

リサイクル燃料貯蔵株式会社	
提出日	2022年3月9日
管理表No.	0209-74 改訂00

項目	コメント内容
耐震 (第7条)	SHAKEの問題点を挙げ、これらが問題ないレベルか、あるいはどのように解決されているか説明すること（例えば、加速度の過大・過小評価、材料特性の非線形性）。

(回答)

SHAKEは、一次元波動理論を用いた地盤の地震応答解析を行う解析コードであり、周波数領域で地盤応答を求める解析コードである。地盤の非線形性（地盤ひずみ度に応じた地盤剛性及び減衰）を等価線形解析で考慮する。

JEAC 4601-2008の「第3章 建物・構築物の耐震設計」のうち、「3.5.3 地盤の地震応答解析」の項には、以下の記載がある。

「参考資料 3.3 に示すように、支持地盤の剛性低下率の平均値が0.7を下回らない範囲では、R-Oモデルを用いた時刻歴非線形解析と等価線形解析の結果に大きな差がないことから、等価線形解析の適用範囲を支持地盤の剛性低下率の平均値で0.7を下回らない範囲とした。」

基準地震動毎に整理した地盤モデルを表1に示す。

これらのモデルの地盤の剛性低下率は、いずれも0.7を下回らないことから、適用範囲にあると考えている。

また、「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計（日本建築学会 2006年）」には、以下の記載がある。

「等価線形解析（SHAKE）の適用に関する注意点として、特に地盤が軟弱で地震動のレベルが大きい場合に、土のせん断歪みが増大すると観測値との差が大きくなることが報告されている。等価線形解析の適用できるせん断歪みの上限は0.1～1%といわれており、せん断歪みが適用限界を超える場合は、次項の逐次非線形解析を用いることも必要であろう。」

基準地震動 S_s に対する、等価線形解析による地盤のせん断ひずみ分布を図1に示す。せん断ひずみの最大値は S_s-B1H における0.17%であり、等価線形解析が適用できるせん断ひずみの上限である0.1～1%を超えない値となっている。

以上

表 1(1) 地盤モデル

標高 T.P. (m)	地層名	地盤 分類	密度 γ (g/cm ³)	初期せん断 弾性係数 G_0 (kN/m ²)	初期 ポアソン比 ν_0	剛性低下率*1 G/G_0		等価せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	等価減衰定数*1 h (%)	
13.8	田名部層	Tn ₃	1.91	284,000	0.47	0.911	→ 0.9	256,000	3.233	→ 3.0
13.5		Tn ₂	1.92	376,000	0.45	0.820	→ 0.8	301,000	3.754	→ 3.0
7.0	砂子又層	Sn ₄	1.82	409,000	0.45	0.711	→ 0.7	286,000	6.235	→ 6.0
-39.5		Sn ₃	1.83	655,000	0.44	0.788	→ 0.8	524,000	4.221	→ 4.0
-122.0		Sn ₂	2.01	1,230,000	0.41	0.773	→ 0.8	984,000	3.767	→ 3.0
-140.0		Sn ₁	1.77	847,000	0.42	0.806	→ 0.8	678,000	3.454	→ 3.0
-218.0		解放基盤	1.99	1,274,000	0.41	1.000	→ 1.0	1,274,000	0.0	→ 0.0

注記*1：等価線形解析での収束値を地層毎に層厚重み付け平均した値。
剛性低下率 G/G_0 は小数点以下第2位を四捨五入、減衰定数 h は小数点以下第1位を切り捨てとした端数処理。

Ss-A

標高 T.P. (m)	地層名	地盤 分類	密度 γ (g/cm ³)	初期せん断 弾性係数 G_0 (kN/m ²)	初期 ポアソン比 ν_0	剛性低下率*1 G/G_0		等価せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	等価減衰定数*1 h (%)	
13.8	田名部層	Tn ₃	1.91	284,000	0.47	0.909	→ 0.9	256,000	3.267	→ 3.0
13.5		Tn ₂	1.92	376,000	0.45	0.818	→ 0.8	301,000	3.815	→ 3.0
7.0	砂子又層	Sn ₄	1.82	409,000	0.45	0.693	→ 0.7	286,000	6.452	→ 6.0
-39.5		Sn ₃	1.83	655,000	0.44	0.799	→ 0.8	524,000	4.076	→ 4.0
-122.0		Sn ₂	2.01	1,230,000	0.41	0.824	→ 0.8	984,000	3.333	→ 3.0
-140.0		Sn ₁	1.77	847,000	0.42	0.854	→ 0.9	762,000	2.838	→ 2.0
-218.0		解放基盤	1.99	1,274,000	0.41	1.000	→ 1.0	1,274,000	0.0	→ 0.0

注記*1：等価線形解析での収束値を地層毎に層厚重み付け平均した値。
剛性低下率 G/G_0 は小数点以下第2位を四捨五入、減衰定数 h は小数点以下第1位を切り捨てとした端数処理。

Ss-B1

表 1(2) 地盤モデル

標高 T.P. (m)	地層名	地盤 分類	密度 γ (g/cm ³)	初期せん断 弾性係数 G_0 (kN/m ²)	初期 ポアソン比 ν_0	剛性低下率* ¹ G/G_0		等価せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	等価減衰定数* ¹ h (%)			
13.8	田名部層	Tn ₃	1.91	284,000	0.47	0.934	→	0.9	256,000	2.900	→	2.0
13.5		Tn ₂	1.92	376,000	0.45	0.874	→	0.9	338,000	2.462	→	2.0
7.0	砂子又層	Sn ₄	1.82	409,000	0.45	0.793	→	0.8	327,000	4.065	→	4.0
-39.5		Sn ₃	1.83	655,000	0.44	0.820	→	0.8	524,000	2.636	→	2.0
-122.0		Sn ₂	2.01	1,230,000	0.41	0.776	→	0.8	984,000	2.833	→	2.0
-140.0		Sn ₁	1.77	847,000	0.42	0.813	→	0.8	678,000	2.038	→	2.0
-218.0		解放基盤	1.99	1,274,000	0.41	1.000	→	1.0	1,274,000	0.0	→	0.0

注記*1 : 等価線形解析での収束値を地層毎に層厚重み付け平均した値。
剛性低下率G/G₀は小数点以下第2位を四捨五入、減衰定数hは小数点以下第1位を切り捨てとした端数処理。

Ss-B2

標高 T.P. (m)	地層名	地盤 分類	密度 γ (g/cm ³)	初期せん断 弾性係数 G_0 (kN/m ²)	初期 ポアソン比 ν_0	剛性低下率* ¹ G/G_0		等価せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	等価減衰定数* ¹ h (%)			
13.8	田名部層	Tn ₃	1.91	284,000	0.47	0.935	→	0.9	256,000	2.900	→	2.0
13.5		Tn ₂	1.92	376,000	0.45	0.875	→	0.9	338,000	2.638	→	2.0
7.0	砂子又層	Sn ₄	1.82	409,000	0.45	0.799	→	0.8	327,000	4.781	→	4.0
-39.5		Sn ₃	1.83	655,000	0.44	0.867	→	0.9	590,000	3.058	→	3.0
-122.0		Sn ₂	2.01	1,230,000	0.41	0.864	→	0.9	1,107,000	2.900	→	2.0
-140.0		Sn ₁	1.77	847,000	0.42	0.900	→	0.9	762,000	2.138	→	2.0
-218.0		解放基盤	1.99	1,274,000	0.41	1.000	→	1.0	1,274,000	0.0	→	0.0

注記*1 : 等価線形解析での収束値を地層毎に層厚重み付け平均した値。
剛性低下率G/G₀は小数点以下第2位を四捨五入、減衰定数hは小数点以下第1位を切り捨てとした端数処理。

Ss-B3

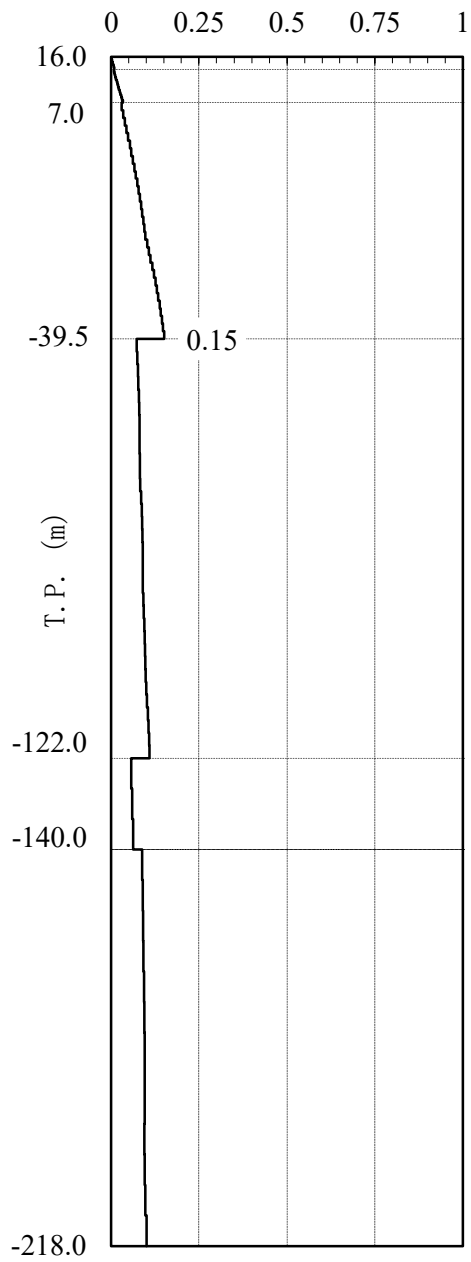
表 1(3) 地盤モデル

標高 T.P. (m)	地層名	地盤 分類	密度 γ (g/cm ³)	初期せん断 弾性係数 G_0 (kN/m ²)	初期 ポアソン比 ν_0	剛性低下率* ¹ G/G_0		等価せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	等価減衰定数* ¹ h (%)			
13.8	田名部層	Tn ₃	1.91	284,000	0.47	0.920	→	0.9	256,000	3.033	→	3.0
13.5		Tn ₂	1.92	376,000	0.45	0.843	→	0.8	301,000	2.931	→	2.0
7.0	砂子又層	Sn ₄	1.82	409,000	0.45	0.776	→	0.8	327,000	4.639	→	4.0
-39.5		Sn ₃	1.83	655,000	0.44	0.881	→	0.9	590,000	2.979	→	2.0
-122.0		Sn ₂	2.01	1,230,000	0.41	0.861	→	0.9	1,107,000	3.000	→	3.0
-140.0		Sn ₁	1.77	847,000	0.42	0.879	→	0.9	762,000	2.162	→	2.0
-218.0		解放基盤	1.99	1,274,000	0.41	1.000	→	1.0	1,274,000	0.0	→	0.0

注記*1 : 等価線形解析での収束値を地層毎に層厚重み付き平均した値。
剛性低下率 G/G_0 は小数点以下第2位を四捨五入、減衰定数 h は小数点以下第1位を切り捨てとした端数処理。

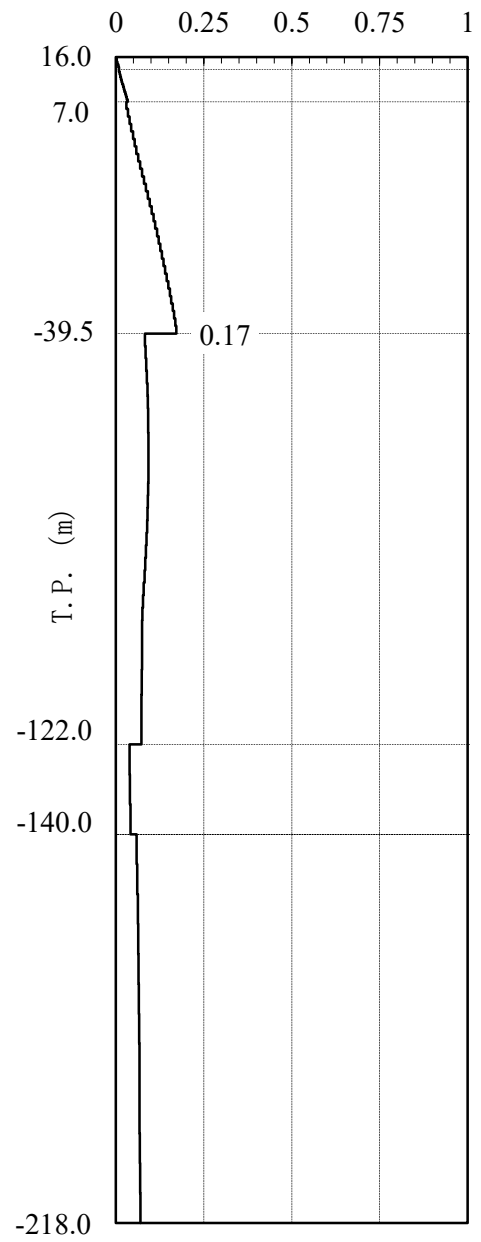
Ss-B4

最大せん断ひずみ(%)



(a) Ss-AH

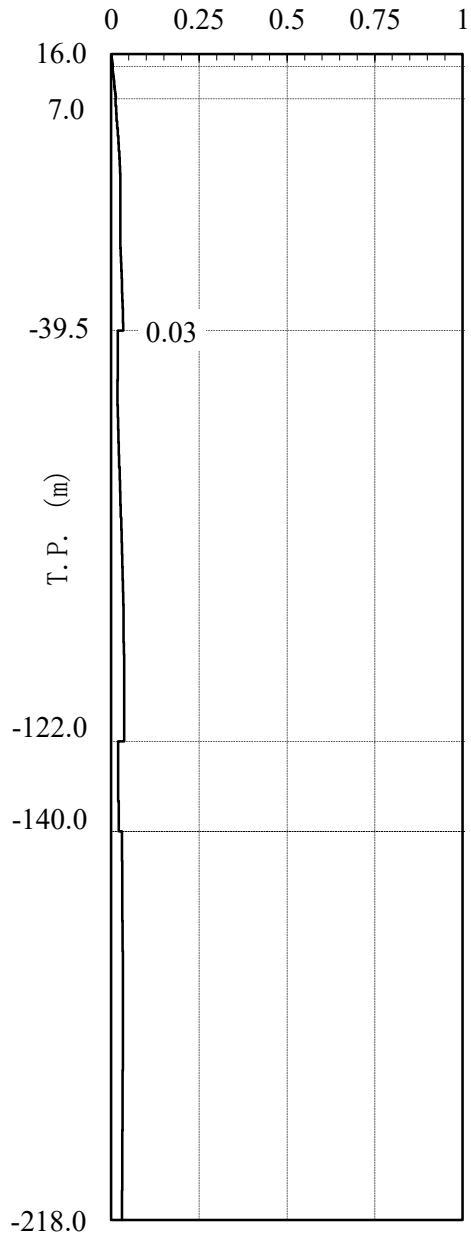
最大せん断ひずみ(%)



(b) Ss-B1H

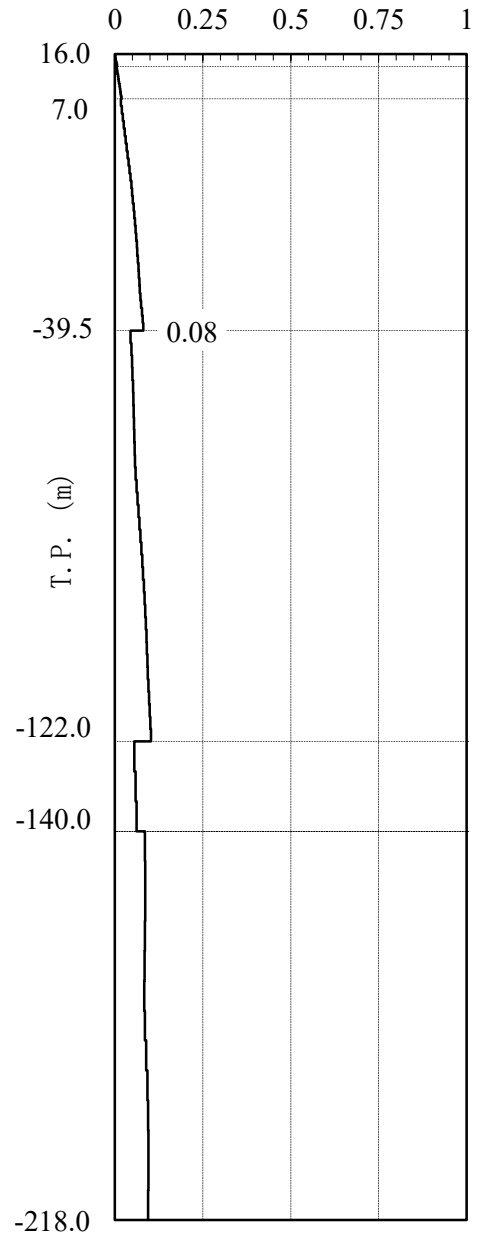
図1(1) 等価線形解析による地盤のひずみ分布

最大せん断ひずみ (%)



(c) Ss-B2H1

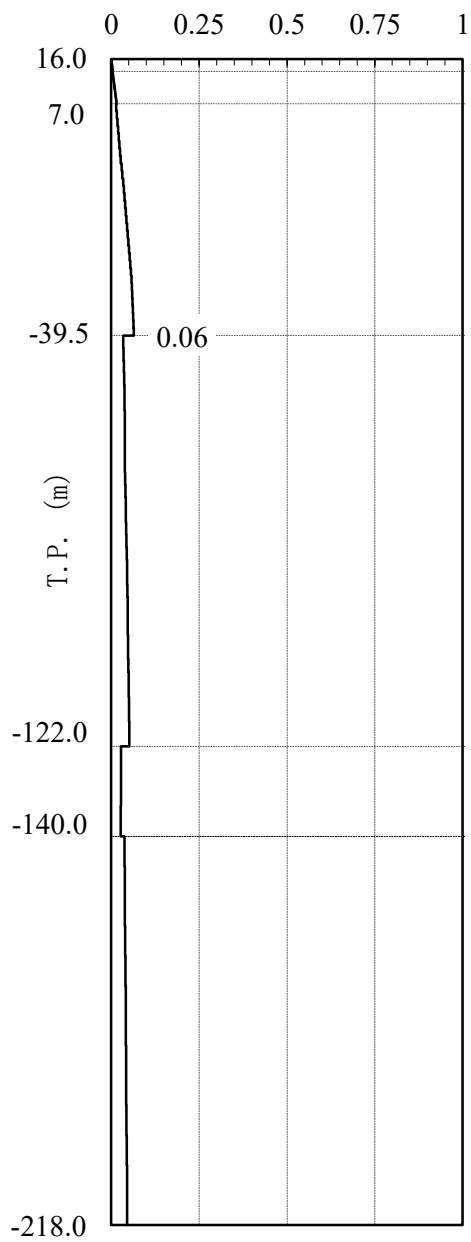
最大せん断ひずみ (%)



(d) Ss-B2H2

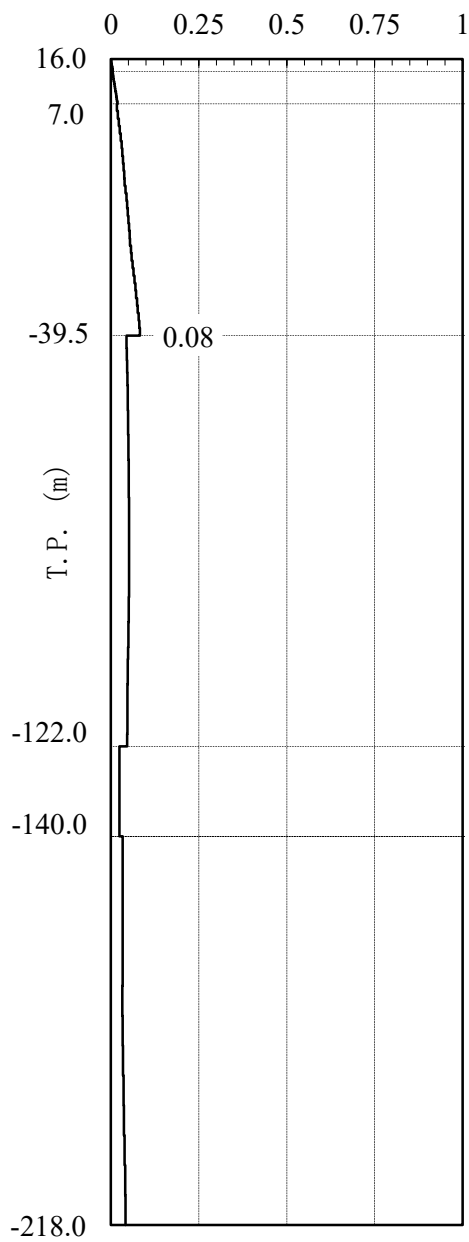
図 1(2) 等価線形解析による地盤のひずみ分布

最大せん断ひずみ (%)



(e) Ss-B3H1

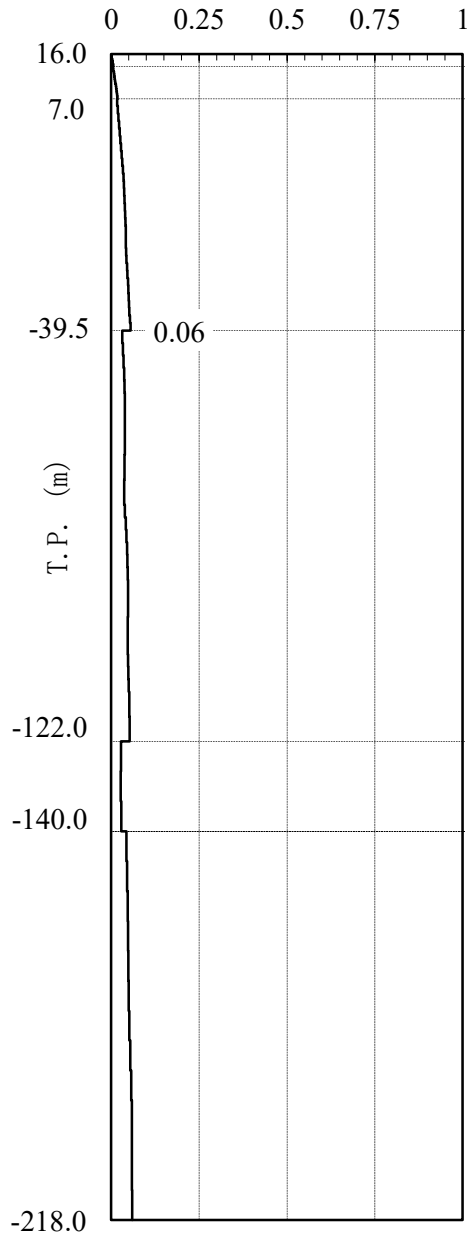
最大せん断ひずみ (%)



(f) Ss-B3H2

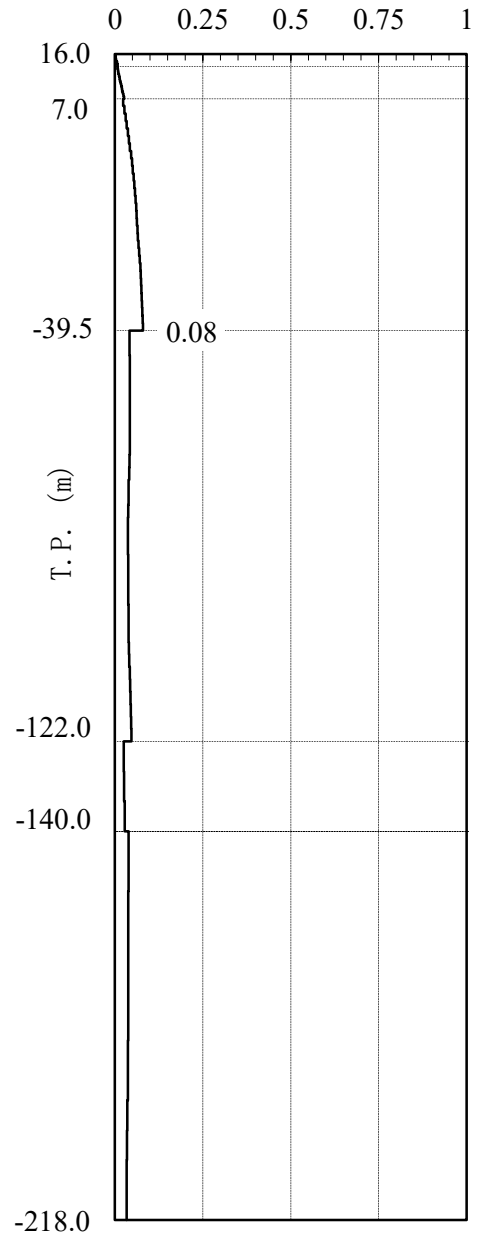
図1(3) 等価線形解析による地盤のひずみ分布

最大せん断ひずみ (%)



(g) Ss-B4H1

最大せん断ひずみ (%)



(h) Ss-B4H2

図1(4) 等価線形解析による地盤のひずみ分布