

平成 28 年度新マーケット創出提案型事業  
電気式コーン貫入試験（CPTU）による斜め方向地盤調査  
事業報告書(案)

はじめに

- ・ 本研究会の沿革、目的、活動方針等

1. 目的（WG2）

- ・ 4～5 個程度の斜め CPTU の活用目的，活用方法を設定。
- ・ 目的毎に、既存技術の背景や斜め CPTU の利点について記載。  
たたき台として、地圏総合コンサルタント 野口氏作成の利用方法を P3～記載。

2. 電気式コーン貫入試験の概要（WG1）

- ・ 電気式コーン貫入試験についての紹介。
- ・ 解析方法について紹介。
- ・ 既存の資料を利用して調査の概要を記載する。

3. 斜め方向電気式コーン貫入試験の方法（WG1）

- ・ 斜め CPTU の調査方法について記載。
- ・ 既存の資料を利用して調査方法の概要を記載する。

4. 斜め方向電気式コーン貫入試験の解析方法（WG1）

- ・ 実験から得られた知見から、斜め CPTU の解析方法を記載する。  
たたき台として、ソイルアンドロック 石井氏作成の解析方法を P9～記載。

5. 斜め方向電気式コーン貫入試験の積算（WG3）

- ・ 斜め CPTU の積算資料の作成。
- ・ 鉛直 CPTU を標準とした歩掛けと根拠について。
- ・ たたき台として、ソイルアンドロック 石井氏作成の解析方法を P23～記載。

6. 電気式コーン貫入試験と土質試験結果との比較

- ・ 実験調査で実施した室内土質試験と CPTU,RI-CPTU の比較検討。  
たたき台として、地盤試験所 北條氏作成の解析結果を P28～記載。



## 1.目的 (WG2)

### 斜め CPTU の利用方法 (適用例) について

#### 1. 盛土

- 盛土路体や法尻から中心部に向かって斜めに調査を実施する。
- 既存の土質試料がない場合などに、盛土の土質分類と地盤定数を推定し、地盤構成を確認することができる。
- 盛土下部の液状化・流動化の情報収取に有効である。

#### ●利用方法

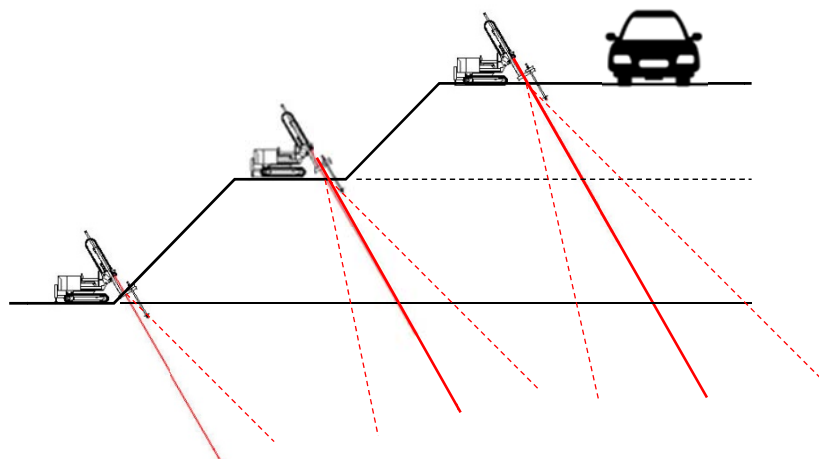
##### ① 道路や鉄道などに供用中の盛土

###### 【調査における課題】

- 道路や鉄道盛土等で、交通や障害物のために鉛直調査が困難

###### 【斜め CPT における利点】

- 路肩等から斜め方向へ調査を行うことにより、道路規制が不要であり、鉄道の営業時間内においても調査が可能
- 小段やのり尻からの調査を併用することで、広範囲の地盤特性を把握することが可能



共用中の盛土における調査例

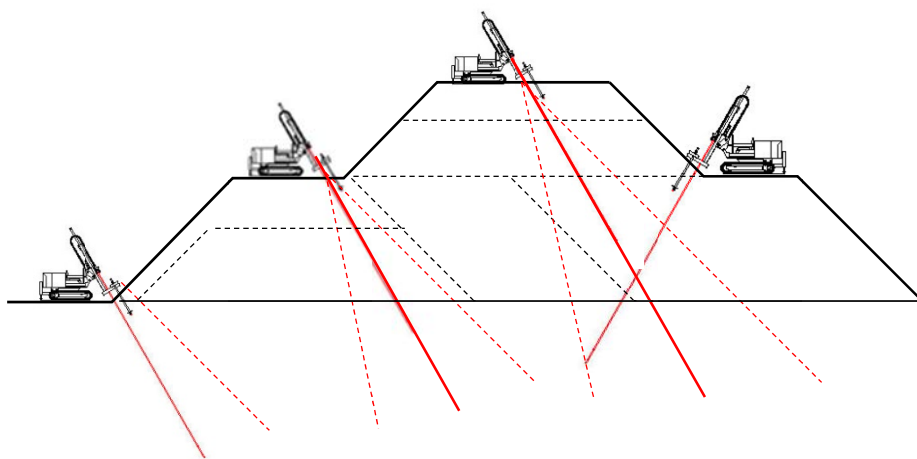
## ② 河川堤防

### 【調査における課題】

- 鉛直方向の調査だけでは複雑な堤体構造を把握することが困難

### 【斜めCPTにおける利点】

- 天端や小段などの複数箇所から斜め方向の調査を行うことにより、詳細な堤体構造を把握することが可能



河川堤防における調査例

## 2. 既設構造物箇所等の調査

- 既設構造物直下の地盤状況を把握する場合や、構造物が近接して一般的な調査が実施できない場合に、構造物の近傍から斜め方向の調査を実施する。
- 構造物の解体、撤去を行わずに調査が可能となる。
- 地盤状況に加え、空洞の有無や地盤定数の把握を迅速に把握することが可能である。
- 調査結果から、液状化判の評価を行うことが可能である。

### ●利用方法

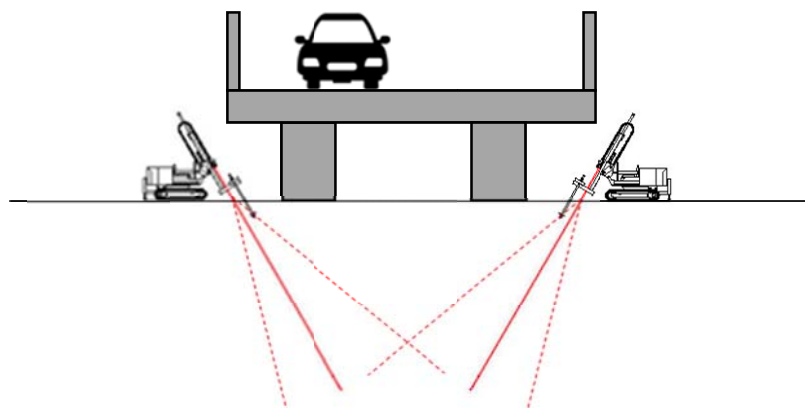
#### ① 橋梁直下

##### 【調査における課題】

- 構造物下の空間が少ないため、一般的な鉛直方向の調査ができない

##### 【斜めCPTにおける利点】

- 近傍から構造物下に向かって調査を実施することにより、構造物下の地盤状況を把握することが可能
- 基礎が杭等である場合でも、杭を避けて調査を行うことが可能



橋梁下部における調査例

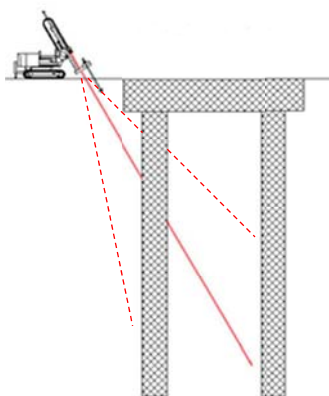
② 杭基礎間

【調査における課題】

- 構造物やフーチング等が支障となるため、削孔もしくは撤去する必要がある

【斜めCPTにおける利点】

- 杭を避けて斜め方向の調査を実施することにより、地盤状況や空洞の有無等を把握することが可能



杭基礎間の調査例

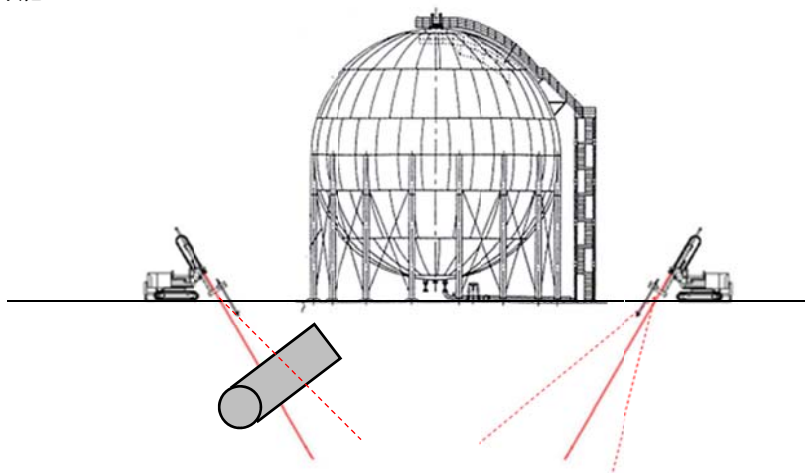
③ 石油タンク等の直下や配管支障箇所

【調査における課題】

- 石油タンクは実質撤去ができないため、直下の地盤性状を把握できない
- 複雑に敷設された配管に支障を与えないような調査が困難

【斜めCPTにおける利点】

- 近傍から石油タンク直下に向かって調査を実施することにより、石油タンク下の地盤状況を把握することが可能
- 配管の間隙を狙った調査を実施することによって、空洞の有無や液状化の評価を行うことが可能



石油タンク直下や配管支障箇所での調査例

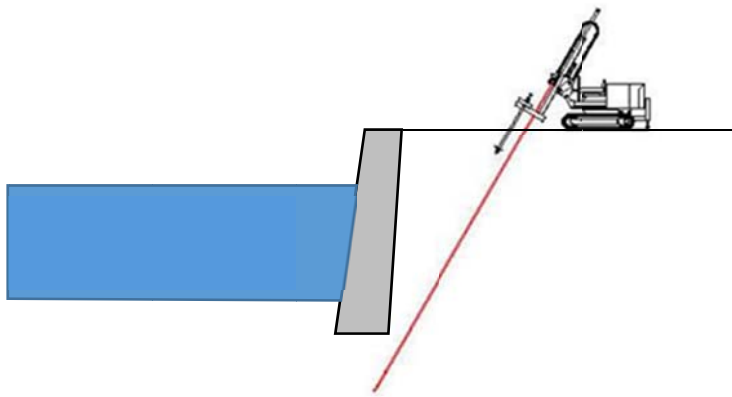
④ 既設護岸

【調査における課題】

- 鉛直方向による調査では、既設護岸を掘削する必要がある

【斜め CPT における利点】

- 既設護岸下に向けた調査によって地盤状況を把握し、空洞化や液状化の評価を行うことが可能



既設護岸直下地盤の調査例

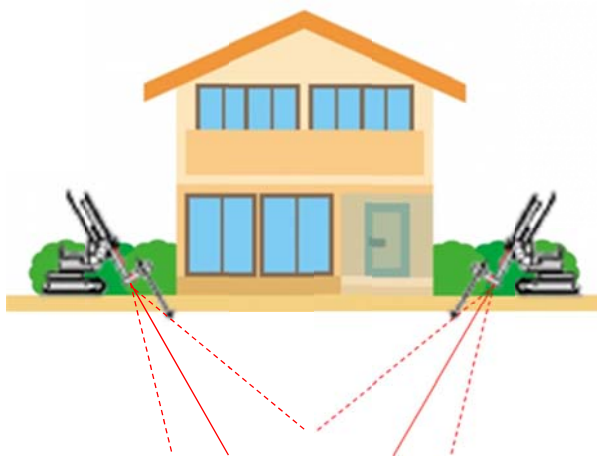
⑤ 戸建住宅直下の調査

【調査における課題】

- 直下の地盤性状を把握する場合、建屋の撤去が必要

【斜め CPT における利点】

- 建屋下に向けた調査によって地盤状況を把握し、地盤支持力や液状化の評価を行うことが可能



戸建住宅直下の調査例

### 3. その他

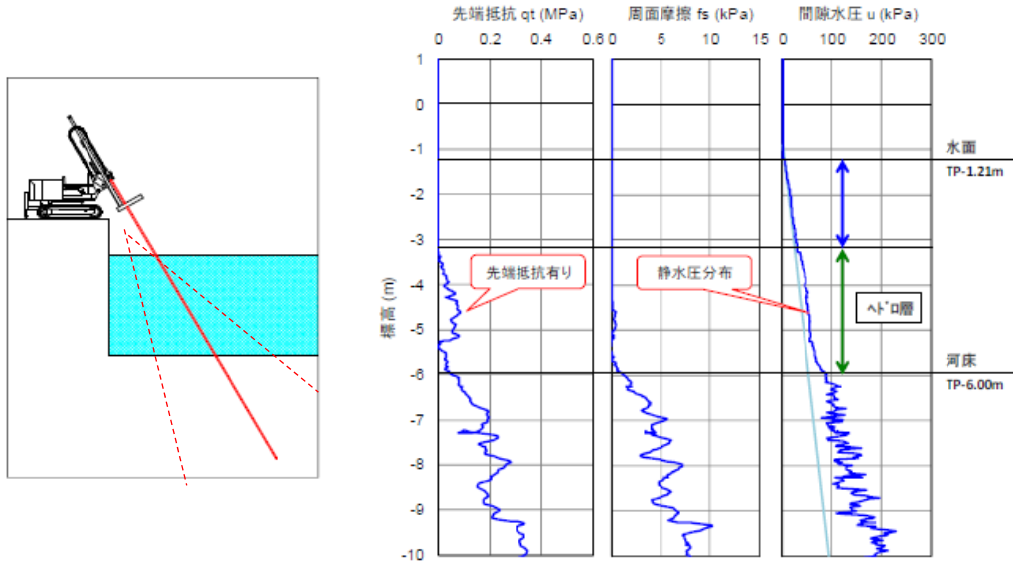
#### ① 底質調査

##### 【調査における課題】

- 河川や湖沼、港湾の底質調査を実施する際、台船や足場仮設が必要

##### 【斜めCPTにおける利点】

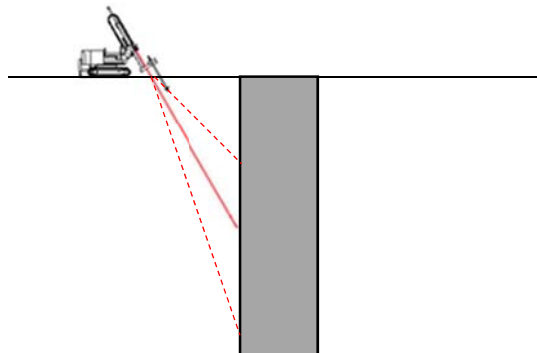
- 陸地に近い地点では台船や足場等仮足場を設置することなく調査が可能
- ヘドロ層の層厚調査で有効なデータを収取することが可能



底質調査例

#### ② 改良体の出来形確認調査

- 改良体の出来形を確認する際、改良体本体を損壊することなく調査が可能となる。
- セメント系改良体の固化前では先端抵抗の低下と間隙水圧の静水圧分布で改良体を確認可能
- 固化後は先端抵抗と間隙水圧の上昇により改良体を確認可能
- ただし、改良体の形状を確認する場合は調査数量が多く必要

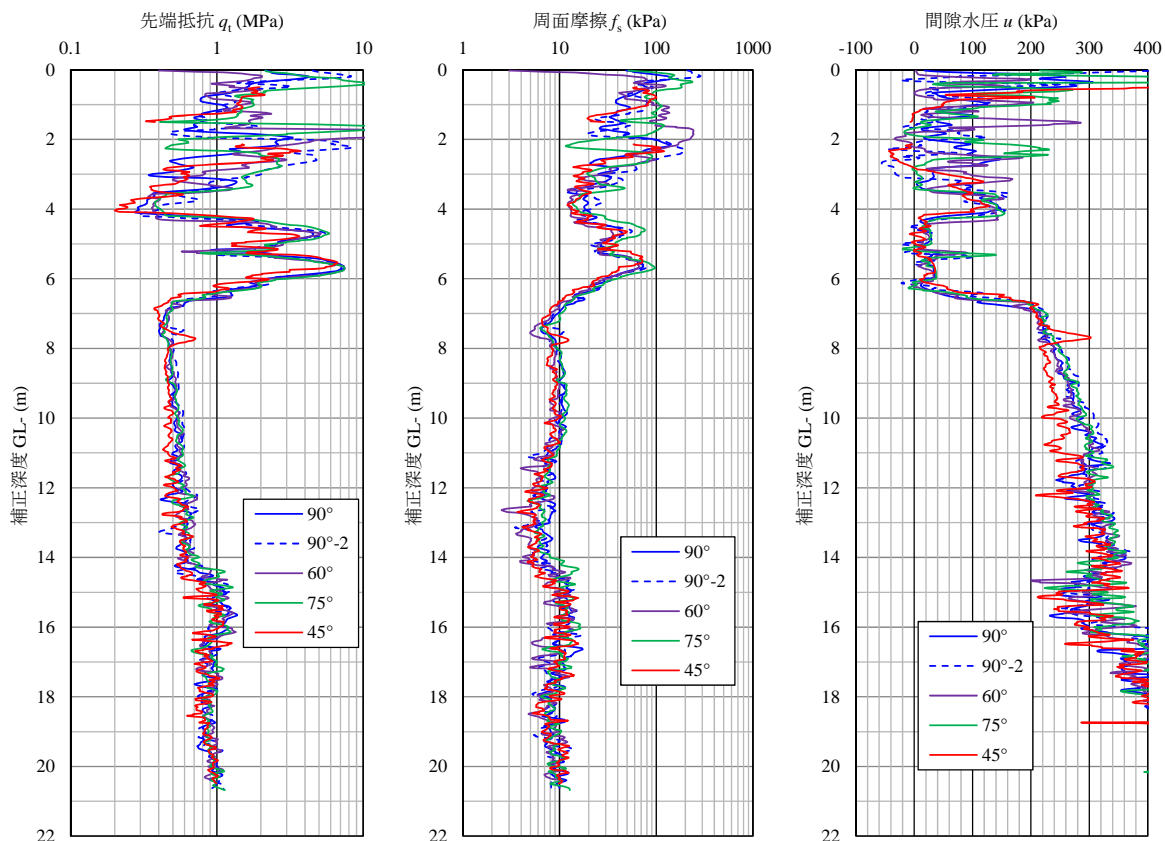


改良体の出来形確認調査例

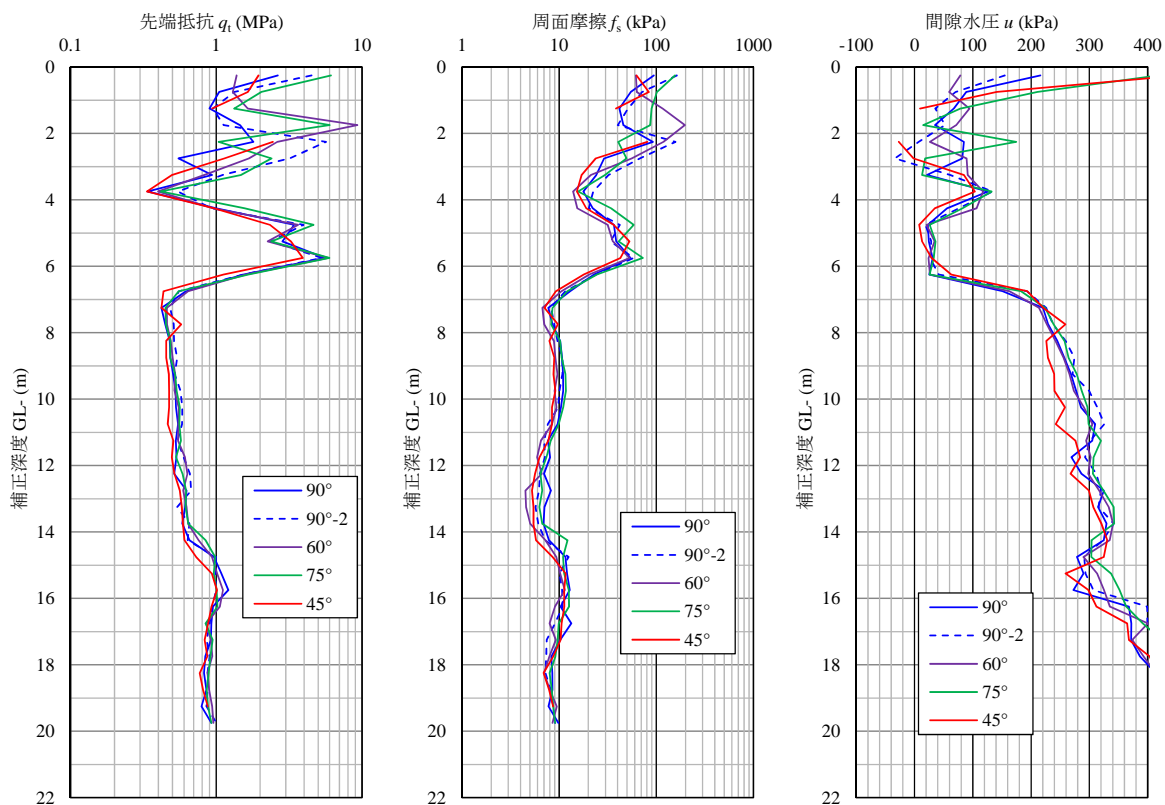


#### 4. 斜め方向電気式コーン貫入試験の解析方法

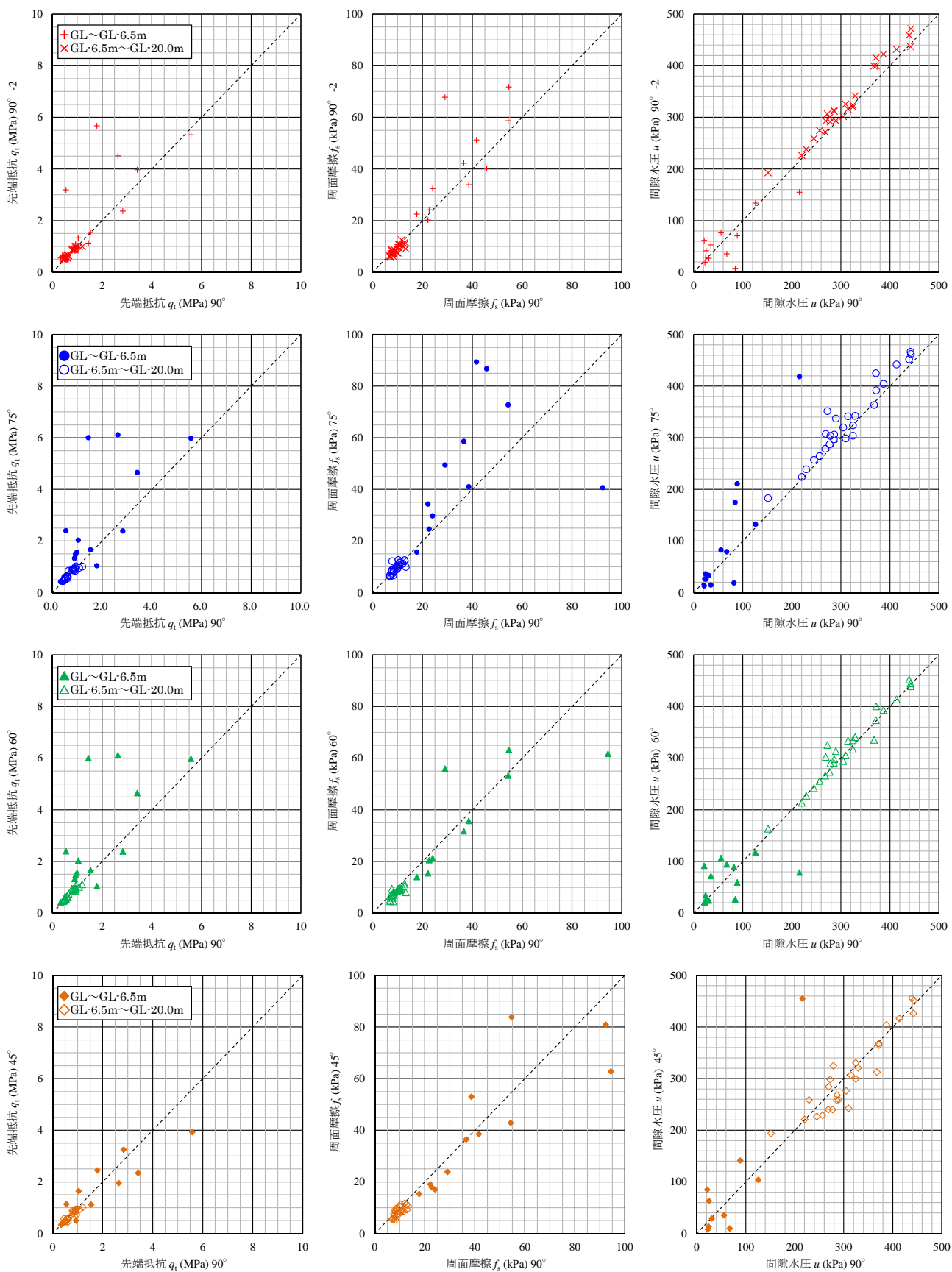
$q_t, f_s, u$  の深度分布図 (2cm 区間平均値)



$q_t, f_s, u$  の深度分布図 (0.5m の区間平均値)

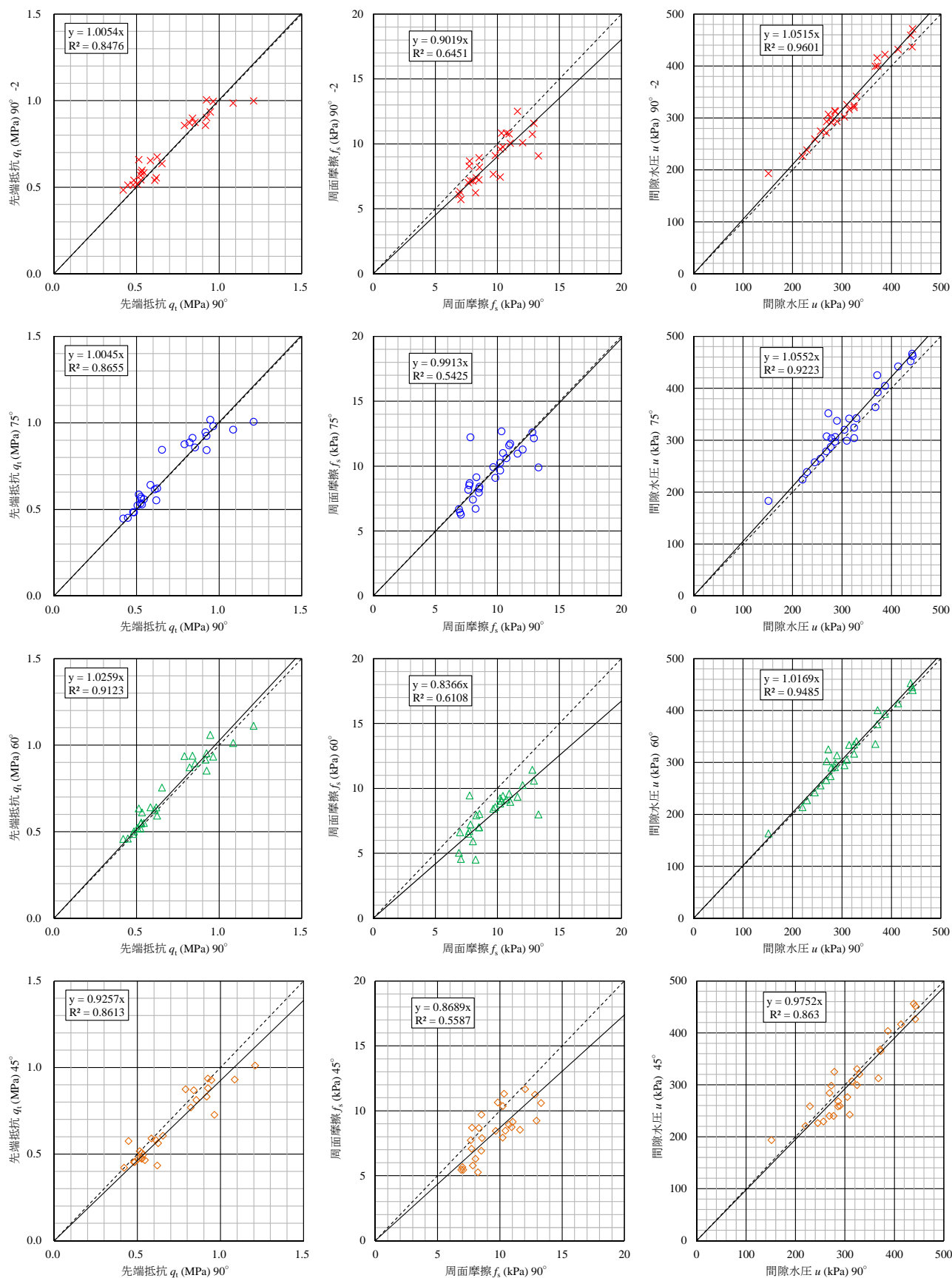


$q_t, f_s, u$  の鉛直貫入との比較（全区間、0.5m の区間平均値）



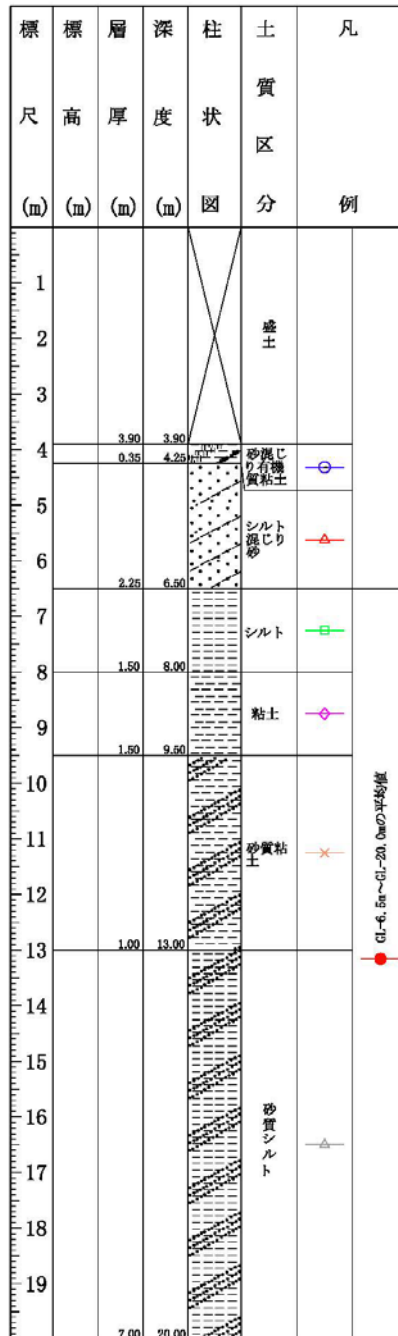
盛土、有機質土については、ばらつきが大きい  
 ⇒性状の差異（土質や締固め具合など）

$q_t, f_s, u$  の鉛直貫入との比較 (GL-6.5m~GL-20.0m 区間、0.5m の区間平均値)

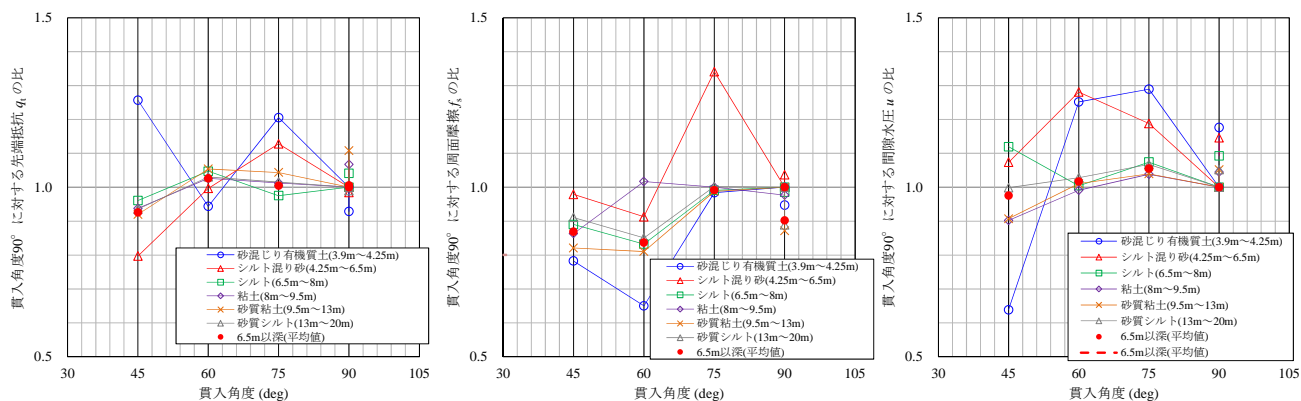


- $q_t$ 、 $f_s$ は、貫入角度の傾きが大きくなるにつれ、鉛直貫入より小さくなる傾向あり。
- $f_s$ は特にその傾向が顕著。
- $u$ については、貫入角度による差異はほとんどない。
- 鉛直貫入の1回目と2回目においても  $q_t$ 、 $f_s$ 、 $u$ ともばらつきがある。ばらつきの程度は、鉛直貫入と斜め下方貫入のそれと比較しても、さほど大差はない。

次に今回の試験を行った地盤を下図のように区分し、鉛直貫入に対する計測値の比で比較した。

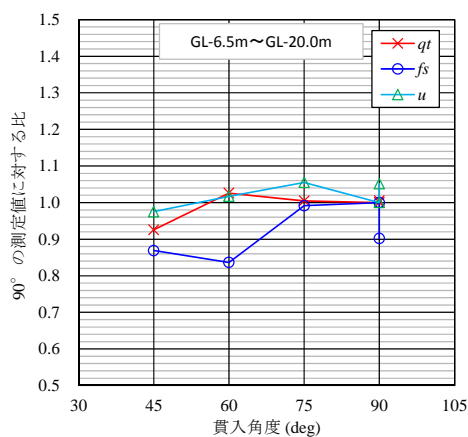


## 貫入角度 90°に対する計測値の比（土層毎）



- $q_t$ 、 $f_s$ 、 $u$ とも砂層、有機質土については明確な関係は把握できない。
- シルト層、粘土層については貫入角度の傾斜が大きくなるにつれ、多少ばらつきはあるものの  $q_t$ 、 $f_s$ 、 $u$ は小さくなる傾向がうかがえる。
- $q_t$ 、 $f_s$ 、 $u$ のばらつきは、貫入速度や試験位置の差異によるものとする。

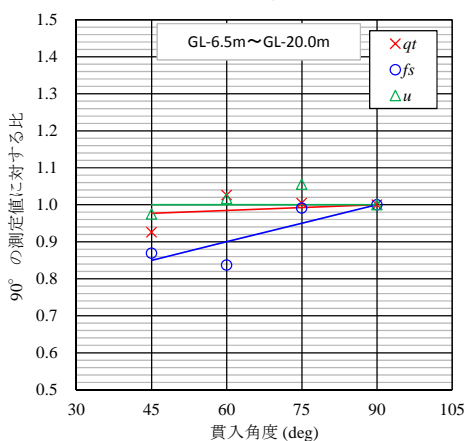
## GL-6.5m～GL-20.0m（平均値）の貫入角度 90° に対する計測値の比



角度	$q_t$	$f_s$	$u$
90	1.000	1.000	1.000
90-2	1.005	0.902	1.052
75	1.005	0.991	1.055
60	1.026	0.837	1.017
45	0.926	0.869	0.975



回帰分析を行い、各貫入角度における  $q_t$ 、 $f_s$ 、 $u$  の補正係数を設定した。

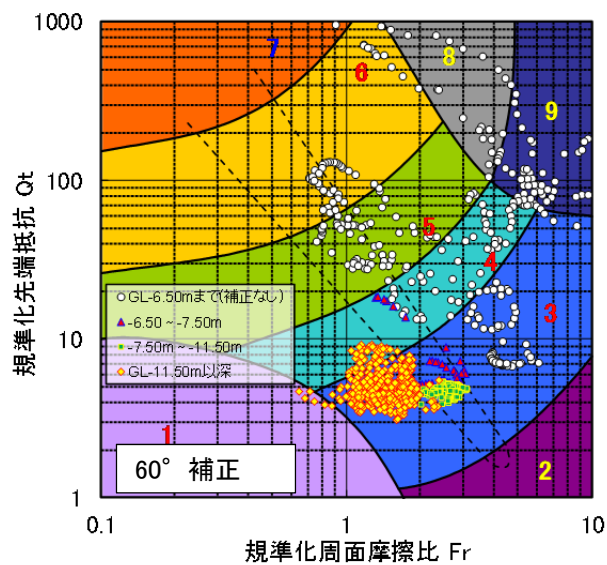
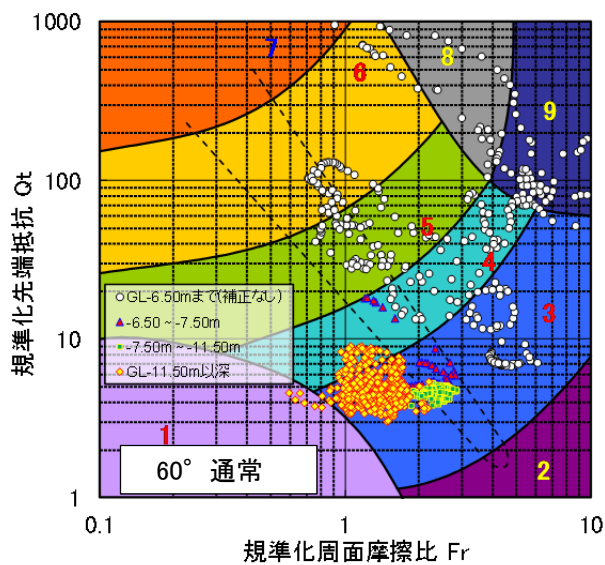
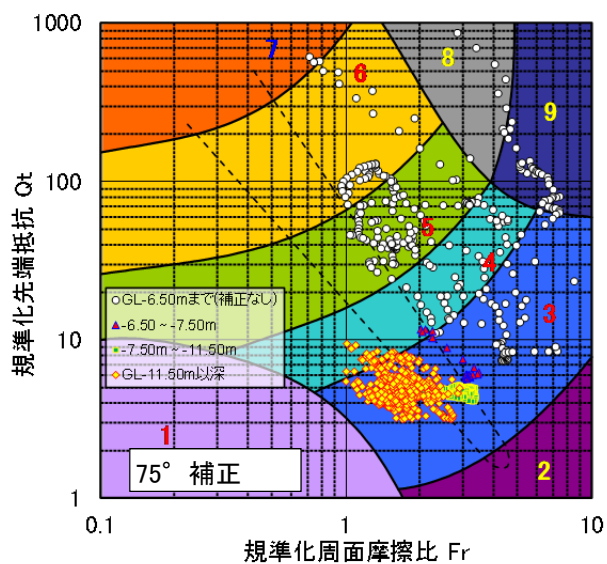
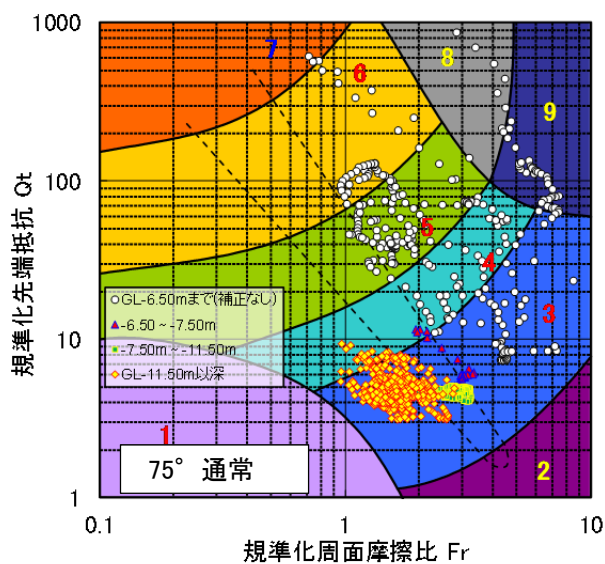
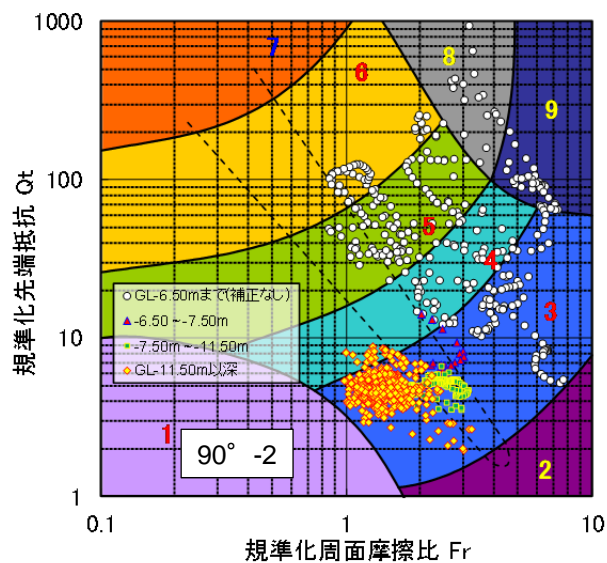
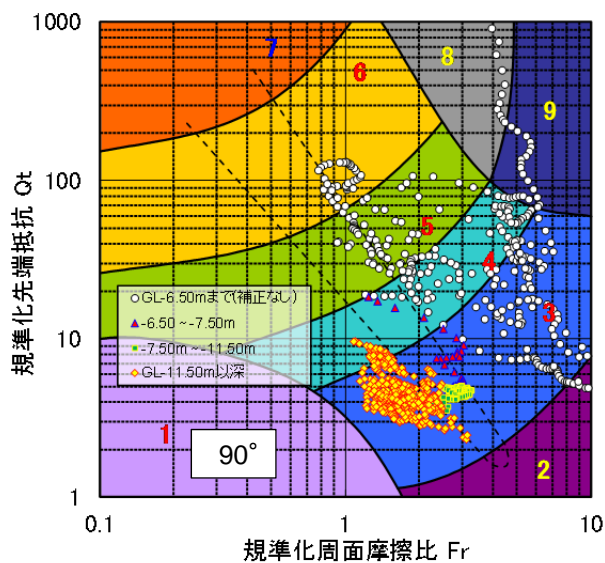


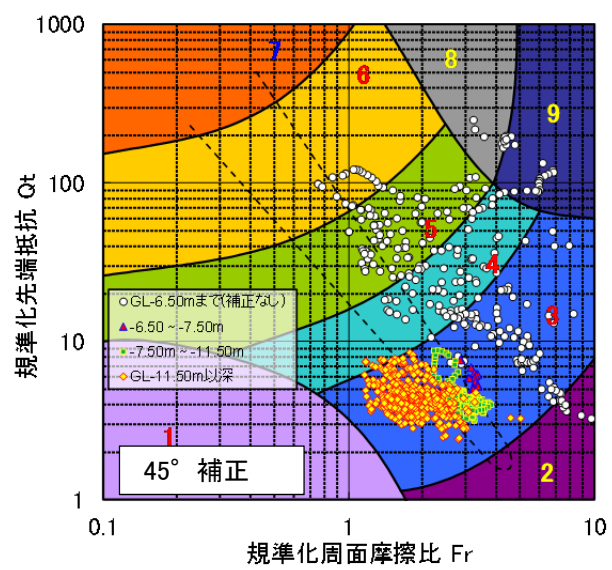
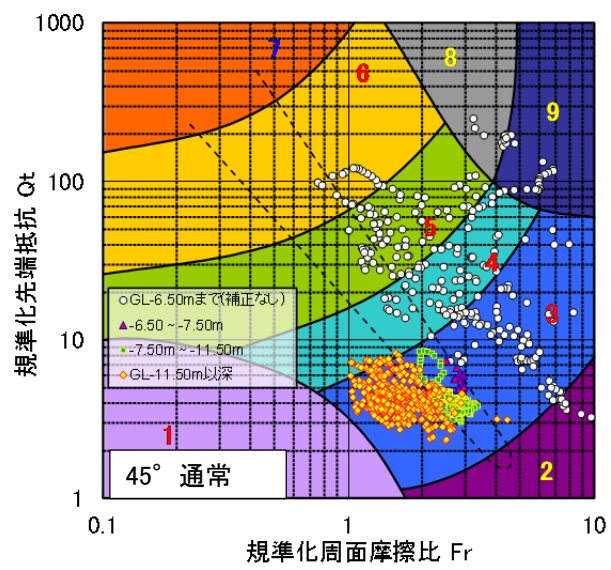
## 補正係数

角度	$q_t$	$f_s$	$u$
90	1.000	1.000	1.000
75	0.992	0.950	1.000
60	0.985	0.900	1.000
45	0.977	0.850	1.000

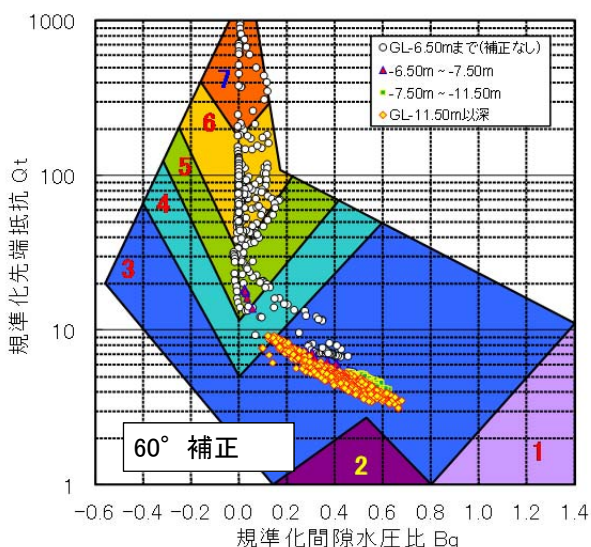
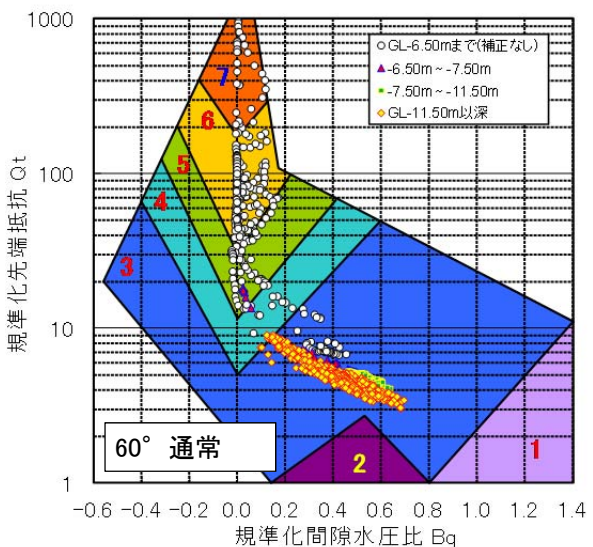
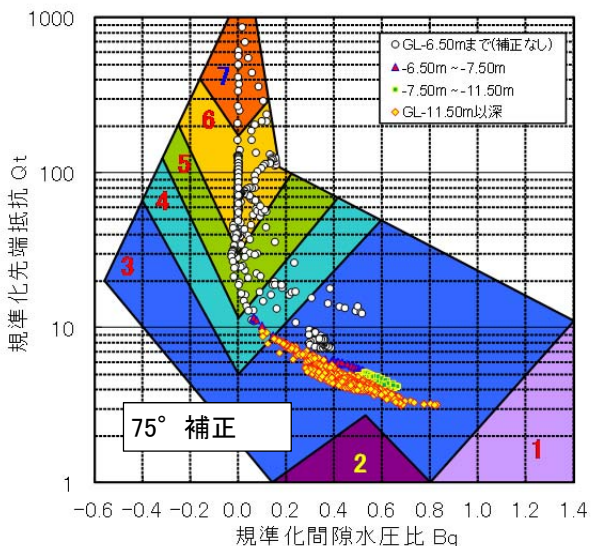
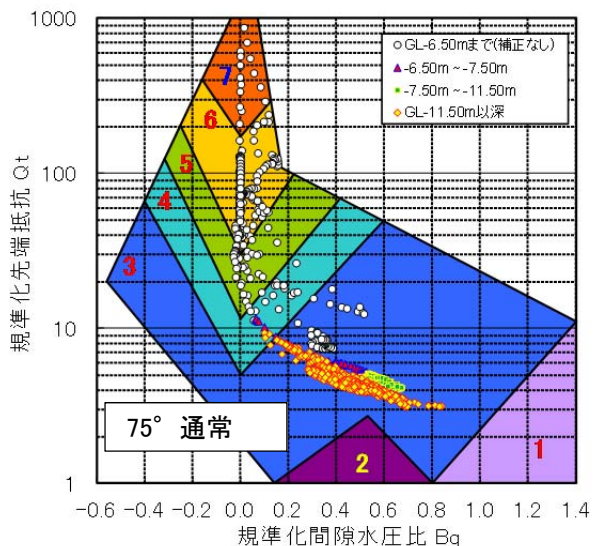
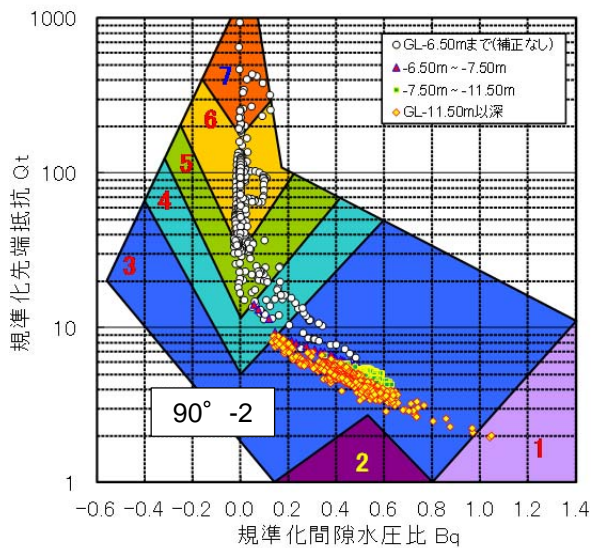
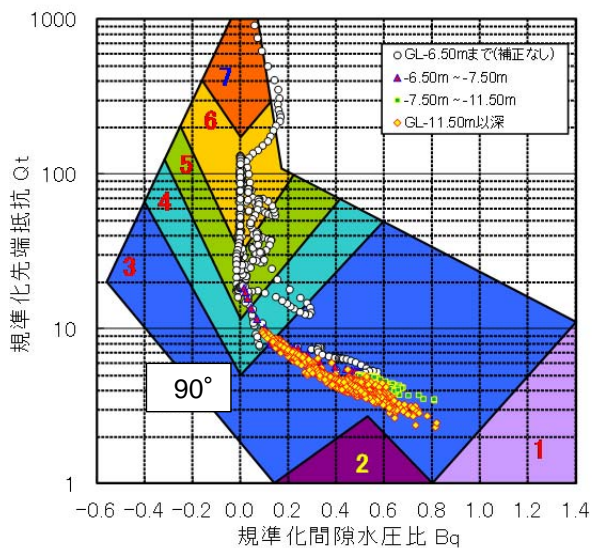
$u$  については補正なしとした。  
(貫入角度による差がほとんどないため)

## Qt-Fr 分布

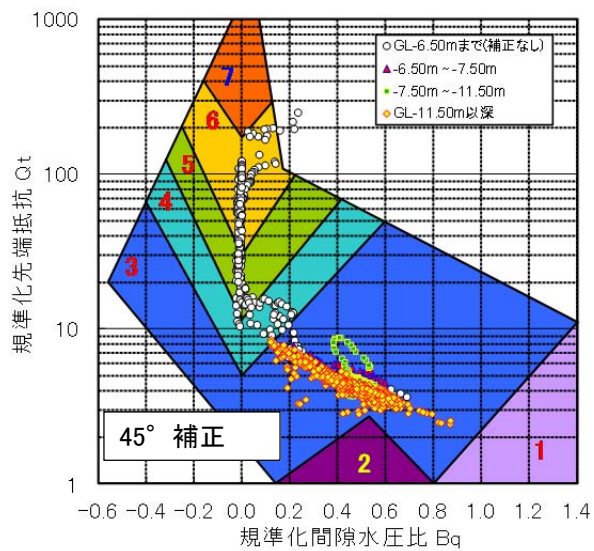
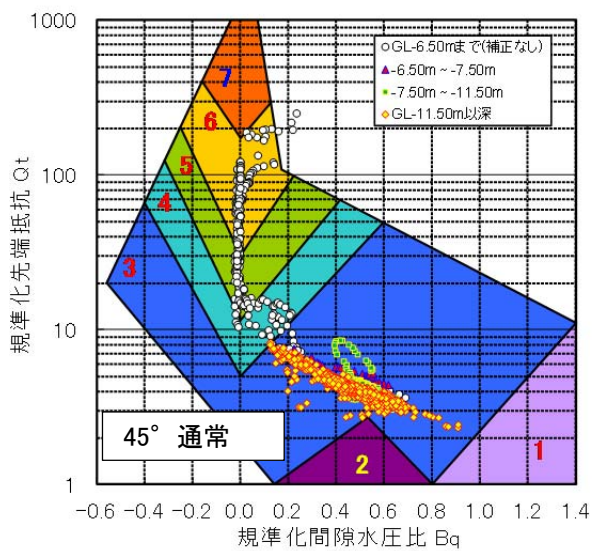




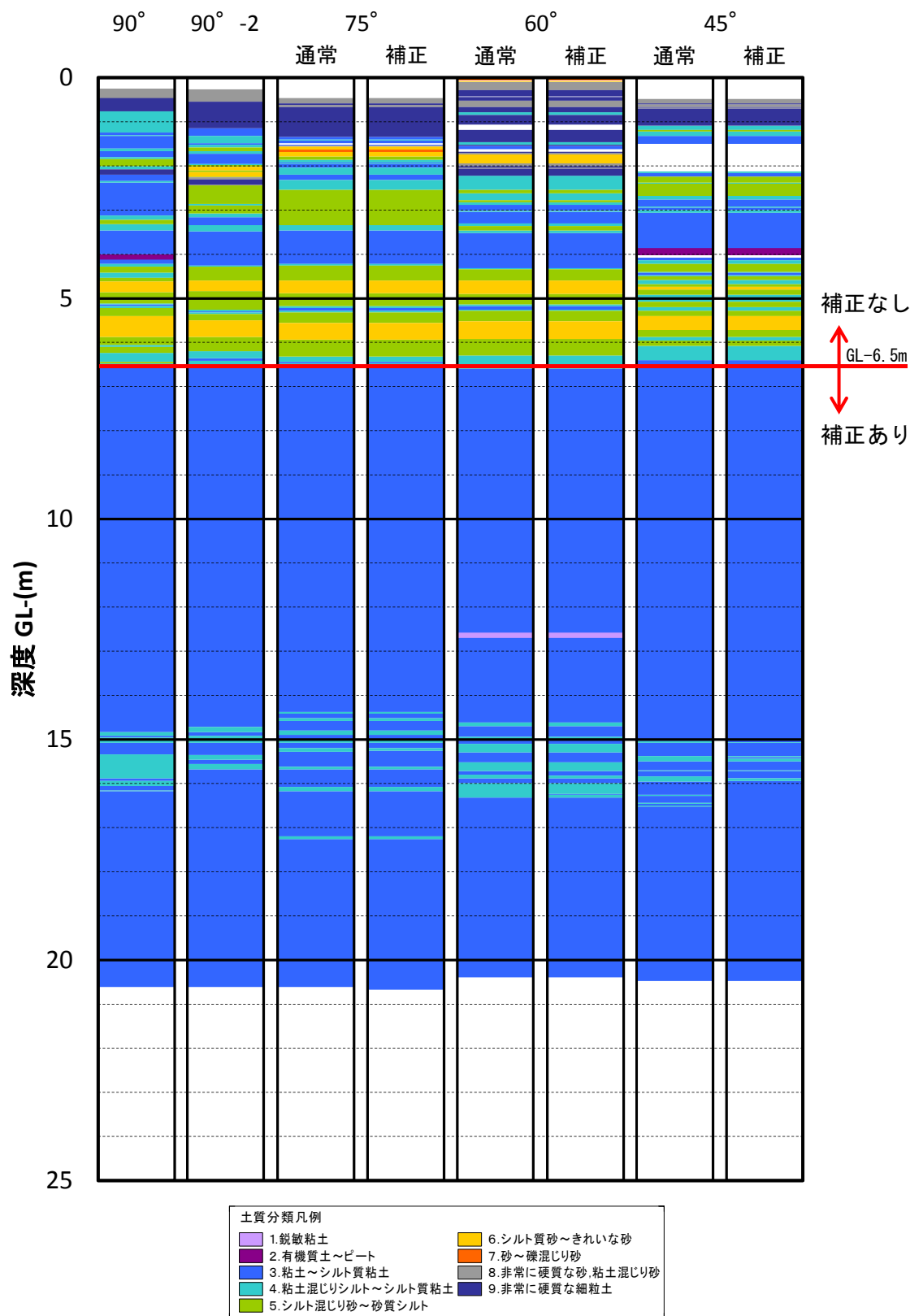
Qt-Bq 分布



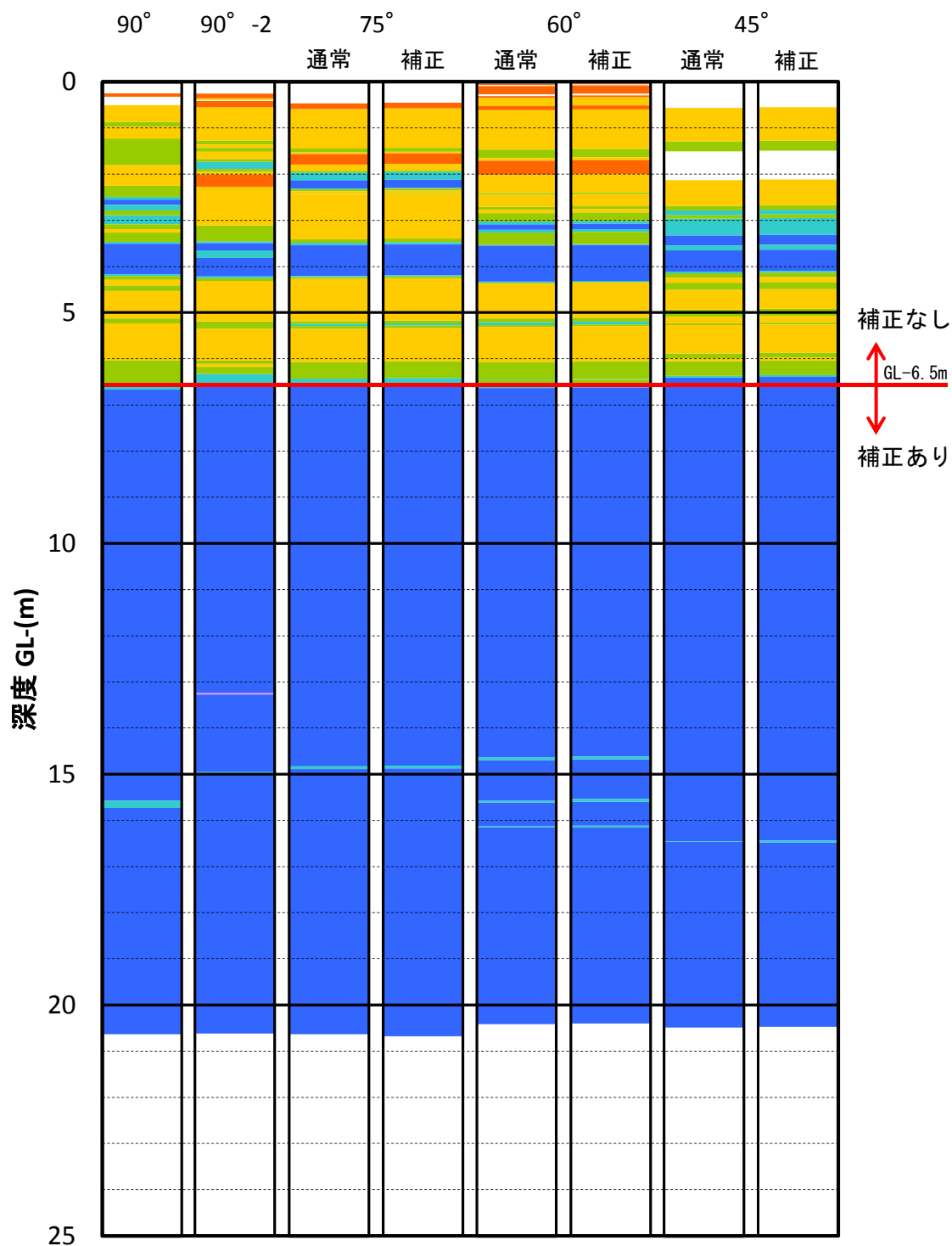




Qt-Fr 土質分類結果 (通常と補正後の比較)

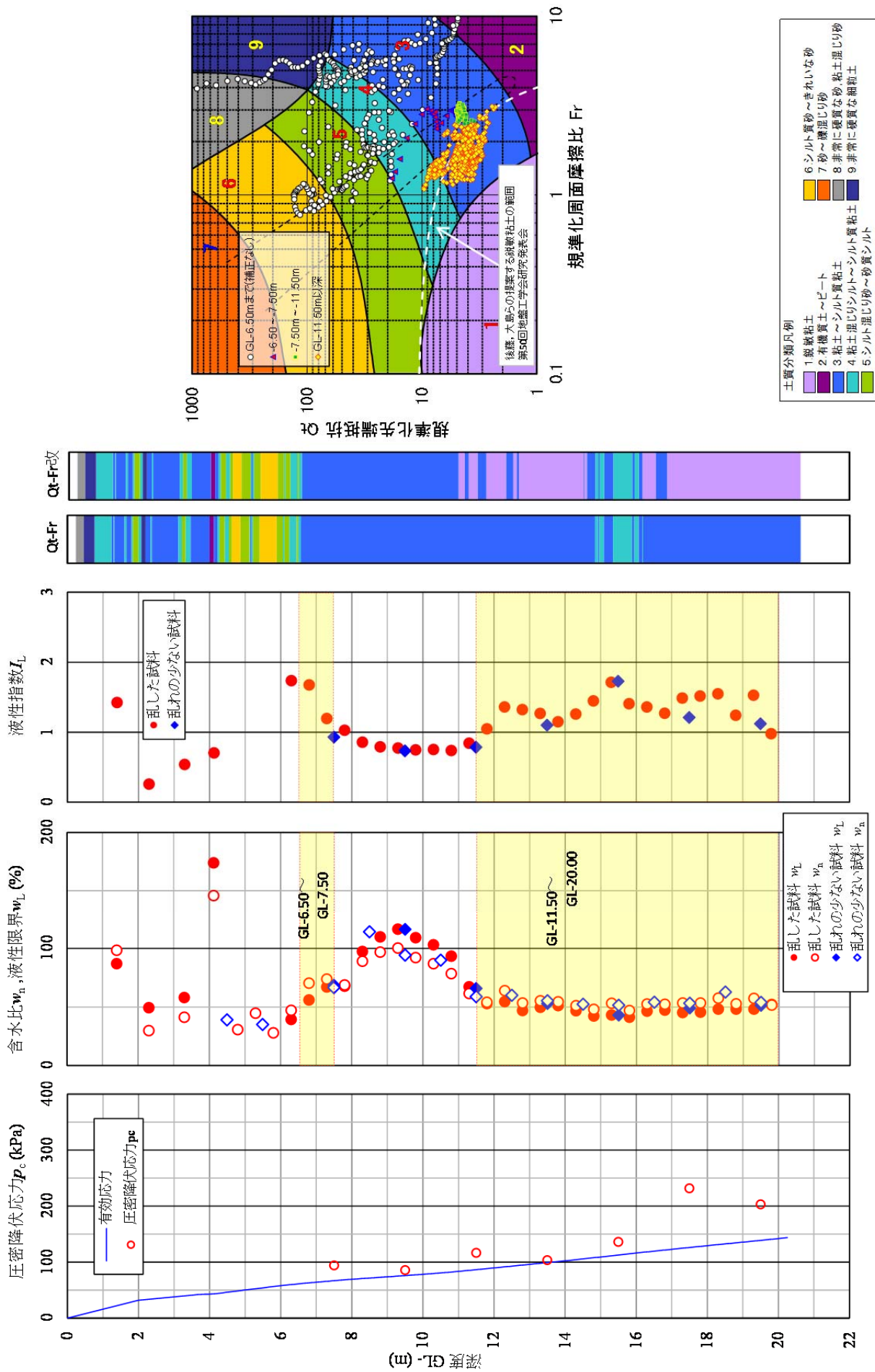


Qt-Bq 土質分類結果 (通常と補正後の比較)



土質分類凡例	
1. 鋭敏粘土	6. シルト質砂～きれいな砂
2. 有機質土～PEAT	7. 砂～礫混じり砂
3. 粘土～シルト質粘土	8. 非常に硬質な砂, 粘土混じり砂
4. 粘土混じりシルト～シルト質粘土	9. 非常に硬質な細粒土
5. シルト混じり砂～砂質シルト	

- 今回試験を行った地盤（沖積層、特にシルト、粘土）については、貫入角度に対する  $q_t$ 、 $f_s$ 、 $u$  の補正は必要ないのではないかと考える。
- 砂層や有機質土層などの特殊土については現段階においては、補正の有無は不明確。
- 今後上記に示す層やもう少し  $N$  値の高いシルト層や粘土層において追加試験を実施し、今回確認した事象について改めて確認する必要がある。



- 上部（GL-7.0m～GL-14.0m の区間）に位置する粘土（シルト）は、有効応力と圧密降伏応力がほぼ同等で正規圧密粘土と判断してよいかと考える。  
下部（約 GL-14.0m～約 GL-20.0m の区間）の粘土（シルト）は、有効応力より圧密降伏応力が大きく（OCR=1.4～1.8 程度）過圧密粘土となる。
- 自然含水比  $w_n$  と液性限界  $w_L$  の関係をみると、GL-6.5m～GL-7.5m の区間と GL-11.5m～GL-20.0m の区間は、自然含水比  $w_n$  が液性限界  $w_L$  を上回る結果となっている（液性指数  $I_L \geq 1.0$ ）。これは鋭敏粘土の特徴であるが、ロバートソンの土質分類図では、この範囲に属さない結果となっている。この理由としては、ロバートソンの土質分類が欧米の土質を対象に作成されたものを日本国内の土質に適用していることなどが考えられる。ちなみに第 50 回地盤工学研究発表会にて発表された後藤・大島らのロバートソンの土質分類図の国内鋭敏粘土の提案範囲を適用すると、今回の試験結果も鋭敏粘土に分類される。

3-1-2-4 修正要因

① 深度割増

深度 50m未満……………標準      深度50m～80m未満……………25%増  
 深度 80m～100m未満……………50%増      深度100m以上……………75%増  
 200m以上については適宜精算

② 夜間作業割増

夜間（深夜）作業割増し 50%増以上

③ 清水ボーリングの場合 30%増

④ 無水ボーリングの場合 80%増

⑤ 雪寒対策による割増は現地条件により 30%以上

⑥ 傾斜による修正（右表の通り）

傾斜による修正		
分類	角度	補正係数
鉛直	-90° ～ -80°	1.0
傾斜	-80° ～ -60°	1.1 ～ 1.2
〃	-60° ～ -40°	1.2 ～ 1.4
〃	-40° ～ -10°	1.4 ～ 2.0
水平	-10° ～ +10°	2.0 ～ 2.5
傾斜	+10° ～ +90°	2.5 以上

3-1-2-5 オールコアリングを行う場合の割増

コアボーリングは連続した試料を採取するために実施されるが、通常は岩盤調査が対象となっている。

しかし、土質調査のボーリングにおいても重要な構造物や地すべり調査等については、連続試料の採取を必要とする場合がある。コアボーリングは元来、固結した岩盤を対象とした掘削工法であるため、表層の未固結層をコアリングする際には、地層によってはさまざまな障害を伴いケーシング掘りを行うなど、大幅なコストアップとなる。そのため下記の補正割合を目安に調査頻度を踏まえて φ66mm、φ86mm の2種類で歩掛表を作成した（本編 3-1-4 項参照）。

割増を必要とする理由

人件費……………能率低下による増加

材料費……………ビット・コアチューブ・ロッドなどの損耗率の増加およびコア箱の加算

動力費……………能率低下による増加

機械等損料…………… 〃      および使用機械の大型化による経費増

補正の割合（目安）

地層区分	粘性土	砂質土	砂礫	玉石混じり礫	固結シルト、粘土
補正割合	1.2	1.3	2.5	適宜精算	1.2

3-1-2-6 拡孔費

小孔径コアボーリングの後に目的に応じ拡孔ボーリングを行うことがある。目的としては孔内計器類（地震計、傾斜計、沈下計等）の埋設、または揚水井の設置等に伴うものである。その拡孔孔径は目的により多岐にわたり、一般的な標準歩掛りや補正係数の設定は難かしく、用途、実態に応じて積算する必要がある。

3-1-2-7 別孔ボーリング

先行して削孔するボーリング孔で成層状況を確認した後、隣接するボーリング孔（別孔ボーリング）で乱れの少ない試料のサンプリングや孔内原位置試験などを実施する場合は、別孔ボーリングの費用も計上すること。

なお、別孔ボーリングは、不連続な地層などが予想される際に、事前に得た成層状況を基に適切な深度でサンプリングや原位置試験などを計画・実施する有効な手段である。

3-1-2-8 ケーシング挿入

ボーリング孔の保孔対策としてケーシングの挿入が必要な場合は、ケーシング挿入の費用を別途計上すること。

電気式コーン貫入試験(20m/1カ所)歩掛表

←全国標準積算資料 土質調査・地質調査(平成27年度改定歩掛版)参考に決定

装置設置	0.2日
試験準備	0.3日
測定	0.5日
引抜片付	0.2日
資料整理	0.5日
試験合計	1.2日
全合計	1.7日

(IV-188表)←IV-131ページ参照

種別	細別	数量	単位	単価	金額	摘要	基礎価格	損料率
人件費	地質調査技師	1.7	人	39,900	67,830	指導・技術管理, データ整理含む		
	主任地質調査員	1.2	人	32,100	38,520	技師B		
材料費	地質調査員	2.4	人	23,200	55,680	技術員		
	先端コーン	0.1	個	10,000	1,000	1個/200m		
	周面スリーブ	0.1	個	17,000	1,700	1個/200m		
	フィルター	1	個	1,200	1,200	1個/試験		
	シリコンオイル	0.15	ℓ	15,000	2,250	間隙水圧計, フィルター充填		
	消耗品	1	式	307	307	上記材料費計の5%		
動力費	軽油	15.0	ℓ	110	1,650	貫入車他		
	ガソリン代	10.0	ℓ	130	1,300	発電機, 小型運搬車他		
機械等損料	油脂	1	式	590	590	上記動力費計の20%		
	貫入車	1.2	日	42,800	51,360	貫入力160kN	18,000,000	0.238%
	三成分コーン	1.2	日	18,700	22,440		1,380,000	1.356%
	ケーブル	1.2	日	3,390	4,068	50m	250,000	1.356%
	ロード	1.2	日	2,040	2,448	1m×20本	400,000	0.511%
	アンカー	1.2	日	3,690	4,428	2個	516,000	0.717%
	アンカーロード	1.2	日	2,940	3,528	1.5m×6本	576,000	0.511%
	反力装置	1.2	日	620	744	桁, ストップパー	180,000	0.347%
	測定器	1.2	日	11,500	13,800	データロガー	1,920,000	0.602%
	パソコン, ケーブル	1.2	日	5,780	6,936	測定器の50%	960,000	0.602%
	発電機	1.2	日	550	660	3kVA	246,000	0.224%
小型運搬車	1.2	日	1,700	2,040	1t積	1,040,000	0.165%	
合計								
					284,479	20m当り		
					14,200	1m当り(百円未満切捨て)		

※間接費(運搬費, 旅費, 日当, 宿泊費など), 諸経費含まず

償却費率	維持修理比率	年間管理費率	標準使用年数	年間使用日数	標準使用日数	損料率
0.91	0.7	0.09	13	90	1170	0.238%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	2	90	180	0.717%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	5	90	450	0.347%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.92	0.6	0.09	8.5	120	1020	0.224%
0.88	0.6	0.09	10.5	140	1470	0.165%



電気式コーン貫入試験(20m/1カ所)歩掛表(貫入角度75°)

←全国標準積算資料 土質調査・地質調査(平成27年度改定歩掛版)参考に決定

装置設置	0.2日
試験準備	0.3日
測定	0.6日
引抜片付	0.3日
資料整理	0.5日
試験合計	1.4日
全合計	1.9日

(IV-188表)←IV-131ページ参照

種別	細別	数量	単位	単価	金額	摘要	基礎価格	損料率
人件費	地質調査技師	1.9	人	39,900	75,810	指導・技術管理, データ整理含む		
	主任地質調査員	1.4	人	32,100	44,940	技師B		
材料費	地質調査員	2.8	人	23,200	64,960	技術員		
	先端コーン	0.1	個	10,000	1,000	1個/200m		
	周面スリーブ	0.1	個	17,000	1,700	1個/200m		
	フィルター	1	個	1,200	1,200	1個/試験		
	シリコンオイル	0.15	ℓ	15,000	2,250	間隙水圧計, フィルター充填		
動力費	消耗品	1	式	307	307	上記材料費計の5%		
	軽油	15.0	ℓ	110	1,650	貫入車他		
	ガソリン代	10.0	ℓ	130	1,300	発電機, 小型運搬車他		
機械等損料	油脂	1	式	590	590	上記動力費計の20%		
	貫入車	1.4	日	42,800	59,920	貫入力160kN	18,000,000	0.238%
	三成分コーン	1.4	日	18,700	26,180		1,380,000	1.356%
	ケーブル	1.4	日	3,390	4,746	50m	250,000	1.356%
	ロード	1.4	日	2,140	2,996	1m×21本	420,000	0.511%
	アンカー	1.4	日	3,690	5,166	2個	516,000	0.717%
	アンカーロード	1.4	日	2,940	4,116	1.5m×6本	576,000	0.511%
	反力装置	1.4	日	620	868	桁, ストップパー	180,000	0.347%
	測定器	1.4	日	11,500	16,100	データロガー	1,920,000	0.602%
	パソコン, ケーブル	1.4	日	5,780	8,092	測定器の50%	960,000	0.602%
発電機	1.4	日	550	770	3kVA	246,000	0.224%	
小型運搬車	1.4	日	1,700	2,380	1t積	1,040,000	0.165%	
合計					327,041	20m当り		
					16,300	1m当り(百円未満切捨て)		

※間接費(運搬費, 旅費, 日当, 宿泊費など), 諸経費含まず 1.15 ←鉛直貫入に対する単価比

償却費率	維持修理比率	年間管理費率	標準使用年数	年間使用日数	標準使用日数	損料率
0.91	0.7	0.09	13	90	1170	0.238%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	2	90	180	0.717%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	5	90	450	0.347%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.92	0.6	0.09	8.5	120	1020	0.224%
0.88	0.6	0.09	10.5	140	1470	0.165%

電気式コーン貫入試験(20m/1カ所)歩掛表(貫入角度60°)

←全国標準積算資料 土質調査・地質調査(平成27年度改定歩掛版)参考に決定

装置設置	0.2日
試験準備	0.3日
測定	0.6日
引抜片付	0.4日
資料整理	0.5日
試験合計	1.5日
全合計	2.0日

(IV-188表)←IV-131ページ参照

種別	細別	数量	単位	単価	金額	摘要	基礎価格	損料率
人件費	地質調査技師	2	人	39,900	79,800	指導・技術管理, データ整理含む		
	主任地質調査員	1.5	人	32,100	48,150	技師B		
	地質調査員	3	人	23,200	69,600	技師員		
材料費	先端コーン	0.1	個	10,000	1,000	1個/200m		
	周面スリーブ	0.1	個	17,000	1,700	1個/200m		
	フィルター	1	個	1,200	1,200	1個/試験		
	シリコンオイル	0.15	ℓ	15,000	2,250	間隙水圧計, フィルター充填		
	消耗品	1	式	307	307	上記材料費計の5%		
動力費	軽油	15.0	ℓ	110	1,650	貫入車他		
	ガソリン代	10.0	ℓ	130	1,300	発電機, 小型運搬車他		
機械等損料	油脂	1	式	590	590	上記動力費計の20%		
	貫入車	1.5	日	42,800	64,200	貫入力160kN	18,000,000	0.238%
	三成分コーン	1.5	日	18,700	28,050		1,380,000	1.356%
	ケーブル	1.5	日	3,390	5,085	50m	250,000	1.356%
	ロード	1.5	日	2,450	3,675	1m×24本	480,000	0.511%
	アンカー	1.5	日	3,690	5,535	2個	516,000	0.717%
	アンカーロード	1.5	日	2,940	4,410	1.5m×6本	576,000	0.511%
	反力装置	1.5	日	620	930	桁, ストップパー	180,000	0.347%
	測定器	1.5	日	11,500	17,250	データロガー	1,920,000	0.602%
	パソコン, ケーブル	1.5	日	5,780	8,670	測定器の50%	960,000	0.602%
発電機	1.5	日	550	825	3kVA	246,000	0.224%	
小型運搬車	1.5	日	1,700	2,550	1t積	1,040,000	0.165%	
合計					348,727	20m当り		
					17,400	1m当り(百円未満切捨て)		
					1.23	←鉛直貫入に対する単価比		

※間接費(運搬費, 旅費, 日当, 宿泊費など), 諸経費含まず

償却費率	維持修理比率	年間管理費率	標準使用年数	年間使用日数	標準使用日数	損料率
0.91	0.7	0.09	13	90	1170	0.238%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	2	90	180	0.717%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	5	90	450	0.347%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.92	0.6	0.09	8.5	120	1020	0.224%
0.88	0.6	0.09	10.5	140	1470	0.165%

電気式コーン貫入試験(20m/1カ所)歩掛表(貫入角度45°)

←全国標準積算資料 土質調査・地質調査(平成27年度改定歩掛版)参考に決定

装置設置	0.2日
試験準備	0.4日
測定	0.7日
引抜片付	0.5日
資料整理	0.5日
試験合計	1.8日
全合計	2.3日

(IV-188表)←IV-131ページ参照

種別	細別	数量	単位	単価	金額	摘要	基礎価格	損料率
人件費	地質調査技師	2.3	人	39,900	91,770	指導・技術管理, データ整理含む		
	主任地質調査員	1.8	人	32,100	57,780	技師B		
材料費	地質調査員	3.6	人	23,200	83,520	技術員		
	先端コーン	0.1	個	10,000	1,000	1個/200m		
	周面スリーブ	0.1	個	17,000	1,700	1個/200m		
	フィルター	1	個	1,200	1,200	1個/試験		
	シリコンオイル	0.15	ℓ	15,000	2,250	間隙水圧計, フィルター充填		
	消耗品	1	式	307	307	上記材料費計の5%		
動力費	軽油	15.0	ℓ	110	1,650	貫入車他		
	ガソリン代	10.0	ℓ	130	1,300	発電機, 小型運搬車他		
機械等損料	油脂	1	式	590	590	上記動力費計の20%		
	貫入車	1.8	日	42,800	77,040	貫入力160kN	18,000,000	0.238%
	三成分コーン	1.8	日	18,700	33,660		1,380,000	1.356%
	ケーブル	1.8	日	3,390	6,102	50m	250,000	1.356%
	ロード	1.8	日	2,960	5,328	1m×29本	580,000	0.511%
	アンカー	1.8	日	3,690	6,642	2個	516,000	0.717%
	アンカーロード	1.8	日	2,940	5,292	1.5m×6本	576,000	0.511%
	反力装置	1.8	日	620	1,116	桁, スタッパー	180,000	0.347%
	測定器	1.8	日	11,500	20,700	データロガー	1,920,000	0.602%
	パソコン, ケーブル	1.8	日	5,780	10,404	測定器の50%	960,000	0.602%
発電機	1.8	日	550	990	3kVA	246,000	0.224%	
小型運搬車	1.8	日	1,700	3,060	1t積	1,040,000	0.165%	
合計					413,401	20m当り		
					20,600	1m当り(百円未満切捨て)		

※間接費(運搬費, 旅費, 日当, 宿泊費など), 諸経費含まず 1.45 ←鉛直貫入に対する単価比

償却費率	維持修理比率	年間管理費率	標準使用年数	年間使用日数	標準使用日数	損料率
0.91	0.7	0.09	13	90	1170	0.238%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	1.35	0.09	2	90	180	1.356%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	2	90	180	0.717%
0.91	0.2	0.09	3	90	270	0.511%
0.91	0.2	0.09	5	90	450	0.347%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.91	1.35	0.09	5	90	450	0.602%
0.92	0.6	0.09	8.5	120	1020	0.224%
0.88	0.6	0.09	10.5	140	1470	0.165%

## 6.土質試験結果との比較

2017.11.14 北條

### 1. CPTU から求める粒度分布と粒度試験結果の対比

#### 1.1. 細粒分含有率

CPTU から求めた細粒分含有率の推定値と物理試験から求めた細粒分含有率の結果を図-1～図-2 に示す。

CPTU から求める細粒分含有率は、鈴木(2003)の提案式を採用した。鈴木(2003)の提案式の場合、図-3 に示す通りバラツキが大きくなる。図-1 では、本実験が粘性土主体の土層であったことから、 $F_c=100\%$ 付近に多く分布する結果であり、良好な相関は得られた。

$$FC = I_c^{4.2} \quad \dots(\text{式 } 1) \quad \text{ここで、} F_c \quad : \text{細粒分含有率(\%)} \\ I_c = \left[ (3.47 - \log Q_t)^2 + (\log F_r + 1.22)^2 \right]^{0.5} \quad \dots(\text{式 } 2) \quad I_c \quad : \text{土質性状指数} \\ Q_t = (q_t - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo} \quad \dots(\text{式 } 3) \quad Q_t \quad : \text{規準化先端抵抗} \\ F_r = [f_s / (q_t - \sigma_{vo})] \quad \dots(\text{式 } 4) \quad F_r \quad : \text{規準化周面摩擦比} \\ q_t \quad : \text{先端抵抗(kPa)} \\ f_s \quad : \text{周面摩擦(kPa)} \\ \sigma_v \quad : \text{全土被り圧(kPa)} \\ \sigma'_v \quad : \text{有効土被り圧(kPa)}$$

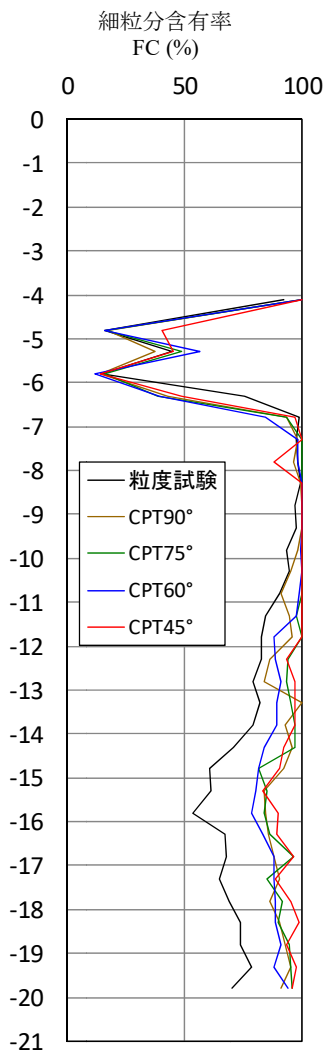


図-1 深度分布

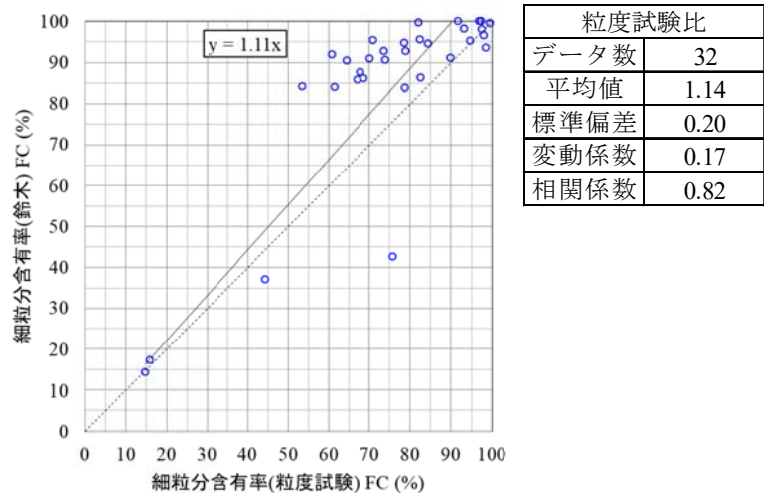


図-2 本実験の細粒分含有率の対比結果(90°)

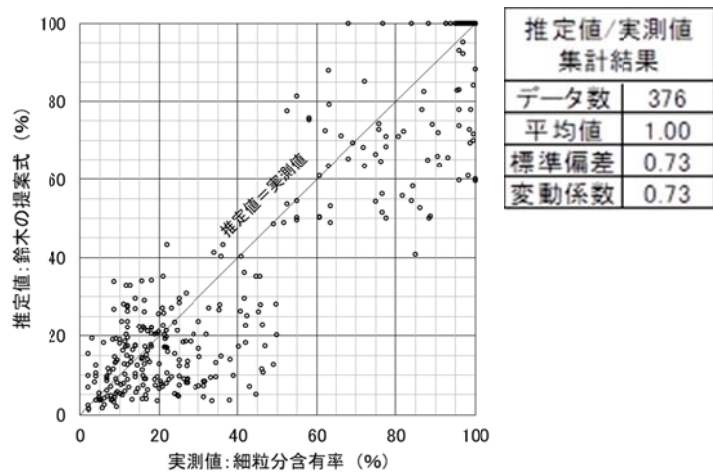


図-3 既存の細粒分含有率の対比結果

## 1.2. 粒度分布

Tumay らは、先端抵抗  $q_t$  と周面摩擦比  $R_f$  ( $f_s/q_t$ ) から、等価換算値  $x, y$  を介して土質性状インデックス(U)を求め、3つの土質(砂, シルト, 粘土)の構成を推定する手法を提案している。

等価換算値  $x, y$ , 土質性状インデックス(U)および各土質の構成比  $\mu$  (U)は次の手順により求める。

(1) 等価換算値  $x, y$  の算定

$$x = 0.1539 \cdot R_f + 0.8870 \cdot \log(q_t) - 3.35 \quad \dots(\text{式 } 5)$$

$$y = -0.2957 \cdot R_f + 0.4617 \cdot \log(q_t) - 0.37 \quad \dots(\text{式 } 6)$$

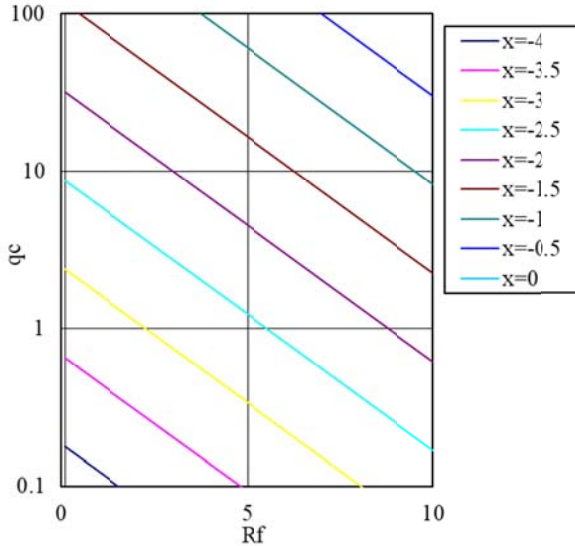


図-4 等価換算値  $x$  の分布

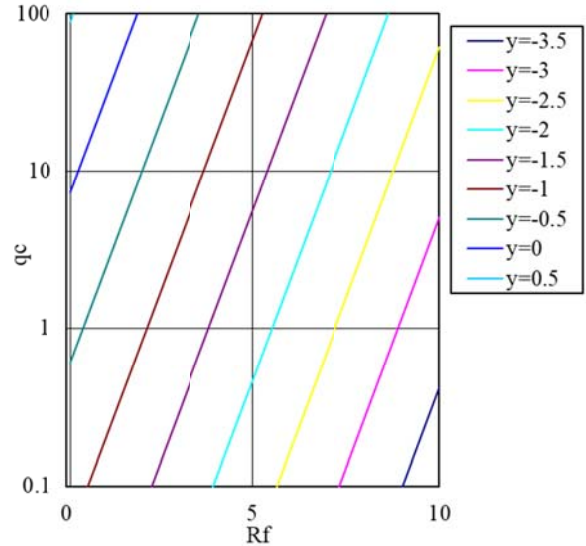


図-5 等価換算値  $y$  の分布

(2) 土質性状インデックス(U)の算定

$$U = \frac{(a_1x - a_2y + b_1)(c_1x - c_2y + d_1)}{(c_1x - c_2y + d_1)^2 + (c_2x + c_1y + d_2)^2} - \frac{(a_2x + a_1y + b_2)(c_2x + c_1y + d_2)}{(c_1x - c_2y + d_1)^2 + (c_2x + c_1y + d_2)^2} \quad \dots(\text{式 } 7)$$

$$a_1 = 11.345, a_2 = 3.795, b_1 = 15.202, b_2 = 5.085, c_1 = 0.296, c_2 = 0.759, d_1 = 2.960, d_2 = 2.477$$

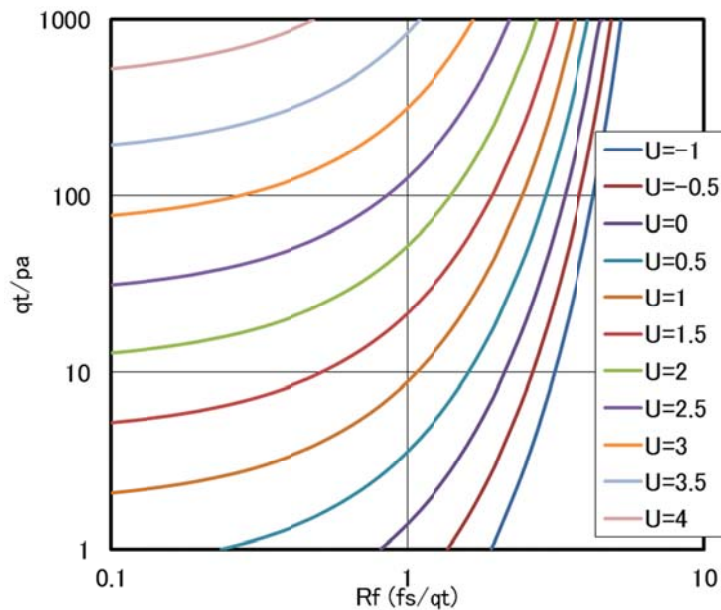


図-6 土質性状インデックス(U)の分布

(3) 土質構成比

土質性状インデックス(U)に対する各土質構成比は式7～式9から求め、図-7に示す通りである。各土層を加算すると1以上になるため、比率により各土層の分布を求める。

図-8には  $q_t/p_a \sim R_f$  の関係図に土質構成の分布を示す。

$$\text{粘土構成比} : \mu_c(U) = \begin{cases} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{U+0.1775}{0.86332}\right)^2\right) & U \geq -0.1775 \\ 1.0 & U < -0.1775 \end{cases} \quad \dots \text{(式7)}$$

$$\text{シルト構成比} : \mu_m(U) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{U-1.35}{0.724307}\right)^2\right) \quad -\infty < U < \infty \quad \dots \text{(式8)}$$

$$\text{砂構成比} : \mu_s(U) = \begin{cases} 1.0 & U > 2.6575 \\ \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{U-2.6575}{0.834586}\right)^2\right) & U \leq 2.6575 \end{cases} \quad \dots \text{(式9)}$$

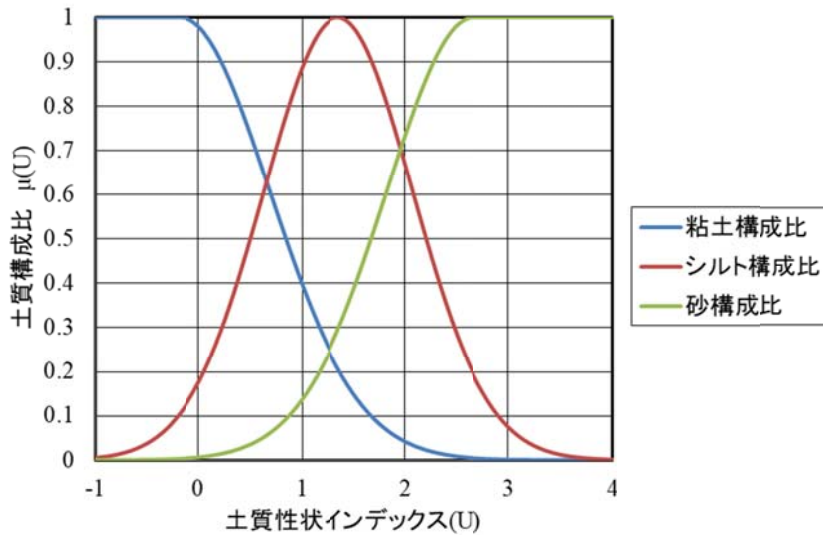


図-7 土質性状インデックス(U)と土質構成係数  $\mu(U)$

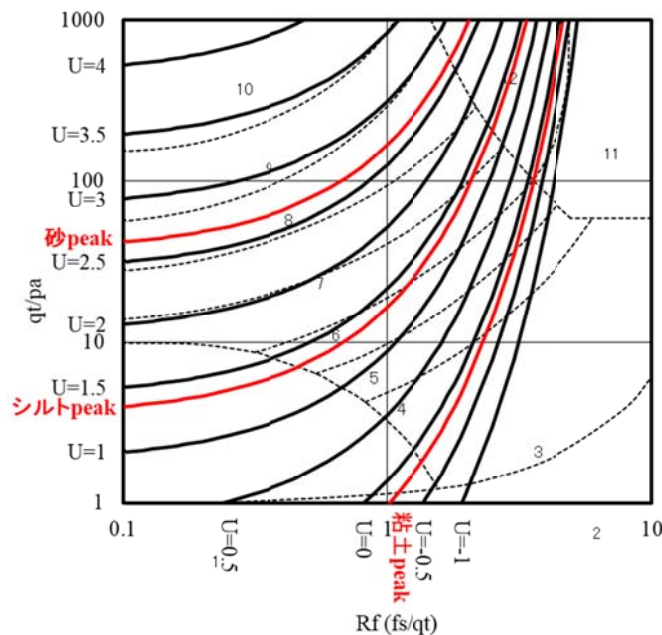


図-8 土質の構成の分布

実験調査で得られた Fuzzy 手法の土質構成と粒度試験の結果を図-8, 図-9 に示す。図-8 の深度分布では、砂分、シルト分、粘土分の分布はある程度傾向を捉えているように見える。図-9 に示す各土質の分布に示すように、砂分と粘土分の土質構成係数の推定精度を修正すれば、Fuzzy 手法の土質構成の推定精度も向上が図れることが予想される。また、図-10 に示すように、粘土分と塑性指数は良い相関関係にあり、Fuzzy 手法の粘土分を用いることで、塑性指数の推定にも繋がることを予想される。

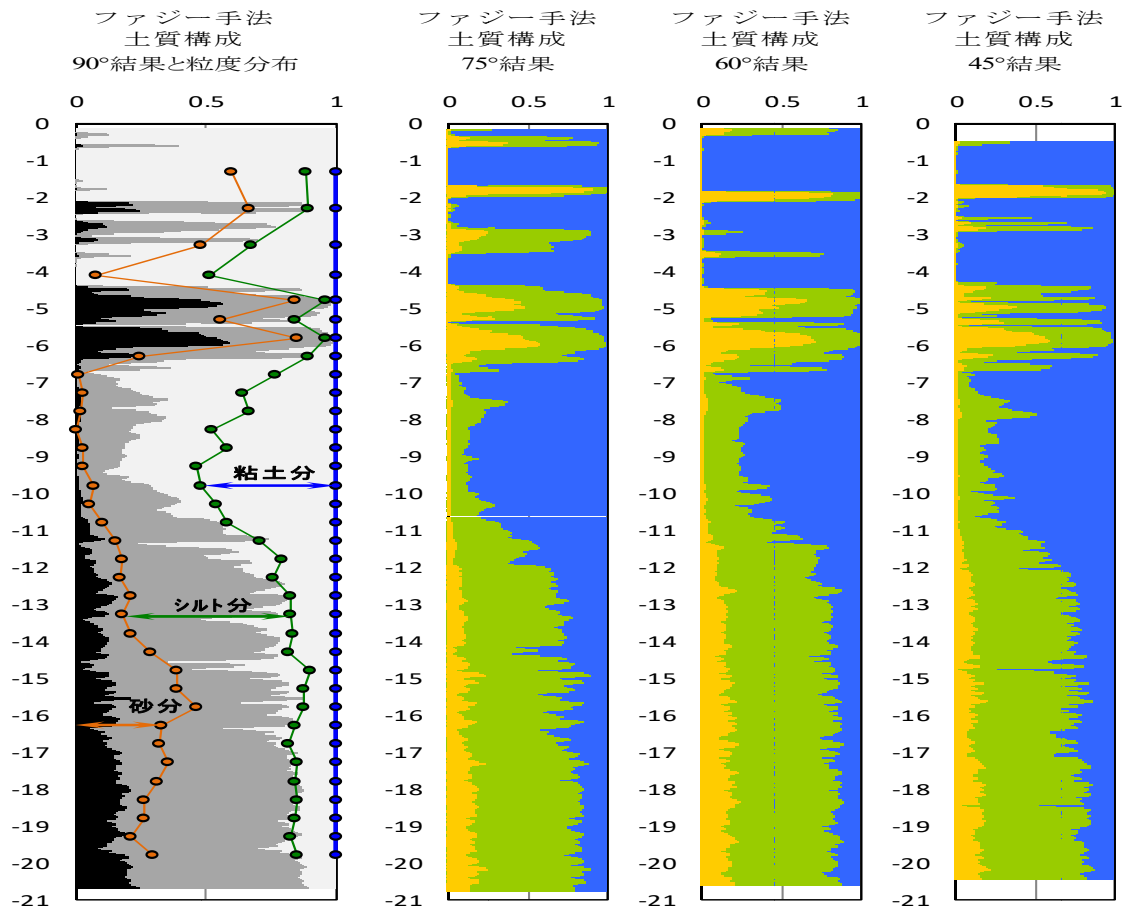


図-8 Fuzzy 手法と粒度試験

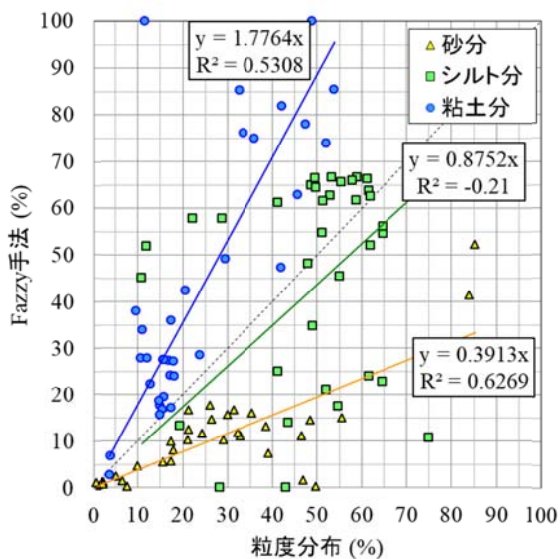


図-9 Fuzzy 手法と粒度試験結果

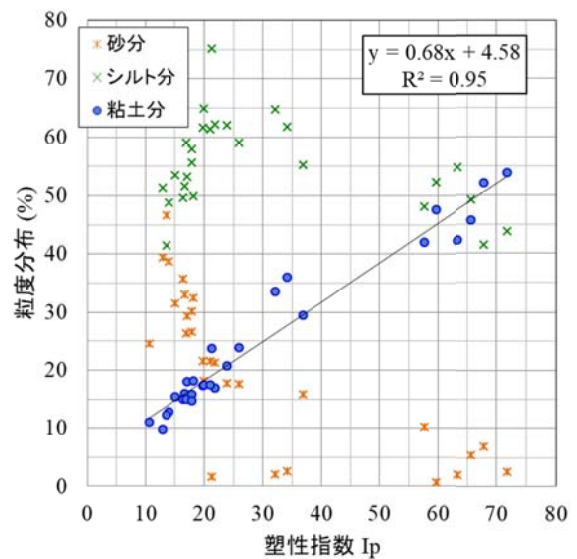


図-10 粒度試験結果と塑性指数

## 2. 一軸圧縮試験結果

### 2.1. φ15 供試体と φ35 供試体の比較

一軸圧縮試験においては、通常の鉛直 90° 供試体のほか、75°、60°、45° の斜めに供試体を作成し、一軸圧縮試験を実施した。また、斜めの供試体は小さな φ15 のサイズとしたため、同深度の試料から φ15 と φ35 の供試体を作成して供試体サイズによる試験結果の相違を検証した。

図-11～図-13 に一軸圧縮強度の結果を示す。

一軸圧縮試験は、1m の試料のうち上部と下部で φ15、φ35 の鉛直供試体を作成して実施した。各深度で若干ばらつきがあるものの、各試験データ、深度毎の平均値ともに φ15 供試体が 5% 程度大きくなる傾向であった。図-13 に着目すると、破壊ひずみ比が 2.5 倍以上になると、 $qu$  比が低下する傾向があることから、データの取捨選択時に破壊ひずみ比を加えることも有効と考える。

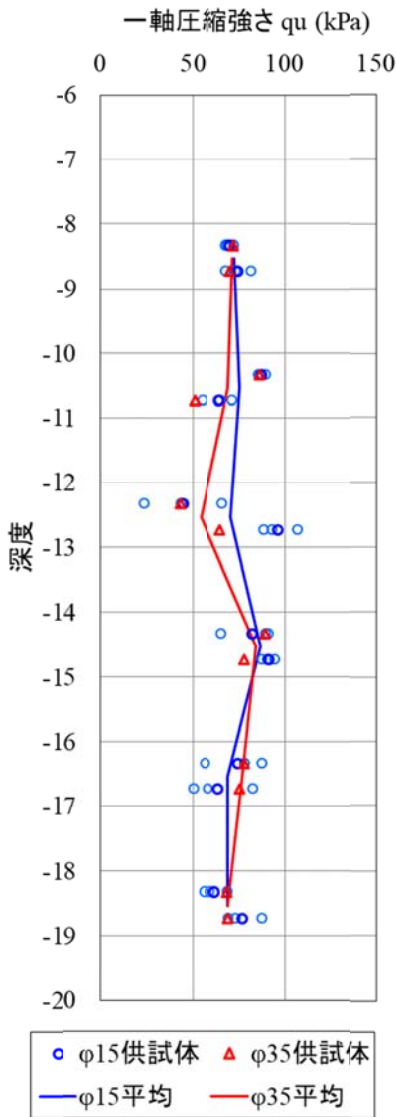


図-11 一軸圧縮強度深度分布

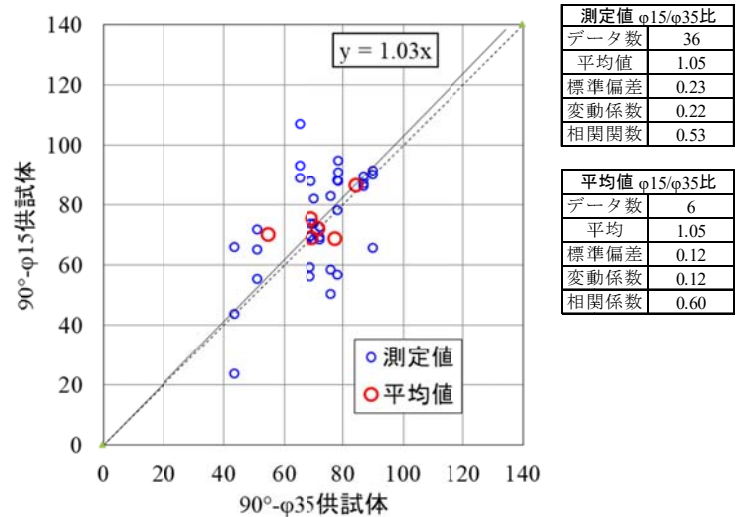


図-12 供試体サイズの比較

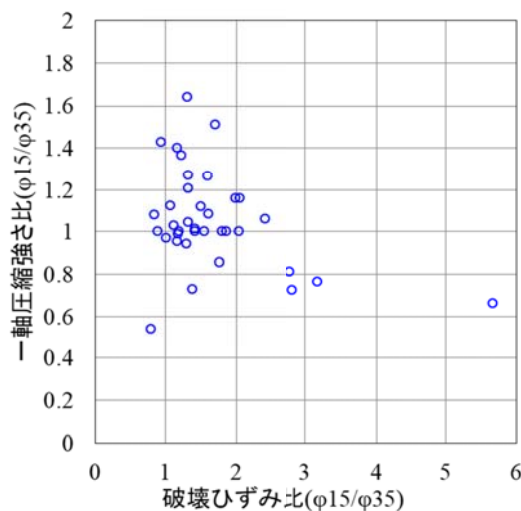


図-13  $qu$  比と破壊ひずみ比の関係



## 2.2. 供試体の角度による比較

図-14～図-17に一軸圧縮強度の角度毎の比較結果を示す。

この結果から、鉛直90°から斜めに角度が付くと、一軸圧縮強さは低下する結果が得られた。75°、60°については、鉛直90°と概ね同等な値が得られるが、45°の場合では90°と比べて13%低下する傾向であった。近似曲線では、75°と60°はほぼ同等な結果となり、45°は0.1傾きが低下する傾向であった。

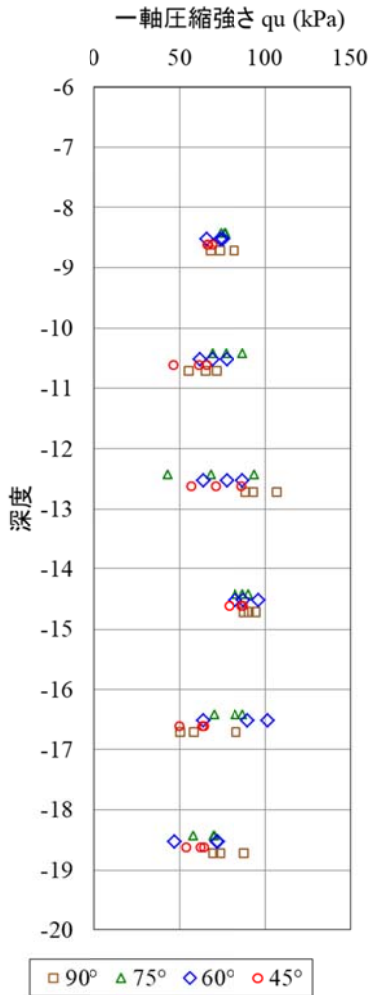


図-14 一軸圧縮強度深度分布

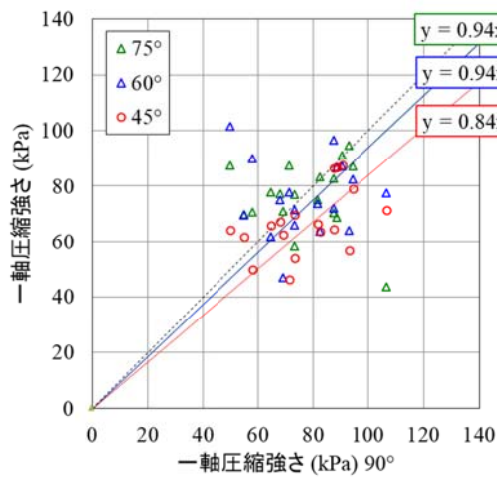


図-15 供試体角度の比較 (全点)

90°比			
	75°	60°	45°
データ数	18	18	18
平均	1.02	1.01	0.87
標準偏差	0.26	0.32	0.17
変動係数	0.26	0.31	0.19
相関係数	-0.11	0.00	0.51

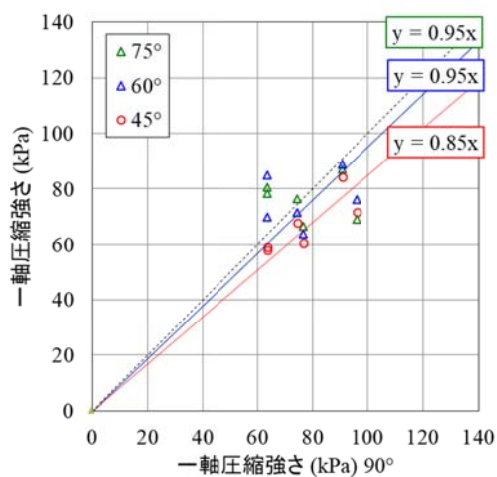


図-16 供試体角度の比較 (平均値)

90°比			
	75°	60°	45°
データ数	6	6	6
平均	1.01	0.99	0.86
標準偏差	0.19	0.18	0.07
変動係数	0.19	0.18	0.08
相関係数	-0.25	0.29	0.39

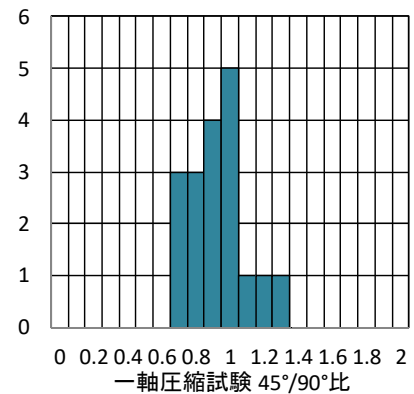
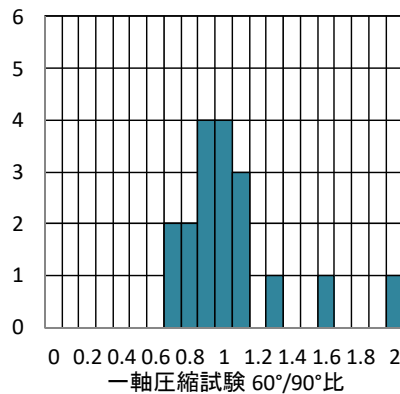
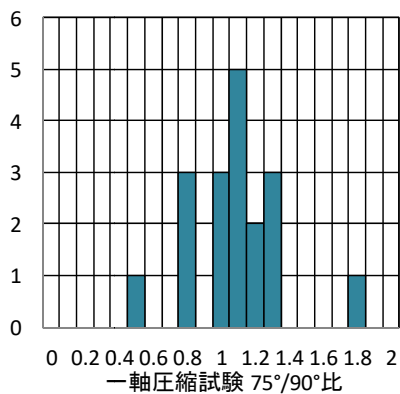


図-17 90°比度数分布

### 3. CPTU から求める粘着力の調査角度についての考察

CPTU から得られた角度別の補正先端抵抗結果を表-1, 図-17 に示す。

補正先端抵抗  $q_t$  は、鉛直から角度が付くと減少する結果が得られた。ただし、75°, 60°は90°とほぼ同じ値となり、45°で7%程度減少する結果であった。これは、一軸圧縮試験と同じ傾向（13%減少）を示しており、45°だけ減少する傾向である。

粘性土の場合、先端抵抗の値は

$$q_t = N_k \cdot c + \sigma_v$$

と表される。粘性土の静止土圧係数を  $K_0=1$  とすると、全土被り圧  $\sigma_v$  に異方性はないことから、粘着力を求める式に修正は不要である。斜めCPTU から粘着力を求める場合、75°, 60°の調査については現状の推定式をそのまま使用できる。

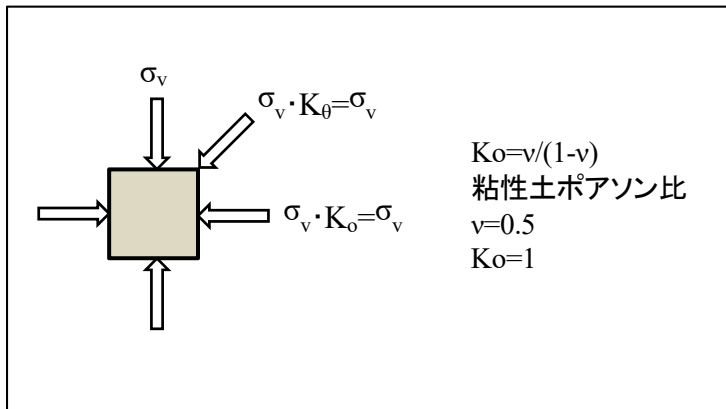


表-1 集計結果( $q_t$ )

補正先端抵抗			
	75°	60°	45°
近似式傾	0.99	1.01	0.93
相関係数	0.83	0.84	0.83
	75°/90°	60°/90°	45°/90°
データ数	282	282	282
最小値	0.55	0.55	0.42
最大値	1.84	1.81	1.39
平均	1.00	1.01	0.93
中央値	0.97	0.98	0.89
標準偏差	0.15	0.15	0.15
変動係数	0.15	0.15	0.17
尖度	6.7	4.7	1.3
歪度	1.7	1.2	0.6

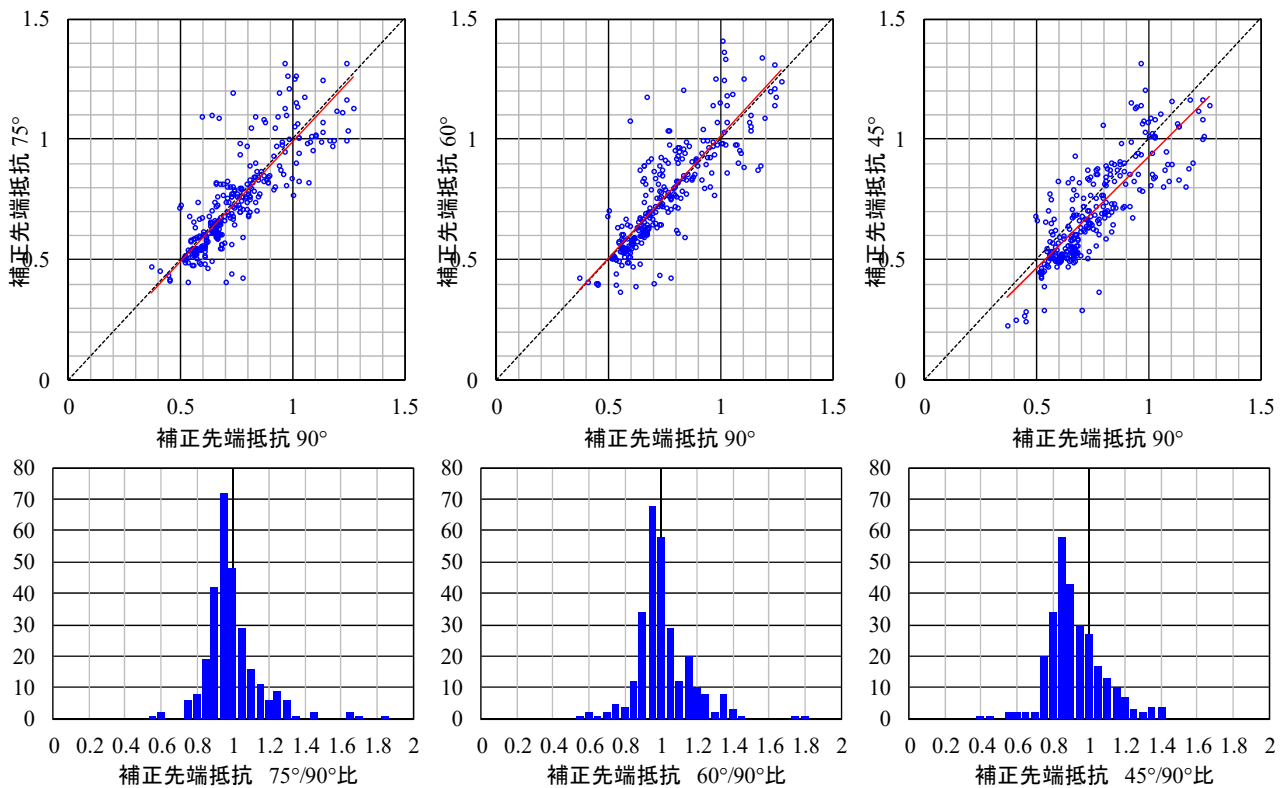


図-17 各調査角度と鉛直調査比の関係

4. CPTU から求める粘着力と一軸圧縮試験，三軸圧縮試験（UU），一面せん断試験の対比
5. CPTU から求める先行圧密応力と圧密試験の対比
6. CPTU から求める有効せん断抵抗角と三軸圧縮試験（CD）の対比
7. CPTU 結果と三軸圧縮試験（CUBar）の対比
8. その他室内試験との対比  
単位体積重量、自然含水比、等。