

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について

【補足説明資料】

平成29年8月7日
日本原子力発電株式会社

目 次

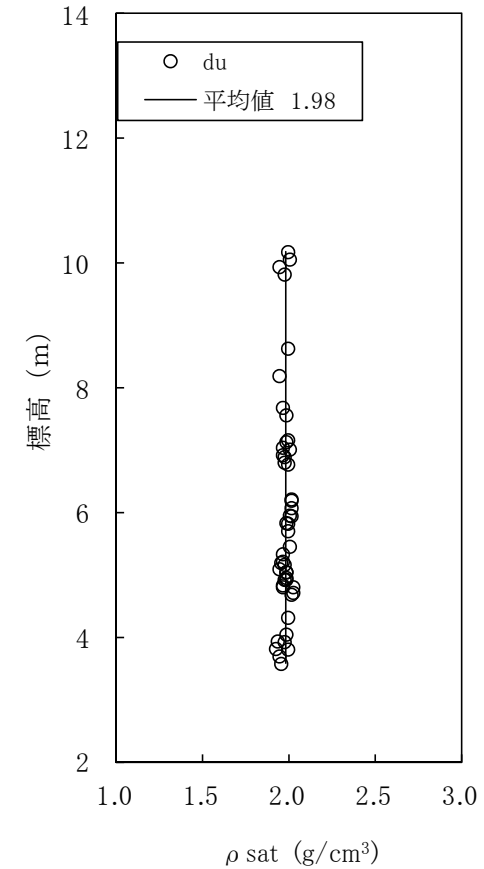
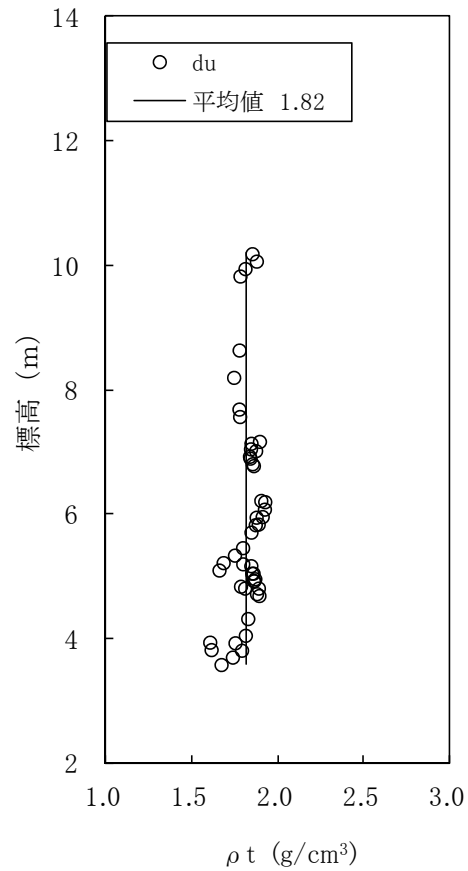
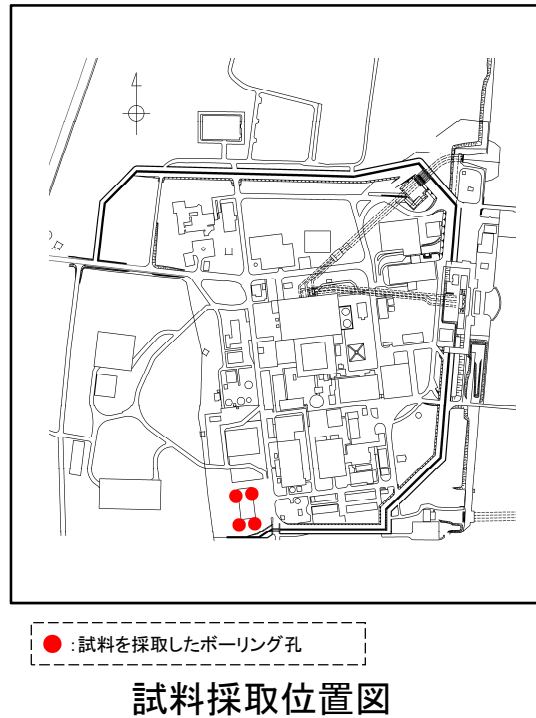
1. 解析用物性値の設定に関する補足	.....	3
2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足	.....	43
3. 地殻変動評価に関する補足	.....	50
4. 周辺斜面の安定性評価に関する補足	.....	54

目 次

1. 解析用物性値の設定に関する補足	.....	3
2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足	.....	43
3. 地殻変動評価に関する補足	.....	50
4. 周辺斜面の安定性評価に関する補足	.....	54

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の物理特性 (du層)

■ du層の密度は、ボーリングコア試料による物理試験に基づき設定した。

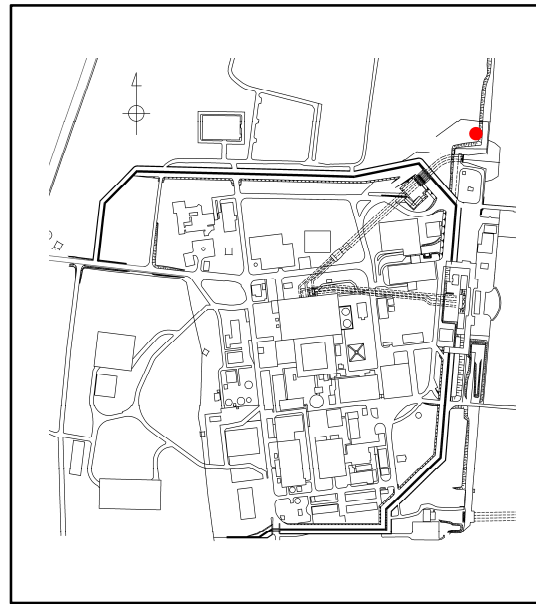


du層の密度

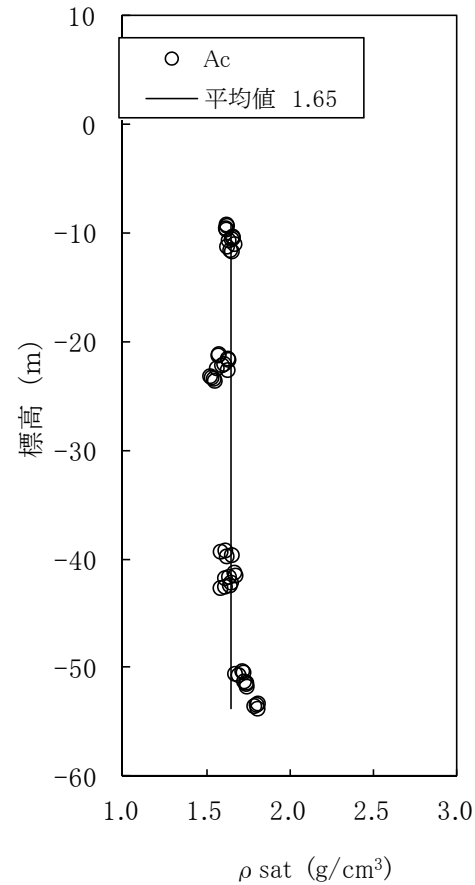
1. 解析用物性値の設定に関する補足

地盤の物理特性 (Ac層及びAs層)

■ Ac層及びAs層の密度は、ボーリングコア試料による物理試験に基づき設定した。

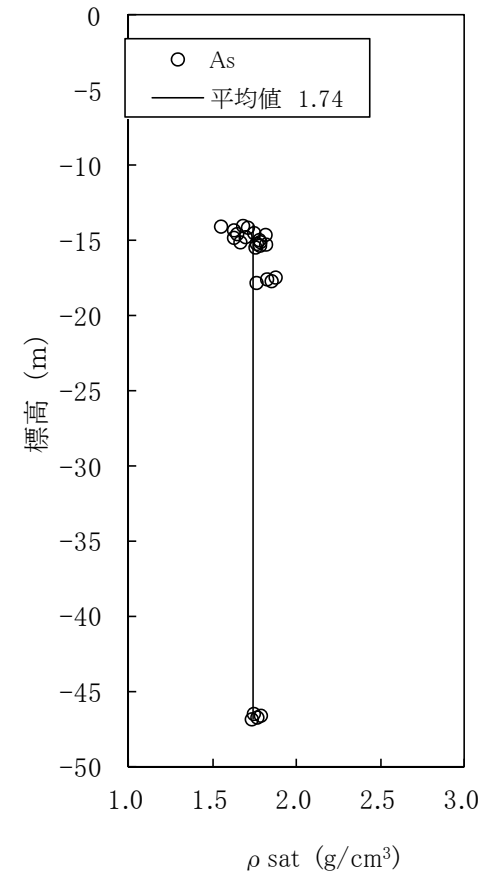


試料採取位置図



(飽和状態)

Ac層の密度

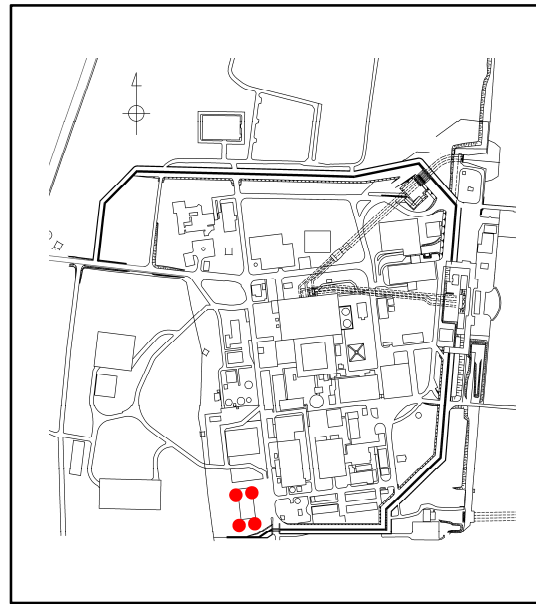


(飽和状態)

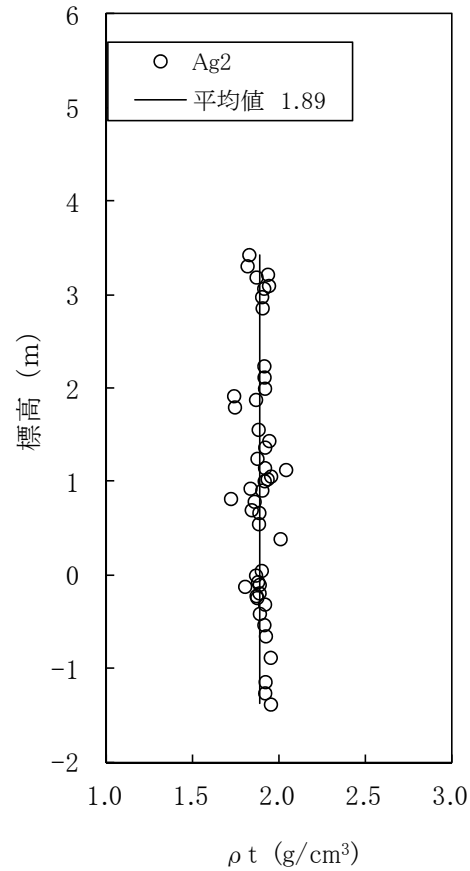
As層の密度

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の物理特性 (Ag2層)

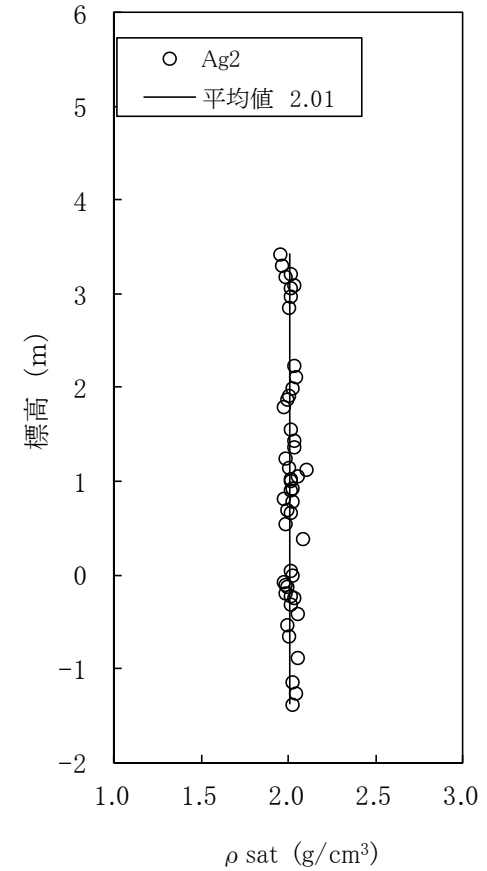
■ Ag2層の密度は、ボーリングコア試料による物理試験に基づき設定した。



試料採取位置図



(湿潤状態)



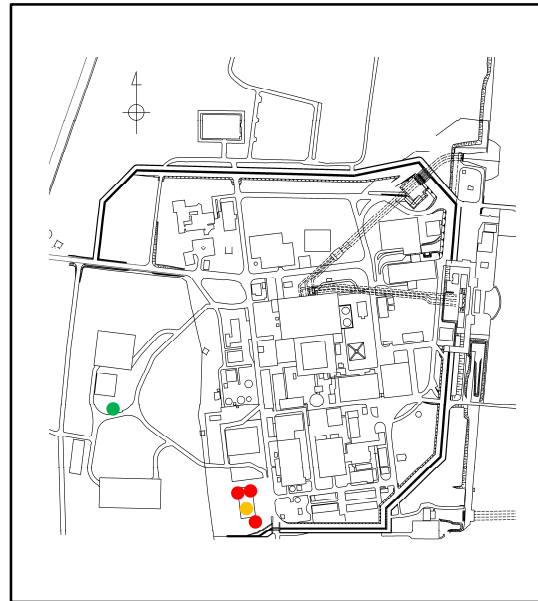
(飽和状態)

Ag2層の密度

1. 解析用物性値の設定に関する補足

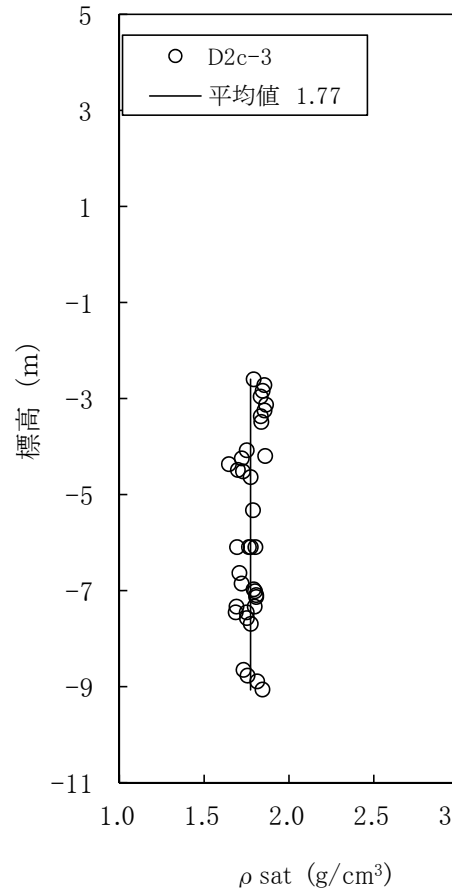
地盤の物理特性(D2c-3層, D2s-3層及びD2g-3層)

■ D2c-3層, D2s-3層及びD2g-3層の密度は, ボーリングコア試料による物理試験に基づき設定した。



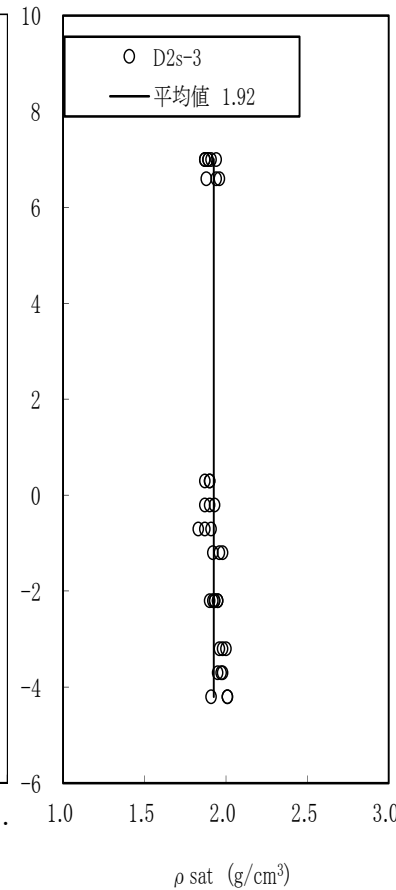
- : 試料を採取したボーリング孔(D2c-3)
- : 試料を採取したボーリング孔(D2s-3)
- : 試料を採取した立坑(D2g-3)

試料採取位置図



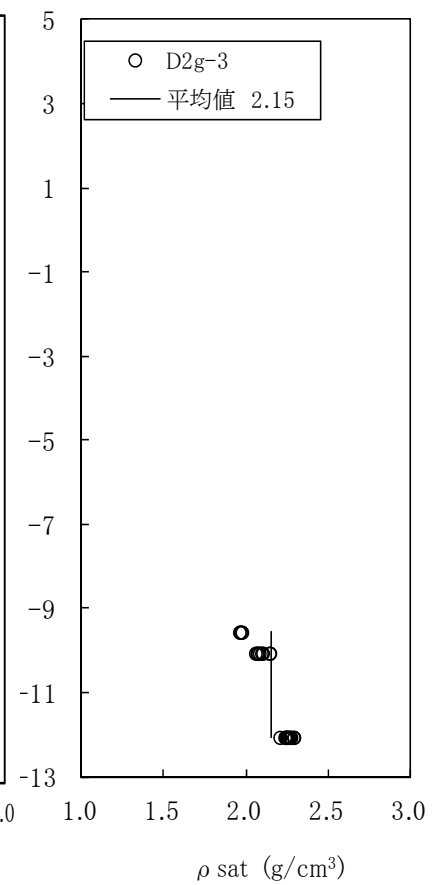
(飽和状態)

D2c-3層の密度



(飽和状態)

D2s-3層の密度

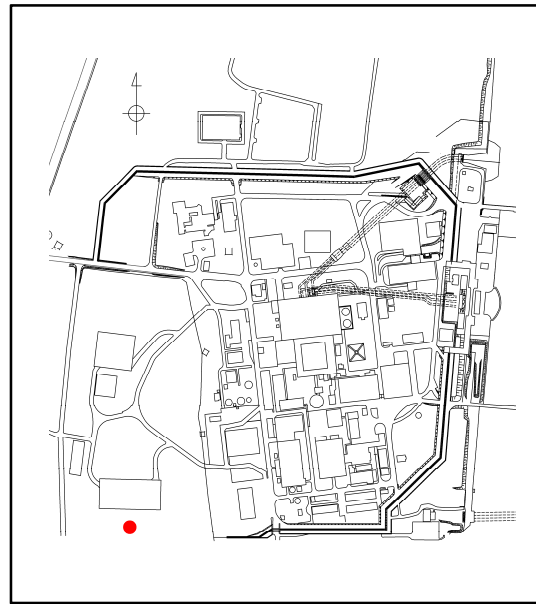


(飽和状態)

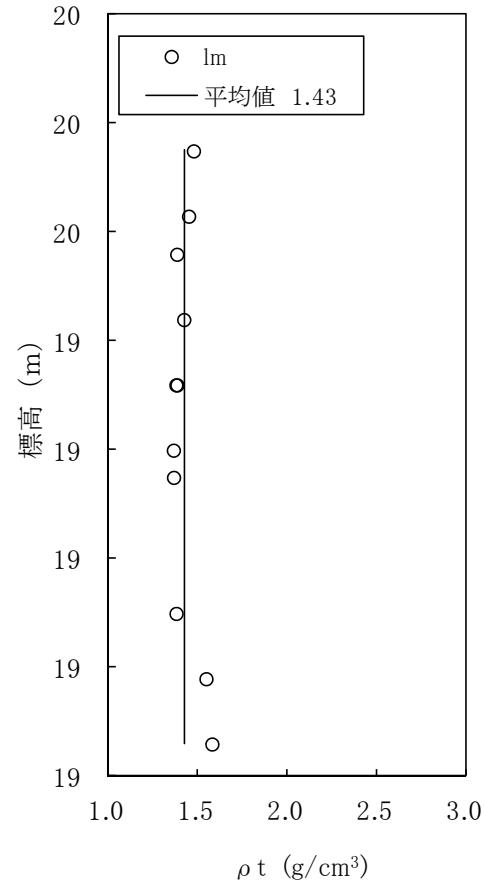
D2g-3層の密度

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の物理特性 (lm層)

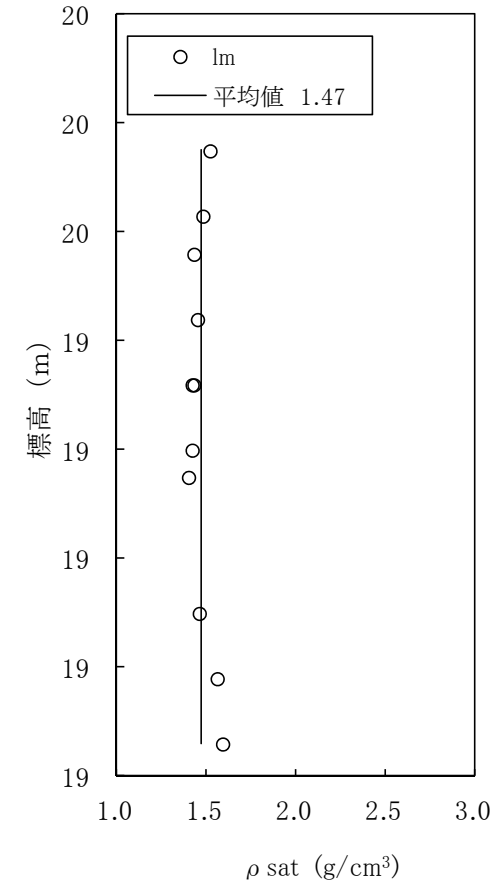
■ lm層の密度は、ボーリングコア試料による物理試験に基づき設定した。



試料採取位置図



(湿潤状態)

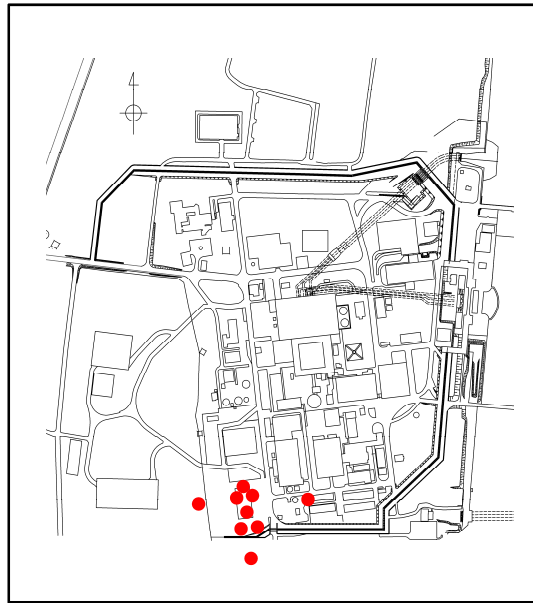


(飽和状態)

lm層の密度

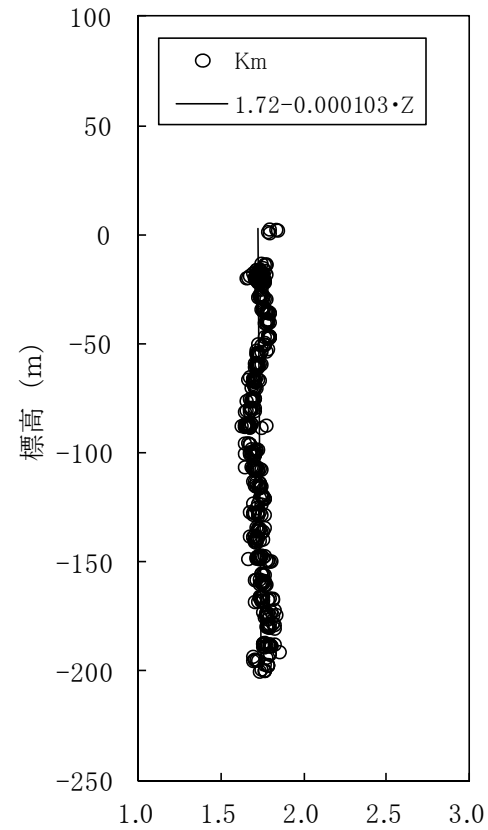
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の物理特性(Km層)

■ Km層の密度は、ボーリングコア試料による物理試験に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

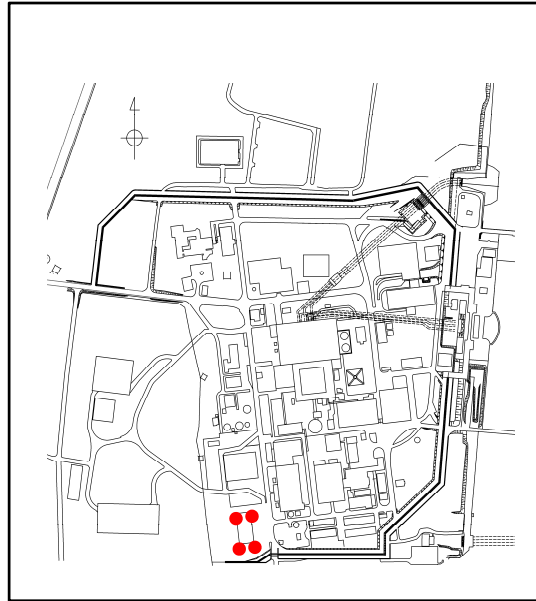
試料採取位置図



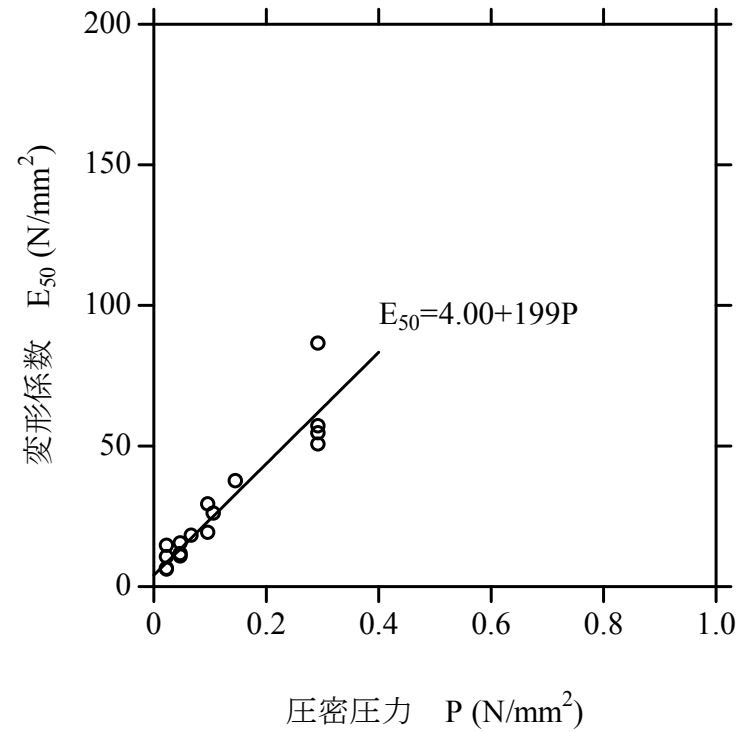
ρ_{sat} (g/cm³)
(飽和状態)
Km層の密度

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の静的変形特性(du層)

■ du層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



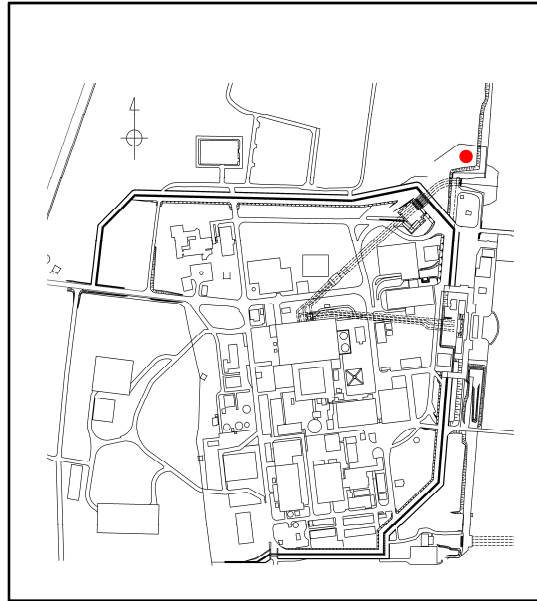
試料採取位置図



du層の変形係数

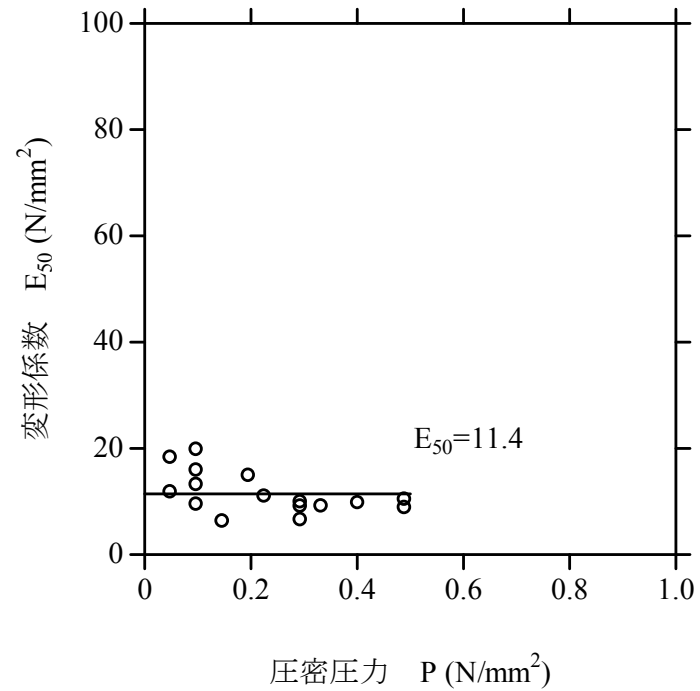
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の静的変形特性(Ac層)

■ Ac層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図

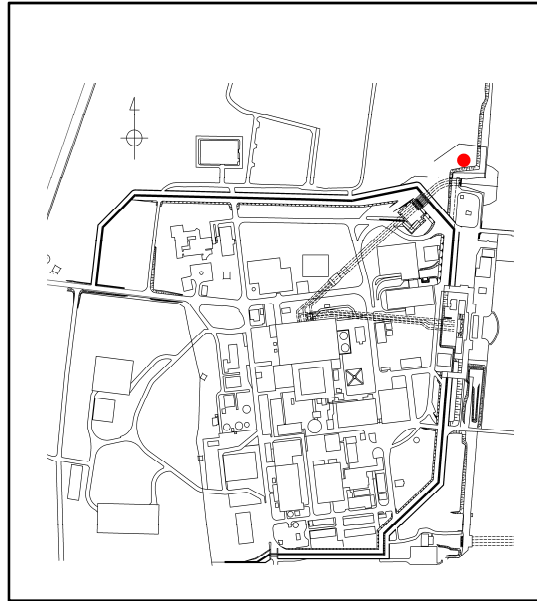


Ac層の変形係数

1. 解析用物性値の設定に関する補足

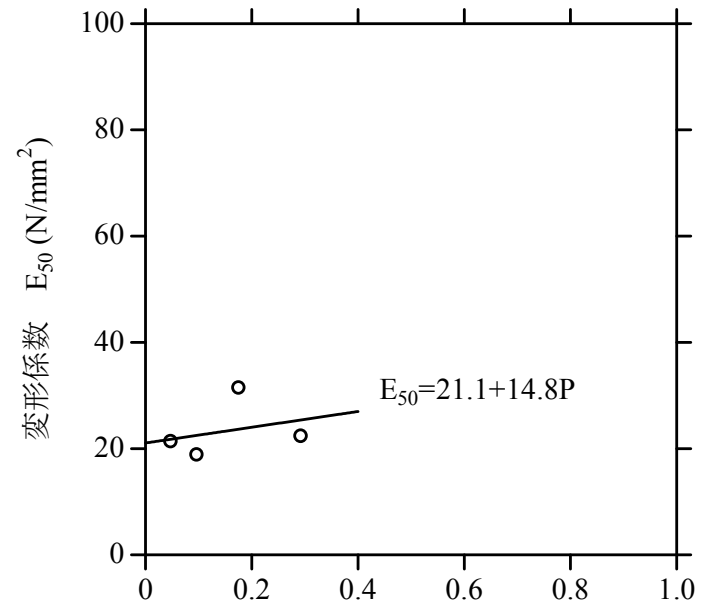
地盤の静的変形特性(As層)

■ As層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図



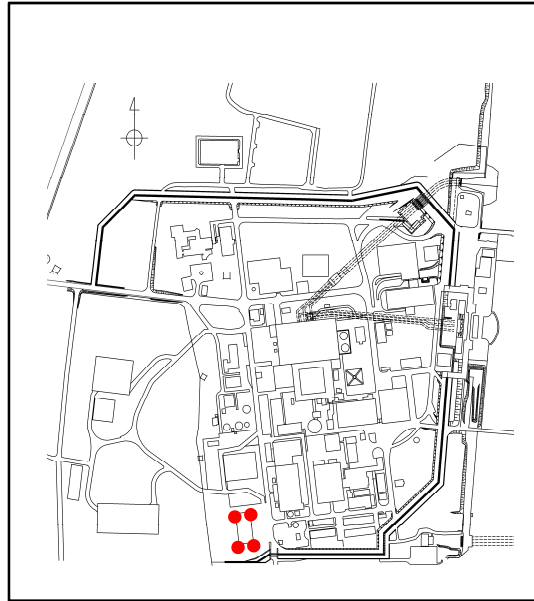
圧密圧力 P (N/mm²)

As層の変形係数

1. 解析用物性値の設定に関する補足

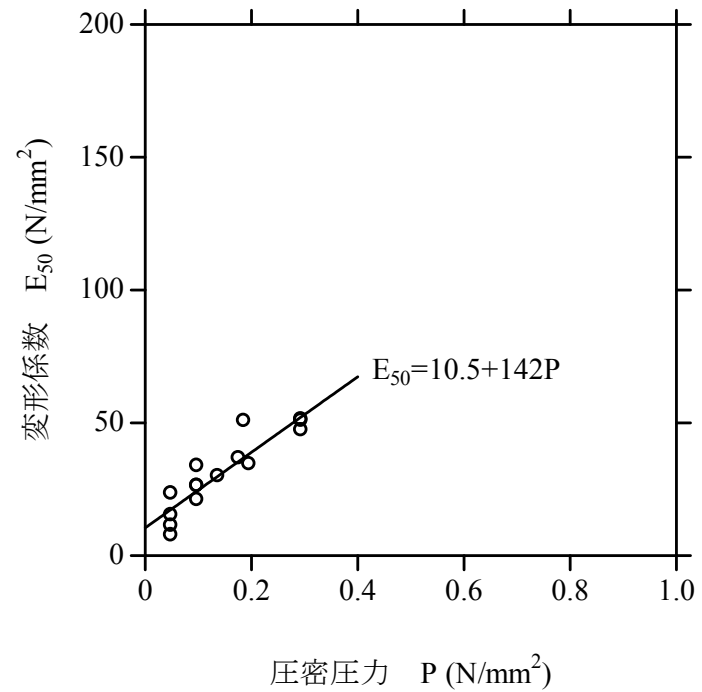
地盤の静的変形特性(Ag2層)

■ Ag2層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

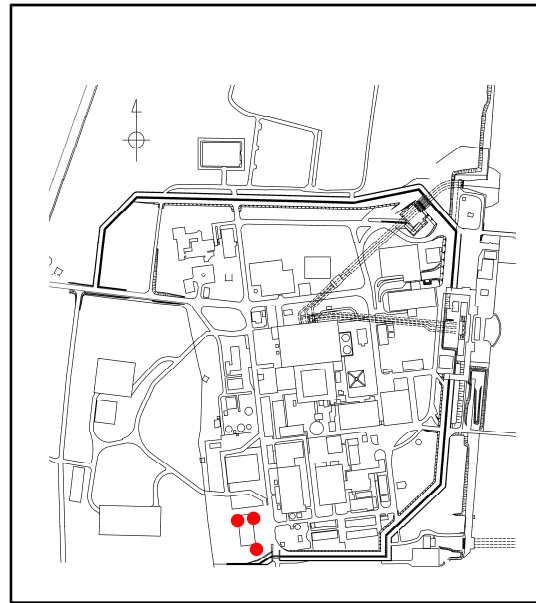
試料採取位置図



Ag2層の変形係数

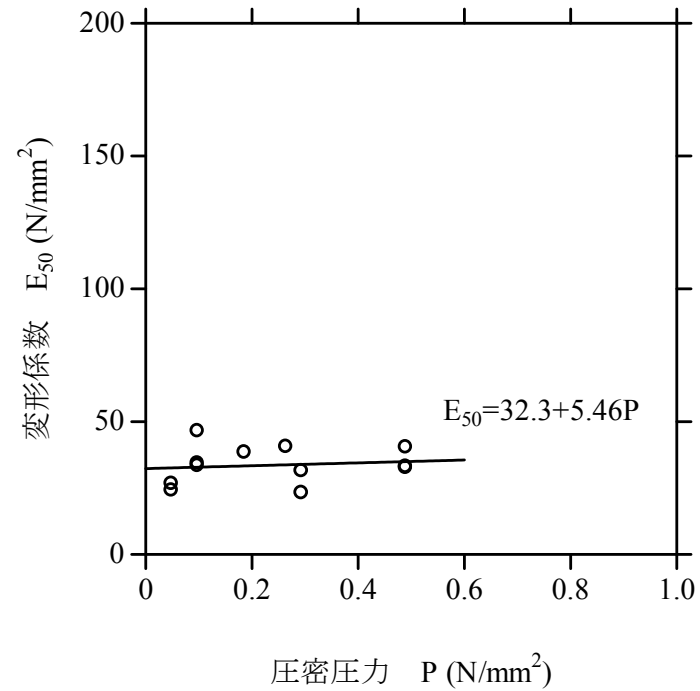
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の静的変形特性(D2c-3層)

■ D2c-3層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図

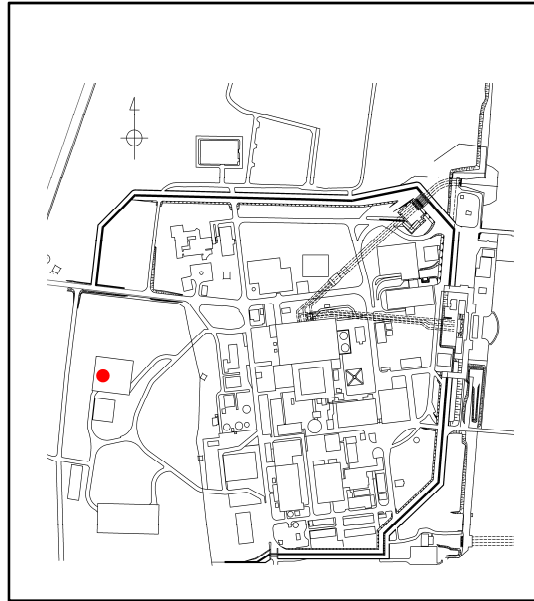


D2c-3層の変形係数

1. 解析用物性値の設定に関する補足

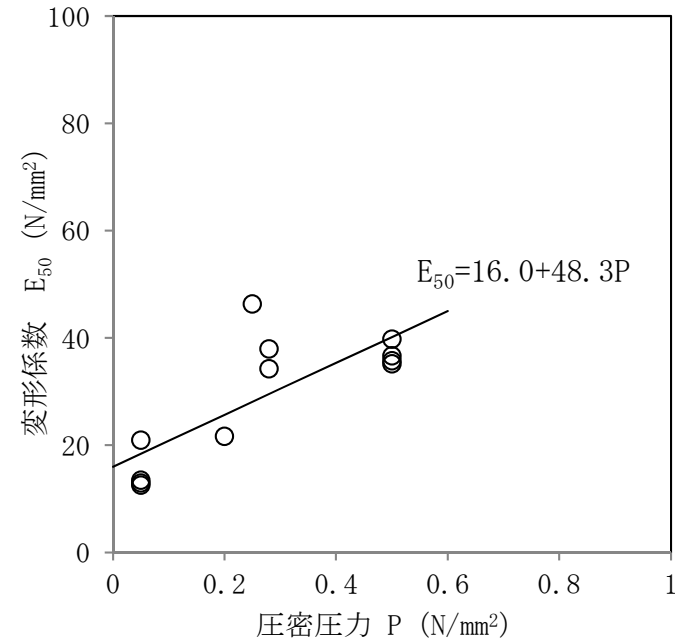
地盤の静的変形特性(D2s-3層)

■ D2s-3層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

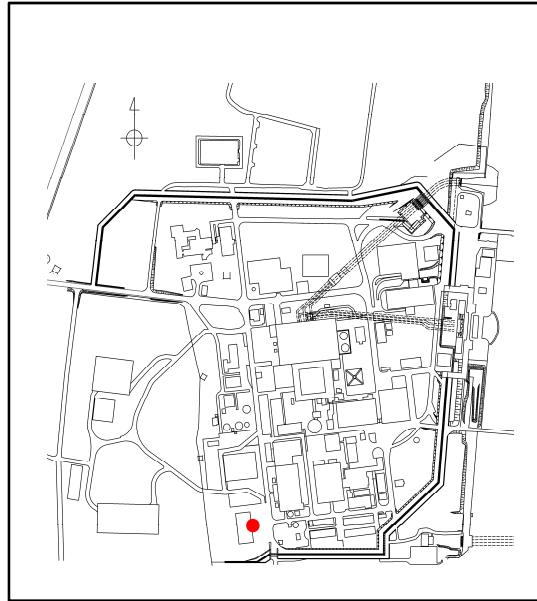
試料採取位置図



D2s-3層の変形係数

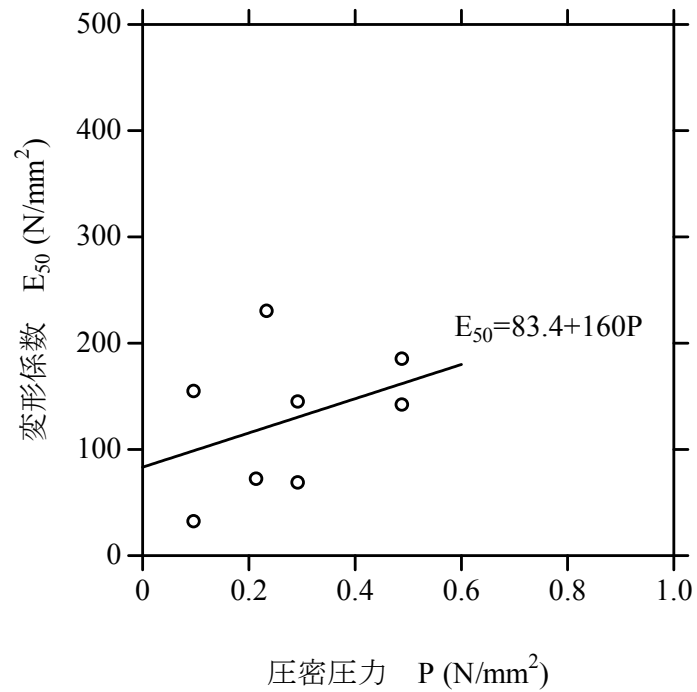
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の静的変形特性(D2g-3層)

■ D2g-3層の変形係数は、ブロックサンプリング試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



●: 試料採取位置

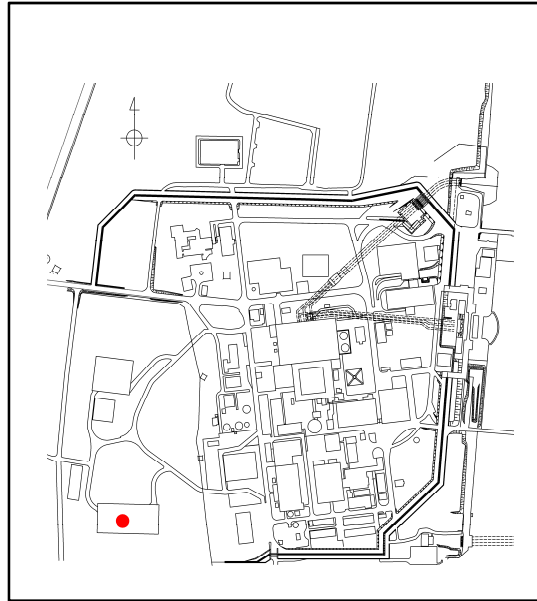
試料採取位置図



D2g-3層の変形係数

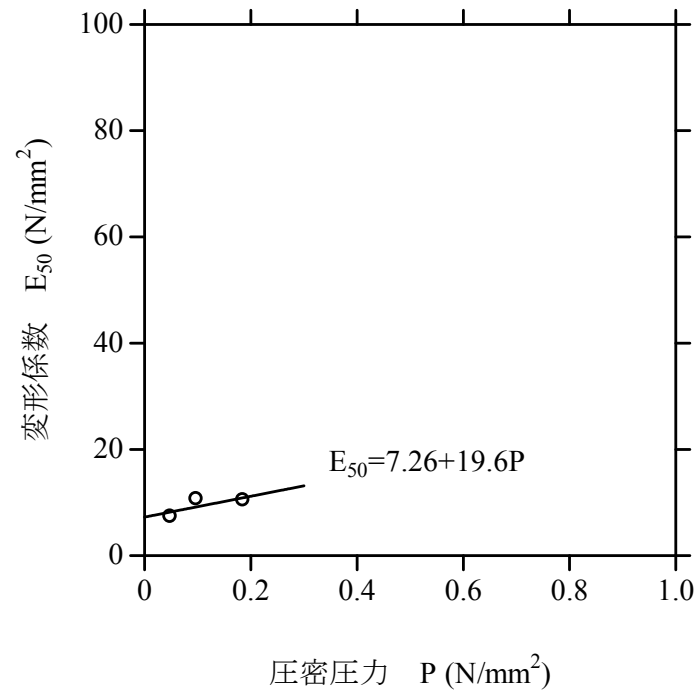
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の静的変形特性 (I_m層)

■ I_m層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験 (CD条件) に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

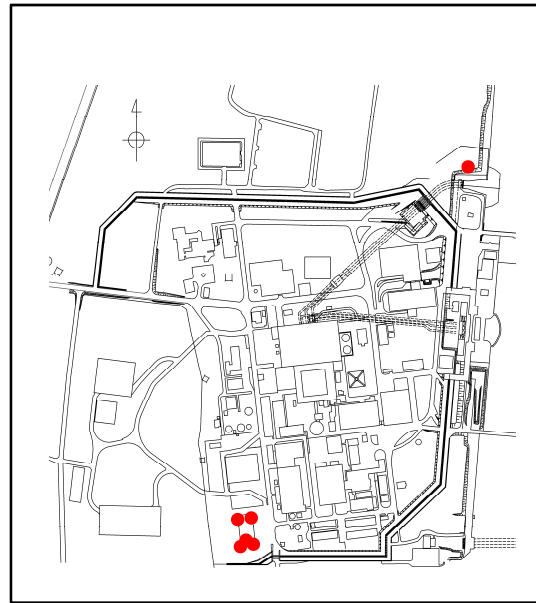
試料採取位置図



I_m層の変形係数

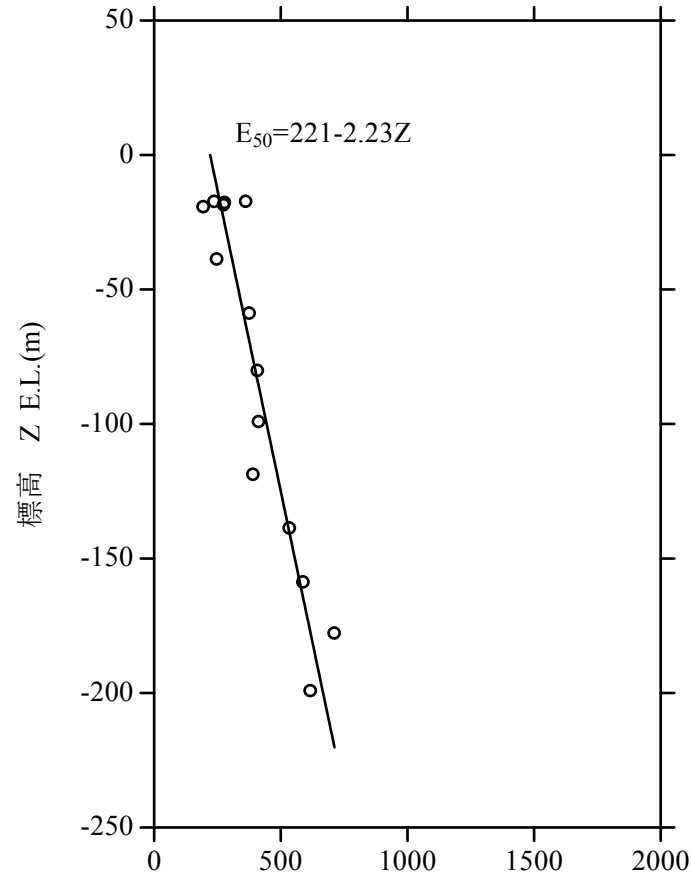
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の静的変形特性(Km層)

■ Km層の変形係数は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CD条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図



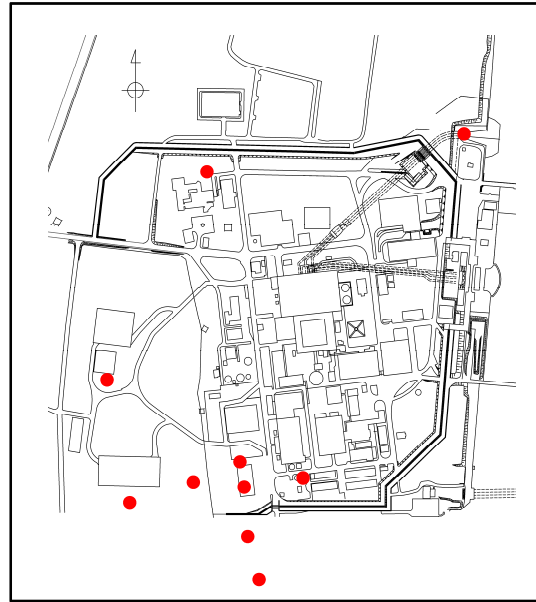
変形係数 E_{50} (N/mm²)

Km層の変形係数

1. 解析用物性値の設定に関する補足

地盤の動変形特性(第四紀層)

■ 初期せん断弾性係数及び動ポアソン比は、ボーリング孔を用いたPS検層結果を用いて設定した。



● : PS検層を実施したボーリング孔

PS検層実施位置図

PS検層結果

地層		Vs (m/s)	Vp (m/s)	初期せん断弾性係数 G ₀	動ポアソン比 ν _d	
第四紀層	du層	210	不飽和	80.3	0.385	
			飽和	87.3	0.493	
	Ag2層	240	不飽和	109	0.286	
			飽和	116	0.491	
	Ac層	飽和	163-1.54z	1240-1.93z	左記の式より設定	0.486
	As層	飽和	211-1.19z	1360-1.78z	左記の式より設定	0.484
	Ag1層	飽和	350	1950	246	0.483
	D2c-3層	飽和	270	1770	129	0.488
	D2s-3層	飽和	360	1400	249	0.465
	D2g-3層	飽和	500	1879	538	0.462
	lm層	飽和	130	1160	24.8	0.494
	D1c-1層	飽和	280	1730	139	0.487
	D1g-1層	飽和	390	1757	306	0.474

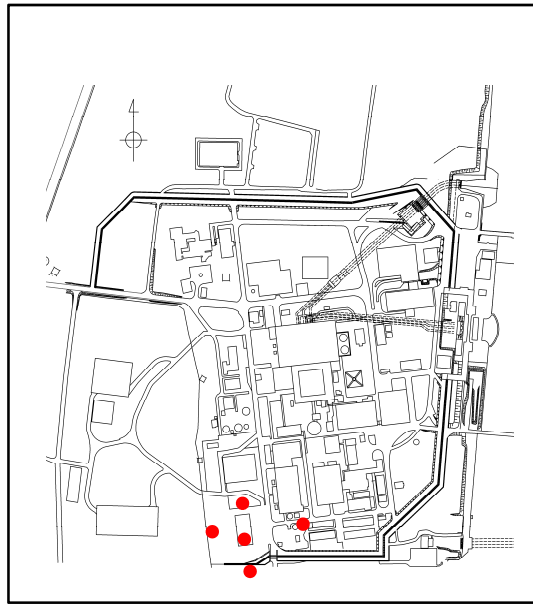
z:標高(m)

$$G_0 = \rho \times V_s^2$$

$$\nu_d = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2 \times \left(\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right)}$$

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の動変形特性(第三紀層)

■ Km層の初期せん断弾性係数及び動ポアソン比は、ボーリング孔を用いたPS検層結果を用いて設定した。

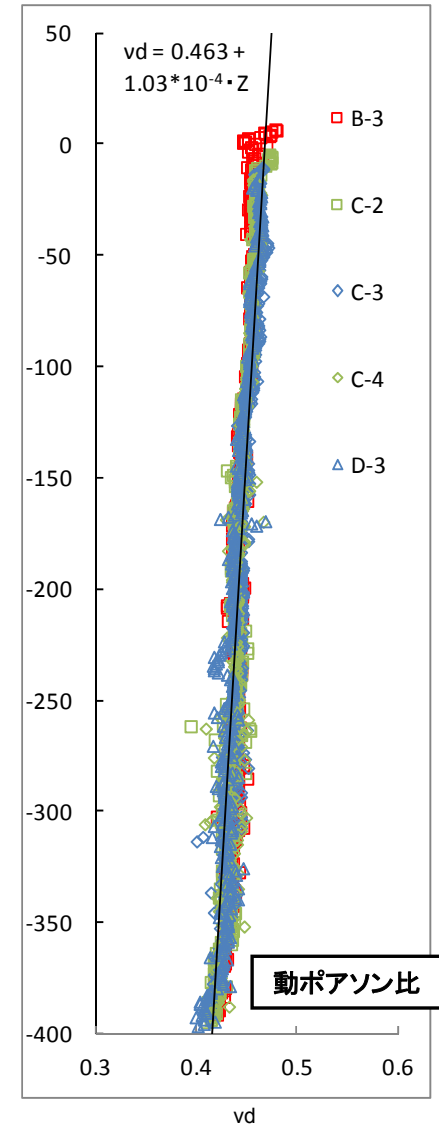
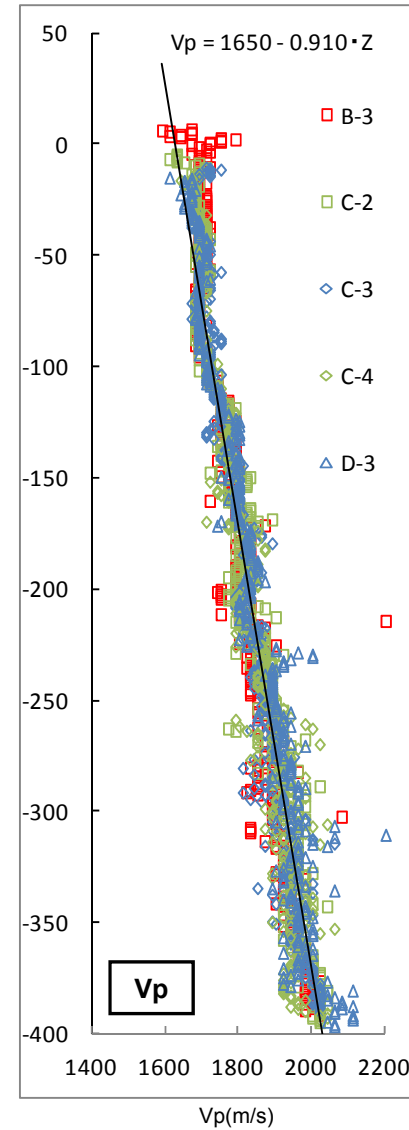
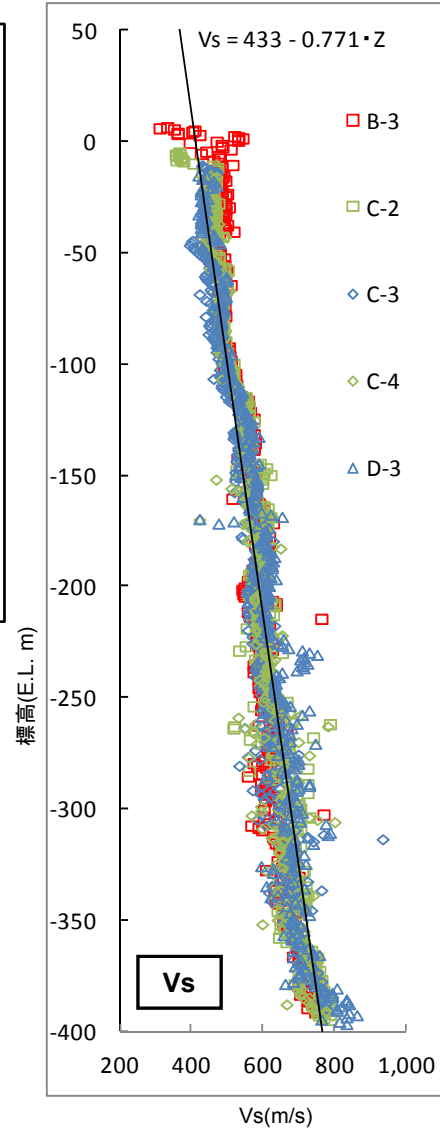


● :PS検層を実施したボーリング孔

PS検層実施位置図

$$G_0 = \rho \times V_s^2$$

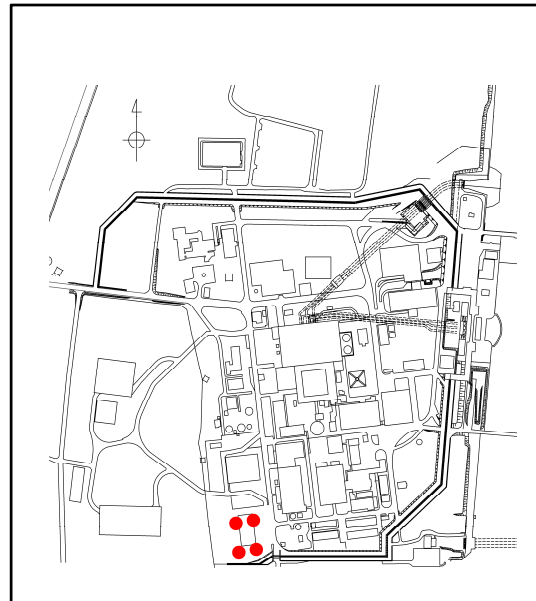
$$\nu_d = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2 \times \left(\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right)}$$



サスペンションPS検層結果と標高の関係

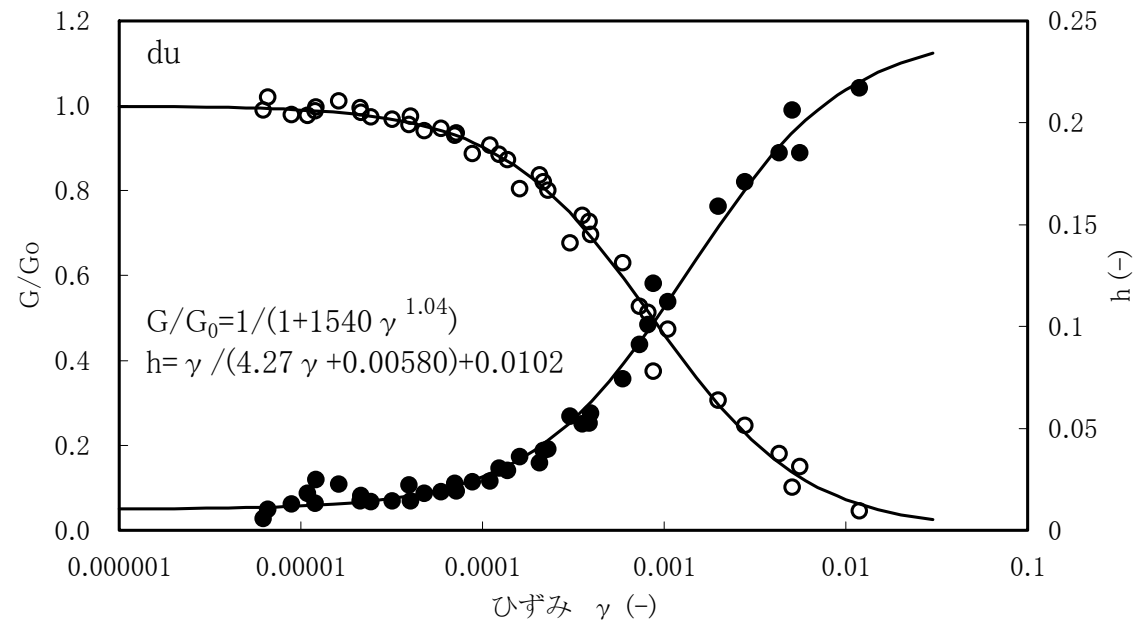
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の動的変形特性(du層)

■ du層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

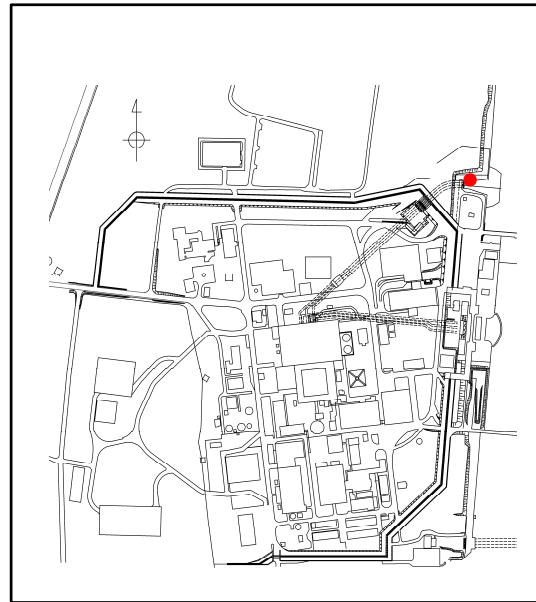
試料採取位置図



du層の繰返し三軸試験結果

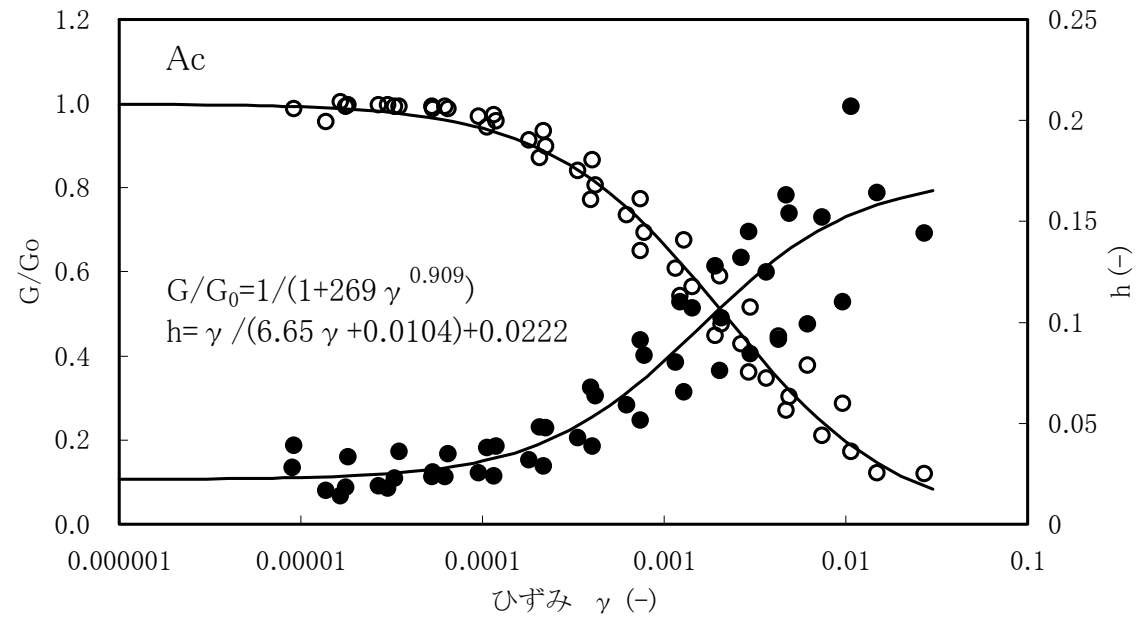
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の動的変形特性(Ac層)

■ Ac層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

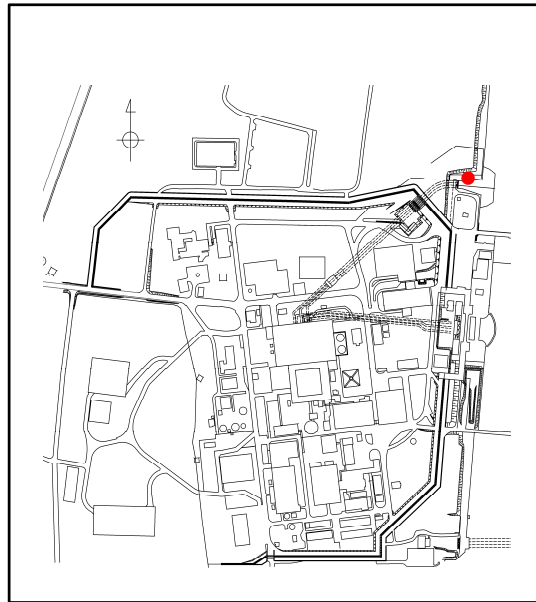
試料採取位置図



Ac層の繰返し三軸試験結果

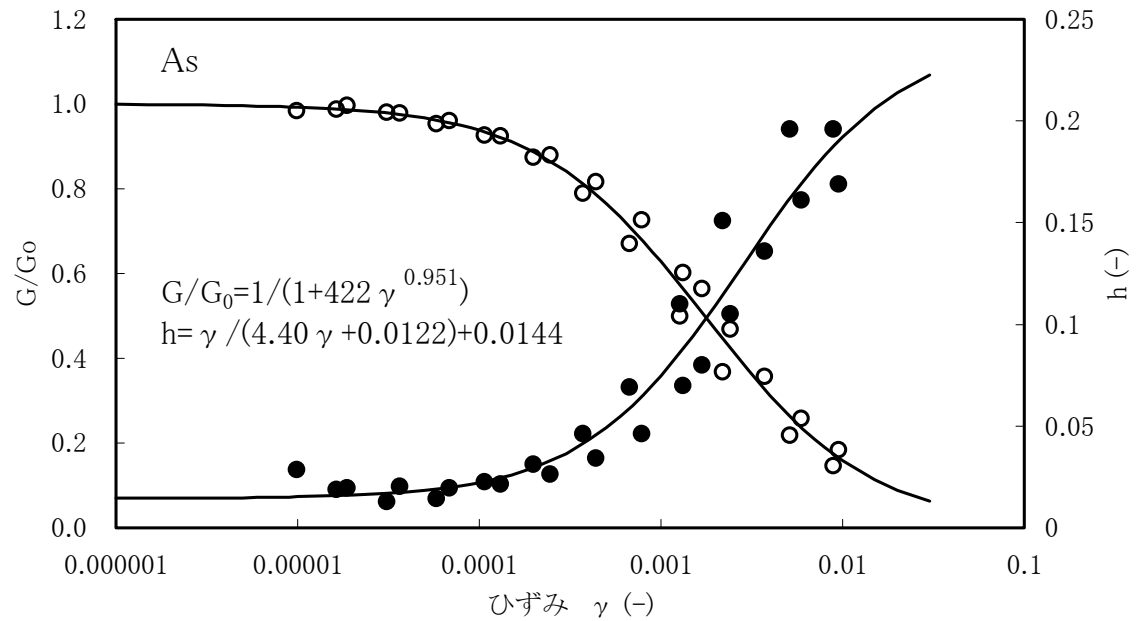
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の動的変形特性(As層)

■ As層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図

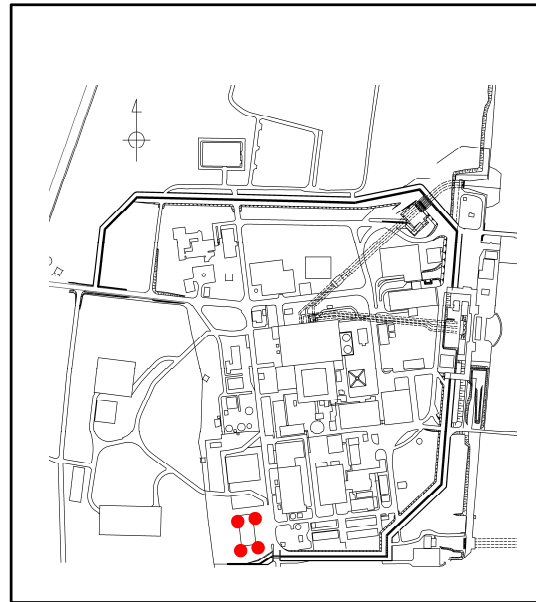


As層の繰返し三軸試験結果

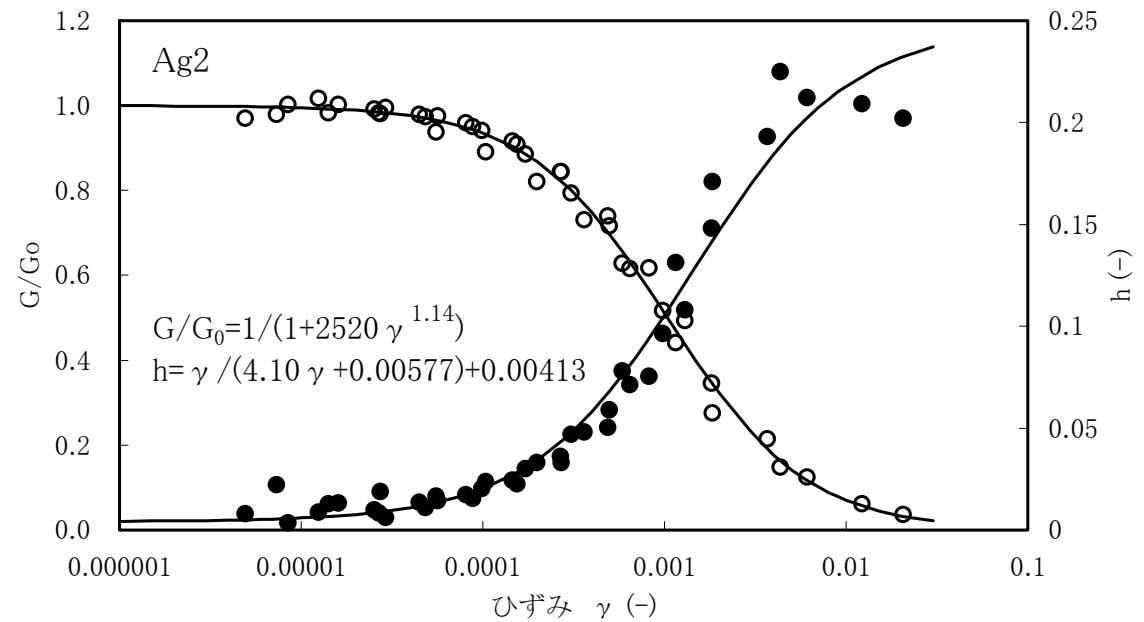
1. 解析用物性値の設定に関する補足

地盤の動的変形特性 (Ag2層)

■ Ag2層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



試料採取位置図

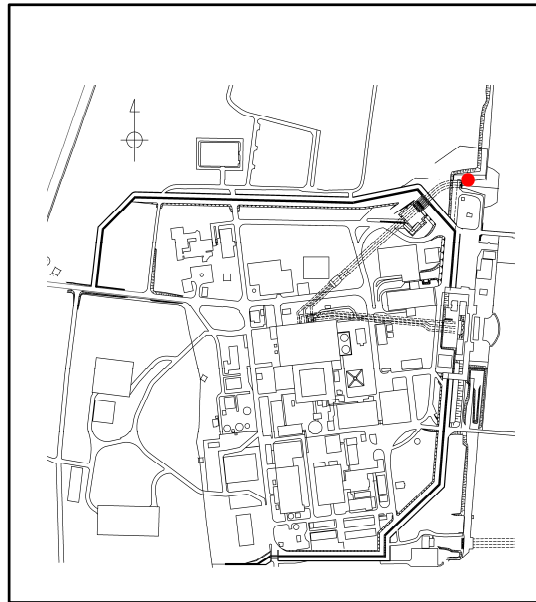


Ag2層の繰返し三軸試験結果

1. 解析用物性値の設定に関する補足

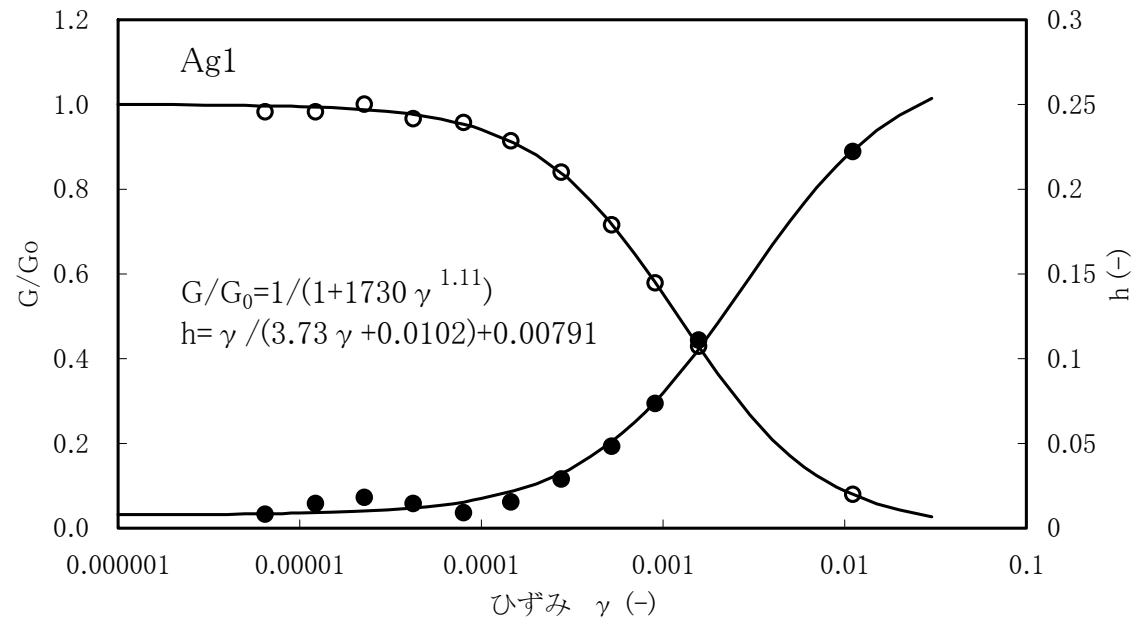
地盤の動的変形特性(Ag1層)

■ Ag1層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図

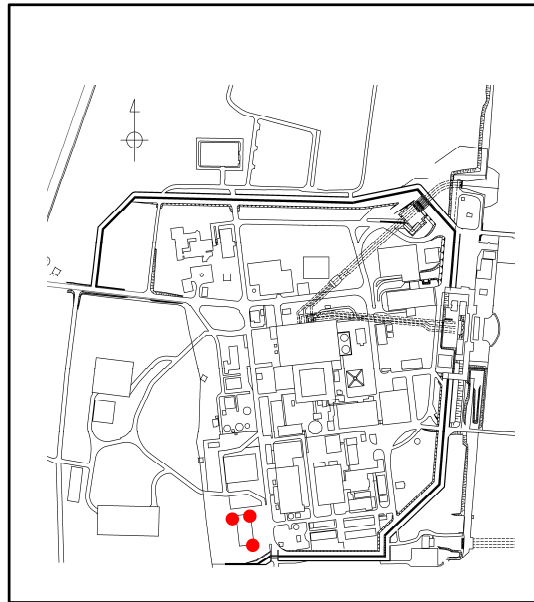


Ag1層の繰返し三軸試験結果

1. 解析用物性値の設定に関する補足

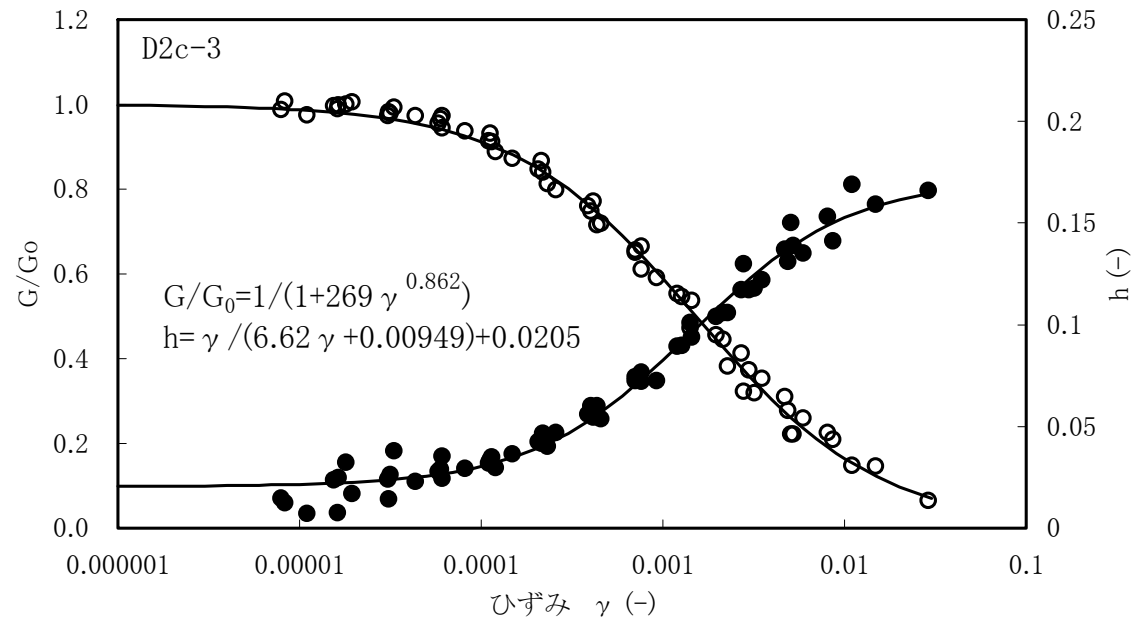
地盤の動的変形特性(D2c-3層)

■ D2c-3層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

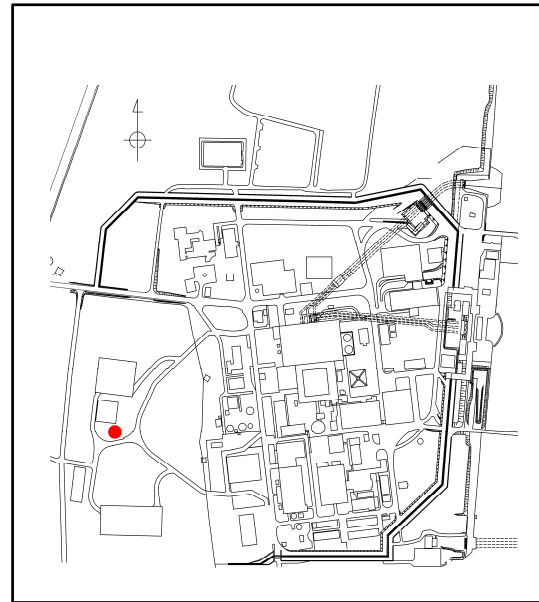
試料採取位置図



D2c-3層の繰返し三軸試験結果

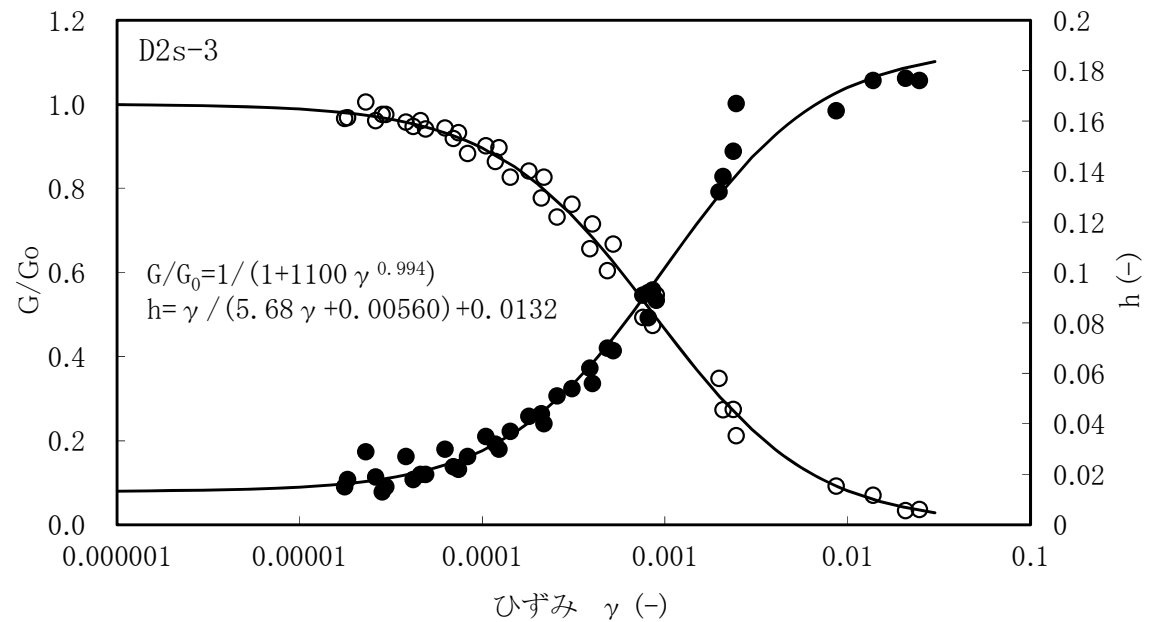
1. 解析用物性値の設定に関する補足
地盤の動的変形特性(D2s-3層)

■ D2s-3層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図

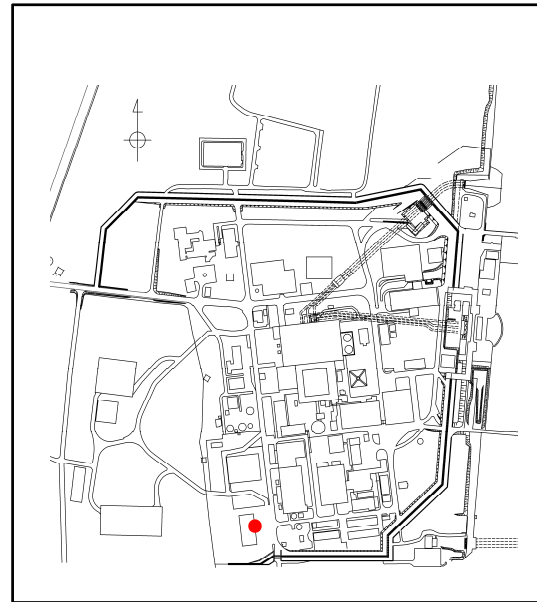


D2s-3層の繰返し三軸試験結果

1. 解析用物性値の設定に関する補足

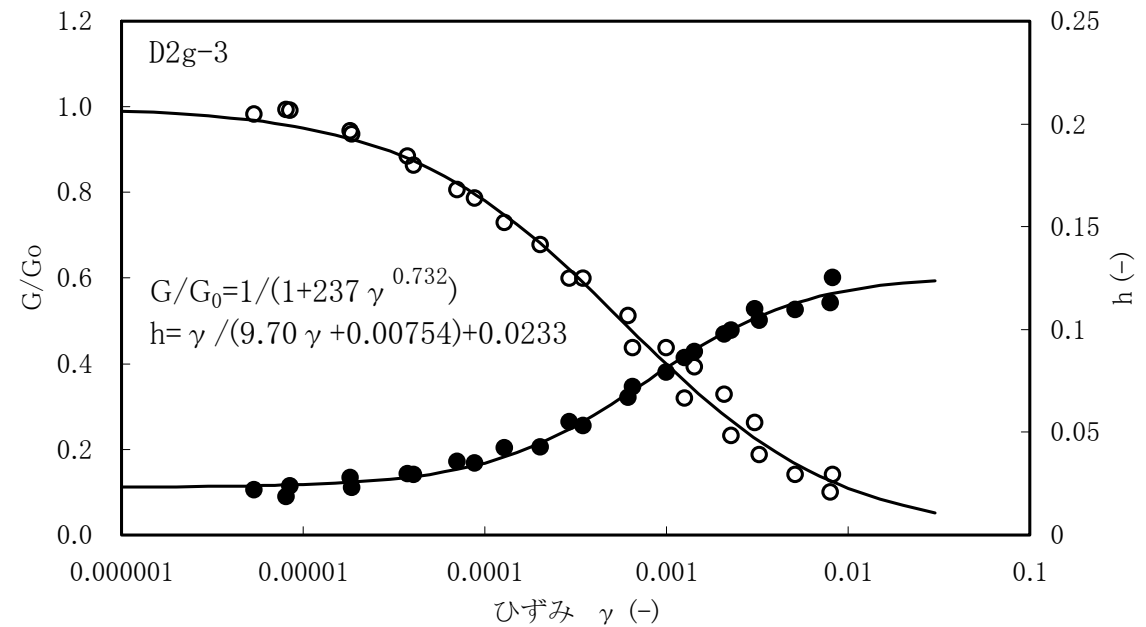
地盤の動的変形特性(D2g-3層)

■ D2g-3層の動的変形特性は、ブロックサンプリング試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料採取位置

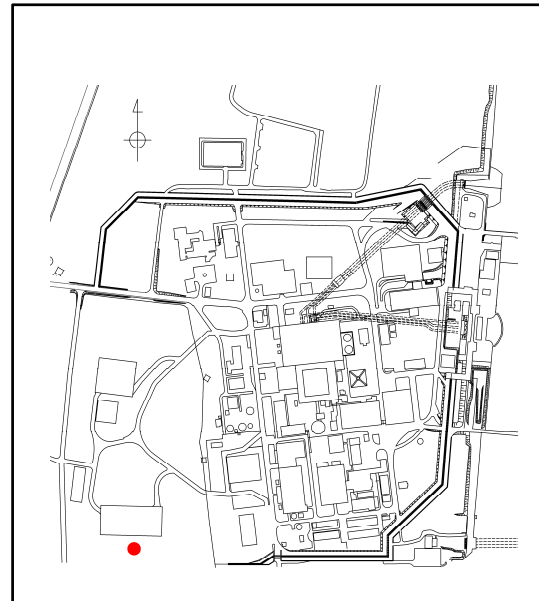
試料採取位置図



D2g-3層の繰返し三軸試験結果

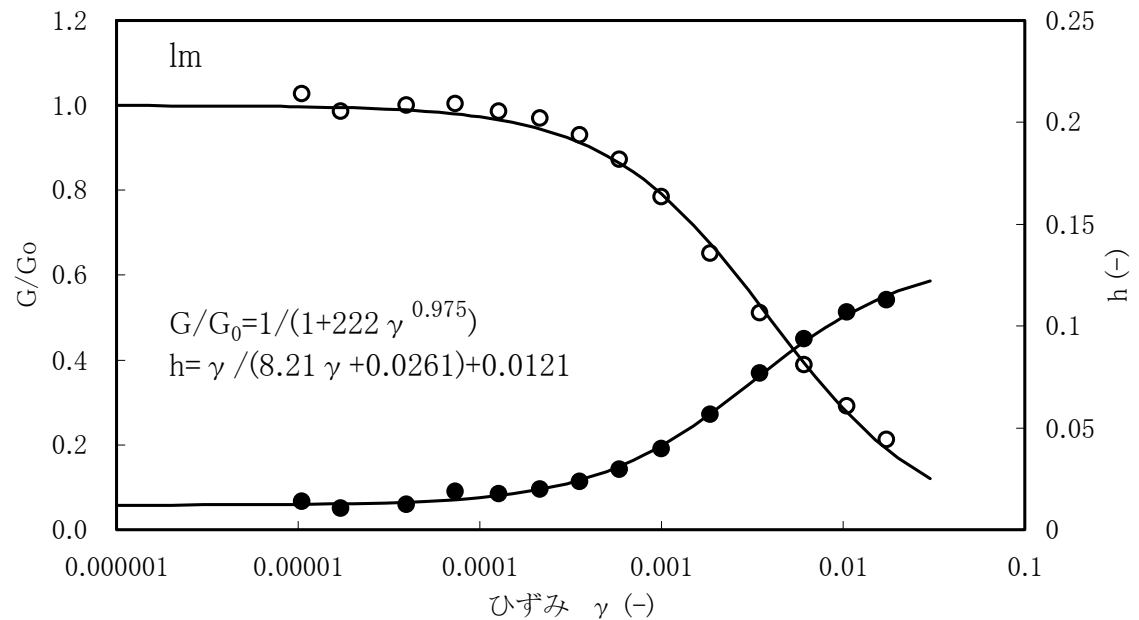
1. 解析用物性値の設定に関する補足
地盤の動的変形特性 (Im層)

■ Im層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

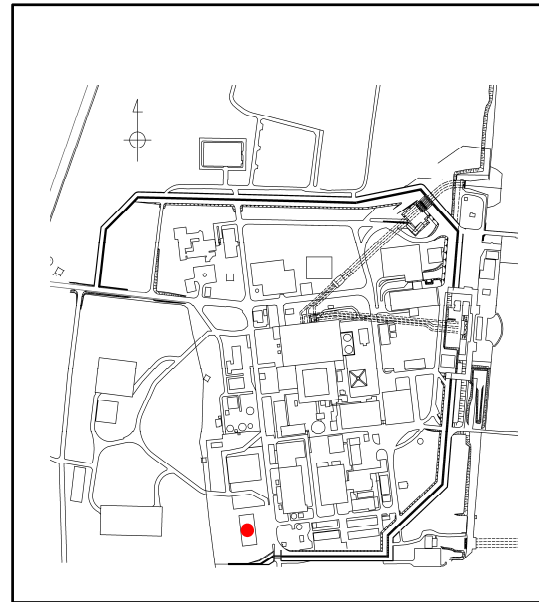
試料採取位置図



Im層の繰返し三軸試験結果

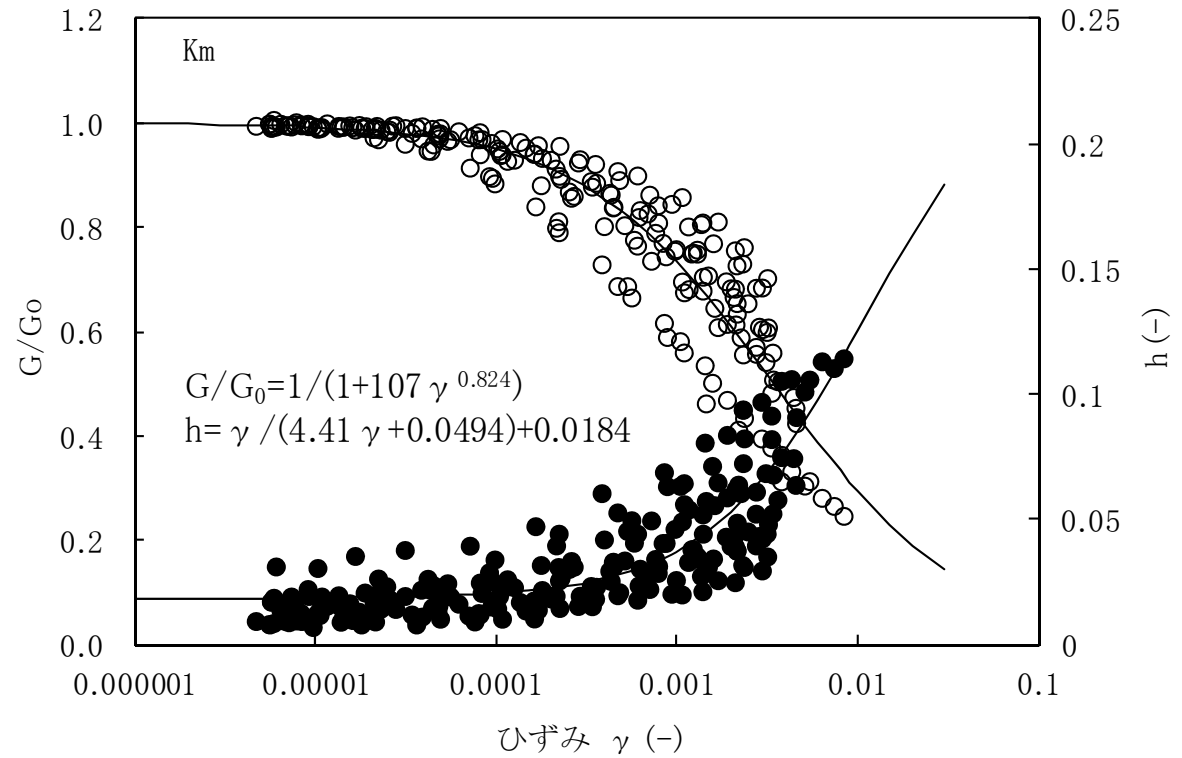
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の動的変形特性(Km層)

■ Km層の動的変形特性は、ボーリングコア試料による繰返し三軸試験結果を用いて設定した。



●: 試料を採取したボーリング孔

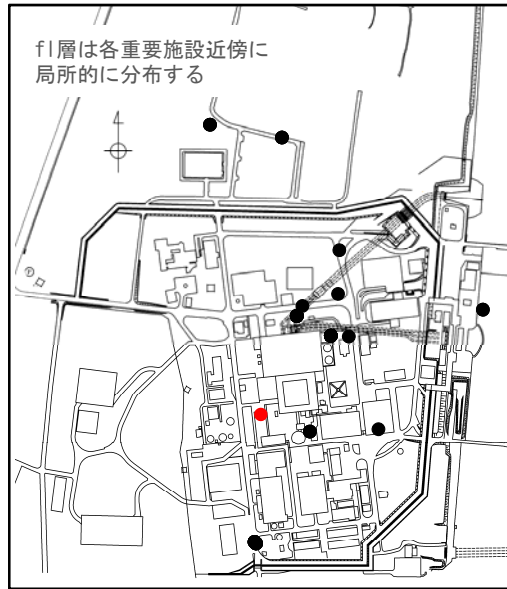
試料採取位置図



Km層の繰返し三軸試験結果

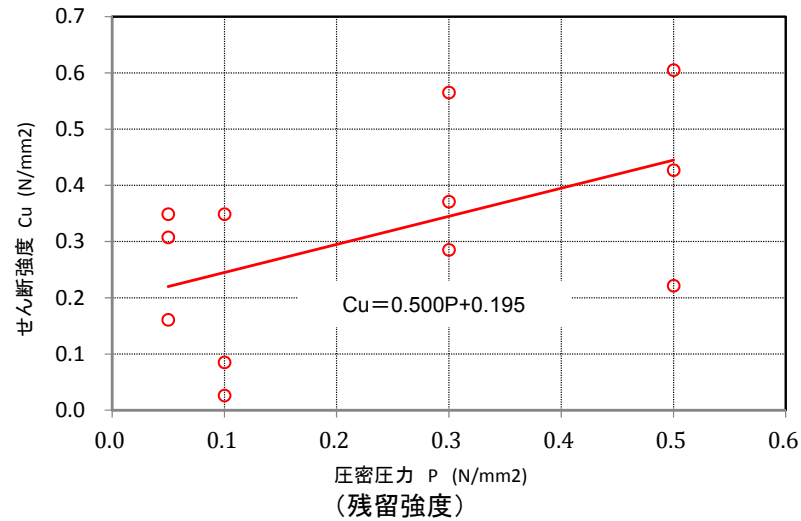
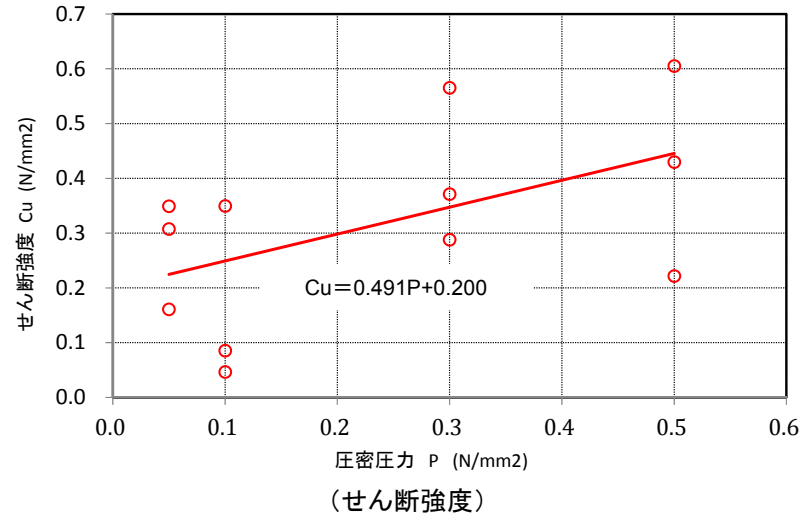
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性 (f1層)

■ f1層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験 (CU条件) に基づき設定した。

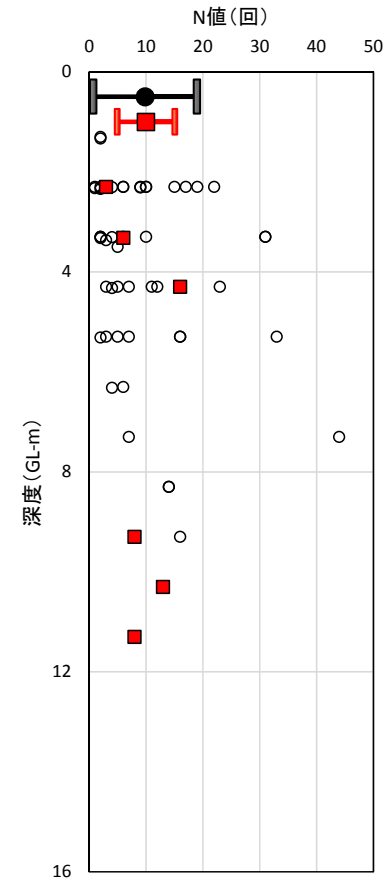


- : 試料を採取したボーリング孔
- : 標準貫入試験位置

試料採取位置図



f1層のせん断強度及び残留強度

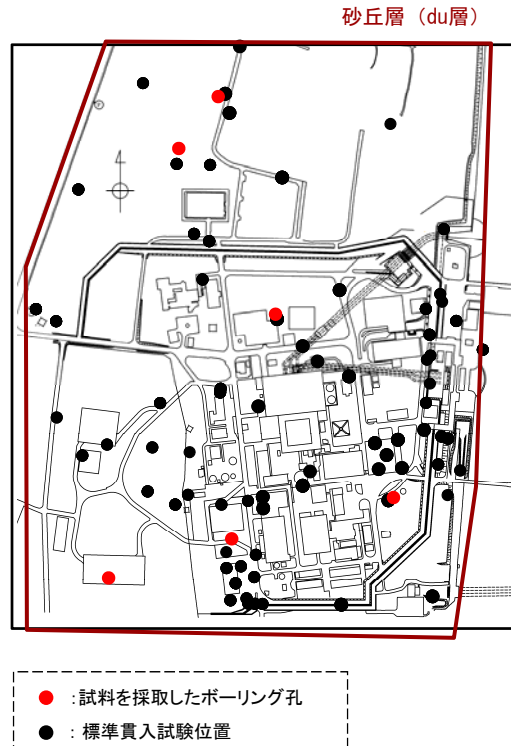


- 敷地内の全調査
- 三軸圧縮試験の試料採取位置
- 敷地内の全調査 平均, 1σ
- 三軸圧縮試験の試料採取位置 平均, 1σ

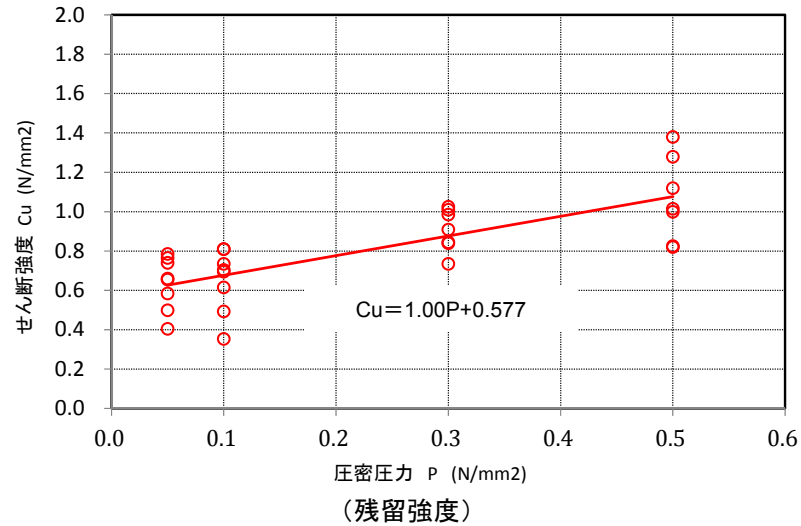
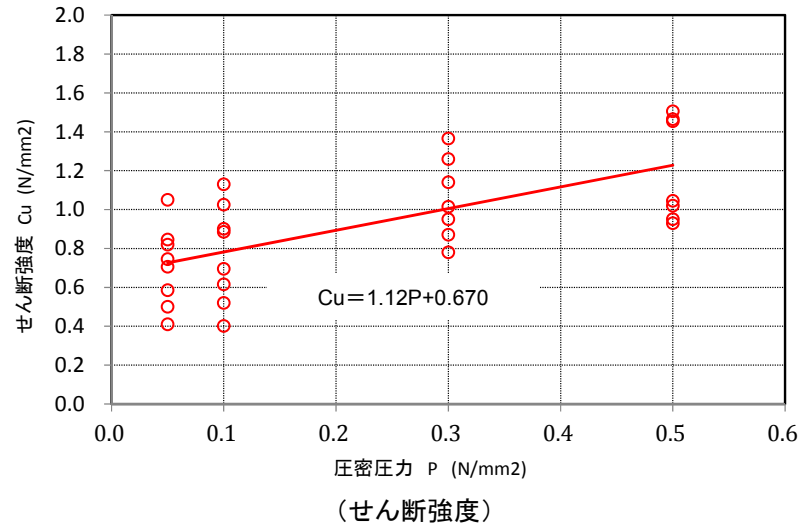
N値による代表性確認

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性 (du層)

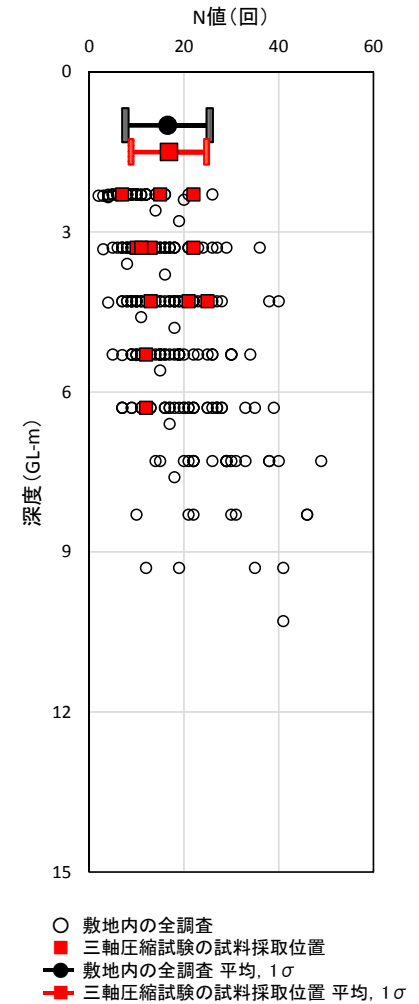
■ du層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験 (CU条件) に基づき設定した。



試料採取位置図



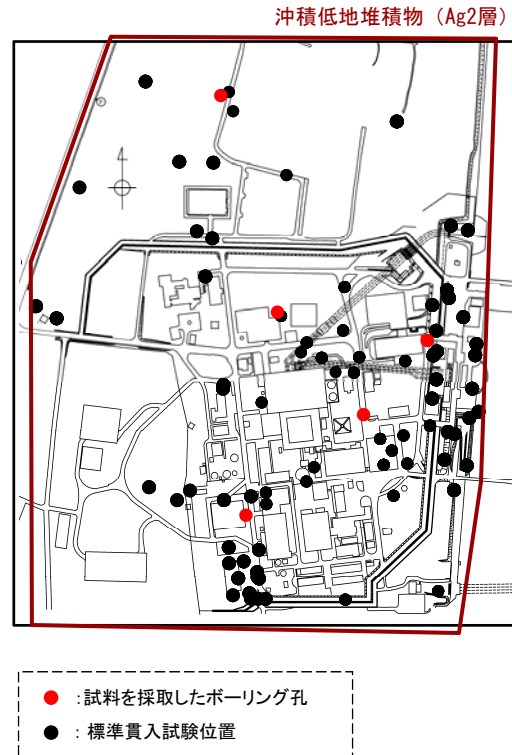
du層のせん断強度及び残留強度



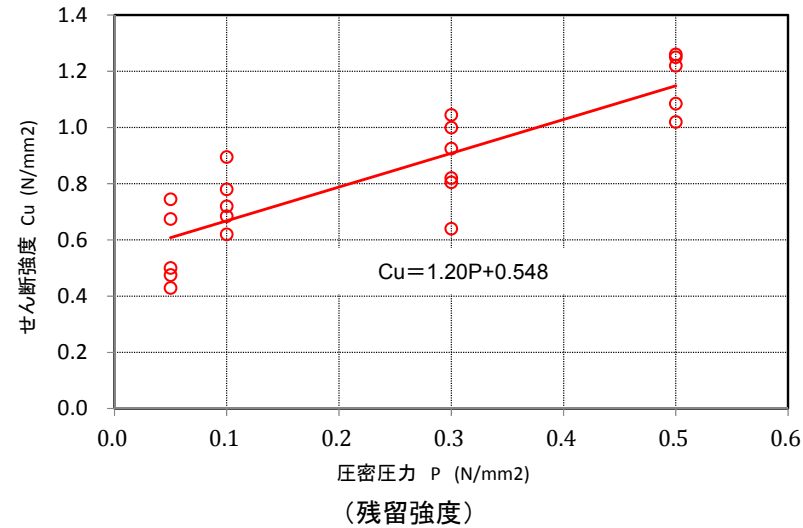
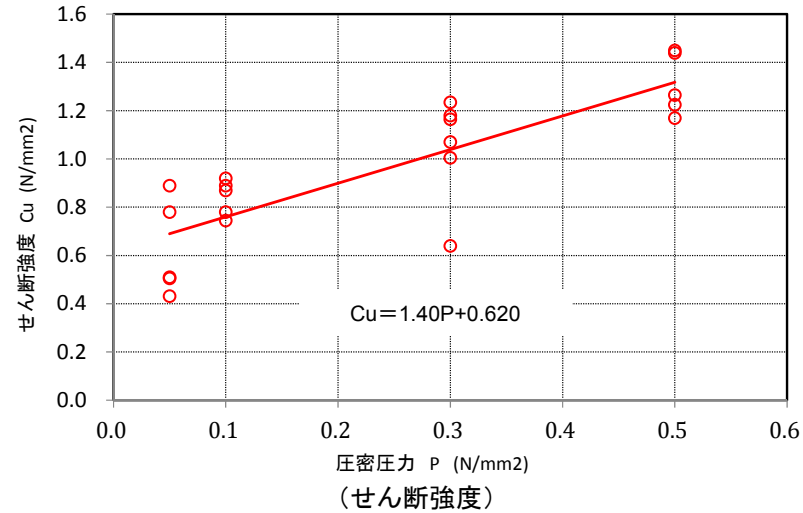
N値による代表性確認

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性 (Ag2層)

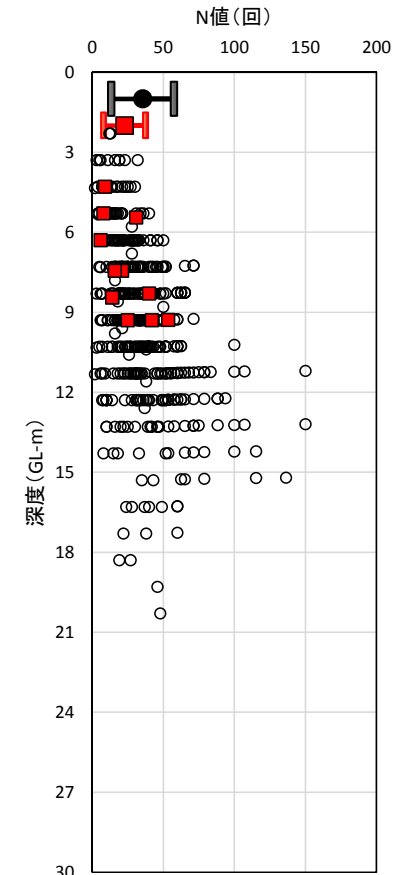
■ Ag2層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CU条件)に基づき設定した。



試料採取位置図



Ag2層のせん断強度及び残留強度

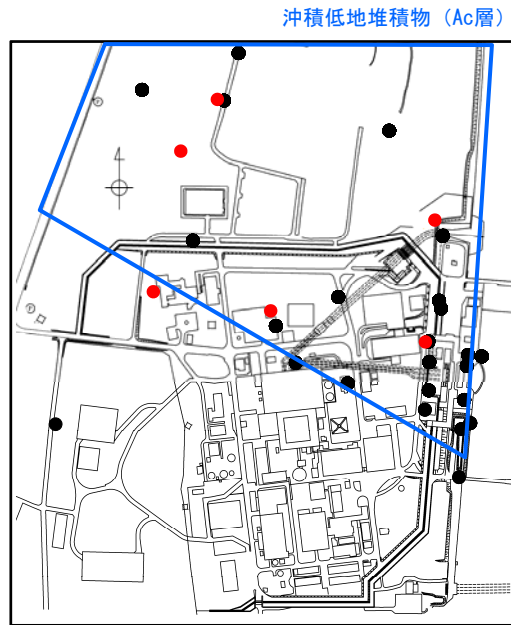


- 敷地内の全調査
- 三軸圧縮試験の試料採取位置
- 敷地内の全調査 平均, 1σ
- 三軸圧縮試験の試料採取位置 平均, 1σ

N値による代表性確認

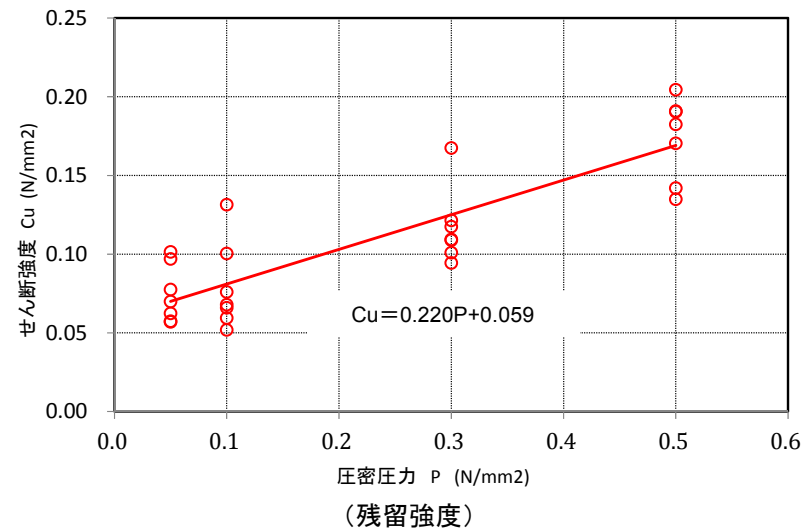
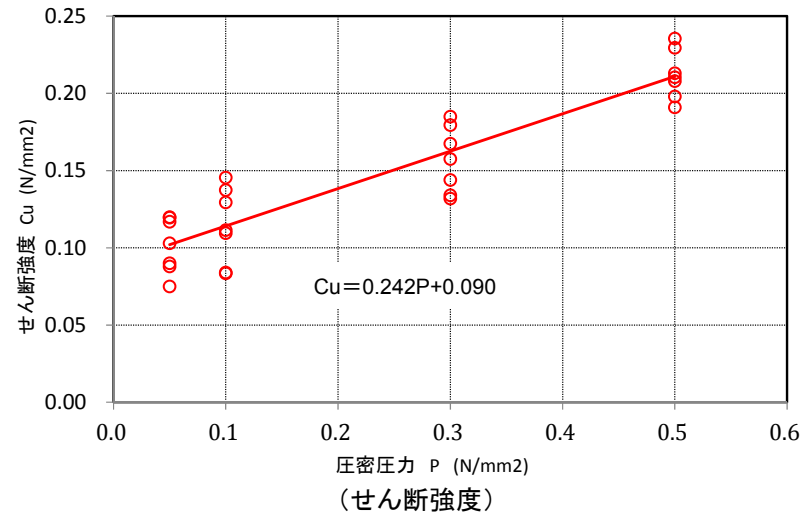
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性(Ac層)

■ Ac層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CU条件)に基づき設定した。

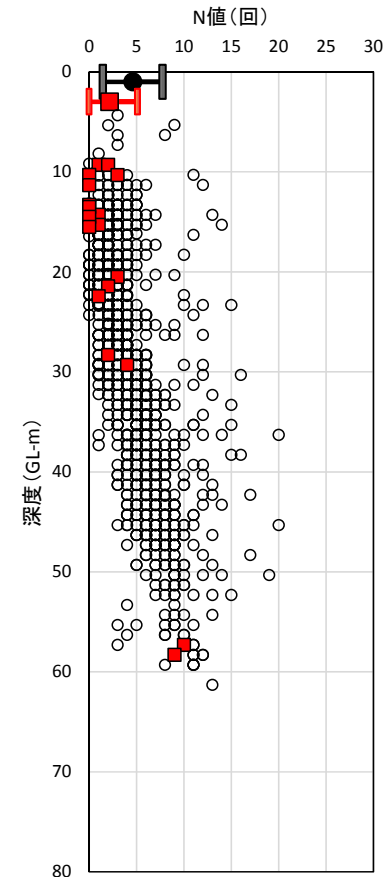


- : 試料を採取したボーリング孔
- : 標準貫入試験位置

試料採取位置図



Ac層のせん断強度及び残留強度

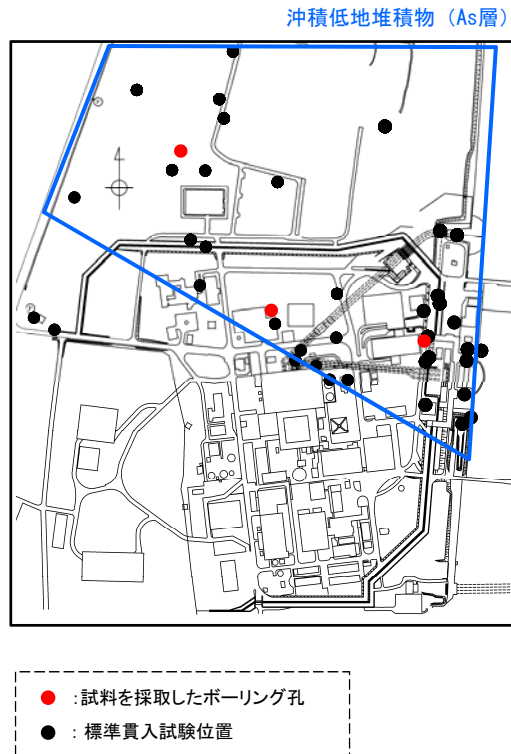


- 敷地内の全調査
- 三軸圧縮試験の試料採取位置
- 敷地内の全調査 平均, 1σ
- 三軸圧縮試験の試料採取位置 平均, 1σ

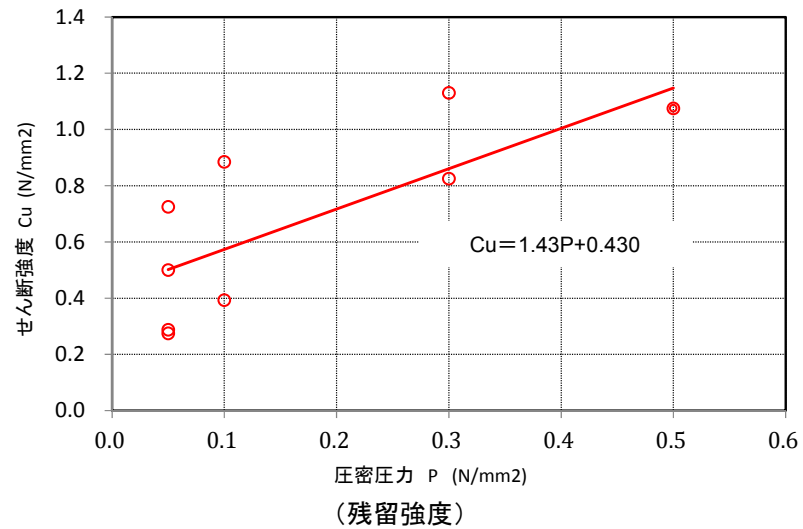
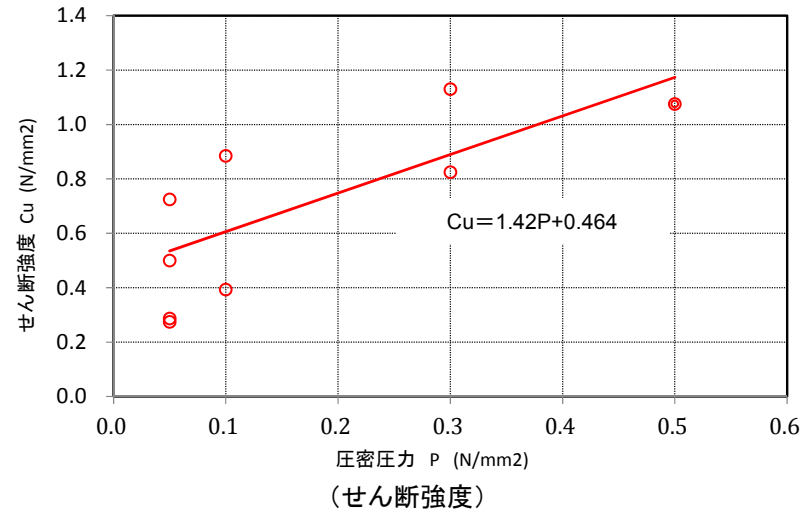
N値による代表性確認

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性 (As層)

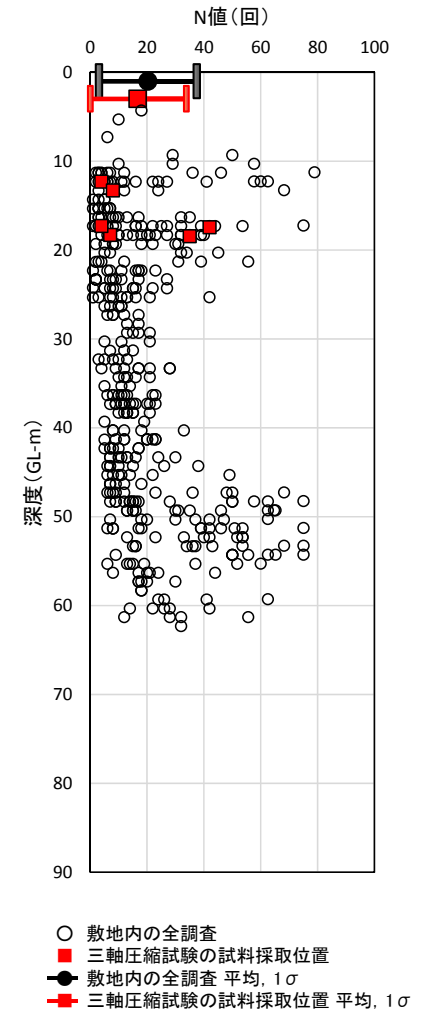
■ As層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CU条件)に基づき設定した。



試料採取位置図



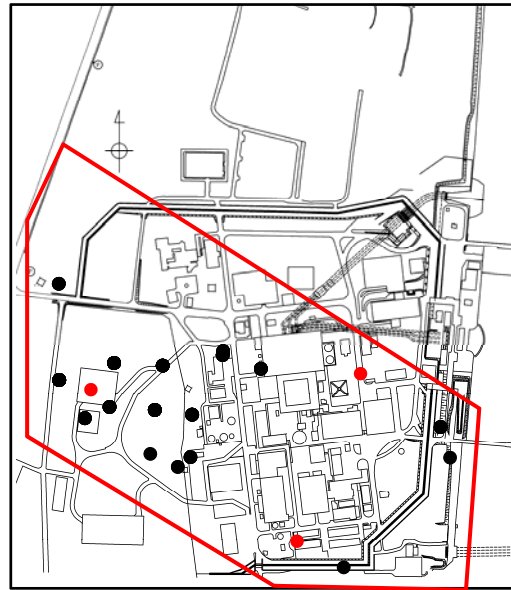
As層のせん断強度及び残留強度



N値による代表性確認

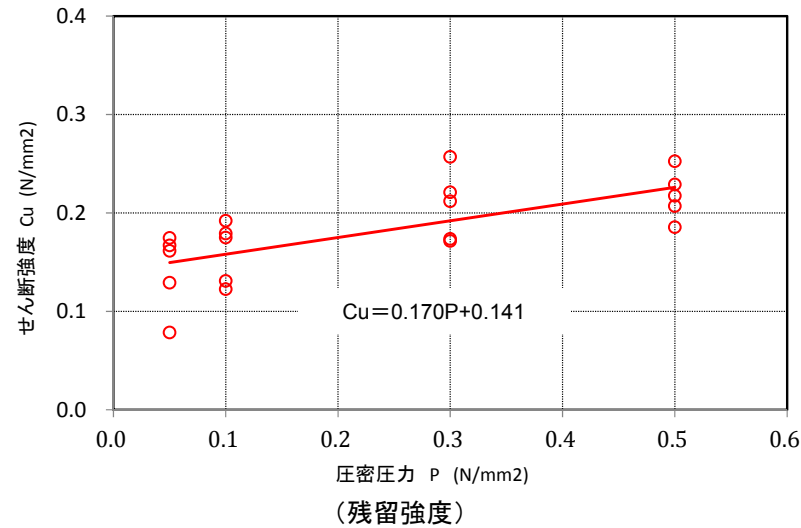
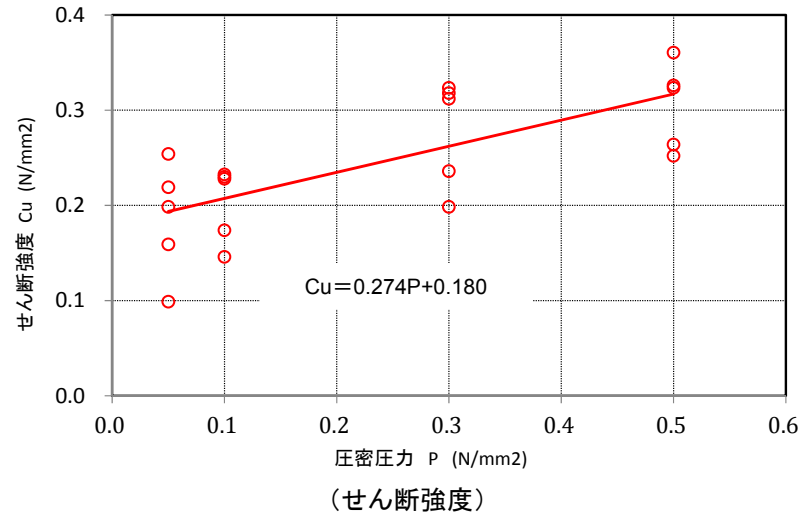
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性(D2c-3層)

■ D2c-3層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CU条件)に基づき設定した。

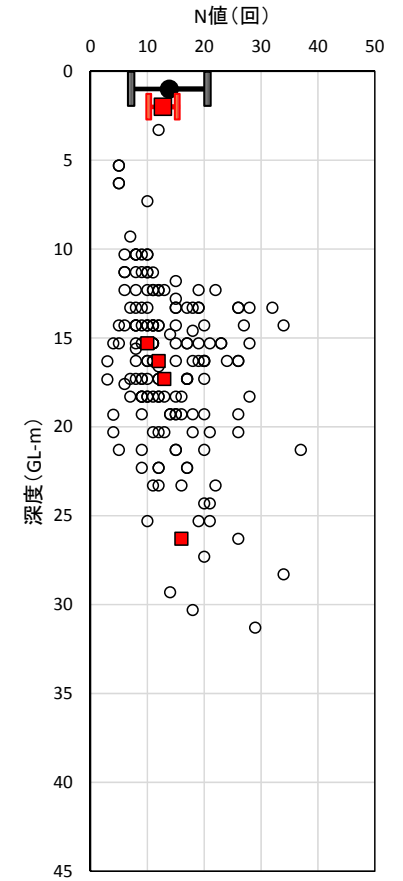


- : 試料を採取したボーリング孔
 - : 標準貫入試験位置
- 低位段丘 I 堆積物 (D2c-3層)

試料採取位置図



D2c-3層のせん断強度及び残留強度

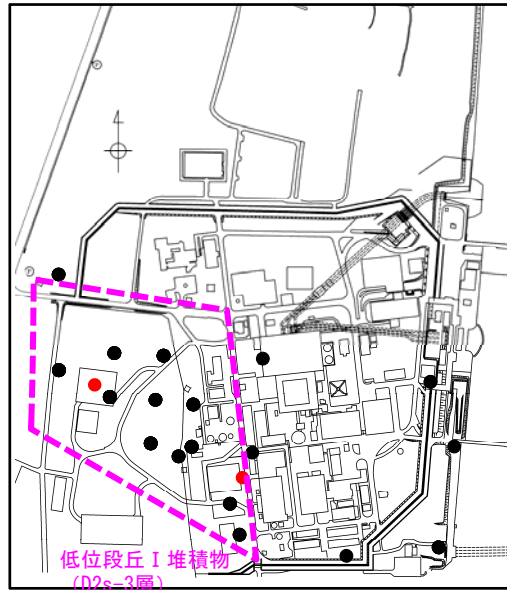


- 敷地内の全調査
- 三軸圧縮試験の試料採取位置
- 敷地内の全調査 平均, 1σ
- 三軸圧縮試験の試料採取位置 平均, 1σ

N値による代表性確認

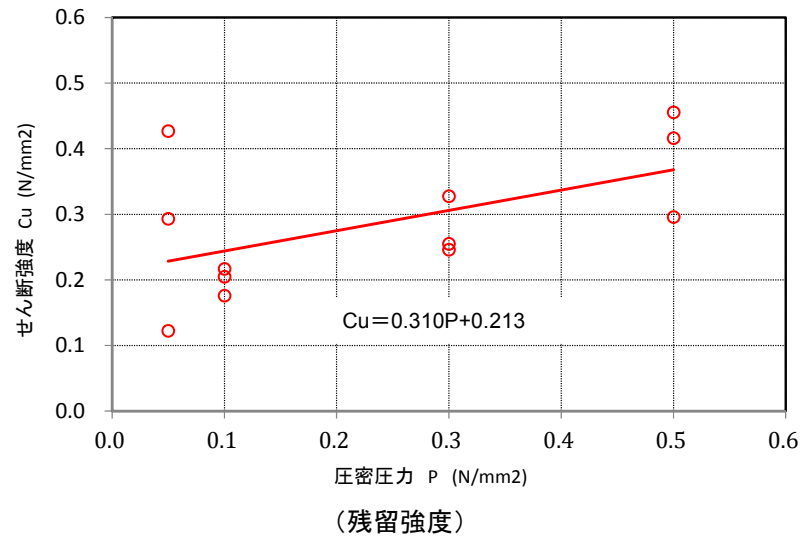
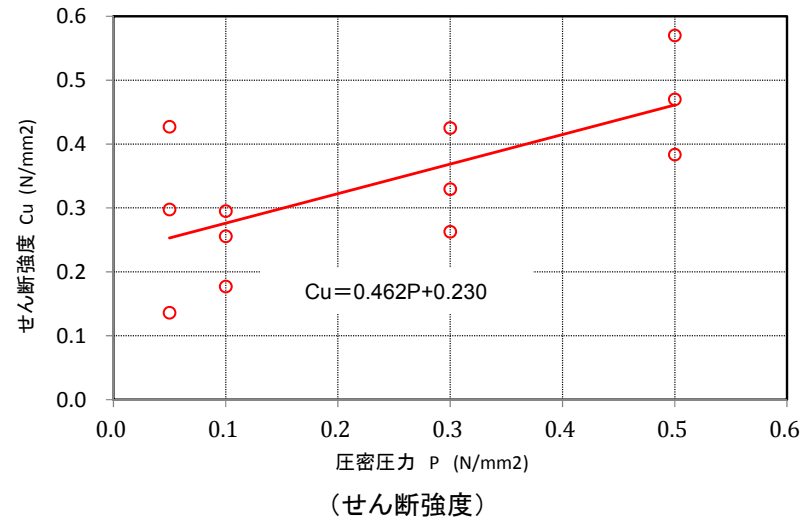
1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性(D2s-3層)

■ D2s-3層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CU条件)に基づき設定した。

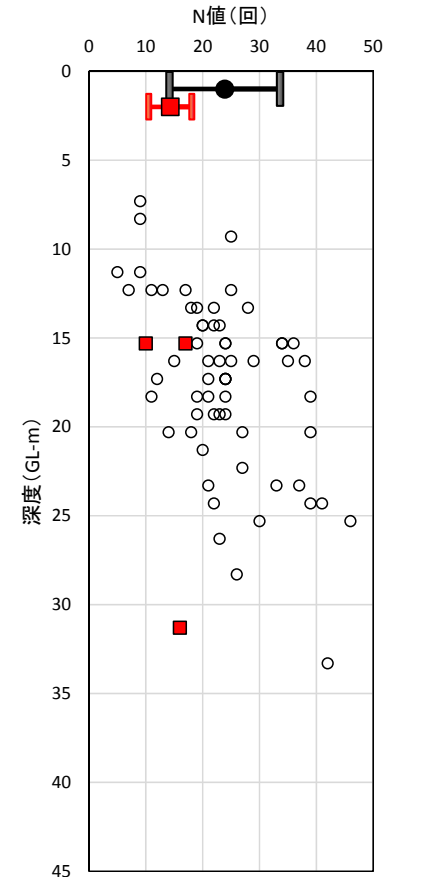


- : 試料を採取したボーリング孔
- : 標準貫入試験位置

試料採取位置図



D2s-3層のせん断強度及び残留強度

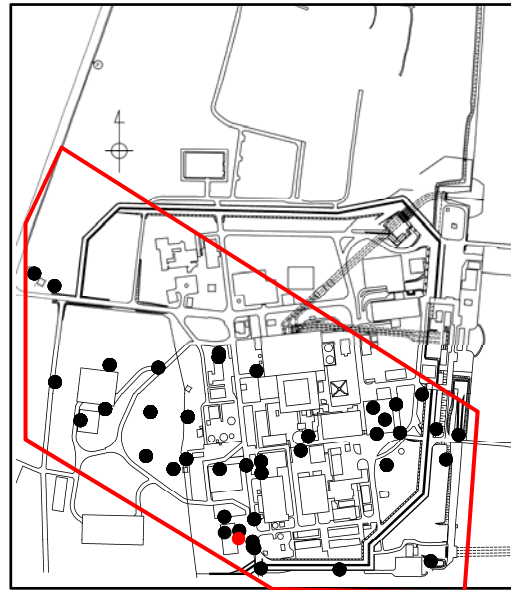


- 敷地内の全調査
- 三軸圧縮試験の試料採取位置
- 敷地内の全調査 平均, 1σ
- 三軸圧縮試験の試料採取位置 平均, 1σ

N値による代表性確認

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性(D2g-3層)

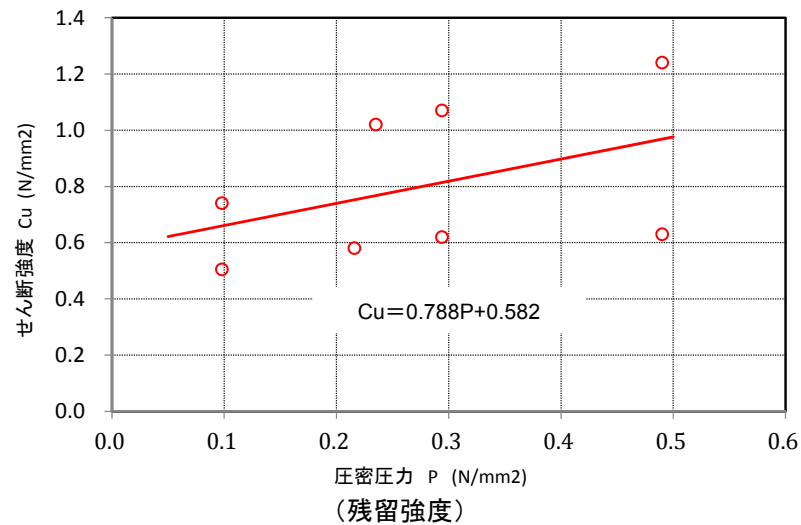
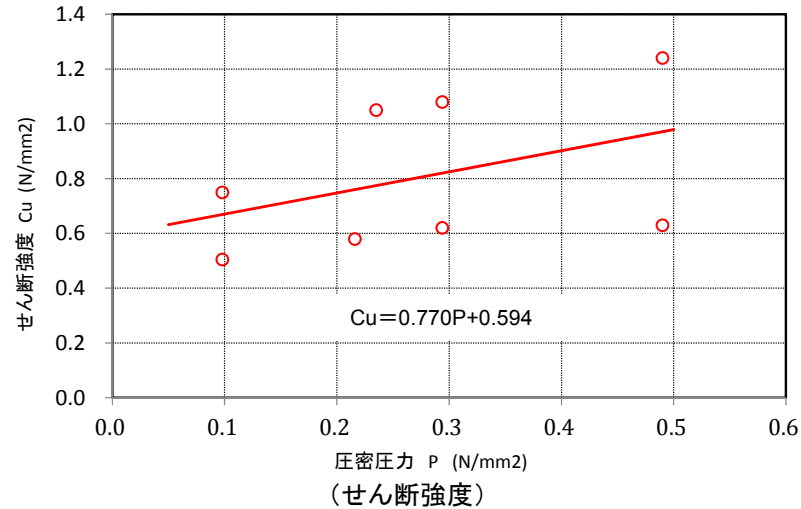
■ D2g-3層のせん断強度及び残留強度は、ブロックサンプリング試料による三軸圧縮試験(CU条件)に基づき設定した。



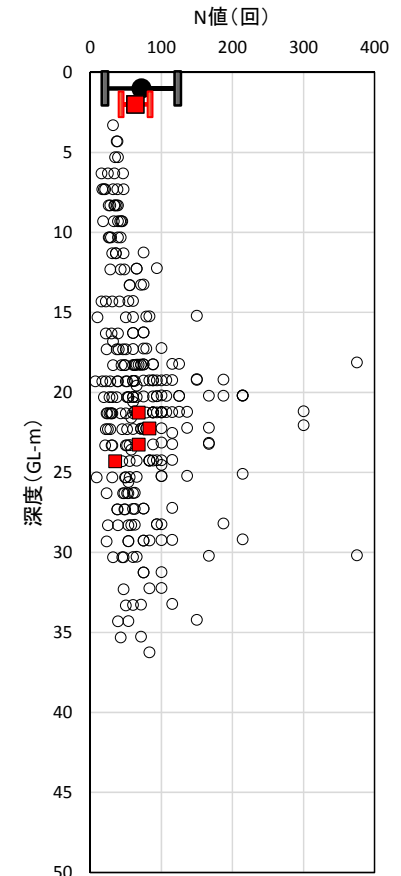
● : 試料採取位置
● : 標準貫入試験位置

低位段丘 I 堆積物 (D2g-3層)

試料採取位置図



D2g-3層のせん断強度及び残留強度

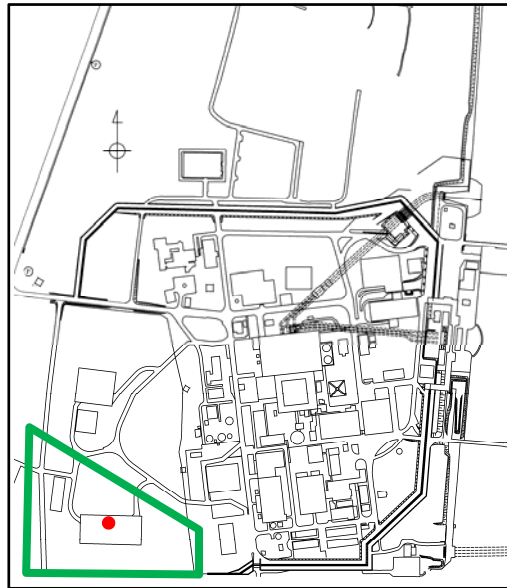


○ 敷地内の全調査
■ 三軸圧縮試験の試料採取位置
● 敷地内の全調査 平均, 1σ
■ 三軸圧縮試験の試料採取位置 平均, 1σ

N値による代表性確認

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性 (Im層)

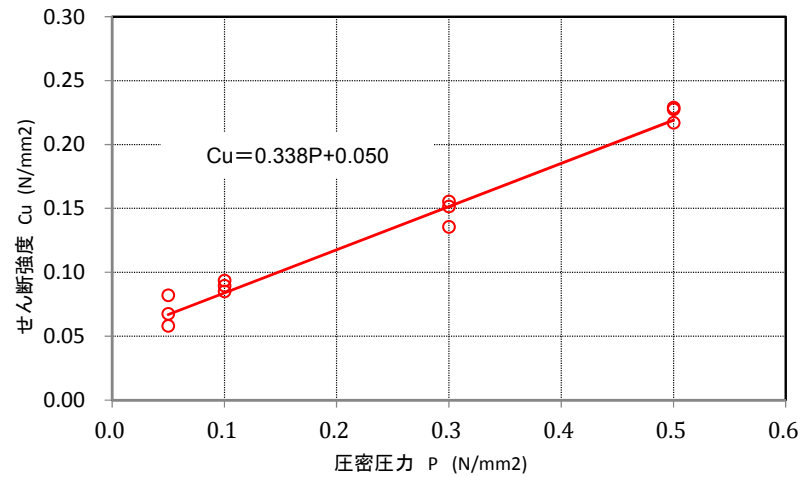
■ Im層のせん断強度及び残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験 (CU条件) に基づき設定した。



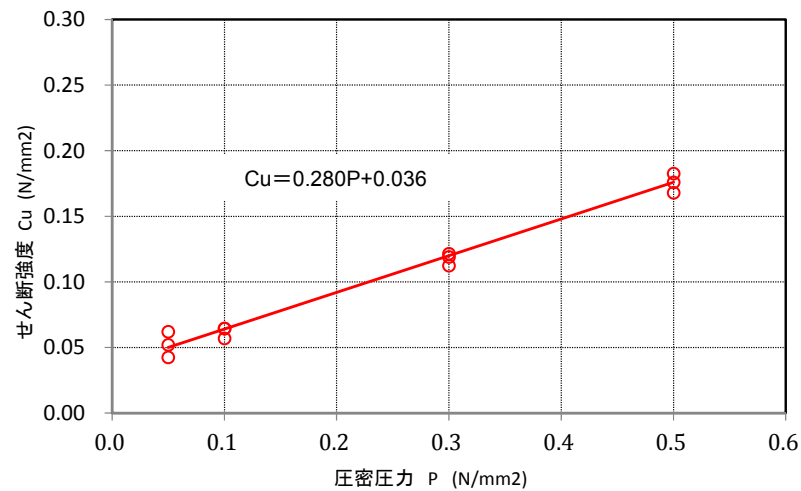
中位段丘堆積層 (Im層)

- : 試料を採取したボーリング孔
- : 標準貫入試験位置

試料採取位置図



(せん断強度)



(残留強度)

Im層のせん断強度及び残留強度

敷地内で取得されているN値データが無い為、N値による比較は出来ない。

ただし、Im層は分布範囲も極めて狭く、今回の試験データを見てもばらつきは小さい。

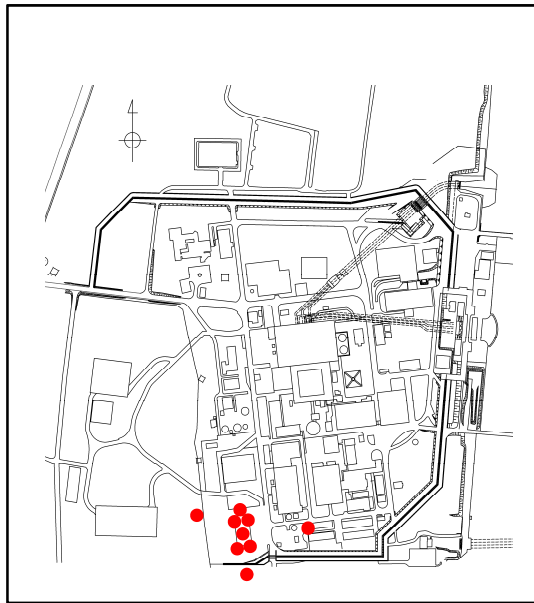
よって、代表性が問題となるような土質では無いと考えられることから、本物性は妥当であると判断した。

N値による代表性確認

1. 解析用物性値の設定に関する補足

地盤の強度特性(Km層_せん断強度)

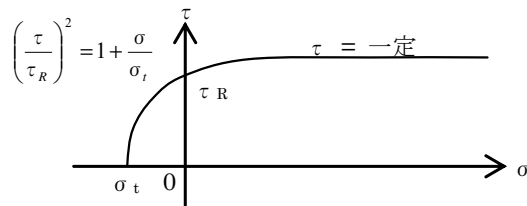
■ Km層のせん断強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CUU条件)に基づき設定した。



● : 試料を採取したボーリング孔

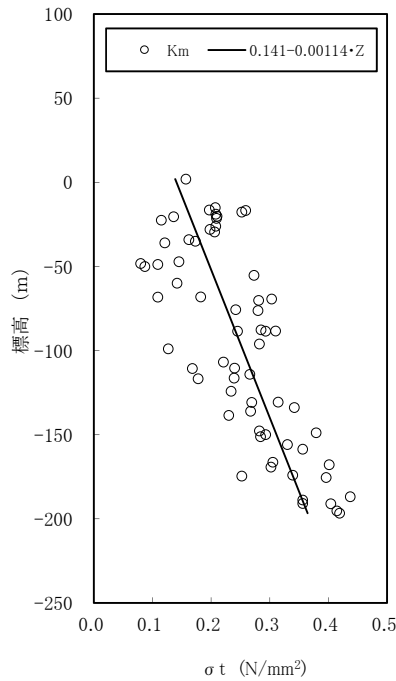
試料採取位置図

・Km層の強度設定式



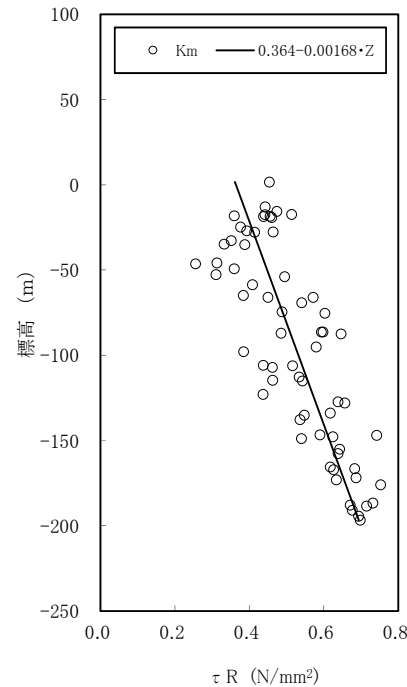
- ① σ_t : 引張強度*
 - ② τ_R : 2次曲線のコントロールポイント*
 - ③ $\tau (=C_{cuu})$: 粘着力*
- ※標高に依存する定数として設定する。

① σ_t : 引張強度



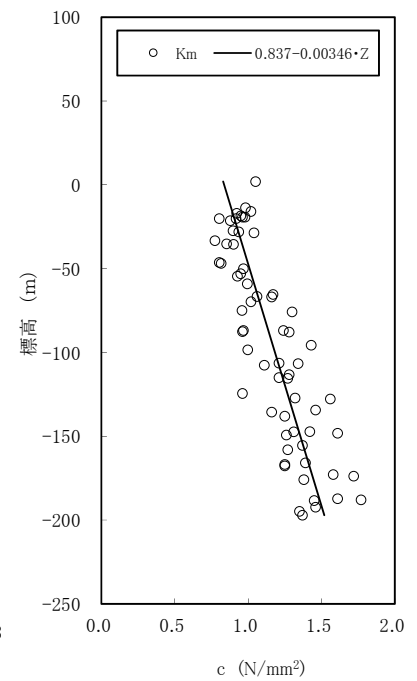
(圧裂試験)

② τ_R : 2次曲線のコントロールポイント



(三軸圧縮試験)

③ τ : 粘着力

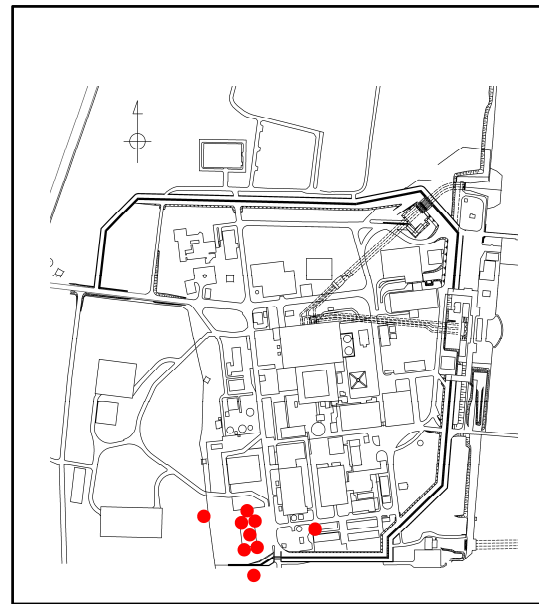


(三軸圧縮試験)

Km層のせん断強度

1. 解析用物性値の設定に関する補足 地盤の強度特性(Km層_残留強度)

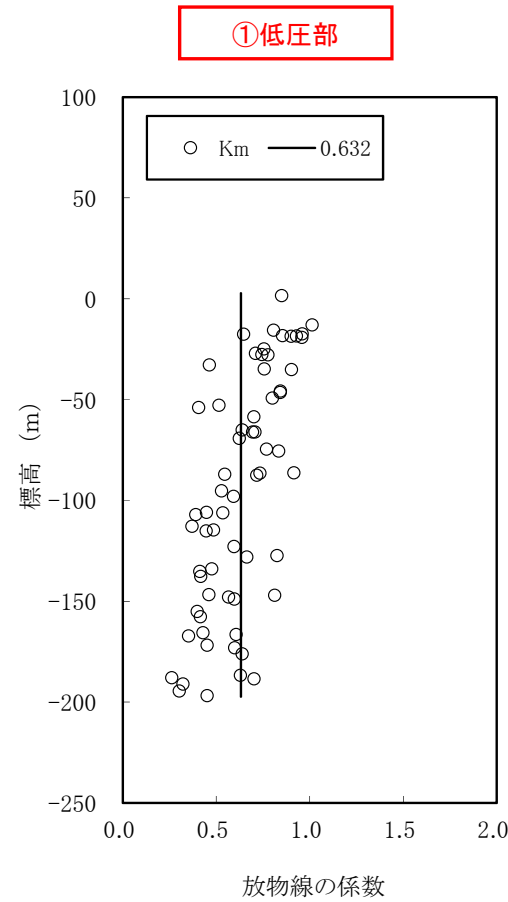
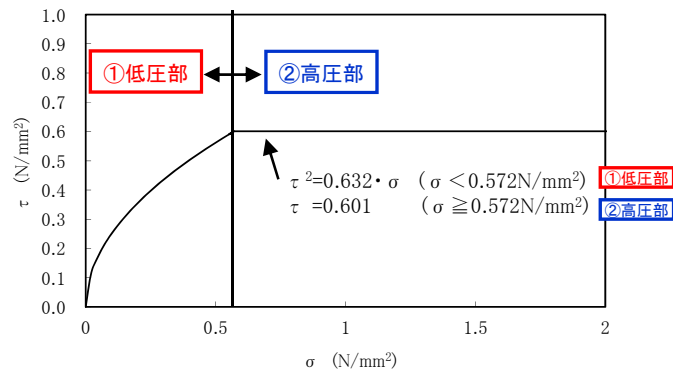
■ Km層の残留強度は、ボーリングコア試料による三軸圧縮試験(CUU条件)に基づき設定した。



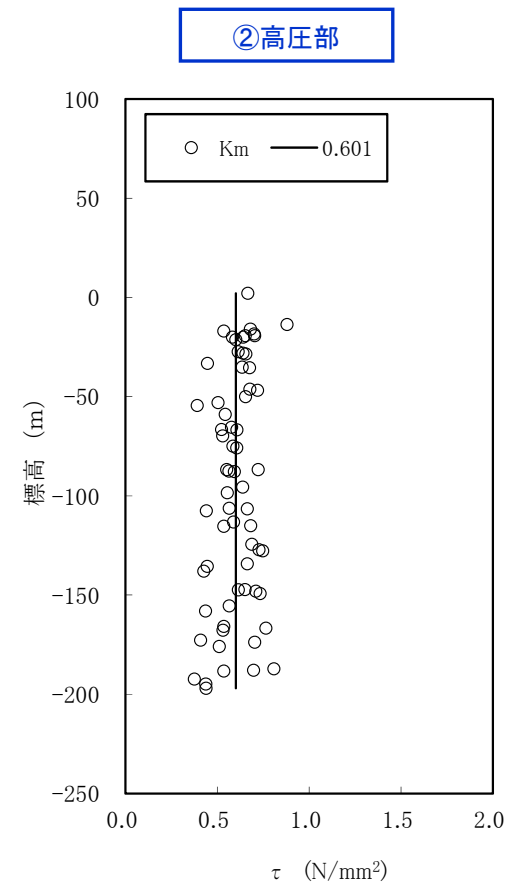
● : 試料を採取したボーリング孔

試料採取位置図

・Km層の残留強度設定式



(三軸圧縮試験)



(三軸圧縮試験)

Km層の残留強度

1. 解析用物性値の設定に関する補足

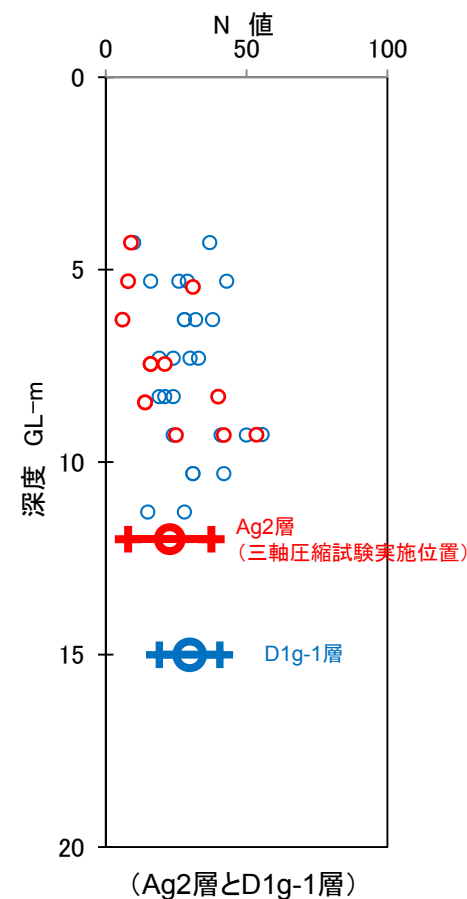
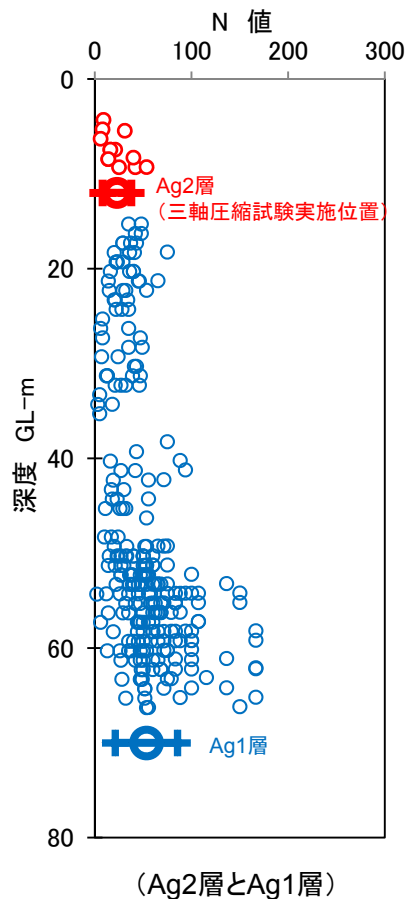
三軸圧縮強度を代用することの妥当性について(Ag1層及びD1g-1層)

【基本方針】

- ✓ Ag1層とD1g-1層は、礫の径が大きく、N値が大きい硬質な砂礫層であり、試料採取が困難である。
- ✓ 敷地に分布するAg1層及びD1g-1層のN値は、Ag2層の三軸圧縮試験実施位置のN値と比較して大きな値を示す。

◆以上のことから、Ag1層及びD1g-1層の三軸圧縮強度については、Ag2層の試験結果にて代用することが保守的と判断する。

ON値の比較



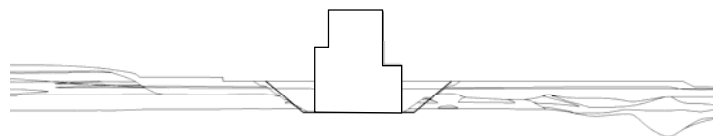
目 次

1. 解析用物性値の設定に関する補足	.....	3
2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足	.....	43
3. 地殻変動評価に関する補足	.....	50
4. 周辺斜面の安定性評価に関する補足	.....	54

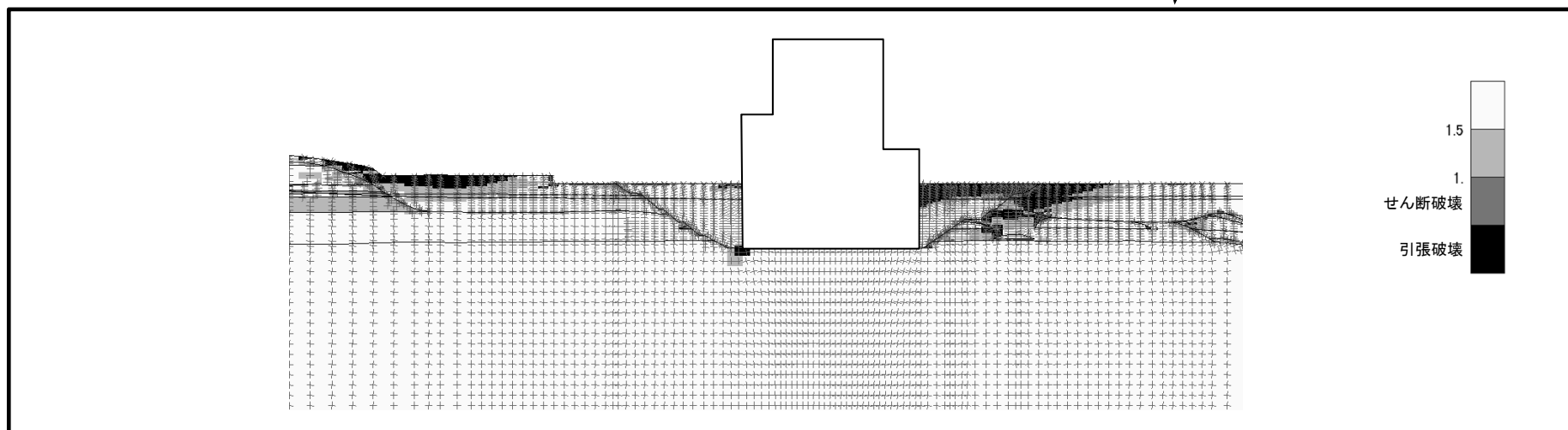
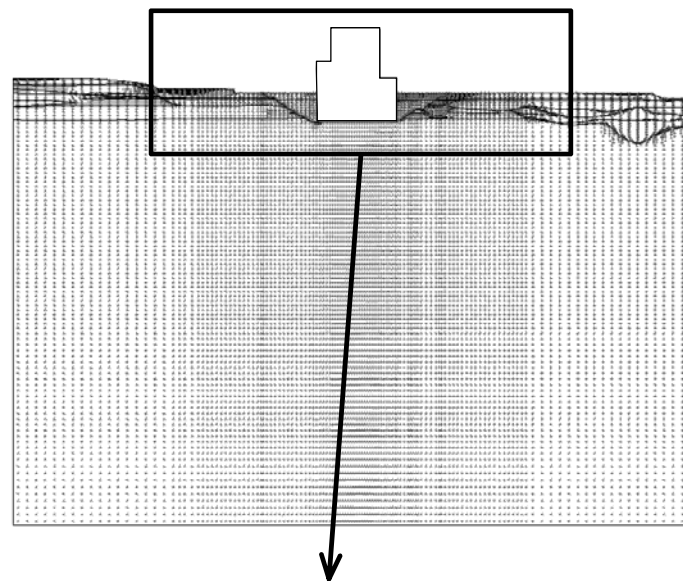
要素毎の局所安全係数図(原子炉建屋 EW断面)

■原子炉建屋:EW断面

- ・最小すべり安全率 : 3.9
- ・地震動 : Ss-31(正(水平), 正(鉛直))
- ・発生時刻 : 8.64 sec



すべり面形状

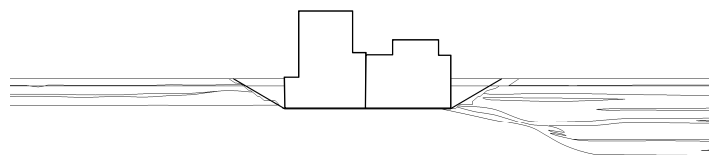


地盤の局所安全係数及びモビライズド面

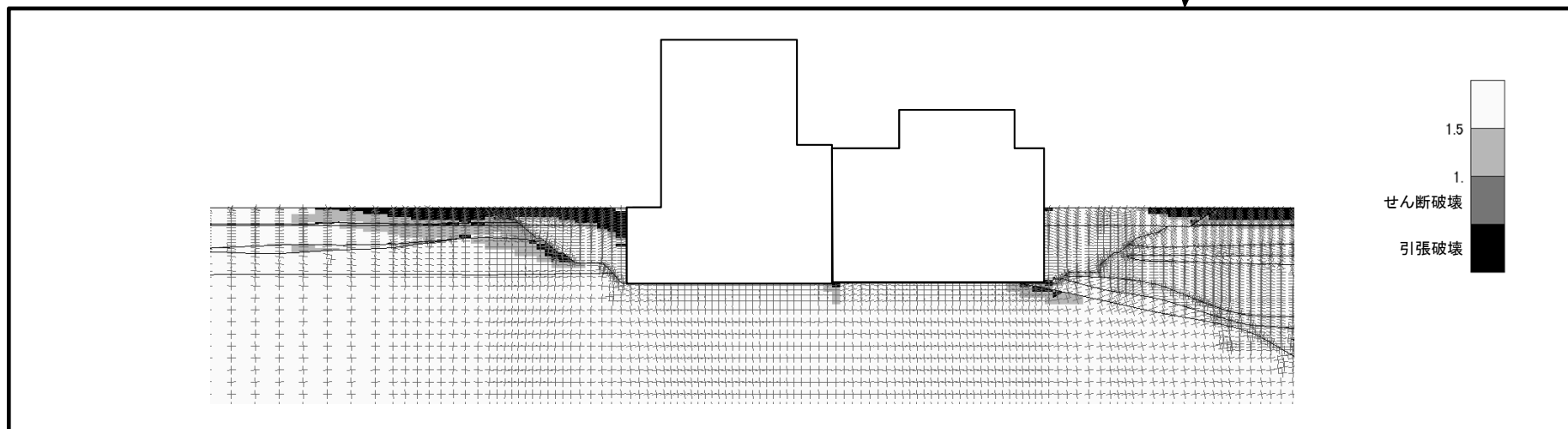
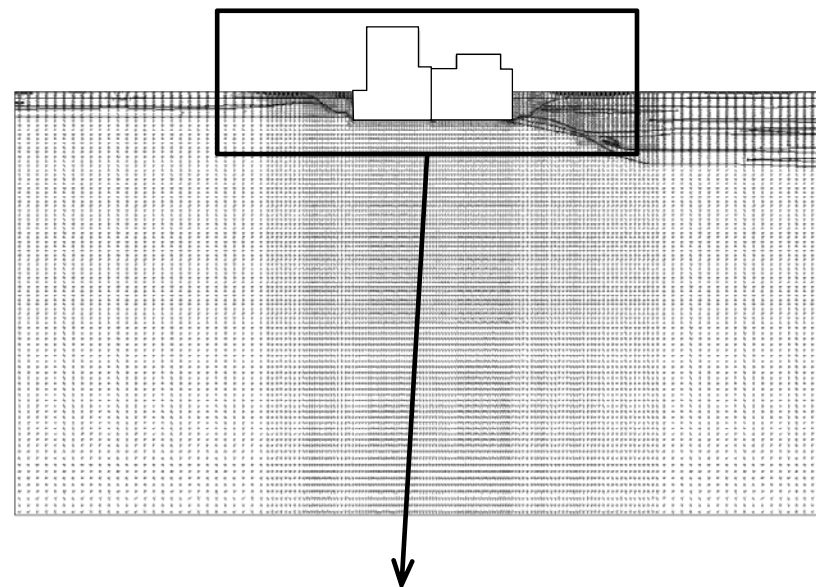
要素毎の局所安全係数図(原子炉建屋 NS断面)

■原子炉建屋: NS断面

- ・最小すべり安全率 : 3.4
- ・地震動 : Ss-31(逆(水平), 正(鉛直))
- ・発生時刻 : 8.63 sec



すべり面形状



地盤の局所安全係数及びモビライズド面

2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足

要素毎の局所安全係数図(緊急時対策所 EW断面)

■ 緊急時対策所:EW断面



2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足

要素毎の局所安全係数図(緊急時対策所 NS断面)

■緊急時対策所: NS断面



2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足

要素毎の局所安全係数図(防潮堤(地中連続壁基礎構造区間) 汀線直交断面)

■防潮堤(地中連続壁基礎構造区間):汀線直交断面



2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足

要素毎の局所安全係数図(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室) 汀線平行断面)

■取水構造物(取水路, 海水ポンプ室): 汀線平行断面

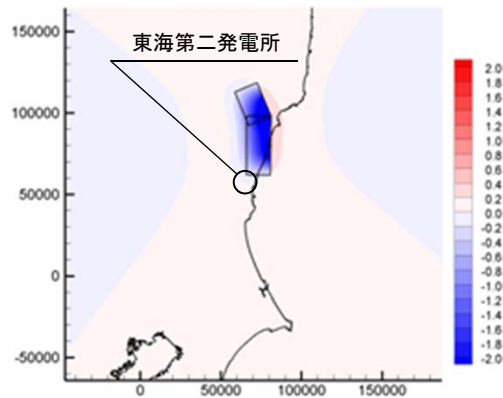


目 次

1. 解析用物性値の設定に関する補足	.....	3
2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足	.....	43
3. 地殻変動評価に関する補足	.....	50
4. 周辺斜面の安定性評価に関する補足	.....	54

地殻変動分布(F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動)

■F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動 (傾斜角45度, すべり角270度)



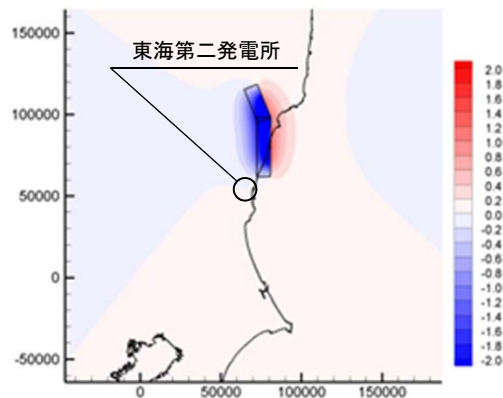
(広域)

鉛直変位量分布図



(敷地拡大)

■F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動 (傾斜角60度, すべり角270度)



(広域)

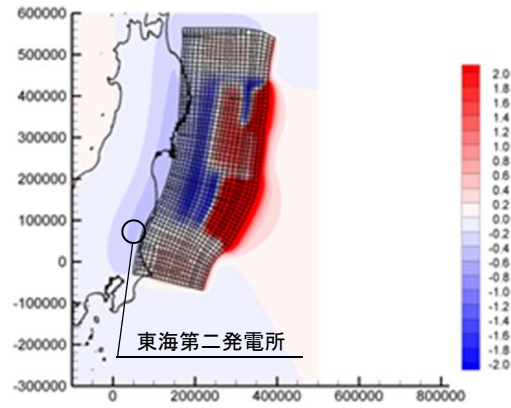
鉛直変位量分布図



(敷地拡大)

地殻変動分布(東北地方太平洋沖型の地震)

■東北地方太平洋沖型の地震 (最大水位上昇ケース)



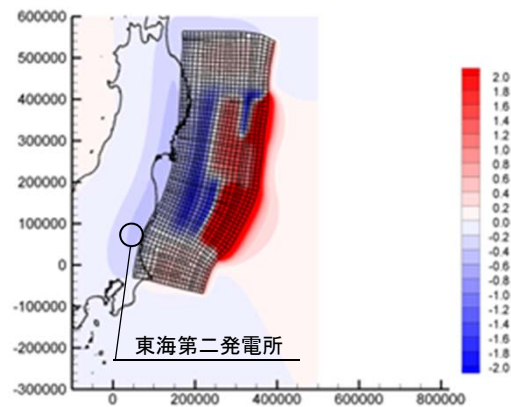
(広域)

鉛直変位量分布図

(敷地拡大)



■東北地方太平洋沖型の地震 (最大水位下降ケース)



(広域)

鉛直変位量分布図

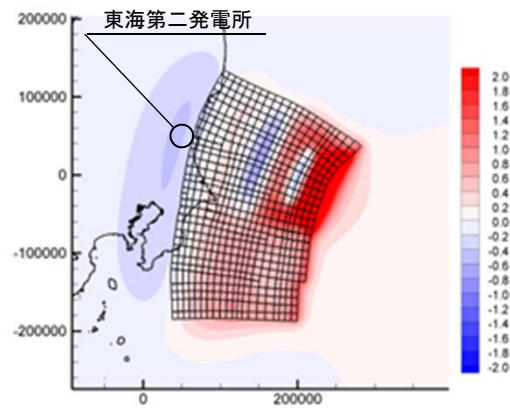
(敷地拡大)



3. 地殻変動評価に関する補足

地殻変動分布(茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)

■茨城県沖から房総沖に想定する津波波源 (最大水位上昇ケース)



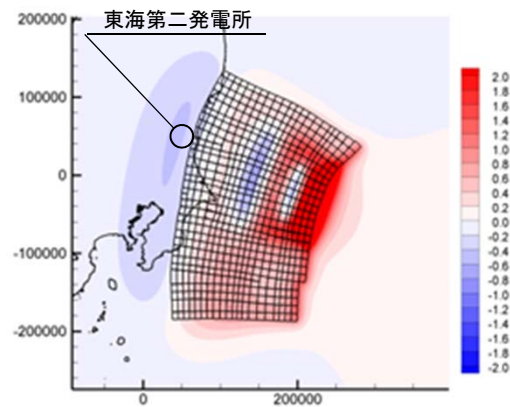
(広域)

鉛直変位量分布図



(敷地拡大)

■茨城県沖から房総沖に想定する津波波源 (最大水位下降ケース)



(広域)

鉛直変位量分布図



(敷地拡大)

目 次

1. 解析用物性値の設定に関する補足	.....	3
2. 基礎地盤の安定性評価に関する補足	.....	43
3. 地殻変動評価に関する補足	.....	50
4. 周辺斜面の安定性評価に関する補足	.....	54

要素毎の局所安全係数図(使用済燃料乾式貯蔵建屋)

■使用済燃料乾式貯蔵建屋

