

矢板式係船岸に作用する地震時土圧の簡易設定手法に関する検討

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 (現 パシフィックコンサルタンツ(株)) 正会員 ○田渡 竜乃介
 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 水谷 崇亮
 同 正会員 稲田 滉平
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 宮下 健一朗
 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所 (現 港湾空港部港湾危機管理官) 阿式 邦弘
 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所 西本 高志

1. はじめに

港湾の矢板式係船岸における一般的なレベル 1 地震時照査において、土圧算定式(物部岡部式)に用いる震度は長尾らによる照査用震度である¹⁾²⁾。しかしながら、これは地震後の残留水平変位が許容変形量を超えないような水平震度となるように、FLIP の解析結果を用いてキャリブレーションされた震度である。そのため、照査用震度と土圧算定式を用いて算定した地震時土圧は実際に地震時に発生している土圧ではなく、変形量の制御をするための土圧と言える。

これまで筆者らはレベル 1 地震時照査を骨組解析で行う連成フレーム解析について検討を実施してきた³⁾⁴⁾。解析モデルを構築するにあたり、応力照査を行うための作用土圧を設定する際に照査用震度を用いることは、前述の通り適切ではない。本検討では FLIP による解析結果に基づき、矢板の応力照査に用いることができる地震時土圧(以降、推定地震時土圧)の簡易的な設定手法について検討を行った。

2. 検討条件

対象断面は図 1 に示す控え版式の鋼管矢板式係船岸(鋼管矢板: $\phi 1400 \times t12$, 設計水深: -12.5m, タイ材取付点: +2.5m)をモデルとした。入力地震動はレベル 1 地震動に倍率を乗じたケース(0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0)と異なる再現期間を有するケース(50 年, 100 年, 150 年, 200 年, 500 年), レベル 2 地震動(直下型, 海溝型)の計 16 種類を用いている。

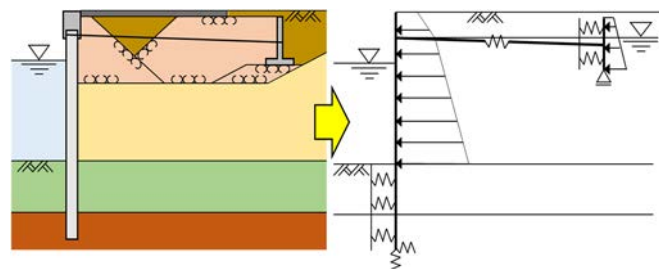


図1 検討断面イメージ図

3. FLIP による矢板作用力の推定

地震時に実際に矢板へ作用していると考えられる土圧は、2次元地震応答解析(FLIP)によって算定された最大曲げモーメント発生時のせん断力の深度分布から求めた(図2 緑実線)。この分布荷重(以降、FLIPによる地震時土圧)は地震時の主働土圧および残留水圧、動水圧と矢板前面からの受働土圧の和に相当するものと考えられる。

この分布荷重は、タイ材より上の範囲において、照査用震度を用いて物部岡部式により求めた地震時土圧(図2 橙点線)よりも大きく、タイ材より下の範囲においては反対に小さな値を示している。前者はタイ材より上の矢板がタイ材の拘束により回転し、地盤から反力を受けるためと考えられる。後者は、照査用震度が控え工や矢板根入れ部を含めた岸壁全体の海側への変位の影響も加味している震度であるためと考えられる。

また、FLIP による地震時土圧は、図2 右図の青実線のように、地震動が大きくなるとタイ材より上の土圧は小さく、一方でタイ材より下の土圧は大きくなる傾向がみられた。前者は矢板の海側への回転角が大きくなり地盤反力が発生しにくくなるため、後者は地震動による慣性力が大きくなるためであると考えられる。

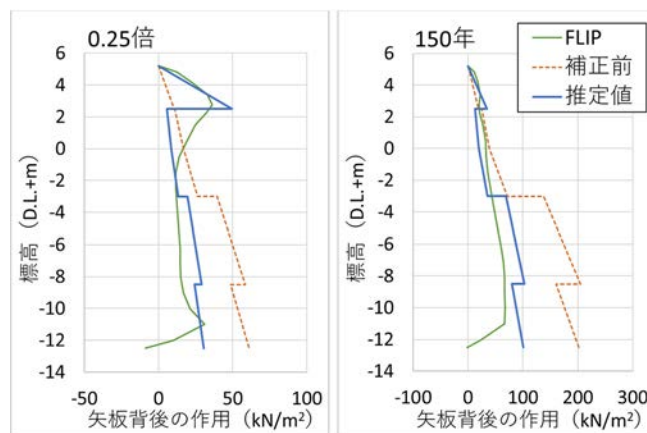


図2 地震時土圧分布

キーワード 港湾施設、控え矢板式係船岸、レベル 1 地震動、骨組解析、FLIP、地震時土圧
 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 TEL 046-844-5057

4. 地震時土圧の簡易推定方法

図2の緑実線で示されたFLIPによる地震時土圧を、2次元FLIPを実施せず簡易的に推定する方法を検討する。ここでは、矢板に作用する土圧を代表するパラメータとして、宮下・長尾⁵⁾による手法で求めた矢板頭部震度を用い、当該震度を物部岡部式に代入した土圧に対し、倍率を乗じることにより土圧を推定することを試みた。なお、矢板頭部震度が大きく過半数のケースが物部岡部式の適用範囲を超えることから、矢板頭部震度の1/2をパラメータとして使用している。

地震動の大きさに対する感度がタイ材以浅とタイ材以深とは異なるため、タイ材以浅とタイ材以深海底面以上に分けて倍率を検討する。図3より、タイ材以上の土圧合力については矢板頭部震度と強い負の相関が得られた。ここで、物部岡部式の制約上、大きな震度は用いることができないため、震度が0.33以下となる計8ケースで相関を取っている。一方で、タイ材以下海底面以上の土圧合力については、相関が弱いものの、概ね0.5となっている。

以上を踏まえ、推定地震時土圧を算定するための倍率 p_{se} は以下の[式1][式2]により算定する。

$$p_{se} = -10.7(k/2) + 5.2 \quad (\text{タイ材以浅}) \quad \cdots[\text{式1}]$$

$$p_{se} = 0.5 \quad (\text{タイ材以深海底面以浅}) \quad \cdots[\text{式2}]$$

ここに、 k ：矢板頭部震度

以上の方法により推定した地震時土圧を、図2中の青実線で示している。物部岡部式による地震時土圧と比較し、FLIPによる地震時土圧に近い形状の土圧分布が推定できた。

5. 推定した地震時土圧の妥当性の検証

推定した地震時土圧およびFLIPによる地震時土圧を用いた骨組解析結果の比較により、推定値の妥当性を検証する。2種類の土圧を用いて骨組解析により得られた最大曲げモーメントの関係を図4に示す。再現期間150年の地震動に関しては1:1の線から大きく外れているものの、他のケースについてはおおよそ1:1に近い関係が得られている。したがって、本検討による推定手法を用いて算定した地震時土圧はレベル1地震時照査において十分な精度を有しているものと考えられる。一方、耐震施設のように水平震度0.25を超える大きな地震動(図3、4中の白抜き点)を対象とするような岸壁についてはFLIP等による詳細検討を行う必要がある。

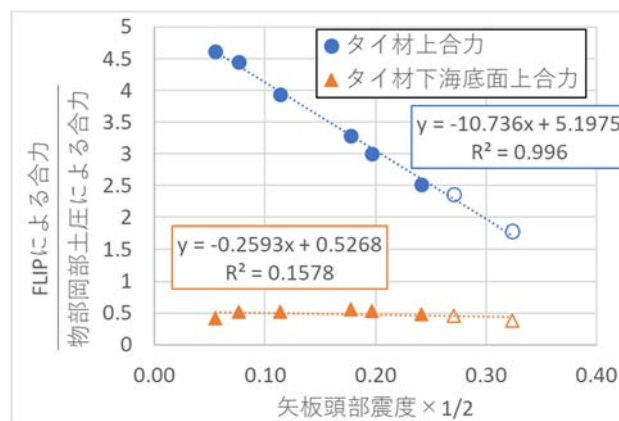


図3 FLIP および物部岡部式による地震時土圧合力の関係

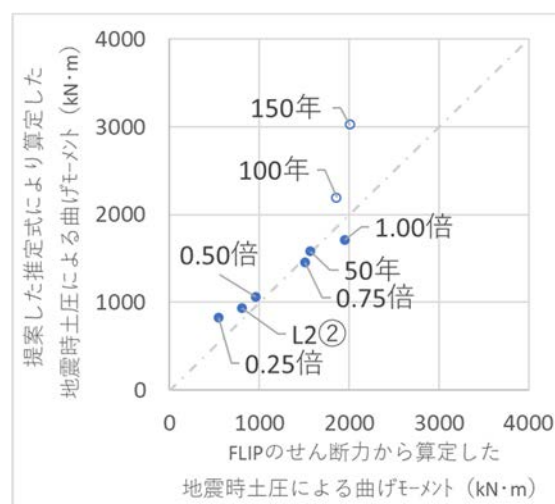


図4 FLIPの地震時土圧と推定した地震時土圧による骨組解析におけるモーメントの対応関係

6. おわりに

本研究では、矢板式岸壁の骨組解析に用いる前面矢板の応力照査用の土圧の簡易設定手法として、FLIPによる地震時土圧分布と整合するように、矢板頭部震度を適用した物部岡部式による地震時土圧に乗じる倍率を設定し、その推定土圧の妥当性について検証した。

今後は他の設計断面についても本手法による計算を行い、本方法の適用可能性を検討したい。

7. 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).日本港湾協会, 2018
- 2) 長尾毅ら レベル1地震動に対する重力式および矢板式岸壁の耐震性能照査用震度の設定方法. 国土技術政策総合研究所資料 No.310, 2006
- 3) 鍵本慎太郎ら, 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. 土木学会第73回年次学術講演会論文集, II-208, 2018
- 4) 中村駿太ら, 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
- 5) 宮下健一朗, 長尾毅, 控え直立式矢板岸壁に作用する土圧用震度についての研究. 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.76, No.4, 2020