

連成フレーム解析を活用した控え矢板式係船岸の必要根入れ長感度分析

港湾空港技術研究所基礎工研究グループ 依頼研修員 正会員 ○田渡 竜乃介
 同 グループ長 水谷 崇亮
 同 主任研究官 正会員 松村 聡
 同 研究員 浜本 尚拓
 広島港湾空港技術調査事務所 調査課長 窪田 幸一郎
 同 建設管理官 鍵本 慎太郎

1. はじめに

近年、船舶の大型化や岸壁の老朽化、物流の事業継続性確保に伴い、矢板式係船岸の改良設計が多く行われている。改良設計に当たっては、既設構造物も含めた構造物全体系での挙動の推定が望ましいが、現行手法¹⁾である仮想ばり法およびロウの方法では部材間の変位の受け渡しは正しく考慮されない。また、構造物全体の挙動を考慮できる手法として一般的に使用されている二次元動的有効応力解析 (FLIP) は設計負荷が大きく、多数ある改良工法の絞り込み段階での使用は困難である。

鍵本ら²⁾では矢板式係船岸の改良工法選定に当たって基本的な考え方を整理している。また、中村ら³⁾では、部材間の変位が整合する設計手法として連成フレーム解析を提案しており、改良工法選定に際して簡易的な安定性照査手法として活用可能であることが示された。

本検討においては、連成フレーム解析の高度化を目的とし、ロウの方法による補正值と曲げモーメントおよび変位が整合する地盤ばね値を設定した骨組解析を用いて矢板根入れ長の感度分析を行い、フィクストアースサポート状態になる根入れ深度を検証した。対象断面は、図1に示す控え版式鋼管矢板岸壁を用いる。

2. 現行手法による必要根入れ長の算定

現行基準ではロウの方法による補正を用いて、モデ

ル岸壁における必要根入れ長の算定を行うことが標準的な手法とされている。ロウの方法は地中部矢板を弾性床土上の梁として扱う方法であるが、計算方法が複雑である。高橋ら⁴⁾は、ロウのフレキシビリティナンバー $\rho (=H_T^4/EI)$ に地盤反力係数を考慮した指標であるシミラリティナンバー $\omega (= \rho l_h)$ を用いて、以下の関係式により必要根入れ長の算定が可能であると示している。

$$D_F/H_T \geq 5.0916\omega^{-0.2} - 0.2591$$

ここに、

- D_F : 矢板壁の根入れ長 (m)
- H_T : タイ材取付点から海底面までの高さ (m)
- ω : シミラリティナンバー ($=\rho l_h$)
- ρ : フレキシビリティナンバー ($=H_T^4/EI$) (m^3/MN)
- E : 矢板壁のヤング係数 (MN/m^2)
- I : 矢板壁の単位幅当たりの断面二次モーメント (m^4/m)
- l_h : 矢板壁の地盤反力係数 (MN/m^3)

ここで示した D_F は、根入れ長をそれ以上伸ばしても前面矢板に生じる最大曲げモーメントが変化しない収束根入れ長である。上式によると、対象としたモデル岸壁における矢板の必要根入れ深度は D.L.-29.0m と算定される。なお、高橋らによると、 l_h を決定する際、第一反力区間 D_r における平均的な N 値または内部摩擦角 ϕ を基に値を 1 つ設定すればよいとされている。

3. 連成フレーム解析の条件設定

連成フレーム解析では、中村らによる手法を参考に、図2に示すように前面矢板、タイ材、控え版を一体としてモデル化する。前面矢板下端はばね支点、控え版下端は水平ローラーとして設定した。また、矢板および控え版前面地盤の地盤ばね (横方向地盤反力係数 k_h) は、ロウの方法による変位および曲げモーメントを再現可能となるように合わせ込みを行った (ケース①: 矢板前面

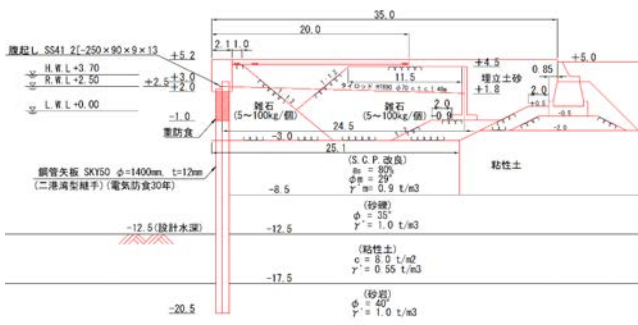


図1 モデル岸壁標準断面図

キーワード 港湾施設、控え矢板式係船岸、骨組解析、根入れ長、感度分析
 連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL046-844-5057

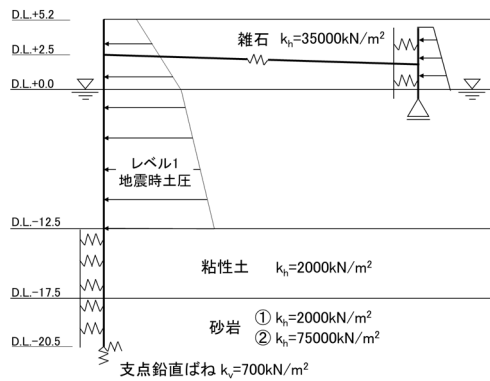


図 2 連成フレーム解析モデル設定

地盤ばね：2000kN/m²、控え版前面地盤ばね：35000kN/m²。これに加えて、矢板根入れ部の層構成が考慮できるように、砂岩層（D.L.-17.5～20.5m）の地盤ばねを $k_n=1500$ より求めた 75000 kN/m^2 とした計算（ケース②）も行い、一様地盤との比較検討を実施した。

3. パラメータスタディによる結果の比較

前述のモデルを用いて、矢板根入れ長を現況の D.L.-20.5m から D.L.-40.5m まで 1m 間隔で延伸していき、矢板に発生する最大曲げモーメントに着目してパラメータスタディを行った。ケース①の場合の最大曲げモーメント付近の拡大図を図 3 に、ケース②の場合の最大曲げモーメント付近の拡大図を図 4 に示す。

ケース①では、根入れ深度 D.L.-20.5m の場合の $3507 \text{ kN}\cdot\text{m}$ から根入れを伸ばすにつれ徐々に最大曲げモーメントが低減し、D.L.-30.5m の場合の $3073 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 程度でおおよそ収束し始めていることが確認できる。この根入れ深度はロウの方法により求めた必要根入れ深度である D.L.-29.0m とほぼ等しい値であった。一方の

ケース②では、根入れ深度 D.L.-20.5m の場合の $3080 \text{ kN}\cdot\text{m}$ から大幅に最大曲げモーメントが低減し、D.L.-24.5m の場合の $2822 \text{ kN}\cdot\text{m}$ でおおよそ収束していることが確認できる。砂岩層の地盤ばねを強くした場合には、ロウの方法による根入れ長と比較して約 4m 短い段階で収束根入れ長に達することが明らかとなった。

4. おわりに

本研究では、ロウの方法と整合するように地盤ばね値を合わせ込んだ連成フレーム解析を用い、控え版式鋼管矢板岸壁の根入れ長における感度分析を行った。矢板前面地盤の地盤ばね値を一様とした解析結果はロウの方法による根入れ長と同程度で収束根入れ長に達したが、砂岩層のばね値を強く設定した場合の解析結果はロウの方法より短い収束根入れ長となった。

なお、地盤ばねの設定値については十分に考慮ができていないため、今後も引き続き条件を変えた試算を行うなど検討を進めていきたい。

5. 参考文献

- 1) 港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月). 公益社団法人日本港湾協会, 2018
- 2) 鍵本慎太郎, 水谷崇亮, 松村聡, 遠藤敏雄, 遠藤正洋, 矢板式係船岸の改良設計における工法選定の基本的な考え方. 平成 30 年土木学会全国大会第 73 回年次学術講演会論文集, II・208, 2018
- 3) 中村駿太, 水谷崇亮, 松村聡, 鍵本慎太郎, 効率的な矢板式係船岸の改良設計手法の提案. 港湾空港技術研究所報告・資料 No.1375, 2020
- 4) 高橋邦夫, 菊池喜昭, 朝木裕次, タイロッド式矢板壁の力学特性の解析. 港湾技研資料, No.756, 1993

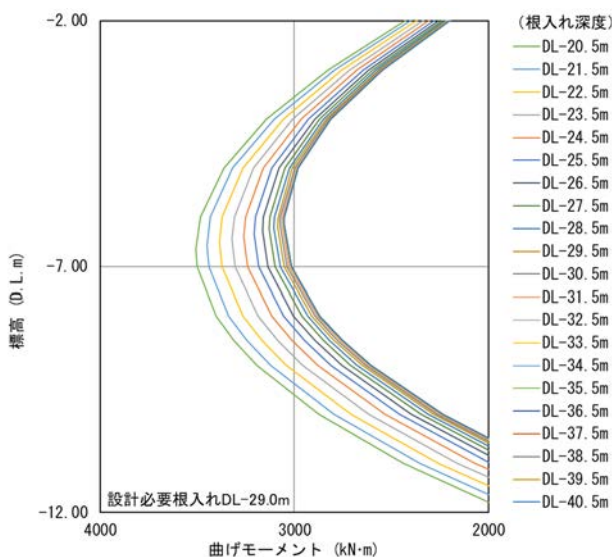


図 3 前面矢板の根入れ長を変えた場合の曲げモーメント分布 (ケース①)

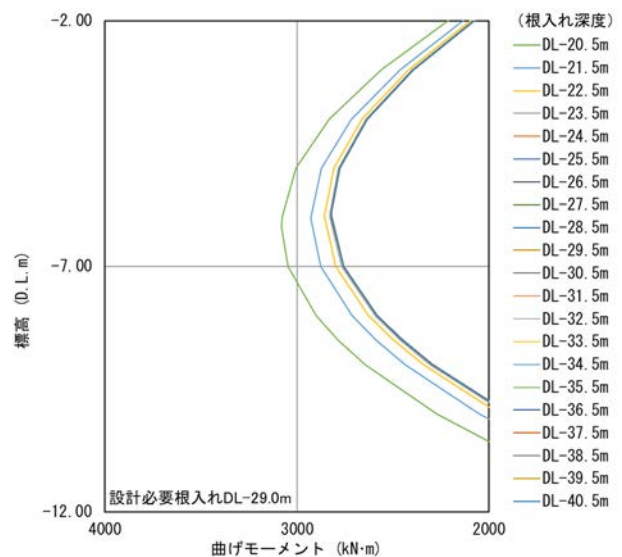


図 4 前面矢板の根入れ長を変えた場合の曲げモーメント分布 (ケース②)