

基礎構造形式が上部構造物の地震時挙動に与える影響について

— 地盤改良型直接基礎と杭基礎の応答特性の比較 —

大阪ガス(株) 正会員 ○山田 裕久、直井 彰秀
 (株)大林組 フェロー 松田 隆、鎌田 文男

1. はじめに

比較的軟弱な地盤に建設される工場施設には、杭基礎が多く用いられている。杭基礎は、長期安定性や地震時の並進・回転振動を抑制するのに有効である事は言うまでもない。一方、直接基礎は上部構造物の重量が地盤に伝達されるため、その拘束圧による支持地盤の剛性上昇と有効入力動低減が期待できる。そのため地盤改良によって長期安定性が確保できた場合、直接基礎は耐震性能が杭基礎に対して上回る可能性がある。本報告は、このような直接基礎の有効性を数値解析的検討によって示すものである。

2. 検討対象構造物と地盤条件

検討対象構造物は、厚さ 0.7m (幅 18.75m×奥行 20.5m) のスラブ上に総重量 4860ton の上部構造物が搭載される構造である (図-1 参照)。上部構造物の重心位置はスラブ上から 9.45m 上である。未改良部の地盤構成は、表-1 に示すように 15m 厚の埋土層の下に堆積層があるが、ここでは GL-86m の $V_s=420\text{m/sec}$ の層を工学的基盤面とした。地盤改良は、上部 15m にある液状化の可能性がある埋土層を対象に、N 値が 15 になるよう SPC 工法を行っている。ただし、構造物の近傍は敷地条件の制約でグラベルドレーンによる液状化対策を行っている。

3. 解析検討手法とモデル化

地震応答解析は等価線形化手法による 2 次元複素応答法を用いている。図-2 に解析モデルを示す。地盤改良部の物性は複合地盤として N 値=15 を元に道路橋示方書の ($V_s=80N^{1/3}$)より算定した。未改良部の液状化の影響は、事前に液状化判定を行い建築基礎構造設計指針に従い、初期剛性を減じている。グラベルドレーン区域に関しては、未改良部の剛性を適用し、液状化しないものとして剛性の低下は考慮しない値とした。

解析ケースは上記の地盤改良を施した直接基礎 (以下、「地盤改良」と) と、地盤改良せずに GL-21m の洪積砂層まで鋼管杭 ($\phi 600\text{mm}$, $t=12\text{mm}$, 3m ピッチ) を打設した「杭基礎」の 2 ケースである。解析に用いた入力地震動は、想定東海南海地震で、工学的基盤面での最大振幅は 157Gal である。

4. 解析結果

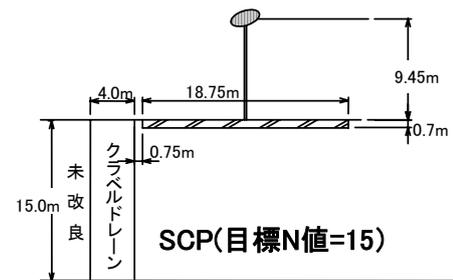
図-3 に応答波形を、表-2 に最大応答値の一覧を示す。基礎及び上部構造物及び基礎の加速度応答に関しては、地盤

表-1 地盤構成

深度 (GL-)	地層区分	せん断剛性
0~15	埋土	200Mpa
15~21	洪積粘性土	480Mpa
21~35	洪積砂質土	660Mpa
35~84	洪積粘性土	800Mpa

表-2 最大値の比較

項目	a:地盤改良	b:杭基礎	a/b
上部工加速度	251Gal	221Gal	1.14
基礎加速度	159Gal	182Gal	0.87
基礎変位	13.9cm	24.7cm	0.56
曲げモーメント	573MN*m	582MN*m	0.98



堆積層

図-1 検討対象構造物と周辺地盤の構成

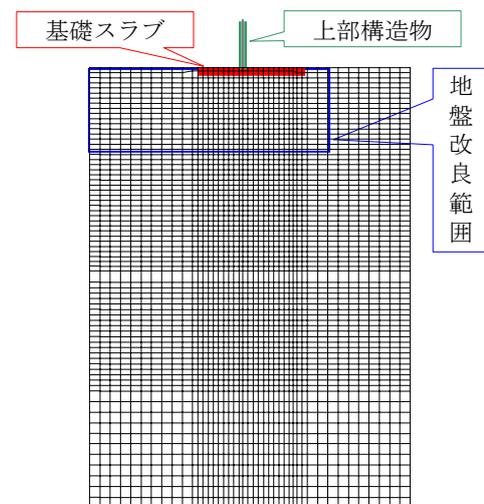


図-2 解析モデルメッシュ

キーワード 耐震設計、応答解析、工場施設、直接基礎、杭基礎、地盤改良

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL:0424-95-1090

改良は杭基礎に比べ短周期成分が大きくなっている。これは、杭基礎は直下地盤の液状化による周辺地盤の軟化による長周期化の影響と考えられる。最大応答加速度に関しては、基礎位置では杭基礎が大きく、上部構造物では地盤改良が大きくなっている。このことから、地盤改良(直接基礎)の場合、基礎への入力低減される一方、液状化を許す杭基礎とした場合、上部構造物に対しては地盤が免震的な役割を果たし上部構造物の応答加速度は低減されたと考えられる。

応答変位に関しては、明らかに地盤改良の方が小さくなっている。これは、地盤改良によって地盤の変位振幅が抑制されるのに対して、杭基礎の水平変位に対する抑止効果は小さいと考えられる。図-4に応答変位の振動数成分を示すが、主要成分である0.5Hz以下で地盤改良効果が明瞭に現れている。このことから、直接基礎の入力低減は、比較的高い振動数領域のみならず低振動数領域でも現れていることがわかる。

構造物に生じる断面力の最大値に関して、地盤改良と杭基礎に大きな差が生じてないことが表-2からわかる。ただし、杭基礎の場合、やや長周期的な振動成分があり、この繰り返し効果による杭基礎の安全性に関しては、更なる検討が必要である。

図-6に上部構造物の基礎に対する応答倍率(伝達関数)を示す。構造物全体の応答特性は、杭基礎の場合、長周期化していることが明瞭に現れている。また、地盤改良においては、2.5Hz以降で杭基礎より小さな伝達特性を示すことから、有効入力動の低減が示されていることがわかる。

5. まとめ

地震応答解析によって、従来多く用いられていた、軟弱地盤上の杭基礎が、地盤改良+直接基礎で耐震性能が向上できる可能性が示された。ただし、今回は特定の地盤条件下での検討であり、一般化には更なる検討が必要である。

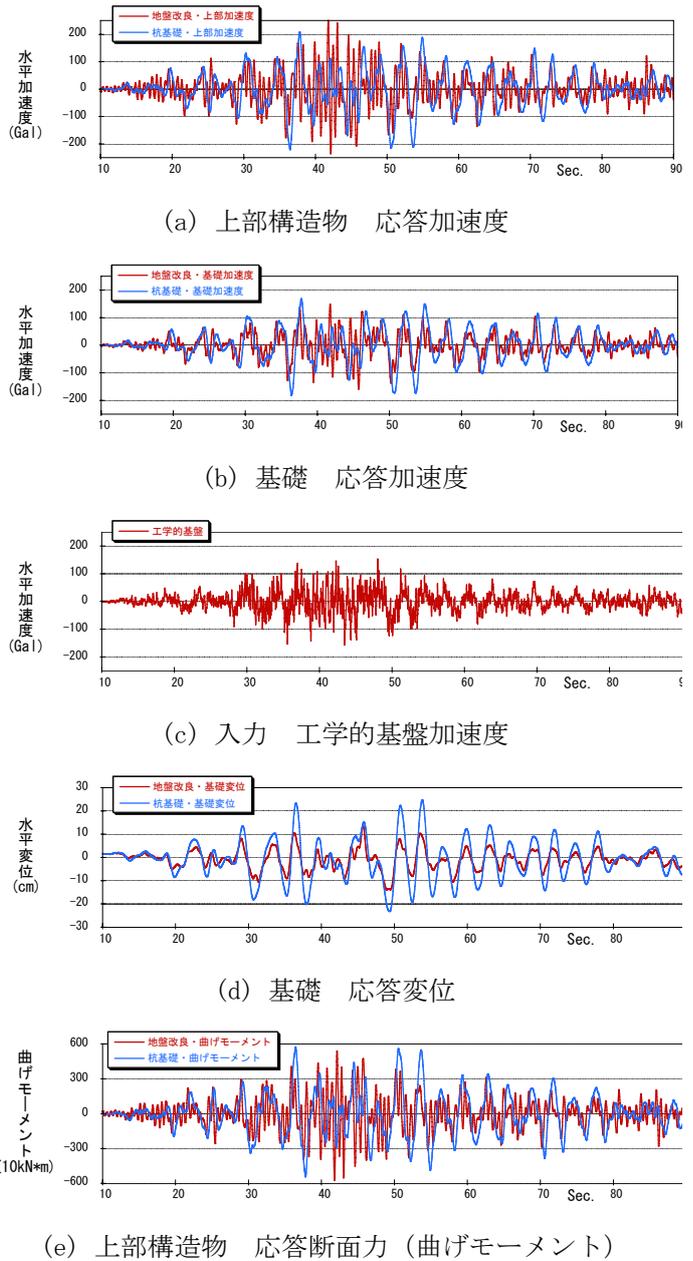


図-3 応答波形

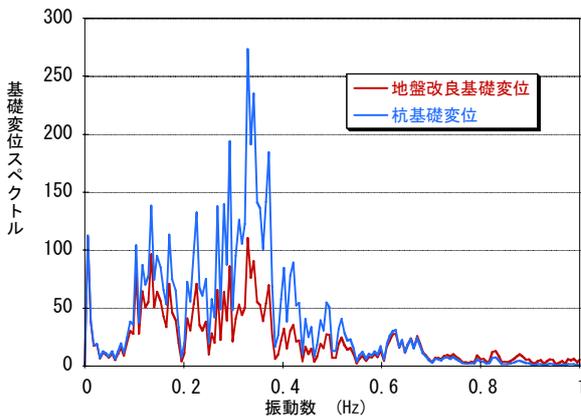


図-4 基礎変位振動数成分

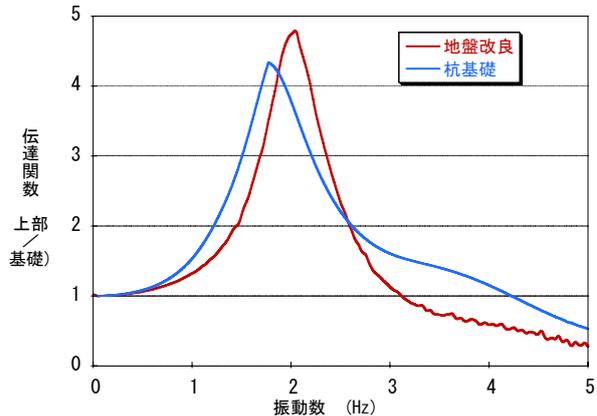


図-5 構造物の伝達関数