

PC 栈橋の設計・施工に関する共同研究

Collaborative Study on Design and Construction of
An Open Piled Wharf with Prestressed Concrete Deck

大柳修一*, 横田弘**, 澤 寛***, 森好生****

OYANAGI, Shuichi, YOKOTA, Hiroshi, SAWA, Satoru, MORI, Yoshio

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 研究員

** (独) 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 構造強度研究室長

*** 国土交通省 中部地方整備局 四日市港湾工事事務所長

**** (社) 日本埋立浚渫協会 技術参与

The present study aims to confirm the structural performance and the construction method of an open piled marginal wharf in Yokkaichi Port. The wharf is a mixed structure composed of steel piles and prestressed concrete deck. Since largest forces will be induced at the joint part between the pile and the deck, the fundamental mechanical behaviors were experimentally investigated with full-scaled joint models subjected to reversed cyclic loads.

Key words : open piled wharf, PC deck, joint ductility design, construction method

1. はじめに

PC 栈橋構造とは、プレキャストPC 桁と鋼管杭で支持された受梁とを現場打ちコンクリートによって連結し、連続ラーメンを形成する構造である。PC 栈橋上部工は、使用限界状態においてひび割れを発生させない構造として設計されるので、塩害や中性化に対して耐久性の高い構造物となる。また、長スパンに対応可能であることから下部構造の杭の間隔を広げることができるとともに、工場製作のプレキャスト部材であることから、海上作業期間の短縮化およびコスト縮減に有効である。

本報告では、四日市港霞ヶ浦岸壁で計画されている直杭式のPC 栈橋について、実構造と同じPC 桁断面を有する連結部模型試験体を使用して繰返し載荷実験を行い、連結部の力学特性の確認・評価および現地施工の可能性について検討した。なお、本研究は、(独) 港湾空港技術研究所、国土交通省中部地方整備局四日市港湾工事事務所、(社) 日本埋立浚渫

協会との共同研究により実施した。

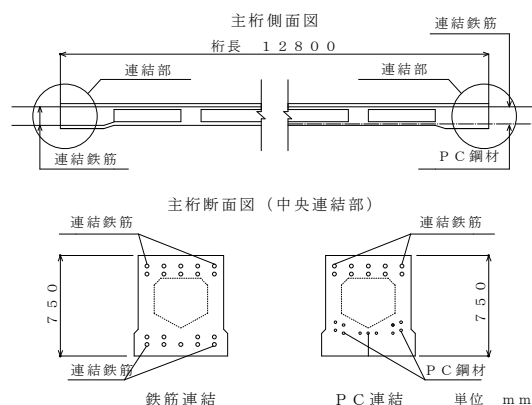


図-2 PC 桁構造

2. 本共同研究の目的

PC 栈橋において、PC 梁端部の連結部(図-2の○部分)は構造的に重要な個所の一つである。その理由として、地震荷重が交番載荷される際、この個所に最大の正負繰返し断面力が発生し、栈橋の性能・構造を決定する上でこの個所の力学的評価が重要なためである。

本研究の対象である四日市港霞ヶ浦岸壁は直杭式の栈橋であり(図-1)、上部工主梁が法線直角方向に配置され、地震力が上部工連結部に大きく伝わる構造となっているため、上部工主梁断面を連結部付近で大きくし(H=750mm)、太径の連結鉄筋(D29)で連結する構造となっている(図-2)。

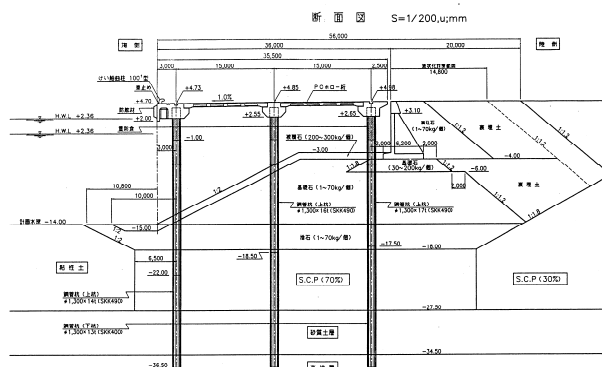


図-1 四日市港霞ヶ浦岸壁断面図

また、P C 梁端部の連結部は連結鉄筋が複雑に配置されるために、施工法についても検討する必要があった。

このため、P C 梁と受梁との連結部の力学的性能を評価することを目的に繰返し荷重載荷実験を行うとともに、施工性について検討した。

3. 荷重載荷試験

3.1 試験項目

本試験は、実物大のP C 梁と場所打ち受梁との連結部の模型試験体を製作し、地震を想定したくり返し曲げ載荷試験を実施することにより、その力学的特性を把握すると同時に、設計計算値および実際の材料特性を考慮した計算値と比較し、その性能を評価するものである。図-3に試験体概要図を示す。

曲げ載荷試験では、2方向張り出しの片持ち梁試験体に正負両端同時集中荷重を載荷した。その際、曲げひび割れ発生荷重と終局荷重の確認、および常時設計荷重載荷時と δy 、 $2\delta y$ 、 $3\delta y$ 時の損傷状況等の力学特性の把握を主たる目的とした。なお、ここで δy は、鋼材が降伏ひずみに達した際の載荷点での変位量である。鋼材降伏以降は、この変位量に基づき載荷ステップを制御した。なお、試験体は異なった2種類の結合方法のものを1対ずつ製作した。

(1) 設計常時荷重載荷時

ひび割れの有無の確認、主梁変位、各部ひずみ状況の把握および理論計算値との比較を行う。

設計常時荷重：25.3 kN（計算値）

(2) δy 、 $2\delta y$ 、 $3\delta y$ 時

ひび割れ状況、損傷状況、主梁変位、各部ひずみ状況を把握する。

(3) 曲げ破壊時

曲げ破壊荷重、曲げ破壊状況、ひび割れ状況、主梁変位、各部ひずみ状況の把握および理論計算値との比較を行う。

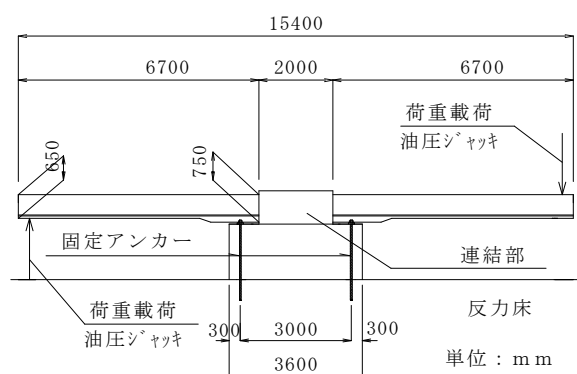


図-3 試験体概要図

3.2 P C 梁の連結方法

本試験におけるP C 梁と受梁との結合方法は、図

-4に示す鉄筋連結方法と図-5のP C 連結方法（P C 鋼材重ね継手）の2種類である。

鉄筋連結は、P C 梁の端部から鉄筋を所定の定着長分をあらかじめ出しておき、現場でこの鉄筋等を組み立て、連結部にコンクリートを打設することで一体化を図るものである。しかしながら、P C 梁端部下端には、P C 鋼材が密に配置されており、この位置にさらに連結用の鉄筋を配置するには、若干の手間等が必要である。一方、P C 梁端部で切断するP C 鋼材を切断せずにそのまま張り出して、これを相互に重ね継手により連結することが可能であれば、結合作業が大幅に簡略化されることになる。したがって、本試験では鉄筋による方法と比較するためにP C 鋼材をそのまま張り出して連結する方法（P C 連結）を採用し、比較検討することとした。ただし、P C 鋼材連結においても、上側鉄筋の連結は鉄筋連結の場合と同じ方法を採用している。

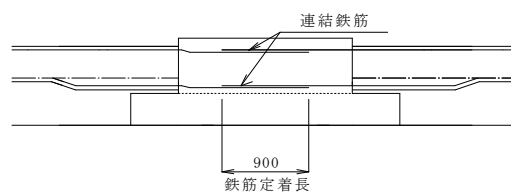


図-4 鉄筋連結概要図(単位：mm)

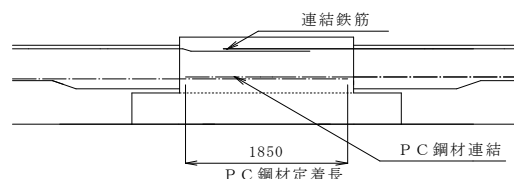


図-5 P C 連結概要図(単位：mm)

3.3 使用材料

(1) コンクリート

P C 梁：早強コンクリート $f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$

受 梁：早強コンクリート $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$

連結部：早強コンクリート $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$

なお、受梁および連結部のコンクリートは、実施工では普通コンクリートが用いられるが、本試験においては、試験工程の関係上、コンクリートの設計基準強度はそのままに、早期にコンクリート強度が発現する早強コンクリートを用いた。

(2) 鋼材

鉄 筋：S D 345 D29

P C 鋼材：P C 鋼より線 SWPR7BN 1S15.2

3.4 試験結果

荷重～変位曲線を図-6, 7に示す。設計常時荷重時では鉄筋連結およびP C 連結ともに荷重～変位曲線はほぼ同じであることがわかる。しかし、 δy 時以降ではP C 連結の方が、荷重載荷するごとに連結部の剛性が低下し、残留変位が大きくなっていることが

わかる。これは、連結方法の相違による差が生じているものであり、P C鋼材の抜け出しによる残留変位が大きいためである。また、P C鋼材と鉄筋とではP C鋼材の方が高強度であるので、鋼材が降伏に達するまでの変位も大きい。

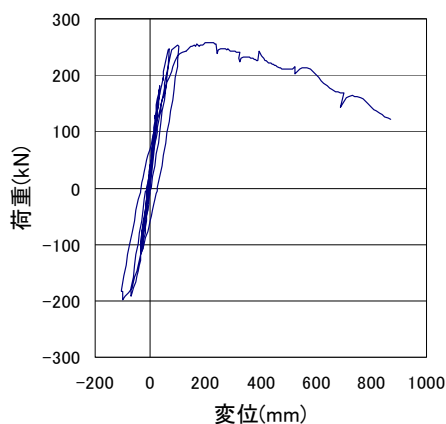


図-6 荷重－変位曲線（鉄筋連結）

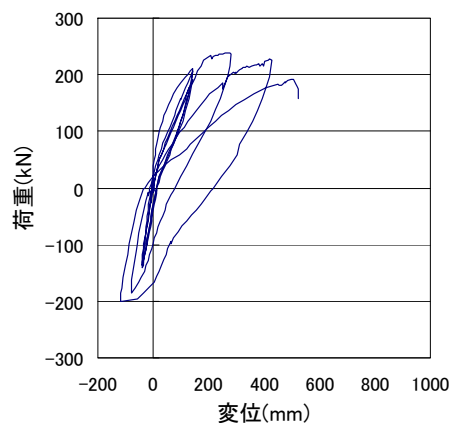


図-7 荷重－変位曲線（P C連結）

また、鉄筋連結では、破壊時に鉄筋の抜け出しは始まるものの荷重は序々に低下しているのに対して、P C連結では、変位500mm付近でP C鋼材が荷重をあげるごとに音を立てて抜け出し量が大きくなり、この時点で試験を終了した。なお、両連結方法ともに変断面部が圧壊を起こして破壊した。

(2) ひび割れ発生状況およびひび割れ幅

鉄筋連結とP C連結では鉄筋連結の方が鋼材とコンクリート間の付着がよく、ひび割れ分散がよくなされていた。また、P C連結では鋼材の抜け出し量が大きかったため、桁周囲のひび割れが大きく、かぶりコンクリートが剥落した。

ひび割れ幅についてもP C連結のひび割れ幅が大きく、P C梁と場所打ち部との接合面に集中していた。連結部の上側は、P C連結のひび割れ幅が大きく、境界に集中していた。P C連結の方がひび割れ幅が大きいのは、鋼材の強度の違いにより δy の値が鉄筋連結に比べて大きく、載荷するごとに、下側のひび割れが上側の方まで進行し、連結部境界がもろ

くなったためである。

(3) 荷重とひずみ

鋼材ひずみは、連結部下端の鉄筋およびP C鋼材に、コンクリートひずみについては、連結部近傍に着目して、計測を行った。図-8, 9に連結部下端鋼材ひずみ分布を示す。

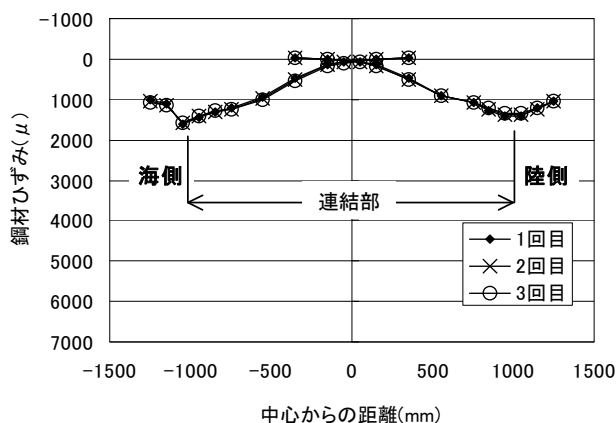


図-8 連結部下端鋼材ひずみ分布（鉄筋連結） δy 時

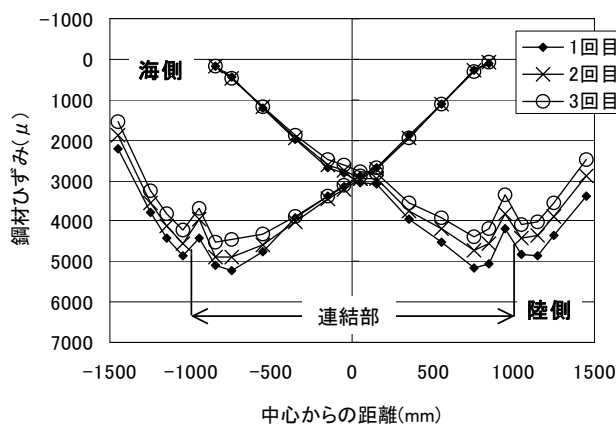


図-9 連結部下端鋼材ひずみ分布（P C連結） δy 時

鋼材ひずみは、 δy 時において、連結部下端の鉄筋およびP C鋼材は引張を受けている状態にあった。これらのグラフを比較すると、鉄筋とP C鋼材による連結とでは差が大きく発生しており、鉄筋連結では、ひずみが定着長の範囲内でひずみが0に収束しているものの、P C連結では定着長の範囲で収束していないことから、P C鋼材とコンクリートの付着がなくなり、抜け出しが始まっているのではないかと考えられる。これは、P C鋼材の定着長を決定する際に、コンクリートとP C鋼材の付着力を鉄筋と同様とみなして、基本定着長を決定しているためであり、P C連結を用いる際には、コンクリートとP C鋼材の付着力を適切に評価しなければならないと考える。

コンクリートひずみについては、P C連結の方が

ＰＣ栈橋の連結部は、ＰＣ桁および受梁からの太径の鉄筋が交錯しており、過密配筋となりやすい部分である。今回の検討結果がＰＣ栈橋設計・施工に有用な情報を与えるものであることを望む。