屈しても，全体系の顕著な耐力低下にはつながらないと考えられる．本実験においても，杭が座屈した後も前述のように耐荷力をある程度保持した．しかし，床版に破壊が生じて終局状態に達することから，終局状態における力学性状を向上するには，床版の配筋が重要であると言える．

4．まとめ

今回の実験範囲では，$3\sim4\delta_y$程度までは構造全体の耐荷力が低減しないことが確認できた．また，その後杭の損傷が蓄積するに従って耐力は低下するものの，構造物全体としての耐力低下は顕著でないことが確認できた．

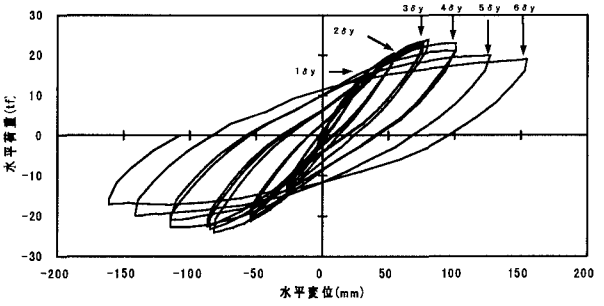

図2　Case1での水平荷重と水平変位との関係

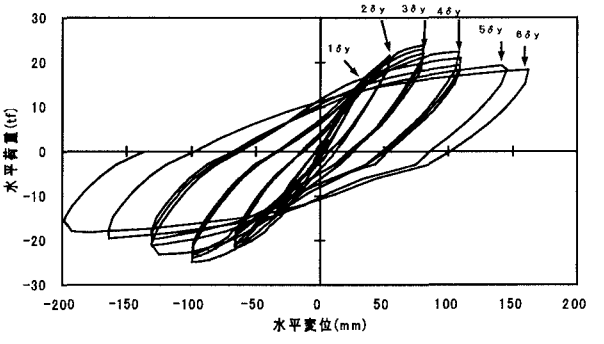

図3　Case2での水平荷重と水平変位との関係

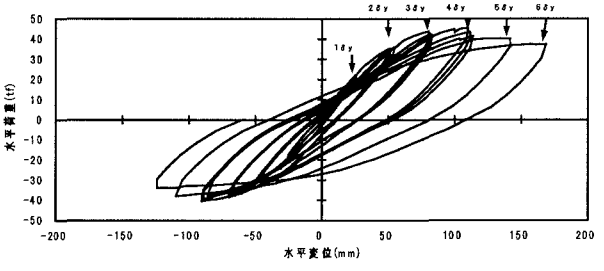

図4　Case3での水平荷重と水平変位との関係

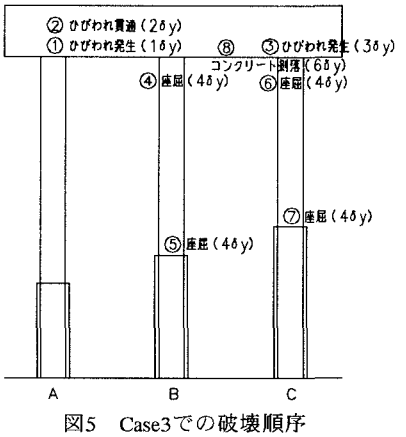

図5　Case3での破壊順序