

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) 擁壁背後地盤上に建築された住宅の変形解析(結果と考察)

正会員 ○松下 圭佑*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 余川 弘至*6

宅地擁壁 戸建住宅 数値解析

1. はじめに

本報では、前報¹⁾で示した解析条件を前提とした、2次元動的有限要素解析プログラムによる擁壁-地盤-住宅の一体系解析の結果の一部を紹介するとともに、得られる工学的知見を整理した。なお、紙面の制約上、以下の各要因の比較検討に関わる部分のみを詳述する。

- ・擁壁高さの違いの影響
- ・擁壁の基礎形式(杭支持か否か)の影響
- ・擁壁と住宅との離間距離の影響

これらの比較を行うために着目した解析ケースの一覧についても前報¹⁾を参照されたい。

2. 各ケースの解析結果(住宅の傾斜と沈下量)

以降、各ケースの解析結果のうち、地震後の住宅の傾斜と沈下量(住宅基礎両端における鉛直下向き変位量の平均値)を順に記す。

(1) 擁壁高2mの場合

擁壁と住宅との離間距離の違いが、住宅の傾斜や沈下に与える影響を検討するための解析を行った。住宅までの離間距離を変化させたケースの結果を表1に、地盤強度を変化させたケースの結果を表2にそれぞれ示す。

表1 解析条件と解析結果

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤		擁壁下部地盤		解析結果	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	基礎形式	許容応力度	許容応力度	住宅の傾斜	住宅の沈下量	住宅の傾斜	住宅の沈下量
2m	直接基礎	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	100kPa	15/1000	14cm		
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	100kPa	17/1000	13cm		
2m	直接基礎	1.6m	布基礎	30kPa	30kPa	100kPa	18/1000	13cm		
2m	直接基礎	2.7m	布基礎	30kPa	30kPa	100kPa	15/1000	11cm		
2m	直接基礎	5.0m	布基礎	30kPa	30kPa	100kPa	11/1000	12cm		

表2 解析条件と解析結果

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤		擁壁下部地盤		解析結果	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	基礎形式	許容応力度	許容応力度	住宅の傾斜	住宅の沈下量	住宅の傾斜	住宅の沈下量
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	100kPa	17/1000	13cm		
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	150kPa	15/1000	11cm		
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	11/1000	8cm		
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	70kPa	30kPa	100kPa	12/1000	12cm		
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	70kPa	30kPa	150kPa	10/1000	10cm		
2m	直接基礎	1.0m	布基礎	70kPa	30kPa	300kPa	8/1000	7cm		

住宅までの離間距離がそれほど近すぎず、またあまり遠すぎない大きさ(底版のかかと付近)の時、住宅の傾斜や沈下が特に大きくなる傾向が見られた。これは、擁壁に極めて近い場合は住宅の自重が直接擁壁底版に作用するため、擁壁自身の転倒を抑制する効果があるためと考えられる。一方、地盤各層の強度を変化させた一連の

ケースの比較からわかるように、住宅の残留変位量は地盤の強度に大きく影響を受けることがわかる。

(2) 擁壁高5mの場合

擁壁高2mと同様に擁壁高5mの場合について検討を行った結果を表3(離間距離を変化)と表4(地盤強度を変化)にそれぞれまとめる。

表3 解析条件と解析結果

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤		擁壁下部地盤		解析結果	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	基礎形式	許容応力度	許容応力度	住宅の傾斜	住宅の沈下量	住宅の傾斜	住宅の沈下量
5m	直接基礎	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	150kPa	9/1000	38cm		
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	150kPa	18/1000	37cm		
5m	直接基礎	5.0m	布基礎	30kPa	30kPa	150kPa	39/1000	31cm		
5m	直接基礎	7.8m	布基礎	30kPa	30kPa	150kPa	31/1000	22cm		

表4 解析条件と解析結果

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤		擁壁下部地盤		解析結果	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	基礎形式	許容応力度	許容応力度	住宅の傾斜	住宅の沈下量	住宅の傾斜	住宅の沈下量
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	150kPa	18/1000	37cm		
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	14/1000	25cm		
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	50kPa	30kPa	150kPa	12/1000	35cm		
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	50kPa	30kPa	300kPa	11/1000	24cm		
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	70kPa	30kPa	150kPa	8/1000	23cm		
5m	直接基礎	1.0m	布基礎	70kPa	30kPa	300kPa	8/1000	22cm		

擁壁高5mの場合も2mと同様な傾向が見られた。離間距離の違いでは、擁壁底版かかと付近での住宅の傾斜が大きく、地盤強度の違いでは地盤状態が良くなるほど住宅の傾斜も沈下量も抑えられている。

(3) 擁壁高10mの場合

同様に擁壁高10mの場合について検討を行った結果を表5(離間距離を変化)と表6(地盤強度を変化)にそれぞれまとめる。なお、擁壁高2mと異なり、地盤強度が低いケースでは擁壁の安定性を確保するには直接基礎を用いることができないため、これらのケースでは杭基礎を前提として、基礎形式の相違の影響を確認した。

表5 解析条件と解析結果

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤		擁壁下部地盤		解析結果	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	基礎形式	許容応力度	許容応力度	住宅の傾斜	住宅の沈下量	住宅の傾斜	住宅の沈下量
10m	直接基礎	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	12/1000	37cm		
10m	直接基礎	1.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	10/1000	36cm		
10m	直接基礎	11.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	17/1000	28cm		
10m	直接基礎	16.8m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	27/1000	35cm		

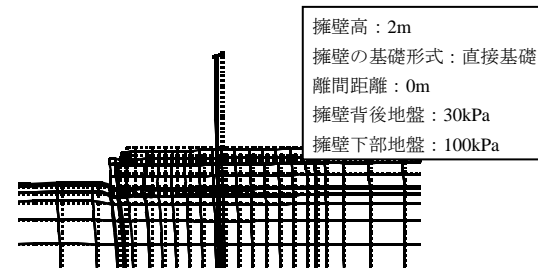
表6 解析条件と解析結果

高さ	擁壁		住宅		擁壁背後地盤		擁壁下部地盤		解析結果	
	基礎形式	離間距離	基礎形式	基礎形式	許容応力度	許容応力度	住宅の傾斜	住宅の沈下量	住宅の傾斜	住宅の沈下量
10m	直接基礎	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	12/1000	37cm		
10m	杭基礎(許容応力)	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	20kPa	9/1000	17cm		
10m	杭基礎(許容変位)	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	50kPa	6/1000	19cm		
10m	杭基礎(許容変位)	0.0m	布基礎	30kPa	30kPa	300kPa	3/1000	13cm		

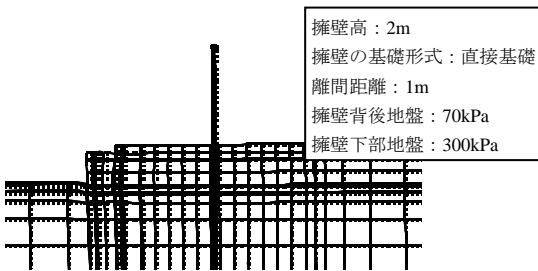
住宅までの離間距離を変えた場合の住宅の残留変位の大きさの変化は、擁壁高 2m の場合とはやや異なった傾向が見られ、擁壁形状に合わせて住宅の建設位置を決定する必要性が示唆された。また、擁壁に杭基礎を用いた場合においても、擁壁下部地盤の強度が小さい時には、住宅の残留変位はある程度大きくなることわかる。

3. 全体系の残留変形性状の例（特徴的なケースのみ）

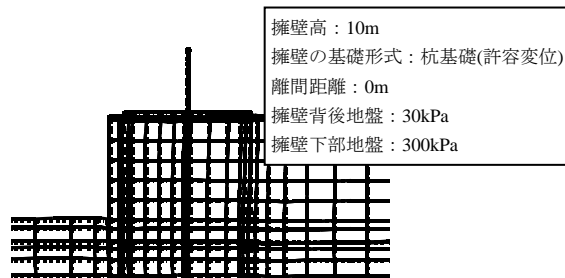
次章（図 2）において本研究で得られた知見をまとめるが、同考察の力学的妥当性を確認するため、いくつかの特徴的なケースについてのみ、全体系の地震後の残留変形性状を順にケース毎に列挙する。いずれも実線が地震後、破線が地震前の形状である。



(i) 図 2 の①に相当するケース



(ii) 図 2 の③に相当するケース



(iii) 図 2 の⑤に相当するケース

図 1 地震後の残留変形性状（特徴的なケースのみ）

4. まとめ

本報により得られた結果をまとめたイメージ図を図 2 に示し、以下に得られた知見をまとめる。

住宅に対して安全上の配慮が必要な条件と対処方針

- ・擁壁が、比較的緩い地盤上に設置されている場合、住宅に被害を与える可能性がある(図 2 中①)。
- ・擁壁が比較的良質な地盤上に設置されている場合でも、擁壁の背後地盤が緩い場合には、住宅に被害を与える可能性がある(図 2 中②)。
- ・擁壁下部の地盤強度を大きくすることで、住宅の変形が大きく抑制することができる。
- ・住宅への被害を小さくするためには、擁壁基礎に杭基礎を用いる場合でも、擁壁の下部地盤を良質にする必要がある(図 2 中④)。
- ・擁壁と住宅の離間距離を大きくするほど、住宅の変形を抑制するとは限らず、擁壁底版かかと上に建設された住宅は地震の被害を受ける可能性が高い(表 1、3、5)。
- ・擁壁高さにより、住宅の被害が大きくなる位置が異なるため、擁壁形状に合わせて住宅の建設位置を決定する必要がある。
- ・擁壁高さが大きくなるほど、住宅の沈下量が大きくなる傾向が見られた。
- ・擁壁に杭基礎を用いることで、住宅への被害を軽減する効果が見られた。さらに、許容変位を考慮した場合にはその効果が大きくなった。

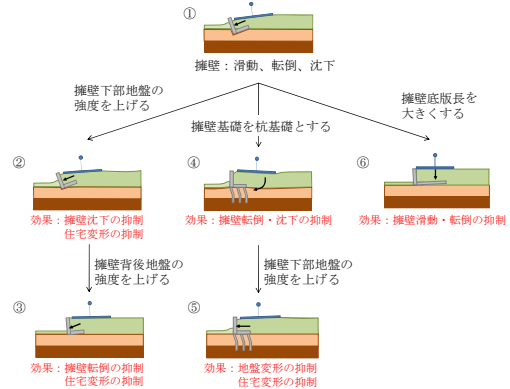


図 2 解析結果から推定されるイメージ図

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) 余川ら(2011)：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(結果と考察)、日本建築学会大会学術講演梗概集（印刷中）。

*1 群馬大学工学部

*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 ベターリビングつくば建築試験研究センター, 博(工)

*1 Gunma Univ.

*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 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living, Dr. Eng.