杭間地盤を改良した控え組杭の横抵抗メカニズム

海上·	港湾・	航空技術研究所	正会員	〇松村	聡	水谷崇亮
海上·	港湾・	航空技術研究所		森川募	喜之	松原宗伸

東北地方整備局 及川 隆 青木伸之

1. はじめに

近年,岸壁の大水深化や耐震補強のために,矢板式係船岸の控え組杭に対して,より大きな横抵 抗が求められるケースが増えている.しかしながら,控え組杭の横抵抗メカニズムに関しては不明 な点が多く,その解明が急がれる他,既設の組杭に対する適切な補強方法の開発やその効果の検証 が急務となっている.これまでに実施した一連の研究¹⁾により,組杭の杭間地盤を固化改良するこ とが有効な手段であると考えられることから,本研究では杭間地盤改良を行った際の組杭の横抵抗 発揮メカニズムを明らかにするため,杭間地盤を改良した改良ケースおよび無改良ケースの各ケー スについて大型模型実験および X線 CT 装置を用いた小型模型実験を実施した.

2. 実験概要

図1は、大型模型実験における改良および無改 良の各ケースの模型地盤の模式図を示している. 幅4×奥行2×高さ1.5mの模型土槽に、傾斜角15 度で杭頭を固定した地中部杭長1.3mのアルミ角 パイプ製の模型組杭を設置した.各杭には杭軸方 向に75mm間隔で18深度にひずみゲージを貼付 した.このとき、杭体に作用する軸力と曲げの両 方を計測するために、1深度当たり表裏2枚のひ ずみゲージを貼付した.改良ケースでは、杭軸方 向に0.25mの深さまでセメント改良体を打設し た.なお、改良体は、普通ポルトランドセメント (C)、水(W)、相馬珪砂4号(S)、カオリン粘土 (K)を、重量比C:W:S:K=1.0:2.1:4.0:1.5 で混合し、7日間養生したもので、一軸圧縮強度 は1.7MPa程度である.

図 2, 図 3 は,小型模型実験の概略図と改良ケ ースの模型杭をそれぞれ示している.小型模型実 験では,4.8×5mmの矩形断面を持つ地中部杭長 200mmのアクリル製模型杭を用いた.杭の傾斜角 および杭頭固定条件は,大型模型実験と同じであ る.なお,改良体部分も杭と同じアクリル製とし,



杭体と一体のものとして作製した(図3,参照).本試験では,水平載荷前および杭頭水平変位4mm時に X線 CT 撮影を行った.

大型模型実験および小型模型実験のいずれの実験でも、乾燥した相馬珪砂4号を空中落下法により相対密度 80%となるよう堆積させた.地盤作製後、変位制御による水平載荷を行った.

キーワード:控え組杭,杭間地盤改良,横抵抗,X線CT 連絡先:国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 地盤研究領域 matsumura-s@pari.go.jp(松村) 3. 実験結果と考察

図4は、大型模型実験で得られた杭頭水平荷重-変位関係 を示している.図より、荷重 500N を少し超える程度まで改良 体の有無に因らずほぼ同様の傾向を示すが、それ以降改良体 の効果が顕在化することがわかる.また、図中矢印で示される 折れ曲がり点前後の挙動に明らかな違いが見られ、改良ケー スでは荷重が増加し折れ曲がり点に達すると急激に塑性化 が進む傾向を示している.一方、無改良ケースでは、折れ曲 がり点に達した後も荷重が漸増する.

図 5 は、当該 2 ケースにおける軸力分担率と杭頭水平荷重 との関係を示している(載荷過程のみ図示).ここで、軸力分 担率とは、組杭各杭に作用する軸力の水平成分と杭頭水平荷 重の比であり、これが 100%の場合には、各杭の軸方向抵抗力 で杭頭水平荷重を全て負担することを意味する.図より、荷重 500Nを超える(図中、領域(ii))と明確な違いが現れ始め、改 良ケースでは荷重が増加しても一定の軸力分担率を維持し 続けるのに対して、無改良ケースでは引き続き軸力分担率が 減少している.図4で示した通り、荷重が 500N を超えると 改良体の効果が顕在化し始めることから、改良体が水平荷重を各 杭の軸力として伝達する役割を担うことで、横抵抗が増大したと 推察される.

図 6 は、小型模型実験で得られた土槽中央付近での X 線鉛直 断層画像を示している. 図は、載荷前および杭頭水平変位 4mm 時 の画像から、地盤変形した箇所が白く写されるように画像処理²⁾ したものである.各組杭の前・背面領域に注目すると、無改良ケ ースと比較して、改良ケースでは、改良体下端深さ(図 6b 中(i) 点)を起点にして、それ以浅の地盤でより広範囲に地盤変形が及 んでいることがわかる.これは、横抵抗を発揮する際に、改良体 が(i)点を中心に回転し、周辺地盤が破壊されたためと考えられ る.また、改良体下端のつま先部およびかかと部(図中、(ii))で、 白色領域が見られることから、改良体底面直下の地盤が破壊され たことがわかる.このように、杭間地盤を改良することによって、 無改良ケース(図 6a、参照)とは異なる地盤領域が横抵抗に寄与 したと推察される.

4. おわりに

ー連の模型実験から、1) 組杭の杭間地盤を改良することで、 横抵抗が増大すること、2) 改良体が、杭頭水平荷重を杭体の軸 力として伝達する役割を担っていること、3) 杭間地盤改良によ って、横抵抗メカニズムが異なることが明らかとなった.

【参考文献】1) 森川ら: 杭頭周辺の地盤改良による組杭の横抵抗の向上, 第 (b) 71 回土木学会年次学術講演会, 2016(投稿中).2) 松村ら: マイクロフォーカ ス X 線 CT スキャナを用いた地盤工学への新たなアプローチ, 港空研資料, No.1313, 2015.



(b) 無改良ケース

-108-