

【論点6】 設置変更許可段階で示したFLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

＜本論点の経緯＞

施設毎の液状化影響検討の組合せの設定フローをご説明した。使用済燃料乾式貯蔵建屋について、その設置位置での液状化強度特性に基づき「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」を設定した地層は、その液状化強度特性を用いる旨を説明した。

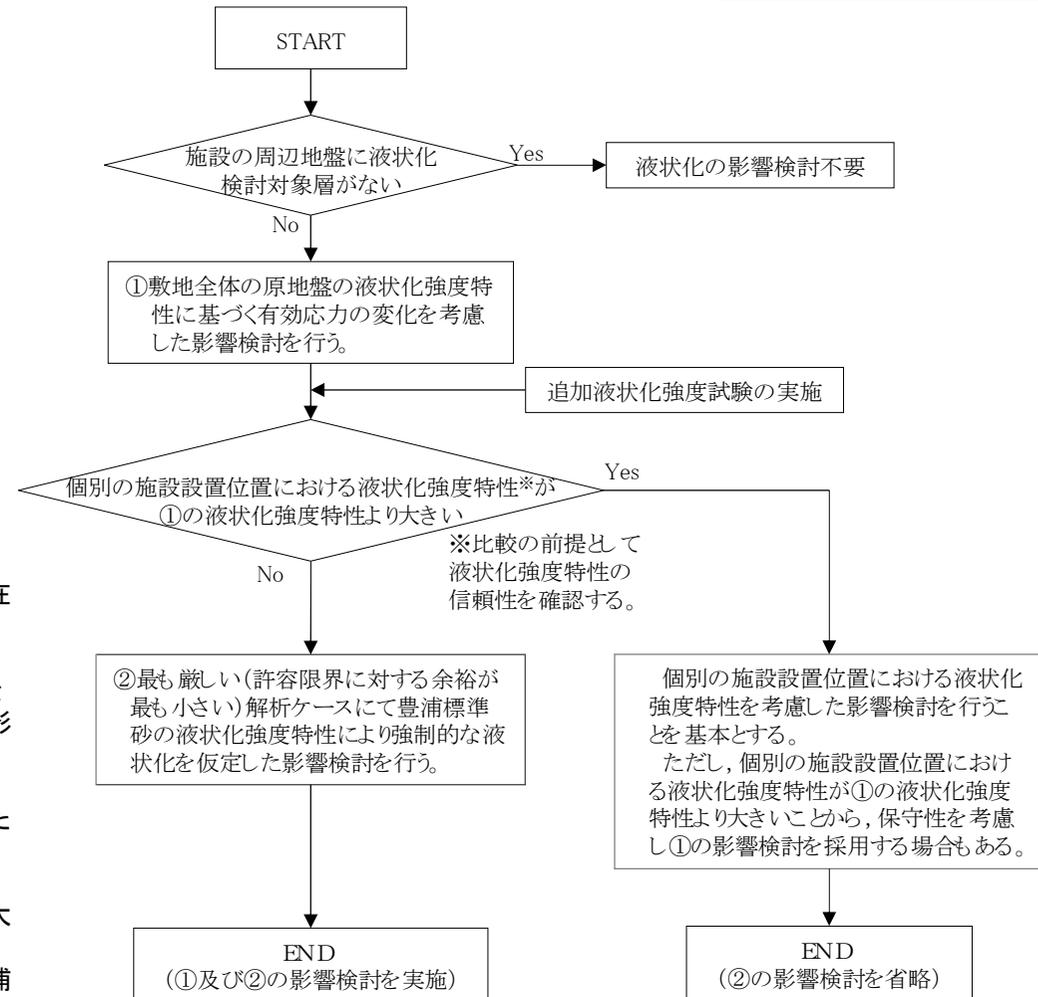
また、主排気筒については地盤改良により「液状化の影響検討不要」となる旨をご説明した。

＜コメント＞

使用済燃料乾式貯蔵建屋を個別の評価対象とした根拠(他の建屋を除外した理由も含む)及び地盤改良の有無について説明すること。

以下に施設毎の液状化影響検討の組合せの設定フローを示す。

- 施設の詳細設計において、その周辺地盤に液状化検討対象層が存在しない場合は、液状化の影響検討は不要とする。
- 上記に該当しない施設について、基準地震動 S_g に対して、敷地全体の原地盤に基づく液状化強度特性を用いた有効応力解析による影響検討を行う(①)
- 個別の施設設置位置の液状化強度特性について、信頼性を確認した上で、①の液状化強度特性より大きいかの確認を行う。
- 個別の施設設置位置の液状化強度特性が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができない場合は、①の検討において最も厳しい(許容限界に対する余裕が最も小さい)解析ケースに対して、豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により強制的な液状化を仮定した影響検討を追加で行う(②)。
- 個別の施設設置位置の液状化強度が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができた場合は、個別の施設設置位置における液状化強度特性を考慮した影響検討を行うことを基本とする。
ただし、保守性を考慮し、①の影響検討を採用する場合もある。



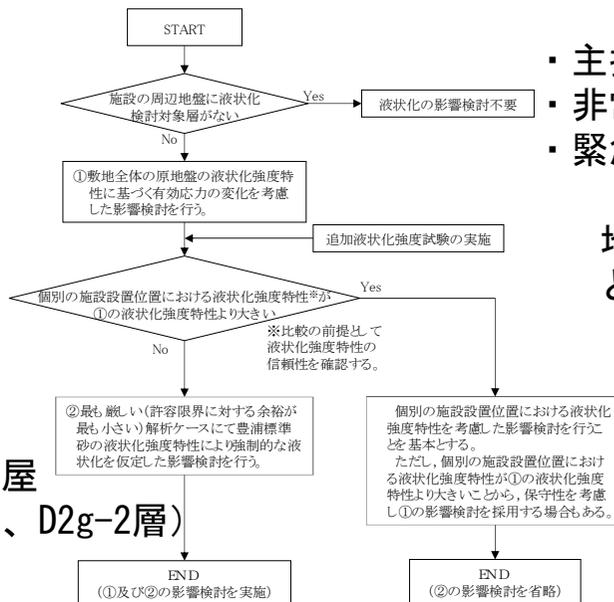
屋外重要土木構造物及び津波防護施設は(防潮堤)、敷地の広い範囲に亘って設置されること及び構造物数が多いことから、敷地全体の原地盤の液状化強度特性①による評価と豊浦標準砂の液状化強度特性②による評価を実施中。

使用済燃料乾式貯蔵建屋については、その設置位置での液状化強度特性に基づき「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」を設定した地層は、その液状化強度特性を用いる。(当該地層に「豊浦標準砂の液状化強度特性」は仮定しない。)

建物・構築物の杭基礎の液状化影響検討

- 杭基礎を有する建屋について液状化影響検討を行い、健全性を確認した。

No.	項目	評価方針	地盤改良
1	主排気筒	・地盤改良により、杭基礎周辺に液状化検討対象層がない状態とする。	セメント固化
2	非常用ガス処理系配管支持架構	・地盤改良により、杭基礎周辺に液状化検討対象層がない状態とする。	セメント固化
3	緊急時対策所建屋	・地盤改良により、杭基礎周辺に液状化検討対象層がない状態とする。	セメント固化 及び薬液注入
4	使用済燃料乾式貯蔵建屋	・地層ごとに地盤物性の設定方針を組み合わせ液状化検討を実施する。 設置位置での液状化強度特性が得られている地層（Ag2層、D2g-3層） ⇒液状化強度特性の信頼性を確認したうえで、その液状化強度特性を用いる。 設置位置での液状化強度特性が得られていない地層（du層、D2g-2層） ⇒豊浦標準砂の液状化強度特性による強制的な液状化を仮定して影響検討する。	—



- 主排気筒
- 非常用ガス処理系配管支持架構
- 緊急時対策所建屋

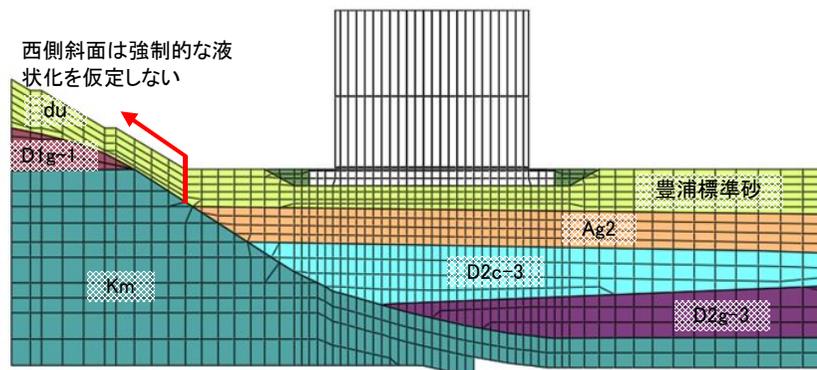
個別の施設設置位置における液状化強度特性がないため、敷地全体の原地盤の液状化強度特性を用いた検討を実施しないこととし、地盤改良により液状化が生じさせないようにする。

・ DC建屋
(du層、D2g-2層)

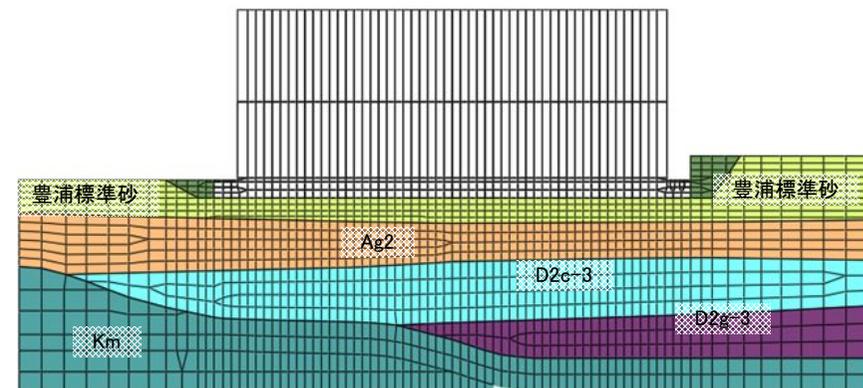
・ DC建屋
(Ag2層、D2g-3層)

使用済燃料乾式貯蔵建屋の液状化影響検討

No.	地層	液状化強度特性	設定の考え方	備考
1	Ag2	敷地全体の原地盤	施設位置での液状化強度特性あり	
2	D2g-3			
3	du (西側斜面以外)	豊浦標準砂	施設位置での液状化強度特性なし	
4	D2g-2			NS断面のみ
5	D2c-3			
6	lm	敷地全体の原地盤	液状化検討対象外 (粘土層)	EW断面のみ
7	D2c-2			NS断面のみ
8	du (西側斜面)	敷地全体の原地盤	杭基礎の健全性の検討を目的とすることから、斜面には強制的な液状化を仮定しない。	
9	D1g-1			EW断面のみ



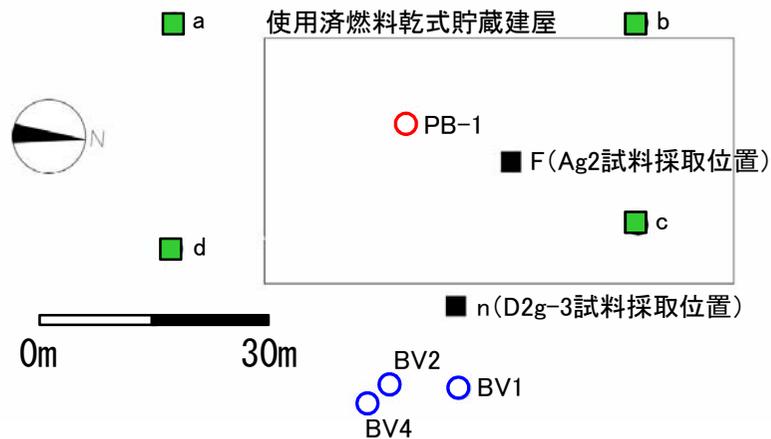
EW断面



NS断面

設置位置での液状化強度特性（試験位置の代表性）

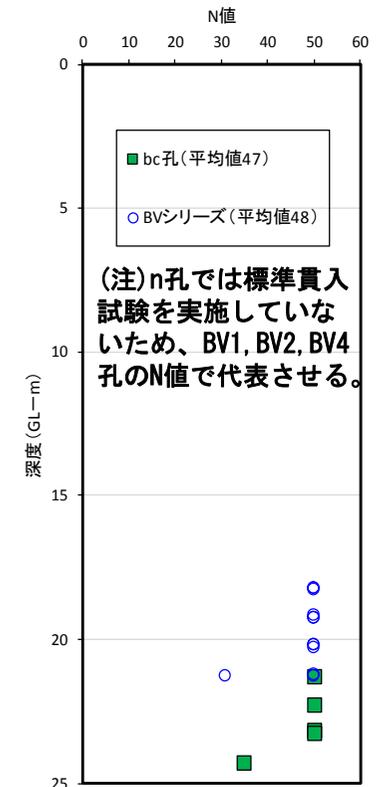
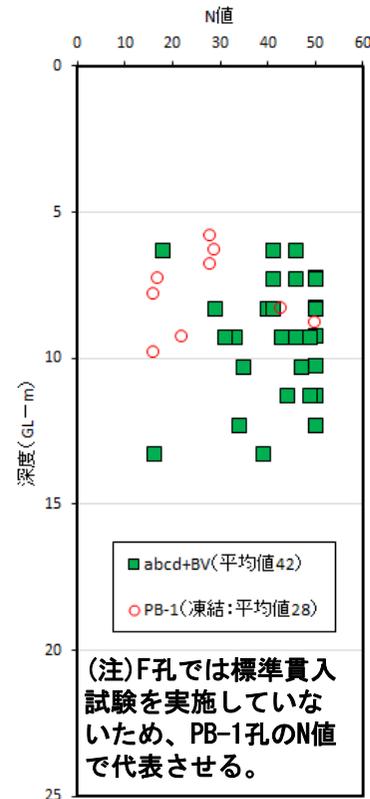
- 液状化強度特性の信頼性として、試験位置の代表性と液状化強度特性の信頼性について検討した。



建屋直下及び試料採取位置近傍での標準貫入試験位置

標準貫入試験結果の比較

地層	建屋直下	試験位置近傍
Ag2層	42 (サンプル数32)	28 (サンプル数9)
D2g-3層	47 (サンプル数5)	48 (サンプル数12)



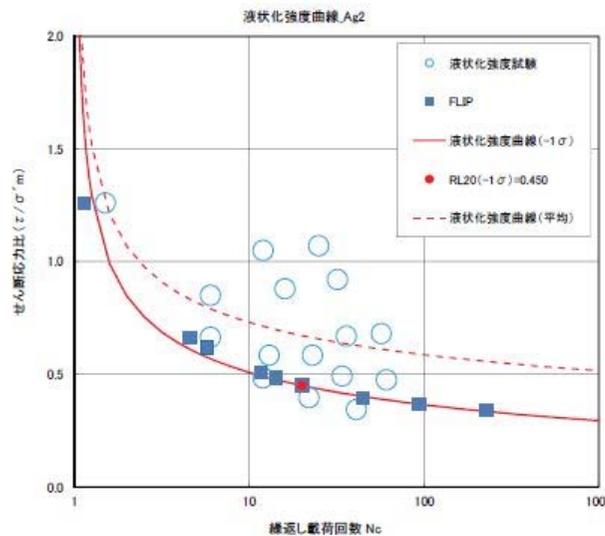
試験位置近傍でのN値は、その他の位置でのN値と同程度かやや小さい傾向にあるため、試験位置は建屋近傍の地盤に対して代表性がある。

設置位置での液状化強度特性（液状化強度特性の信頼性）

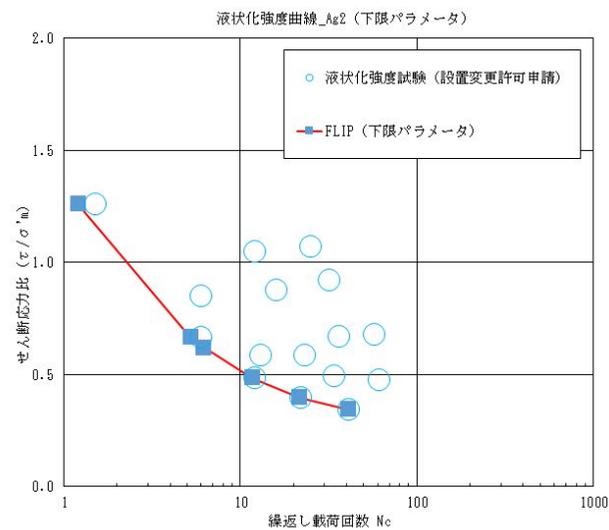
敷地全体の原地盤の液状化強度特性について、液状化強度試験の結果にばらつきを考慮し、 -1σ 相当の液状化強度曲線を設定している。

Ag2層：設定した液状化強度曲線を下回る試験データがあることを踏まえ、試験データの下限を包絡する液状化強度曲線を再設定し信頼性を確保する。

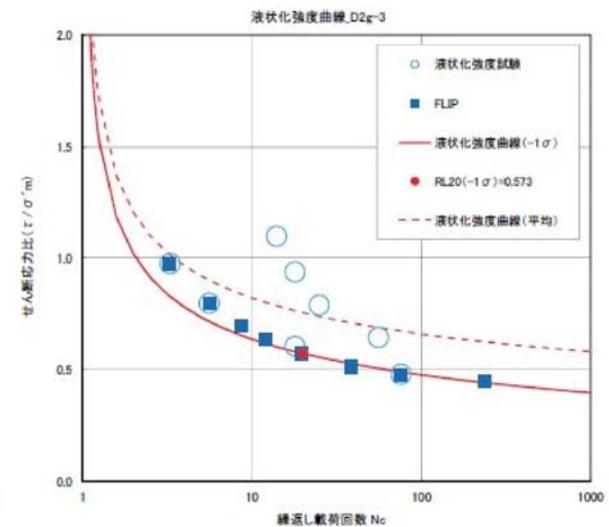
D2g-3層：設定した影響化強度曲線が試験データの下限を概ね包絡しており信頼性があることを確認した。



Ag2層 (-1σ 相当)



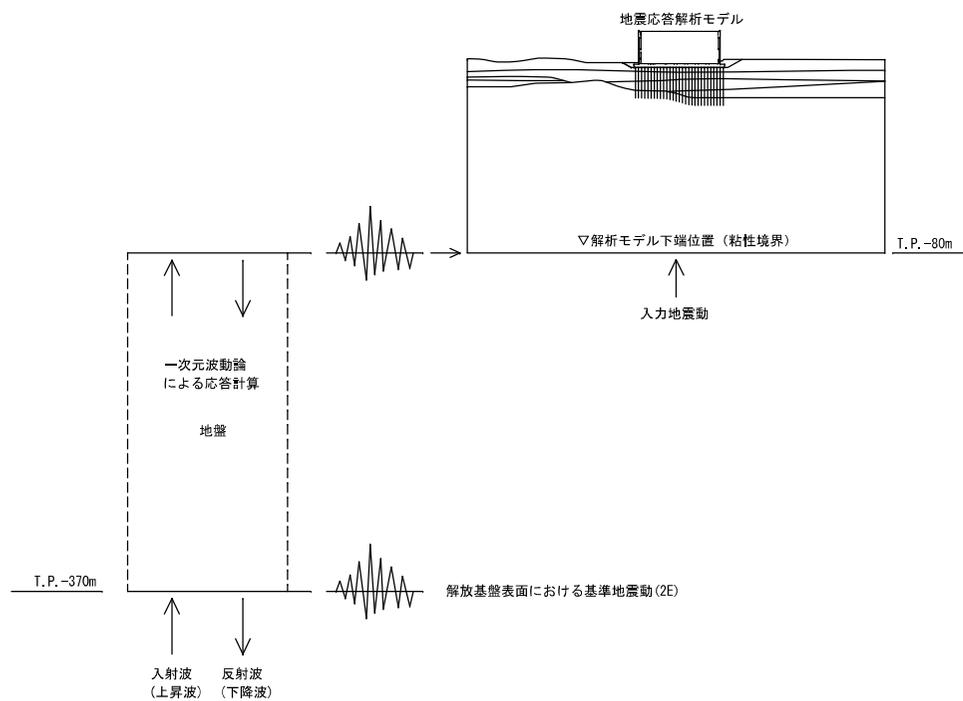
Ag2層 (下限)



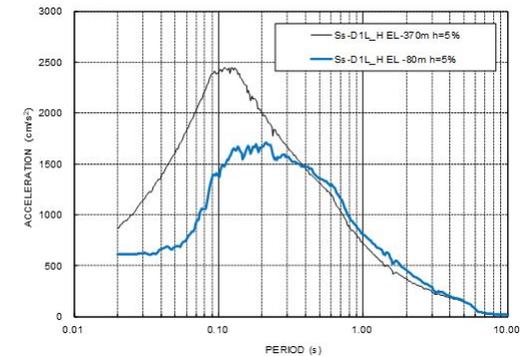
D2g-3層 (-1σ 相当)

■ 有効応力解析概要

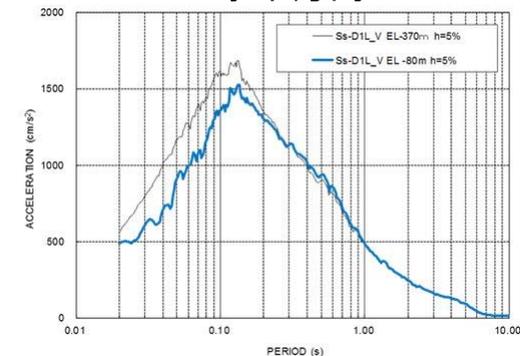
有効応力解析において、建屋周辺のEL-80m以浅をモデル化する。解析モデルへの入力地震動は、下図に示すように解放基盤表面(EL-370m)で定義される基準地震動を一次元波動論によって有効応力解析モデルの底面位置(EL-80m)で評価した応答波を用いる。本検討で用いる基準地震動は、主要動の継続時間が最も長いSs-D1を代表として選定する。水平及び上下方向の入力地震動を同時に入力する。算定した入力地震動を以下に示す。



入力地震動算定の概念図



水平方向



上下方向

基準地震動と解析モデル底面位置での
入力地震動の加速度応答スペクトルの比較

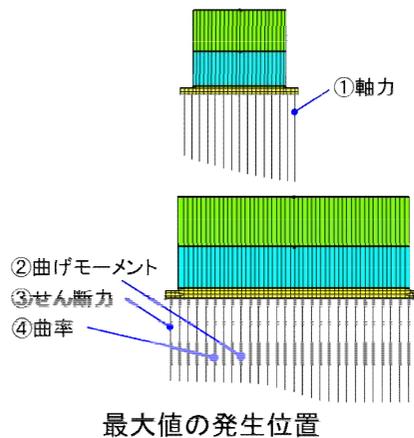
■ 杭の健全性評価方針

1. 鋼管杭に対する許容限界

鋼管杭に対する健全性は、杭体の曲げモーメントが軸力を考慮した全塑性モーメント以内(右表②)あるいは全塑性モーメントに達する場合には杭体の曲率が終局曲率以内であること(右表④)を確認する。終局曲率は軸力に依存する値であり、局部座屈が発生する点として定義される。また、杭のせん断力が終局せん断耐力以下であること(右表③)を確認する。

2. 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

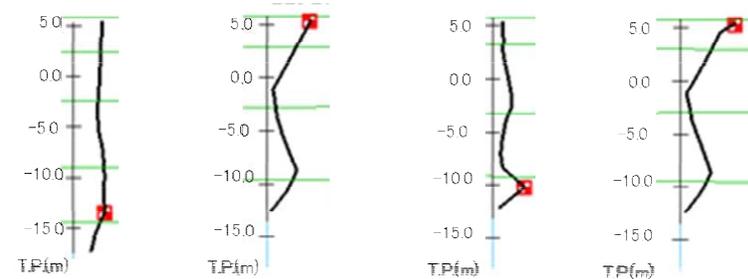
基礎地盤の支持性能に対する健全性は、杭に作用する最大鉛直力が杭の鉛直載荷試験で得られた極限支持力以下であること(右表①)を確認する。



■ 杭の健全性評価結果

FLIP解析で得られた杭の最大応答値の一覧を以下に示す。

No.	① N(軸力)	② M(曲げモーメント)	③ Q(せん断力)	④ Φ (杭曲率)
方向	EW	NS	NS	NS
杭位置	東端の杭	南端から9列目の杭	南端の杭	南端から6列目の杭
発生値	1600 (kN)	2290 (kN-m)	354 (kN)	0.00521 (1/m)
許容限界	2740 (kN)	2290 (kN-m)	2350 (kN)	0.0171 (1/m)



杭応力及び杭曲率の深さ方向分布

■ FLIP解析で得られた杭の最大応答値は評価基準値以内に収まっていることから、杭の健全性を確認できた。