地震による擁壁の倒壊に伴う住宅基礎地盤の杭による変形抑止効果に関する解析的検討

山口大学大学院　正会員　○加藤　竜也　　山口大学大学院　正会員　渡邊　学歩
山口大学大学院　正会員　兵動　正幸　報国エンジニアリング　正会員　小川　正宏

１．はじめに

2016 年熊本地震では，擁壁を有する地盤上に建設された構造物基礎地盤が擁壁の倒壊により連れ込み変形や沈下を起こす被害が生じている．軟弱地盤上の戸建て住宅の建設では鉛直支持力を確保するために様々な改良が行われるが，擁壁倒壊による地盤の水平移動に対する抵抗が不足することがある．本研究では，擁壁背面に杭を打設することにより、地盤変形の抑止効果について FEM に基づく解析的検討を行う．

２．鋼管杭による住宅基礎地盤の変形抑止効果に関する解析

本研究では，まず、住宅基礎地盤に鋼管杭による補強により地盤沈下抑制に及ぼす影響を評価するために有限要素法により自重解析を行った．図-1 に示すように，水平地盤上に擁壁で支持された高さ 3m の盛土を有する地盤を解析対象とする．また，盛土地盤には，戸建て住宅の基礎として杭が打設されている．本解析においては，基礎杭の本数，長さ，配置が地盤の沈下量に及ぼす影響について検討を行う．なお、有限要素解析では，地盤・擁壁は 8 節点 6 面体のソリッド要素で，鋼管杭は梁要素でモデル化している．なお，地盤の構成則は Drucker-Prager モデルによる弾完全塑性体を採用した．

図-2 には，杭を打設しない場合の死荷重による地盤の沈下量を示す．住宅荷重が作用している領域で大きな地盤沈下が生じていることがわかる．図-3 には鋼管杭を 3m 打設した場合の地盤沈下量を示す．また，図-4 には杭長を変えた場合に住宅周辺の地盤沈下量を示す．鋼管杭の設置により，地盤の沈下が抑止されてい

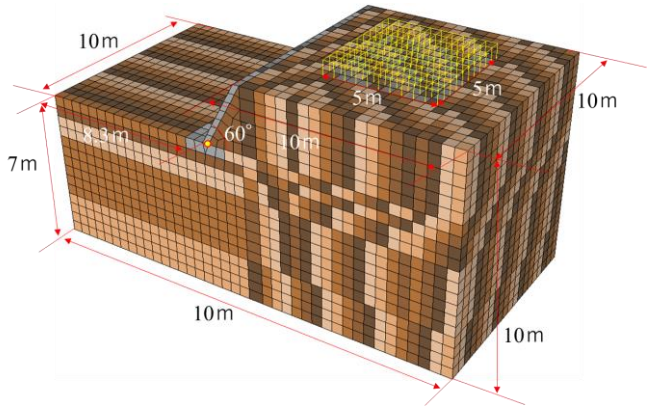

図-1 地盤・擁壁・住宅基礎及び杭基礎のモデル

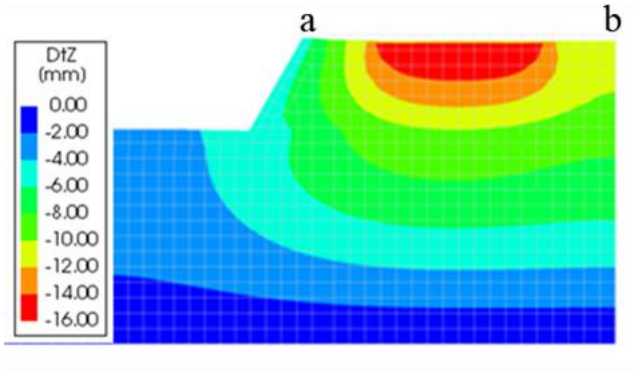

図-2 杭なしの場合(Case3-1)

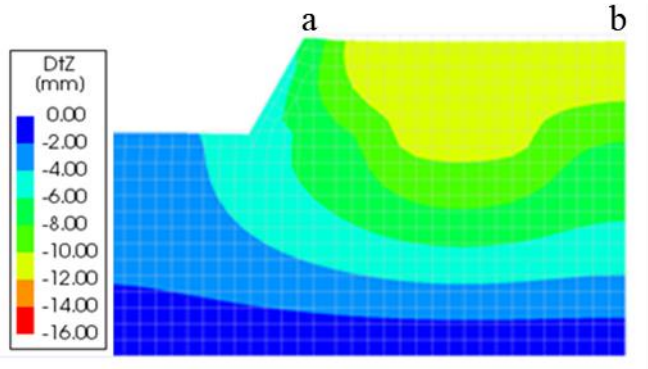

図-3 杭 3m の場合(Case3-2)

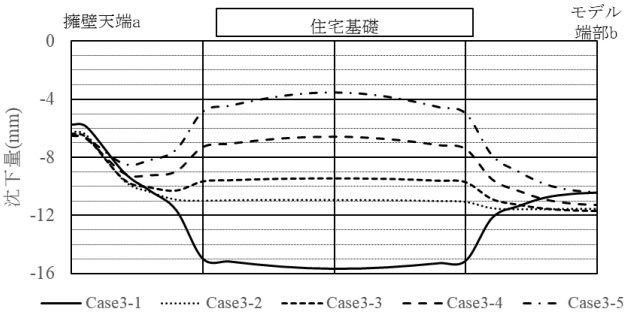

図-4 住宅基礎下に杭を配置した時の沈下量

キーワード　戸建て住宅，せん断強度低減解析，斜面安定，杭基礎
連絡先　〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2－16－1　TEL: 0836-85-9302 FAX: 0836-85-9301

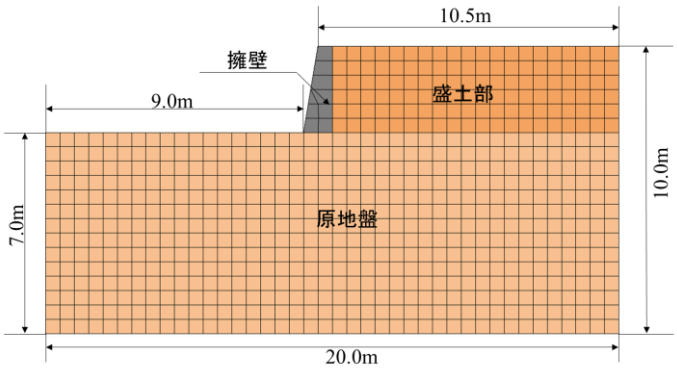

図-5 せん断強度低減解析に用いる解析モデル

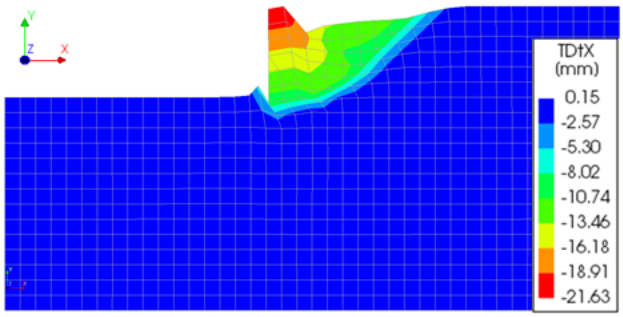

図-6 F=5.225 時の水平変位（杭なしの場合)

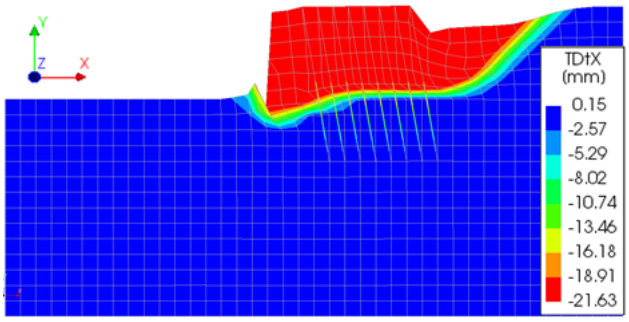

図-7 F=6.825 時の水平変位（杭 5m の場合)

表-1 杭の長さによる全体安全率の比較

	杭長さ（m）	全体安全率
1	0	5.225
2	3	6.673
3	5	6.825
4	7	6.775

ることが確認できる．ただし，杭を 5m 以上打設すると，逆に住宅は周辺地盤に対して相対的に浮き上がった状態となる．特に，十分硬い地層まで杭を打設したケースでは，地震による地盤沈下によって大きな段差が発生し，復旧作業が必要となることが懸念される．

３．せん断強度低減解析に基づく杭基礎補強効果の検証

杭基礎による擁壁を有する盛土地盤の地震時安定性を評価するためにせん断強度低減解析（SSR）[1)]を行った．この解析では、図−5 に示すような対象地盤の有限要素モデルを用いた．図−6 には SSR で評価したすべり面を示す．擁壁底部から進展する滑り面は住宅基礎の底部に達しており，これは，擁壁倒壊により住宅に引き込み変位による損傷を引き起こすことを示唆している．なお，このとき，全体安全率 F は表−1 に示すように約 5.3 となる．これは、地盤が地震による有効応力の低下により劣化を生じたことに対応するものと考えられる。

図−7 には鋼管杭を地表面から 5m の深さまで打ち込んだ場合について，SSR で評価した滑り面を示す．滑り面は住宅基礎を避けるように発生しており，引き込み変位による損傷が低減する可能性を示唆している．

杭を埋設することによって全体安全率が上がり，盛土地盤の地震時安定性も向上したことが示唆される．全体安全率は 6.8 に向上しており，無補強に比べ、地震時安定性が向上したことを示している．

４．結論

本研究では，擁壁を有する地盤を対象に杭による変形抑止効果に関する検討を行った．結論を以下に示す．

1) 杭の長さ，本数，配置を変化させて，盛土及び原地盤や擁壁等の変形を FEM 解析により分析した結果，杭を原地盤まで挿入するだけでも，地盤の沈下を十分に抑止することを確認した．

2) せん断強度低減解析により，円弧すべり面や全体安全率 F を評価した結果，地盤の沈下抑止や支持力を確保するために設置した杭基礎が，円弧すべりの抑止に寄与することを明らかにした．

５．参考文献

1) 弾塑性 FEM による斜面の全体安全率の計算法，土質工学会論文報告集，29(2)：190-195，1989