

I-B17

杭基礎-地盤系の非線形動的解析における一考察

鹿島 情報システム部 藤村和也 沖見芳秀

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、レベル2地震に対する耐震検討の必要性が高まっており、地盤を非線形材料とした非線形動的解析が行われつつある。このような解析で杭基礎-地盤系を対象とする場合は、3次元解析を行うことが望ましい。しかし実務上は、記憶容量などの制限から2次元解析が行われる場合が多い。このため本検討では、橋梁下部工を想定した仮定の杭基礎-地盤系を対象に、2次元解析と3次元解析の結果を比較した。

2. 解析方法

解析は複合非線形解析プログラム SLAP^{1),2)}に、地盤の非線形性を考慮できる3次元ソリッド要素を組み込んで行った。地盤の非線形モデルは相当せん断応力-相当ひずみ関係を、1次元の応力-ひずみ関係(本検討ではH-Dモデル)で記述するモデル³⁾を用いた。このモデルを用いることにより、水平面内のせん断応力だけでなく、多方向せん断、軸差応力の影響も比較的簡単にとり入れることができる。なお、液状化、杭体の非線形性については本検討では考慮していない。

3. 解析条件

解析対象は図-1に示す仮定の橋脚とし、杭、橋脚ともに線形はり要素、基礎は剛体でモデル化した。杭節点は同じ位置にある地盤節点と剛結した。図-2にモデル図を示す。2次元解析は、奥行きを基礎幅とする3次元モデルの1層をとりだし、奥行き方向を拘束して行った。

地盤条件を表-1に示す。非線形解析ではこの表をもとに、拘束圧依存性を考慮して各メッシュ位置での初期剛性、せん断強度を求めて物性値とした。線形解析については、SHAKEによる等価線形化解析を行い、得られた等価剛性・減衰から物性値を設定した。

入力地震動については、基盤入力地震動をポートアイランド基盤入射波形として、等価線形化解析で算定し、側方は周期境界、底部は固定境界として入射した。

解析は、(I)2D-線形、(II)3D-線形、(III)2D-非線形、(IV)3D-非線形の4ケース行い、主として杭の最大せん断力に着目して比較検討した。

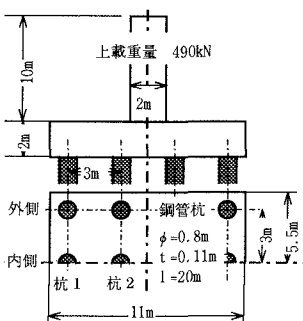


図-1 杭基礎モデル

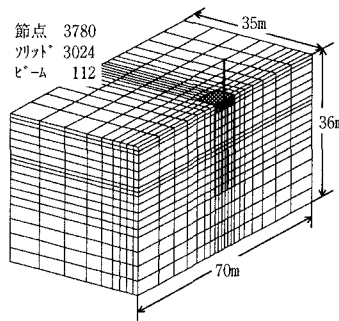


図-2 3次元解析モデル

表-1 地盤モデル

層圧 (m)	γ_t (kN/m ³)	N値 (m)	V_s (m)	G_0 (kPa)
1.0	18.13	10	217	86800
9.0	18.13	10	217	86800
2.0	18.62	3	134	34300
10.0	18.13	30	269	134000
14.0	18.13	50	306	173000
基盤	18.62	50	400	304000

注1) 地下水面は第2層の上面
注2) 弾性定数は、平均応力の0.5乗に比例するものとした

4. 解析結果

図-1中に示した杭1について、最大せん断力の分布を図-3に示す。全体の分布形状については、解析手法による違いは小さく、杭頭とG.L.-10m付近の弱層で大きな値が発生している。これらの位置での値は線形

キーワード 3次元地震応答解析, 非線形, 杭基礎

〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KIビル TEL 03-5561-2402 FAX 03-5561-2109

解析のほうが大きく、杭2についても同様であった。

次に杭頭部と弱層部について、最大値と分担比率を表－2、3に示す。分担比率は各杭の値の、杭4本分の合計値に対する比率で示している。

杭頭部をみると、杭4本分のせん断力の合計は解析手法によらず2000kN程度であるが、分担比率には違いがみられる。杭1と杭2の比率は、線形解析では解析次元によらず差が小さいのに対し、非線形解析では差がみられる。また外側と内側の比率も、線形解析では杭位置によってあまり変化しないが、非線形解析では異なっている。

一方、弱層部については、4本分のせん断力の合計が線形で2000kN、非線形で1200kN程度と異なっている。しかし分担比率を比較すると、杭1と杭2の比率は、線形、非線形解析とともに解析次元による差異はみられず、外側と内側の比率についても、線形、非線形解析のいずれでも杭位置による差異はみられない。

これらの差異を検討するため、基礎近傍について、表層と弱層の塑性化指数の最大値分布を図－4に示す。ここで塑性化指数は、相当せん断応力のせん断強度に対する比率である。自由地盤解析での値は表層で0.63、弱層で0.89であった。

表層については2次元、3次元解析のいずれでも、杭基礎のすぐ外側がもっとも塑性化していることがわかる。また、3次元解析では奥行き方向に分布が異なり、基礎内部においても2次元解析とは異なる傾向を示している。これは上部構造の影響であり、2次元と3次元解析の断面力比率の違いの要因になると考えられる。

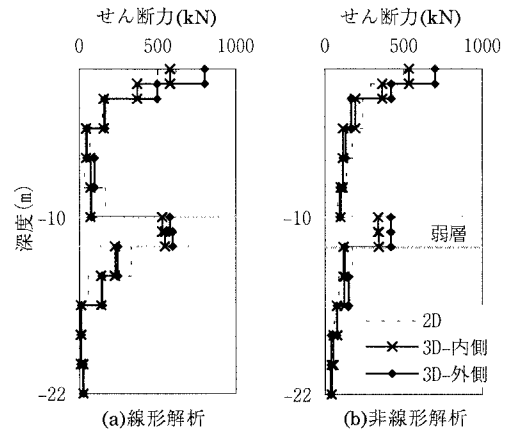
弱層部については、奥行き方向の塑性化指数の違い、2次元解析との違いのいずれも、表層に比べるとあまり大きくはない。これらのことから、ある程度の深さに達すると、上部工の影響が小さくなり、地盤の挙動が支配的になると考えられる。そのため、杭のせん断力分布も2次元と3次元解析であまり差異がみられなくなると考えられる。

5. おわりに

杭基礎－地盤系に対して、非線形動的解析を行い、2次元解析と3次元解析の差異について線形解析と比較した。その結果3次元非線形解析においては、表層で上部工の影響などにより、地盤の塑性化指数が奥行き方向に異なり、杭頭せん断力の分布が線形解析とは異なることがわかった。今後は地盤の液状化、杭の非線形性の影響も検討する予定である。

参考文献

- 1) 沖見芳秀ほか: 複合非線形フレーム解析システムの開発, 技術最前線, 土木学会誌, 1995.1
- 2) 沖見芳秀: RC梁せん断破壊における載荷点のモデル化について, 土木学会第53回年講, V-525, 1050-1051, 1998.10
- 3) 吉田望ほか: 多次元解析に用いる簡易な構成則, 第28回土質工学研究発表会, 1221-1224, 1993.5



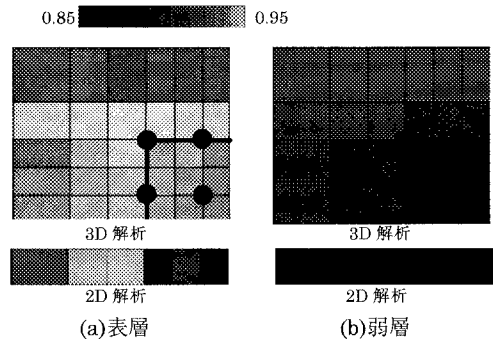
図－3 杭1の最大せん断力分布

表－2 杭頭せん断力

(a)最大せん断力(kN)					(b)分担比率				
	線形		非線形			線形		非線形	
	杭1	杭2	杭1	杭2		杭1	杭2	杭1	杭2
3D-外	801.2	498.4	701.2	369.6	3D-外	0.36	0.22	0.35	0.18
3D-内	579.3	356.3	534.7	400.8	3D-内	0.26	0.16	0.27	0.20
2D	616.4	378.1	509.1	504.7	2D	0.31	0.19	0.25	0.25

表－3 弱層部せん断力

(a)最大せん断力(kN)					(b)分担比率				
	線形		非線形			線形		非線形	
	杭1	杭2	杭1	杭2		杭1	杭2	杭1	杭2
3D-外	596.2	423.7	421.6	252.9	3D-外	0.30	0.22	0.34	0.20
3D-内	546.8	389.6	344.5	219.5	3D-内	0.28	0.20	0.28	0.18
2D	577.7	372.4	334.3	208.1	2D	0.30	0.20	0.31	0.19



図－4 塑性化指数分布