

控え直杭式矢板式岸壁の地震時土圧に着目した設計震度についての基礎的研究

パシフィックコンサルタンツ 正会員 ○宮下 健一郎

神戸大学 国際会員 長尾 毅

1. はじめに

近年、2次元地震応答解析などの耐震解析の精度が向上し、本研究の研究対象である控え直杭式矢板岸壁についても2次元地震応答解析による被災の再現報告が数多く発表されている。2次元地震応答解析を用いた地震時挙動に対する研究結果も数多く報告されており、長尾らは現行の港湾基準で設計された控え直杭式矢板岸壁の地震時の破壊モードは、部材応力が降伏に達して使用性が限界に至る前に変形により使用性が限界に達する変形先行型の破壊モードであることを報告している¹⁾。このことは港湾基準による設計法が部材耐力については安全側の設計であることを示唆しているが、同時に経済性を追求する余地があることも示唆している。部材耐力について安全側の設計となっている理由の一つとして、地震時土圧を求める際の設計震度が過大であること上げられる。本研究は、より経済的な設計法を構築することを念頭に控え直杭式矢板岸壁の設計震度について基礎的な研究を行うものである。

2. 港湾基準と2次元地震応答解析による曲げモーメントの比較

図-1 に港湾基準による設計法により求めた矢板に働く最大曲げモーメントと2次元地震応答解析による矢板の最大曲げモーメントを比較した結果を示す。解析コードは FLIP を使用した。検討断面は図-2 に示す4水深に背後地盤の固有周期を0.8s及び1.2sとした2つの地盤条件を組み合わせた計8断面で、それぞれ周波数特性の異なる3地震波を入力した結果を整理している。港湾基準の方法による最大曲げモーメントは2次元地震応答解析結果よりも大きく、曲げモーメントを大きめに評価することが分かる。

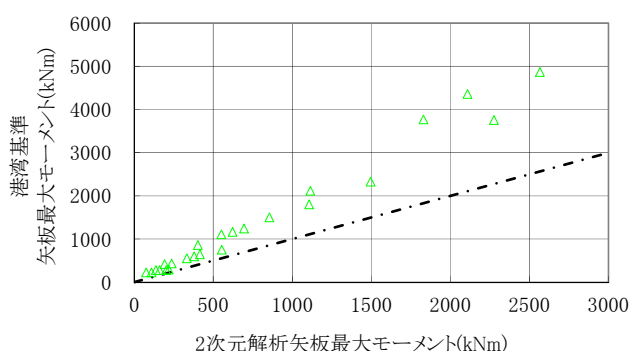


図-1 曲げモーメントの比較

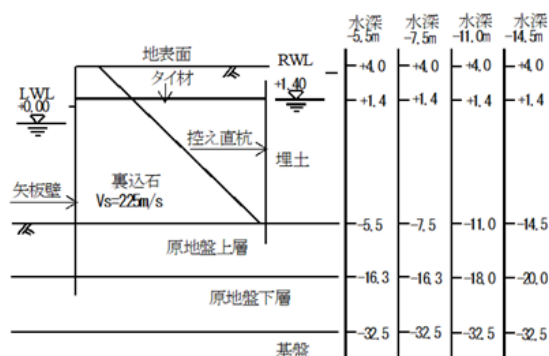


図-2 検討断面

3. 地震時土圧に着目した周波数特性フィルター

港湾基準では設計震度を岸壁背後地盤の1次元地震応答解析結果による地表面応答加速度最大値（以下PGAと呼ぶ）により求める方法を採用しているが、最大値をそのまま使用せず、応答解析により得られた地表面の加速度時刻歴をフーリエ変換し高周波数成分を低減するフィルターを乗じ、その後逆フーリエ変換により得られる時刻歴加速度の最大値を使用することとしている。高周波数成分を低減するのは、高周波数成分は岸壁の変形に及ぼす影響が小さいためであり、フィルター形状は得られる設計震度が同じ場合は同変形量になる形状として、既往の研究をもとに設定されている。よって、港湾基準のフィルターを使用すれば変形量が許容変形量程度となる断面を設定できる設計震度を求めることができるが、地震時土圧に着目して作成されたフィルターではないため、地震時土圧に着目した場合は過大となっていると考えられる。そこで、本研究では地震時土圧に着目したフィルター形状について検討する。すなわち、フィルター処理後の設計震度を用いることにより、2次元地震応答解析結果の土圧を再現できるフィルター形状について検討を行う。検討に用いる断面は上述の8断面とする。本研究で想定しているフィルターはPGAと2次元地震応答解析の土圧を再現できる震度との関係の周波数特性であるため、本研究では複数の周波数の正弦波を入力地震動とした2次元地震応答

解析を行い、2次元地震応答解析結果によって求められる矢板天端から海底面までの土圧合力を物部岡部土圧で再現できる震度に重力加速度を乗じた値を作用加速度として整理し、作用加速度とPGAの比を整理することにより検討することとする。正弦波の周波数は既往の研究同様、0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0Hzとした。作用加速度を1次元地震応答解析による背後地盤のPGAの比で整理した結果を図-3(a)に、2次元地震応答解析による矢板頭部のPGAの比で整理した結果を図-3(b)に示す。背後地盤のPGAで整理した結果を見ると1Hz付近にピークがあり1.0Hz以上の高周波数域で小さくなるような特徴となっていることが分かる。1Hz以上の高周波数域でPGAに対して作用加速度が小さくなるのは港湾基準のフィルターで想定している周波数特性と同様の傾向であるが、港湾基準のフィルターは1Hzより低周波数域はフラットな形状となっており、低周波数域の特徴が大きく異なることが分かる。また、ピークの値も水深や地盤条件で大小様々な値となっており、特定の傾向は見られないことが分かる。一方、矢板頭部のPGAで整理した結果を見ると1Hz以下の低周波数域は概ね1.0の一定値となっており、港湾基準のフィルターで想定している周波数特性と同様の傾向があり、全ケースで一般的な周波数特性を示していることが分かる。ただし、港湾基準のフィルターは水深が深いほど岸壁が変形し易くなることに起因して水深が深くなると低周波数域の一定値が大きくなる形状となっているが、本周波数特性は水深に関わらず概ね1.0であり、水深に関わらずPGAと作用加速度の関係は変わらないことが分かる。この結果から本研究では地震時土圧を再現するには矢板頭部の応答加速度時刻歴が必要であり、矢板頭部の応答加速度時刻歴の評価方法は別途検討するとして、矢板頭部の応答加速度時刻歴を用いることを前提とした地震時土圧に着目した周波数特性フィルターを作成する。フィルター形状は港湾基準のフィルター同様に1Hz以下の低周波数域はフラットとし、高周波数域は低減させる形状とする。フラット部の値は図-3(b)に示す結果から1.0とし、低減部の形状は図-3(b)作用加速度とPGAの比を概ね包括するように設定する。フィルターの関数形は港湾基準のフィルター関数を参考に式(1)のように設定する。作成したフィルターを図-3(b)に示す。作成したフィルターの妥当性を検証するため、フィルターを使用して求めた土圧と2次元地震応答解析結果の土圧の比較を行う。比較は天端から海底面までの土圧合力で行う。検討断面は上述の8断面であり、入力地震動は周波数特性の異なる3波形を使用した。結果を図-4及び表-1に示す。概ね同程度の土圧合力となっており、矢板頭部の応答加速度時刻歴と本フィルターにより求めた設計震度により、2次元地震応答解析結果の土圧合力を再現できることが分かる。

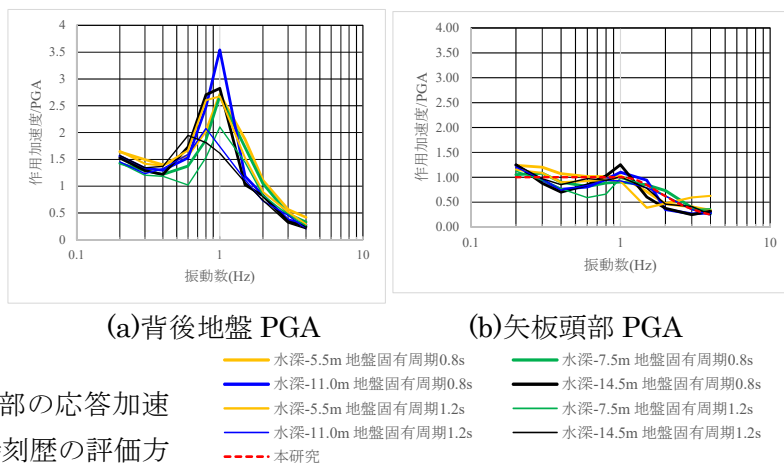


図-3 作用加速度の周波数特性

$$\alpha(f) = \begin{cases} 1.0 & (f \leq 1.0) \\ \frac{1.0}{1 - g(f)^2 + 4.0g(f)i} & (f > 1.0) \end{cases} \quad (1a)$$

$$g(f) = 0.34(f/1.0) \quad (1b)$$

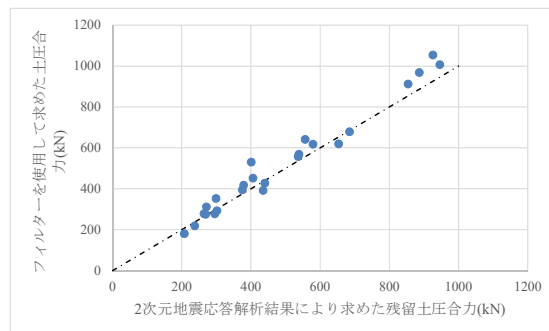
ここに、 f : 振動数(Hz), i : 虚数単位

図-4 土圧合力の比較

表-1 フィルターと2次元地震応答解析の土圧合力の比

平均値	標準偏差	最大	最小
1.1	0.10	1.3	0.9

参考文献

- 1) 長尾毅, 尾崎竜三, “控え直杭式矢板岸壁のレベル1地震動に対する性能規定化に関する研究”, 土木学会地震工学論文集, 28巻, p.25, 2005.

キーワード 鋼矢板, 岸壁, 地震応答解析

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地 パシフィックコンサルタンツ TEL 03-6777-1591