

基礎及び敷地に関する基準の整備における技術的検討

(その4) 擁壁背後地盤上に建築された住宅の変形解析(解析条件)

正会員	○余川 弘至* ¹	同	若井 明彦* ²
同	井上 波彦* ³	同	二木 幹夫* ⁴
同	久世 直哉* ⁵	同	松下 圭佑* ⁶

宅地擁壁 戸建住宅 数値解析

1. はじめに

これまでに、地震により被害を受けた擁壁に関する調査結果¹⁾が多数報告されている。これらの被害調査報告の中では、擁壁が被害を受けることにより、住宅にも被害がおよんでいるという報告もある。

現在、建築物が擁壁に近接する場合の評価基準が明確でなく、擁壁の安定性が損なわれた場合、建築物の安全上の支障を生ずる恐れがある。

そこで、2次元動的有限要素解析プログラム²⁾を用いた擁壁-地盤-住宅の一体系解析を種々実施し、地盤と住宅に対して安全上の配慮が必要な条件の整理、またその場合の対応方針について検討した。本報では、実施した解析の条件について示す。

2. 各種のモデル化

(1) 住宅のモデル化

解析の対象とした住宅は、(独)住宅金融支援機構の計算例を参考に、木造2階建ての住宅(重い建物・瓦葺・土壁有・10m×10m平面、固有周期T:0.25秒(T=0.03H))を想定した。住宅の重量や強度については、「木造住宅の耐震診断と補強方法」に基づき決定した。解析では、住宅を質点と構造梁によりモデル化し、すべて線形弾性体とした。住宅の基礎については、すべて布基礎とした。

(2) 擁壁のモデル化

擁壁は、高さ2m、5mおよび10mの片持ちばり式のL型擁壁を想定した。それぞれの擁壁の仕様は、常時における検討と大地震時における検討を行い、転倒・滑動・支持力の安全率が現行の基準³⁾を満足するように設定した。

また、擁壁高さ10mのケースでは、軟弱地盤上に擁壁を設置することを考慮して、擁壁に杭基礎を用いた場合についても検討した。杭基礎の仕様は、許容応力度計算を行い決定した(許容応力度)。さらに、擁壁の変形はその背後地盤上に建つ住宅に影響を与えると考えられるため、杭頭の変形に制限を設けた場合についても検討した(許容変位)。ここでは、擁壁下部地盤の強度の違いによりこれらが考慮されている。擁壁および杭基礎はすべて線形弾性体とした。擁壁基礎が直接基礎の場合の大地震時の検討結果を表1に、杭基礎の仕様を表2に示す。

表1 大地震時における擁壁の安全率

安定計算の条件			安全率		
擁壁高さ	基礎形式	地盤の許容応力度	転倒	滑動	支持力
2m	直接	100kPa	2.891	1.068	1.192
5m	直接	150kPa	3.740	1.150	2.343
10m	直接	300kPa	7.093	1.643	4.010

表2 杭基礎の仕様(擁壁高さ10mのケース)

杭の設計条件	地盤の許容応力度	杭径	杭種	材質	鋼管厚	杭本数(本)	
						断面方向	延長方向
許容応力	20kPa以下	1,000mm	鋼管杭	SS490	12mm	3	5
許容変位	50kPa以上	1,000mm	鋼管杭	SS490	12mm	3	5

(3) 地盤のモデル化

地盤は、UWモデル⁵⁾を用いることで、地盤の非線形特性を考慮した。パラメトリックスタディを行い地盤強度の違いによる住宅への影響を把握するためには、地盤強度の異なるいくつかの地盤を準備する必要がある。ここでは、地盤の許容応力度⁶⁾を地盤強度の指標値とし、地盤材料をすべてφ材と想定した上で、次式に基づき各種の解析に入力するパラメータを設定した。

$$qa = \frac{1}{3} (i_c \alpha CN_c + i_y \beta \gamma_1 BN_y + i_q \gamma_2 D_f N_q) \quad (1)$$

ただし、上式を用いる場合、基礎荷重面(B)に応じて、地盤の許容応力度が異なるということになる。構造物の形状や形式に応じて、強度を変更すると、強度の違いによる定性的な挙動の変化を確認することが困難となるため、基礎荷重面(B)は10(m)とした。地震動の影響を考慮するため、荷重の鉛直方向に対する傾斜角θに14度を与えた。上記の方法によって求められた解析パラメータを表3に示す。

表3 解析パラメータ

名称	ヤング率に 関わる比例定数	ポアソン比	内部摩擦角	単位体積重量
	E_0 (kPa)	ν	ϕ (deg)	γ (kN/m ³)
許容応力度 30kPa	16,940	0.35	26.0	18.0
許容応力度 50kPa	23,660	0.35	28.0	18.0
許容応力度 70kPa	32,346	0.35	30.2	18.0
許容応力度 100kPa	40,460	0.3	32.0	18.0
許容応力度 150kPa	50,540	0.3	34.0	18.0
許容応力度 300kPa	70,875	0.3	37.5	18.0

3. 入力地震動

告示1461に示される工学基盤面でのスペクトルに乱数位相を与え、工学基盤面での加速度波形(2E波)を作成した。その工学基盤面での加速度波形を入力波形として、

等価線形解析⁷⁾を行い、FEMでモデル化した基礎地盤下面に入力するE+F波を算出した。図1に、入力地震動の時刻歴波形を、図2に加速度パワースペクトルを示す。

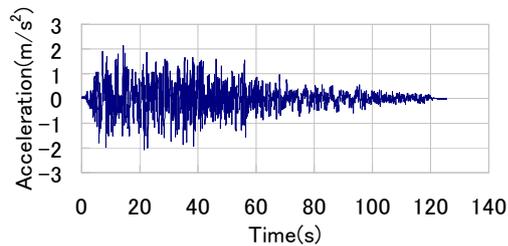


図1 入力地震動の時刻歴波形



図2 パワースペクトル

4. 解析メッシュ

図2に、解析に用いた解析メッシュの一例を示す。節点数4223、要素数1361である。基礎地盤底面の節点を水平・鉛直固定とし、側面の節点は水平方向固定とした。左右側方の境界条件が対象とする住宅や擁壁へ与える影響を小さくするために、解析領域は水平方向に10倍程度とった。

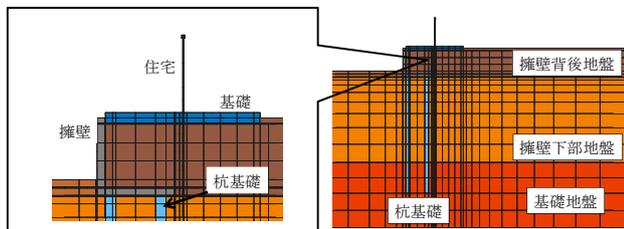


図3 解析メッシュの一例

5. 検討ケース

擁壁高さ2mの場合では、離間距離の異なる5ケースを、擁壁高さ5mおよび10mの場合では、離間距離の異なる4ケースについて検討した。また、擁壁高さ2mおよび5mの場合では、擁壁背後地盤と擁壁下部地盤の強度をさまざまに変化させたケースを実施し、擁壁高さ10mの場合では、擁壁を杭基礎により支持した状態についても、擁壁下部地盤の強度を変化させたケースを実施した。検討ケースの一覧を表4に示す。

表4 検討ケース一覧

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤 許容応力度	擁壁下部地盤 許容応力度	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	離間距離			
2m	直接基礎	0.0m	布基礎		30kPa	100kPa	
	直接基礎	1.0m					
	直接基礎	1.6m					
	直接基礎	2.7m					
	直接基礎	5.0m					
	直接基礎		1.0m	布基礎	30kPa	100kPa	
	直接基礎					150kPa	
	直接基礎					300kPa	
	直接基礎					100kPa	
	直接基礎					70kPa	
直接基礎				150kPa			
直接基礎				300kPa			
5m	直接基礎	0.0m	布基礎		30kPa	150kPa	
	直接基礎	1.0m					
	直接基礎	5.0m					
	直接基礎	7.8m					
	直接基礎						1.0m
	直接基礎		300kPa				
	直接基礎		50kPa				
	直接基礎		300kPa				
	直接基礎		70kPa				
	直接基礎				150kPa		
直接基礎				300kPa			
10m	直接基礎	0.0m	布基礎		30kPa	300kPa	
	直接基礎	1.0m					
	直接基礎	11.0m					
	直接基礎	16.8m					
	直接基礎						0.0m
	杭基礎(許容変位)		杭基礎(許容変位)	50kPa			
	杭基礎(許容変位)				杭基礎(許容変位)	300kPa	
	杭基礎(許容変位)						300kPa

6. まとめ

本報では、擁壁－地盤－住宅の一体系解析に必要なとなる解析の諸条件について示した。次報では、この条件に基づき実施した解析結果について述べる。

なお、これらの検討は、国土交通省「建築基準整備促進事業」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 久世ら(2009)：基礎及び敷地に関する基準の整備における技術的検討(その5)宅地擁壁と住宅との離間距離等に関する実態調査、日本建築学会大会学術講演梗概集, No.20230, pp.459～460.
- 2) A. Wakai et al (1999)：3-D elasto-plastic finite element analyses of pile foundations subjected to lateral loading, Soils and Foundations, Vol.39, No.1, pp.97-111.
- 3) 宅地防災研究会(2007)：宅地防災マニュアルの解説 第二次改訂版.
- 4) 社団法人日本道路協会(2002)：道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編.
- 5) A. Wakai et al. (2004)：A simple constitutive model for seismic analysis of slopes and its applications, Soils and Foundation, Vol.44, No.4, pp83-97.
- 6) 日本建築学会(2001)：建築基礎構造設計指針.
- 7) P. B. Schnabel et al. (1972)：SHAKE A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, EERC Report, No. 72-12.

*1 ベターリビングつくば建築試験研究センター, 博(工)
 *2 群馬大学工学部, 博(工)
 *3 国土交通省 国土技術政策総合研究所
 *4 ベターリビングつくば建築試験研究センター, 修(工)
 *5 ベターリビングつくば建築試験研究センター, 工博
 *6 群馬大学工学部

*1 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living, Dr. Eng.
 *2 Gunma Univ., Dr. Eng.
 *3 National Institute for Land and Infrastructure Management
 *4 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living, M. Eng.
 *5 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living, Dr. Eng.
 *6 Gunma Univ.