

擁壁の健全度診断のための解析的検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○篠田 昌弘・羽矢 洋
阿部 慶太・大村 寛和

1. はじめに

鉄道の土木構造物は大正時代や昭和初期に建設されたものも依然多く、現在では経年劣化が問題となっている。経年劣化した構造物に対しては、補修・補強をすることにより構造物の延命化が図られるが、構造物の補修・補強をするにあたって、構造物の残存耐力を評価することが重要となる。構造物の残存耐力を評価する方法として、様々な健全度診断手法が提案されている。基礎構造物の健全度診断手法は衝撃振動試験¹⁾に代表される非破壊検査により構造物の健全度を評価することが可能となっている。一方で、抗土圧構造物の健全度診断手法は目視による診断が主体であり、定量的な評価が難しい。そこで、本検討では、抗土圧構造物のうち擁壁に着目し、擁壁の健全度を評価するために固有振動数を指標とした健全度診断手法に関する解析的検討を実施した。

2. 解析方法 と解析モデル

本検討では、有限要素法による数値解析を実施した。解析モデルは文献(1)を参考にした。解析モデルを図1に示す。さらに、物性の区分けを図2に示す。全節点数は5712、全要素数は5722である。支持地盤は幅28m、深さ10mと仮定した。擁壁く体は高さ5.0mとした。物性の区分けは、地盤、擁壁く体、盛土、ゆるみ領域とした。本解析では、ゆるみ領域の剛性を変化させた場合の固有振動数を求めるために数値解析を実施した。

固有振動数を動的解析によって求める場合、自由振動を励起させる必要があるが、本解析では実務で実際に実施されている衝撃振動試験を想定し、擁壁天端に理想的な衝撃荷重を載荷することによって、固有振動数の把握を試みた。なお、固有振動数を求めるにあたって、固有値解析を実施することが考えられる。固有値解析は計算時間が短く簡易に固有振動数が特定できるものの、実際に卓越するモードを限定することが難しい。事前に実施した固有値解析の結果、図1に示した解析モデルでは複数のモードが高次に渡って存在することから、固有値解析による検討は実施しなかった。

キーワード 擁壁、健全度診断、数値解析、有限要素法、固有振動数

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 TEL042-573-7261

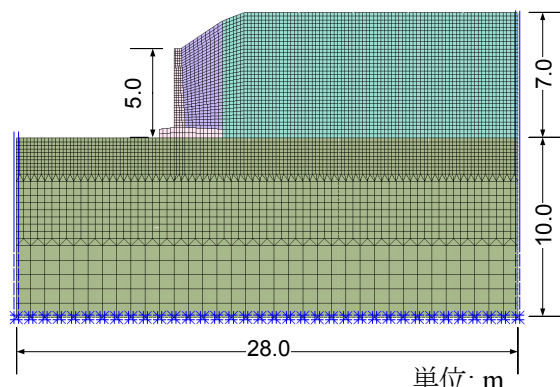


図1 解析モデル

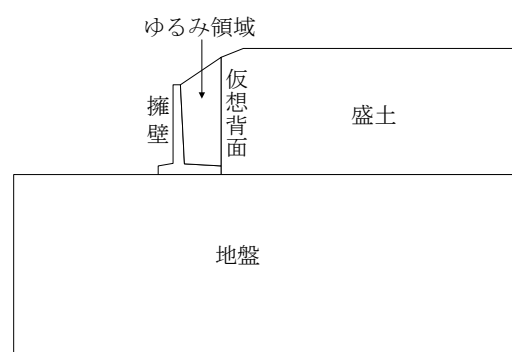


図2 物性値の区分け

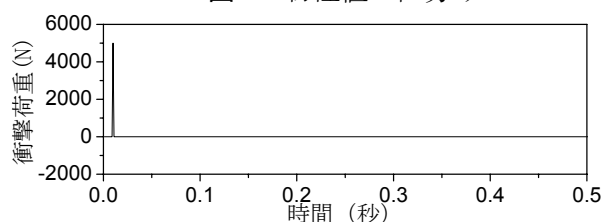


図3 衝撃荷重

表1 物性値の区分け

種別	単位体積重量 (kN/m^3)	ポアソン比	弾性係数 (kN/m^2)
地盤	18.0	0.3	75,000
盛土	18.0	0.3	7,500
ゆるみ領域	18.0	0.3	2,500 5,000 7,500
擁壁く体	24.5	0.2	25,000,000

本解析では、微小ひずみ領域での解析であることから全ての物性を弾性体と仮定した。表1に本解析で用いた物性値を示す。地盤の弾性係数はN値30相当とした。盛土の剛性はN値3相当とした。ゆるみ領域は、ゆるみの程度が与える固有振動数への影響を把握するために、N値1から3相当とした。擁壁く体の物性は一般的な値を用いた。

3. 解析結果

図4にゆるみ領域のN値が盛土のN値相当として3と仮定した場合の応答加速度の最大値のコンター図を示す。図5に、ゆるみ領域のN値が1と仮定した場合の応答加速度の最大値のコンター図を示す。図4と図5から、ゆるみ領域の剛性の違いにより、ゆるみ領域の応答加速度が異なっていることがわかる。ゆるみ領域の剛性が高い場合には、擁壁天端に作用した衝撃荷重が伝播することで、ゆるみ領域の奥まで波動が到達していることが分かる(図4)。一方、ゆるみ領域の剛性が低い場合には、擁壁天端に作用した衝撃荷重はゆるみ領域にそれほど伝播しない結果となった。フーチング下部の応答に関しては、ゆるみ領域の剛性を変化させても相違なかった。上記のことから、ゆるみ領域の剛性の違いによって、擁壁天端に作用した衝撃荷重によるゆるみ領域の応答加速度が異なることが分かった。このことは、ゆるみ領域の剛性が低い場合には、擁壁く体の応答が支配的になることを示唆するものである。

次に、ゆるみ領域の剛性を変化させて、擁壁天端の応答加速度から周波数解析を行い、フーリエスペクトルを比較した(図6)。図6から80Hz付近で明瞭なピークが確認でき、このピークが擁壁く体の固有振動数である。図6のフーリエ振幅を比較すると、ゆるみ領域の剛性が低い(N値が小さい)ほど、80Hz付近のフーリエ振幅の値が大きいことが分かる。これは、図5に示した応答加速度最大値のコンター図から明らかのように、ゆるみ領域の剛性が低いほど、擁壁天端に作用した衝撃荷重が伝播せず、擁壁く体のみが応答するからである。

4. まとめと今後の課題

地盤のN値を30と仮定し、擁壁背面の仮想背面までの盛土をゆるみ領域と仮定して、剛性を変化させ有限要素法により動的解析を実施した。解析の結果、ゆるみ領域の剛性が低いほど、擁壁く体の自由振動が卓越した。さらに、周波数解析の結果、ゆるみ領域の剛性が低いほど、フーリエ振幅の値が大きく、明瞭なピークが見られた。

今後は、実際の計測結果を基にして、数値解析結果と実測結果から得られたフーリエ振幅スペクトルが一致するように逆解析を実施し、擁壁の健全度診断を実施する方法について検討を進める予定である。

参考文献 (1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編): 基礎構造物・抗土圧構造物, 国土交通省鉄道局監修, 鉄道総合技術研究所編, 丸善, 2007, (2) 鉄道構造物等設計標準・同解説: 基礎構造物・抗土圧構造物 設計の手引き(擁壁), (財) 鉄道総合技術研究所, 1997.

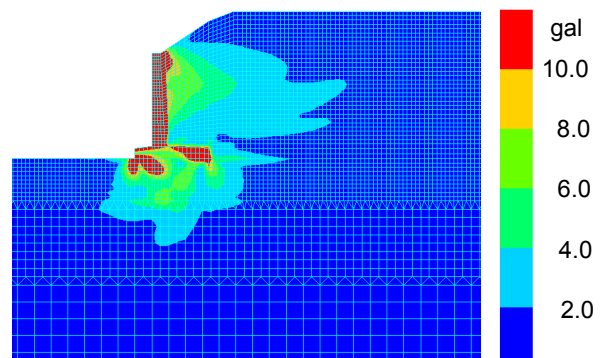


図4 応答加速度最大値のコンター図(ゆるみ領域N値3)

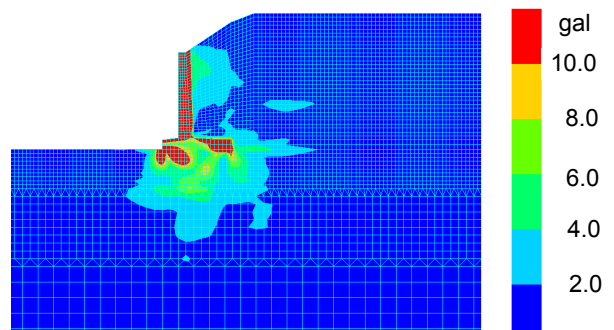


図5 応答加速度最大値のコンター図(ゆるみ領域N値1)

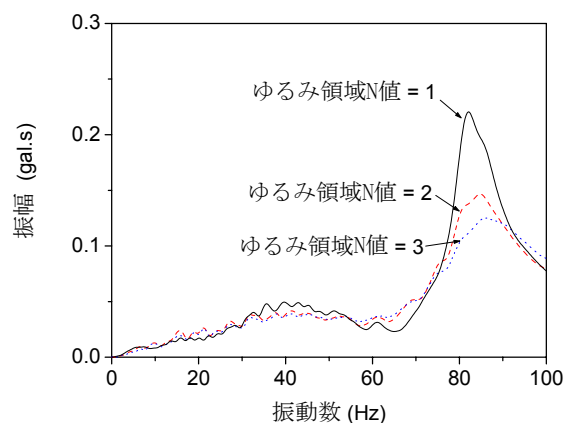


図6 フーリエスペクトルの比較