

ゴムチップと繊維補強材を用いた複合地盤の非線形相互作用と応答低減

(その2) 応答低減効果の解析的検討

ゴムチップ	繊維補強材	複合地盤材料
地震応答解析	非線形相互作用	液状化地盤

正会員 ○ 宮本裕司¹⁾ 同 島村 淳³⁾
正会員 古山田耕司²⁾ 同 見坊東光³⁾
正会員 山添正稔²⁾

1. はじめに

本報(その2)では、複合地盤を直接基礎と杭基礎に適用した場合の建物応答と杭応力の低減効果を解析的に検討した。なお、解析は2D-FEM¹⁾により行った。

2. 直接基礎建物の場合

図1に、直接基礎の建物に適用した検討ケースを示す。Case-1は原地盤のままの場合、Case-2は基礎端部にだけ適用した場合、Case-3は基礎底面全体に適用した場合である。複合地盤の深さは2mとし、建物から2m外側の範囲を同地盤で置換した。建物は4階建てRC建物を想定し、建物幅10m、高さ15m、根入れ深さ1m(平均接地圧50kPa)とした。支持地盤(原地盤)は、S波速度(Vs)を500m/sとし線形材料とした。複合地盤はVsを150m/sとし、非線形性を(その1)に示した単純せん断試験結果に適合するようHDモデルによりモデル化した。入力地震動は、建設省告示の極めて稀に発生する地震動のスペクトルに適合させた模擬地震波(乱数位相)とした。

図2に、Case-1~3の建物頂部での水平の加速度応答スペクトル(減衰5%)を比較して示す。加速度応答スペクトルは、Case-1では周期約0.15秒、Case-2では周期約0.3秒、Case-3では周期約0.4秒にピークがみられ、複合地盤の適用範囲を広げるほど建物応答が長周期化し、短周期成分が低減することが確認できる。

図3に、建物頂部での水平加速度と水平変位、および基礎の水平と両端部の上下変位の時刻歴波形を比較して示す。建物頂部の最大加速度はCase-1,2,3の順に大きいが、最大変位は逆にCase-3,2,1の順に大きくなる。基礎の応答変位は、Case-3では基礎底面の滑りによる残留変位と不同沈下による残留変位が生じるが、Case-2の基礎端部だけに適用した場合には残留変位は生じない。また基礎端部の最大ひずみは、Case-3では約1.5%であるのに対して、Case-2では約0.3%であり、非線形化の程度が抑えられる。

図4に、水平および回転の地盤ばねの履歴性状を示す。Case-1の地盤ばねに対して、Case-2では基礎端部の複合地盤の非線形化に伴い、回転地盤ばねが剛性低下している。Case-3の水平地盤ばねには、基礎底面の滑りによる剛性低下と履歴減衰の増大がみられる。また回転地盤ばねには、基礎の浮上りと複合地盤の非線形化により履歴

減衰の増大と転倒モーメントの頭打ちが確認できる。

3. 液状化地盤での杭支持建物の場合

図5に、液状化地盤での杭支持建物に適用した検討ケースを示す。Case-Aは改良しない場合、Case-Bはセメント系固化体、Case-Cは複合地盤で改良した場合である。建物幅は50m、高さ30m、根入れ深さは2m、杭は、杭径80cm、肉厚16mm、杭長24mの鋼管杭とした。地盤はGL-11mまでがS波速度140~190m/sの液状化層、それ以深は杭の支持層(Vs300~400m/s)とした。セメント系固化体はVsを500m/s(線形)とし、複合地盤は前述と同じ条件とした。改良深さは、Case-2とCase-3とともにGL-6mとし基礎下全体を改良した。入力地震動は前述と同じ条件で作成した波で、GL-63m位置に入力した。

図6に、自由地盤の最大応答値分布を示す。最大過剰間隙水圧比は、GL-6m以浅で95%以上となり液状化に達する。水圧の上昇に伴い、地盤変位は増幅し、最大せん断ひずみは当該層で2%を超える。

図7にCase-A~Cの建物の最大加速度分布を、図8に最大杭応力の深度分布を比較して示す。建物の最大加速度は、検討ケースによる違いが殆どみられない。一方、杭応力は、Case-Aでは杭頭部とGL-11m(液状化層の下部境界)付近で短期許容耐力(約1200kN*m)を超えるが、Case-Bでは応力が杭頭部で殆ど発生せず、GL-11m付近でも抑えられている。しかし、Case-Bの応力は、原地盤と改良体との剛性の違いによりGL-6m(改良体下部境界)付近で短期許容を超える応答を示す。一方、Case-Cではいずれの深さの応力も短期許容に収まり杭応力の低減効果がみられる。以上、複合地盤の適用範囲を適切に考慮すれば、地震時杭応力が低減できることを確認した。

4. まとめ

本研究では、ゴムチップと繊維補強材を混合した複合地盤材料を開発し、その適用性を解析的に検討した。その結果、本材料が、大きなひずみ域に対しても強度と韌性が確保され地盤の安定性が期待できること、基礎直下や杭周部に適用することにより、建物と杭基礎の地震時応答を低減できることを示した。

<参考文献> 1) Iai, S. et al. : Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No.2, pp.1-15, 1992