

# 羽田空港D滑走路海域の土質性状 ～ 埋立部を中心とした調査結果報告～

平成19年12月21日

東京空港整備事務所

野口孝俊

護岸・埋立( )工区

河村 健輔

護岸・埋立( )工区

井上 憲

護岸・埋立( )工区

川端利和

護岸・埋立( )工区

堺谷常廣

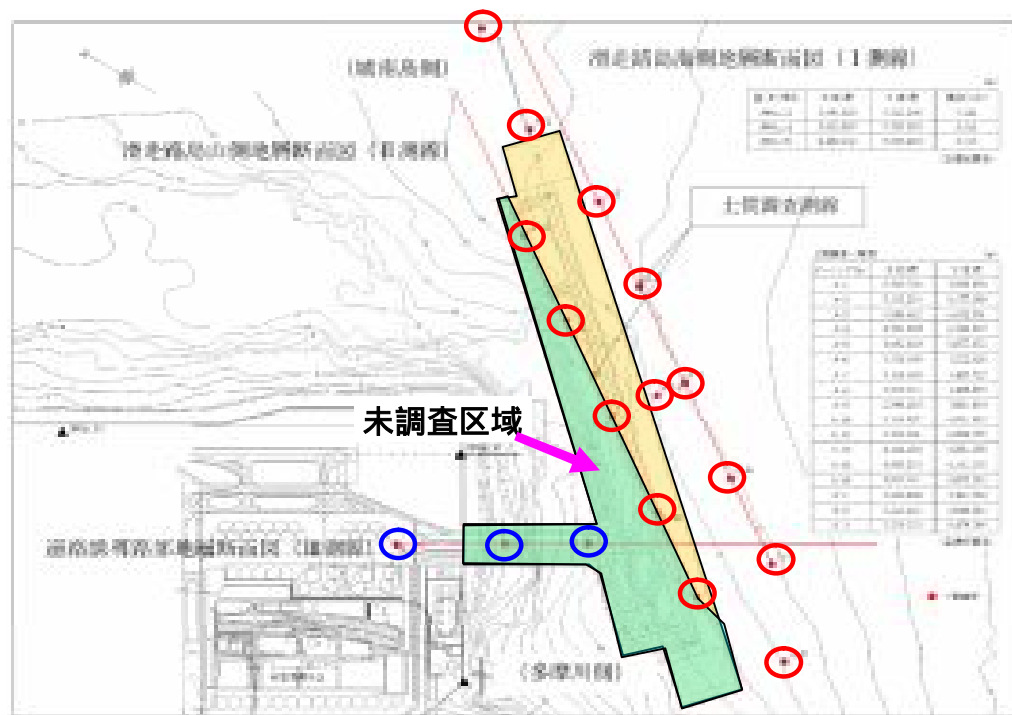
## ■ プレゼンテーションの概要

- 1 . 調査概要
- 2 . 調査位置・項目
- 3 . 工学的層序構成
- 4 . 各層毎の試験結果
- 5 . せん断特性の評価
- 6 . 圧密特性の評価
- 7 . おわりに

## ■ 調査概要

### 追加土質調査の位置づけ

- ・平成18年12月～平成19年8月追加土質調査を実施(本調査)
- ・平成15年度羽田再拡張調査を基にした詳細調査(土質参考資料)
- ・滑走路法線の7.5°傾斜による未調査区域の性状把握



土質調査参考資料より

# ■ 調査概要

## 調査位置平面

埋立・接続部は、沖積層、洪積粘土層を対象としたサンプリング及びCPTによる調査

✦ 栈橋、連絡誘導路部は、標準貫入試験、動的コーンによる地層構成に関する調査



# 東京国際空港D滑走路建設外工事

## ■ 調査概要

### 埋立部の調査概要

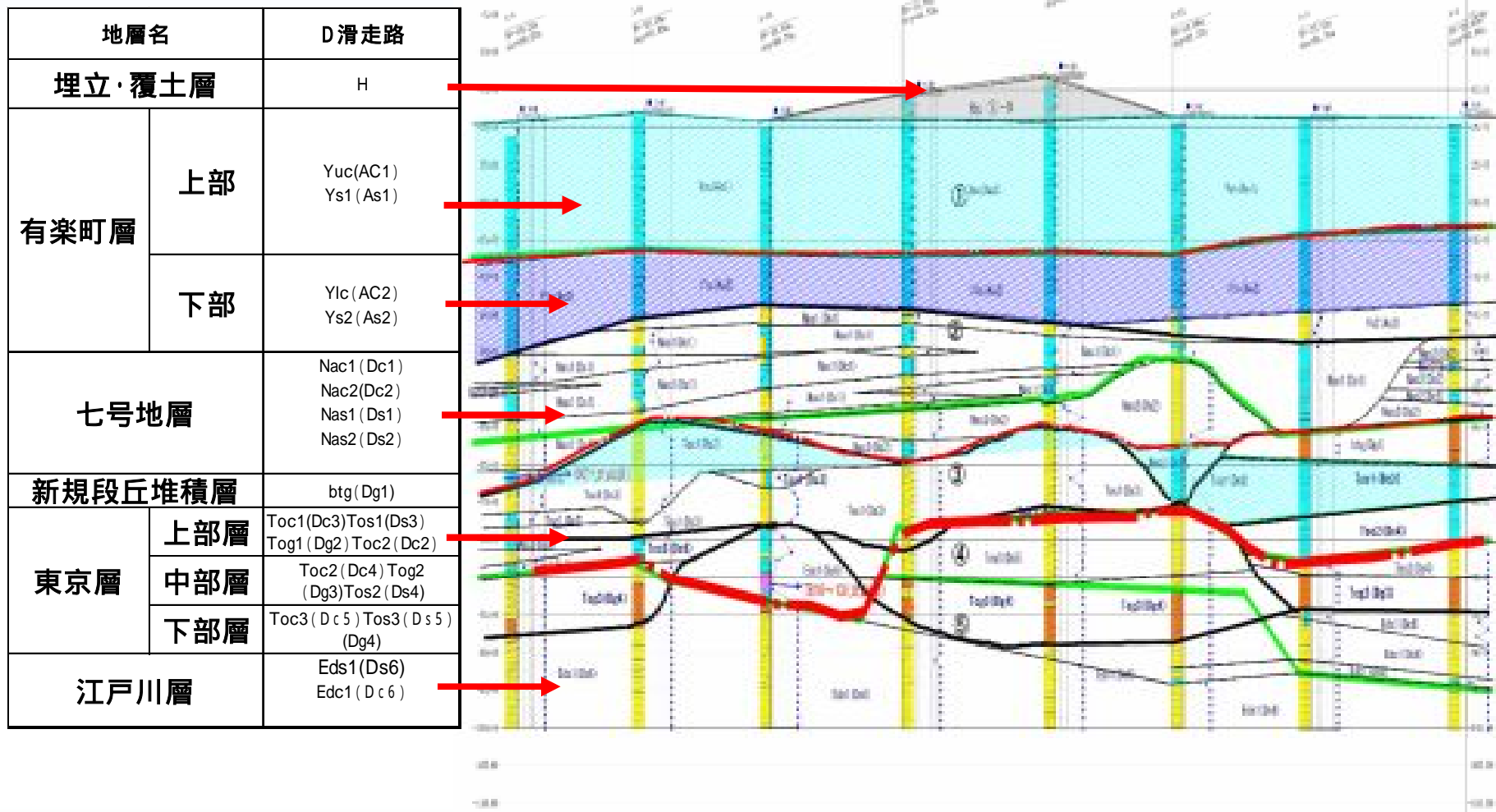
サンプリング 採取深度 AP-19m ~ -70m (有楽町層、七号地層、東京層)

サウンディング CPT、標準貫入試験、電気検層 AP-19 ~ 62m (有楽町層、七号地層)



# ■ 調査概要

## 埋立部の地質概要と調査深度



# ■ 工学的地層区分

## 1) 小区分

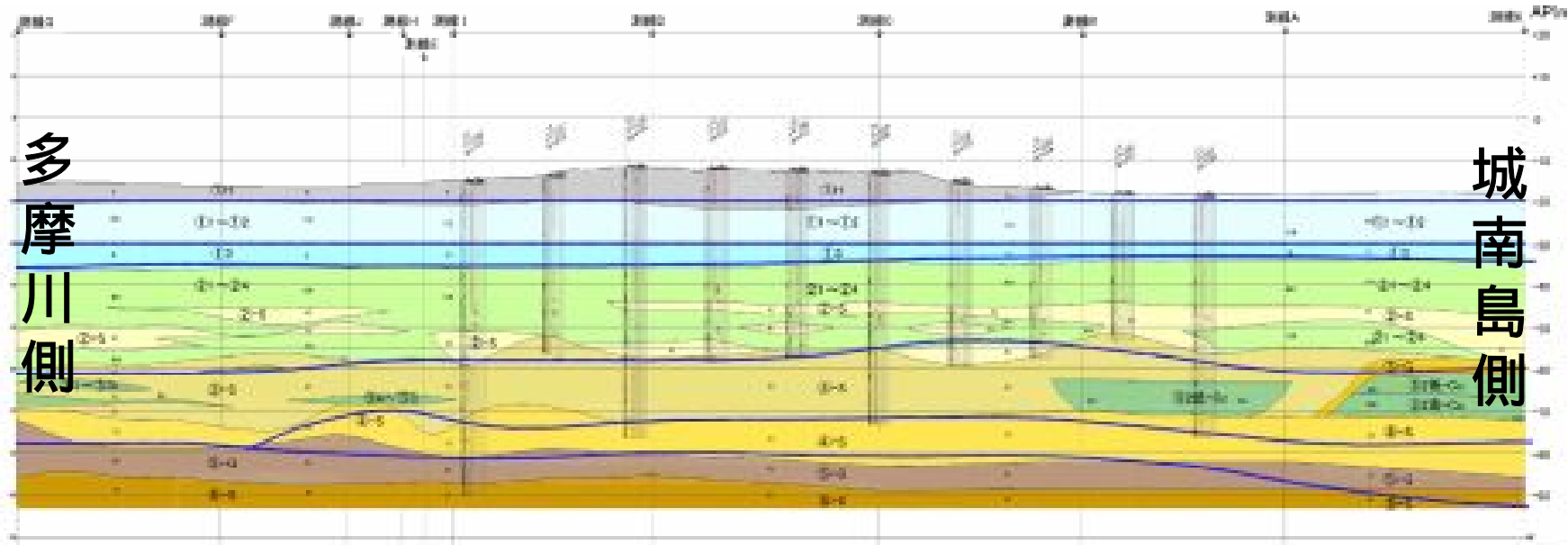
大区別	小区別	名称	概要	特徴
①	①-1	層状砂	粘性土を主体とし、一部砂質土を混在。	→ 粘性土を主体とし砂を伴った層。層上砂層。
	①-2	A <sub>1</sub> (L <sub>1</sub> -20~30cm)	粘性土	→ 含水比調査性指数・液性指数が大きい(液性指数 > 100, L <sub>1</sub> > 90, L <sub>2</sub> > 80)。 → 液性特性により 2層階級で区分。 → 単位体積重量は $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$ 程度。 → 単位体積重量は $\gamma = 15.0 \text{ kN/m}^3$ 程度。
	①-3	A <sub>2</sub> (L <sub>1</sub> -20cm)	粘性土	→ ①-2層と比べると液性で割増した粘性土。 → 液性特性により 2層階級で区分。 → 単位体積重量は $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ 程度と粘性土として区分。
②	②-1	A <sub>1</sub> (L <sub>1</sub> -20) 層	粘性土を主体とし、一部砂質土を混在。	→ ①-2層の下層部で液性する軟弱土で、厚さは薄く互層状態。
	②-2	A <sub>2</sub> (L <sub>1</sub> -20) 層	粘性土を主体とし、一部砂質土を混在。	→ ①-2層の下層部で液性する軟弱土で、厚さは薄く互層状態。
③	③-1	互層の粘性土	粘性土と砂質土、砂質土の互層。	→ 単位体積重量は $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ 程度と粘性土として区分。 → ③-2は高液性の層の上、③-3は高液性の下に位置。 → ③-1は液性特性の上層に厚薄。
	③-2	互層の砂質土	粘性土と砂質土、砂質土の互層。	→ ③-1層以上が比較的連続する砂質土。 → 単位体積重量は $\gamma = 14.0 \text{ kN/m}^3$ 程度と粘性土として区分。
	③-3	粘性土の混合土	粘性土と砂質土、砂質土の互層。	→ 液性を調査し液性・一部高液性で液性指数が大きい。 → $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$ 程度に出現。
	③-4	互層の砂層部	粘性土と砂質土、砂質土の互層。	→ ③-2層中に含まれる砂質層部 (砂層部)。 → 単位体積重量は $\gamma = 14.0 \text{ kN/m}^3$ 程度。
④	④-1	土質調査と異なる可能性のある層 (砂質土)	砂質土と砂層が主体で、一部粘性土を混在。	→ 粘性土の含有割合は、比較的低い $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$ 程度と区分。
	④-2	土質調査と異なる可能性のある層 (粘性土)	粘性土を主体とする層。	→ 単位体積重量は $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$ 以上あるが一部液性が低下。
	④-3	土質調査と異なる可能性のある層 (砂層部)	砂質土を主体とする層。	→ 液性 20mm 程度。 → $\gamma$ は 14.0 以上。
⑤	⑤	工学的層	粘性土を主体とする層。	→ 土質調査と異なる層で構成、粘性土の層厚は薄い。 → 単位体積重量は $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$ 程度に出現。

土質調査参考資料より

# ■ 工学的地質区分

## 追加土質調査による工学的地層区分(現空港側)

- ・ C層上に H層(覆土層)が厚く堆積している。
- ・ C層は約AP-35mを下端とし、ほぼ均一な層である。
- ・ 層は約AP-35m ~ -60mの沖積積である。砂層を狭在する複雑な構成となっている。
- ・ 層は約AP-60m ~ -75mの砂層を主体とする層である。一部粘性土層が狭在する。



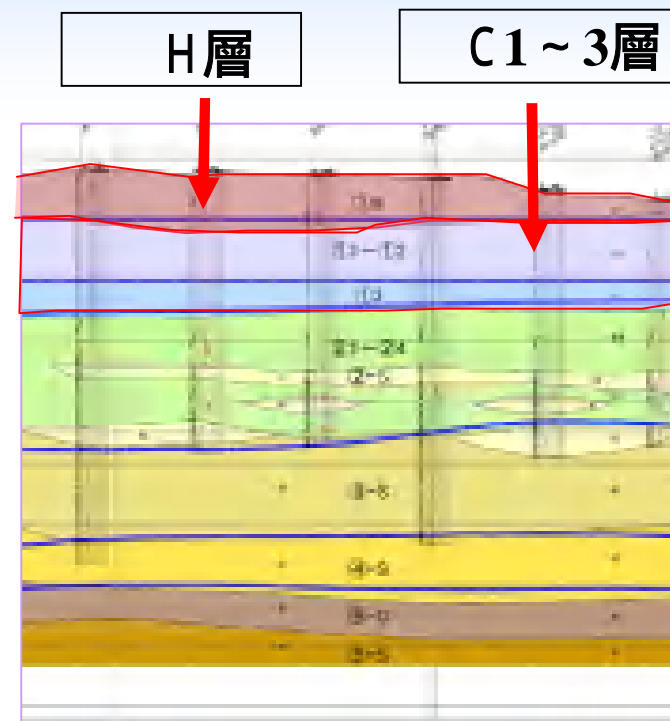


# ■ 各層の試験結果

## 層の特徴

H層		
地質構成	現空港拡張に伴い造成された覆土層	
土質概要	最上部を構成する層、砂、粘性土などの軟弱な層	
室内試験結果	含水比	W=22 ~ 168%と広い範囲に分布、平均値69%
	塑性指数	Ipの平均値は50、高塑性な粘土
	単位体積重量	t=1.314 ~ 2.054g/cm <sup>3</sup>
	せん断特性	Cu= 4 ~ 71kN/m <sup>2</sup>
	圧密特性	ばらつきが大きく一様な特徴がみられない。

C1 ~ 3層		
地質構成	完新世(8000 ~ 4000年前)海進期に堆積した粘性土層	
土質概要	軟弱な海成性粘土、比較的均一な粘性土層	
室内試験結果	含水比	W=92 ~ 217%と広い範囲に分布 平均値は135%
	塑性指数	Ipの平均値は80、高塑性な粘土、含水比が液性限界より若干大きな鋭敏な粘土
	単位体積重量	t=1.263 ~ 1.478g/cm <sup>3</sup>
	せん断特性	Cu=7.2 ~ 32kN/m <sup>2</sup>
	圧密特性	OCR=1.7 Cc = 1.41



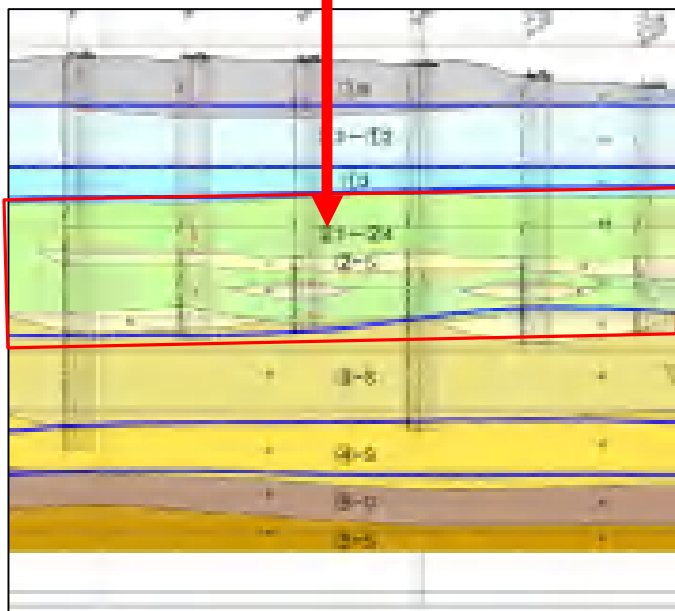
# ■ 各層の試験結果

## 層の特徴

1~4層		
地質構成	後期更新世(1~2年前)の干満帯により形成された層、下部有楽町層と七号地層を指す。	
土質概要	砂と粘土の互層であり、やや多摩川側に傾斜している。	
室内試験結果	含水比	W=28~66% 平均値は42%ばらつきはあるが、深度方向に減ずる。
	塑性指数	Ipの平均値は20、低塑性な粘土
	単位体積重量	t=1.648~1949g/cm <sup>3</sup>
	せん断特性	Cu=29~189 kN/m <sup>2</sup>
	圧密特性	OCR=1.9 Cc=0.41

S層	
地質構成	砂と粘土の互層であり、やや多摩川側に傾斜している。
土質概要	砂分を主体とするシルト分も40%程度含むFcの平均49%
標準貫入試験	N値は2~50 平均値は25

C1~4層、  
S層



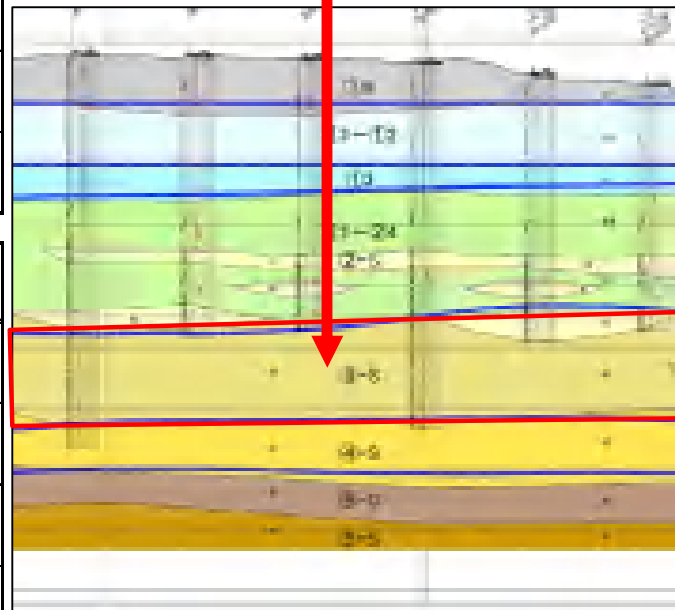
# ■ 各層の試験結果

## 層の特徴

C層、 C層

S層	
地質構成	後期更新世~中期更新世(7~13万年前)の東京層 粘性土 砂層の互層
土質概要	砂分を主体とするFcの平均15%
標準貫入試験	N値は14~50 平均値は44

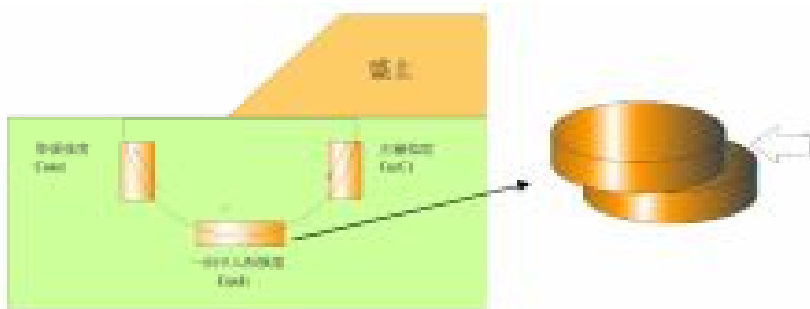
C層		
地質構成	後期更新世~中期更新世(7~13万年前)の東京層 粘性土 砂層の互層	
室内試験結果	含水比	W=51~107%
	塑性指数	低Cc層 pの平均値は28、高Cc層pの平均は53高塑性粘土
	単位体積重量	t=1.427~1.917g/cm <sup>3</sup>
	圧密特性	低Cc層OCR=2.0 Cc=0.49 高Cc層OCR=2.3 Cc=1.15



# せん断力の評価

## 設計用せん断力の評価

設計用せん断強度  $C_u$  とは、圧縮側のせん断強度と伸張側強度の合成強度の半分



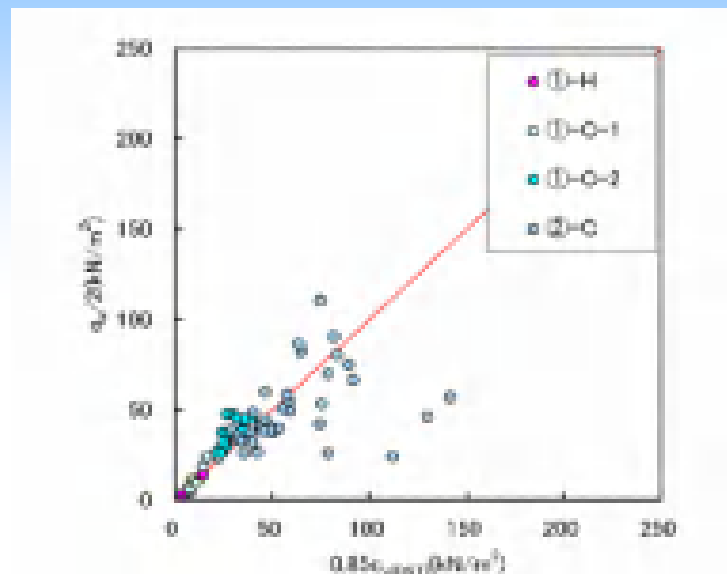
多くの破壊事例より、 $C_u = qu/2$  としている。

- ・応力解放による強度の低下
- ・砂分が含まれた場合の応力依存

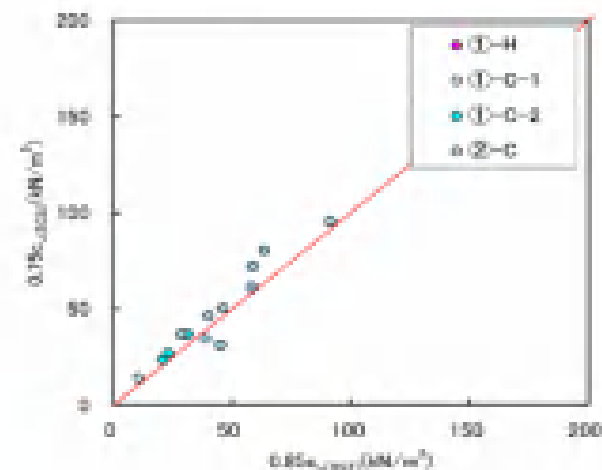
本調査の結果より、

$$C_u = qu/2 = 0.85 \cdot Su_{scu} = 0.75 \cdot S_u(DST)$$

一面せん断試験結果より設計用せん断強度の評価を採用した。



$qu/2 \sim 0.85 \cdot C_u(DST)$  の関係



$0.85 \cdot DST \sim 0.75 \cdot C_{u,scu}$  の関係

# せん断特性

## せん断力Cuの深度分布

- ・ サンプリング孔のCuの分布  
室内試験のせん断試験より
- ・ CPT試験のCuの分布 室内  
試験のせん断試験よりコーン係  
数Nktを求め、Cuに変換する。

### CPTの結果

$$q_{net} = (q_t - v)$$

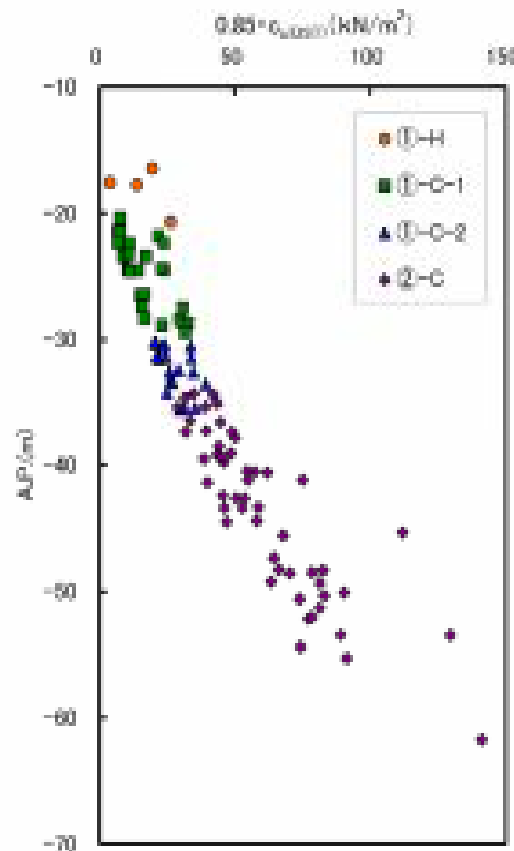
同深度のせん断試験結果

$$C_u = 0.85 \cdot C_{u(DST)}$$

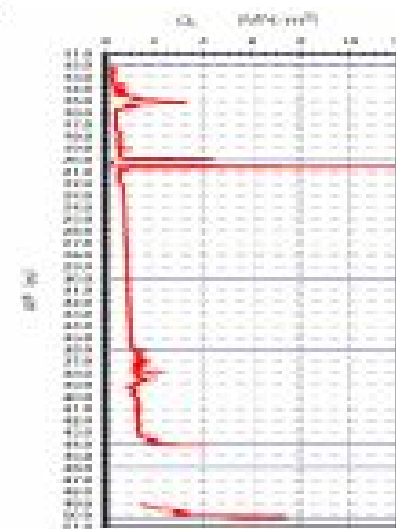
コーン係数Nkt

$$N_{kt} = C_u / q_{net}$$

一面せん断試験の結果



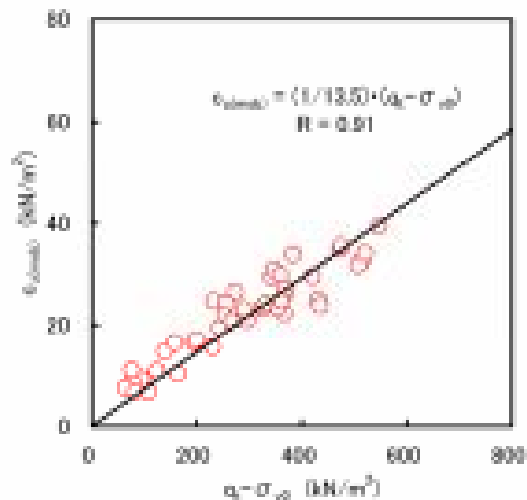
CPTの試験結果(D-5孔)



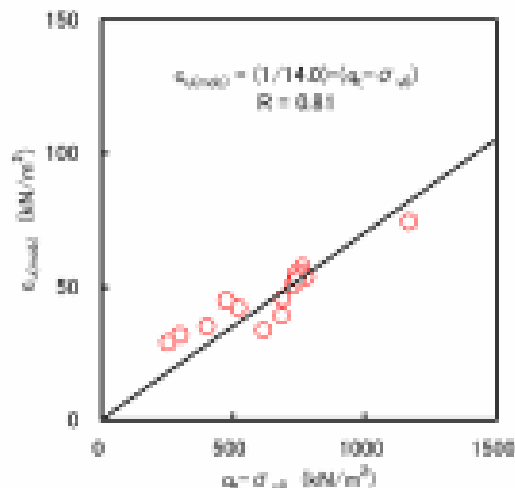
# せん断特性

羽田D滑走路海域のNkt

層のNkt

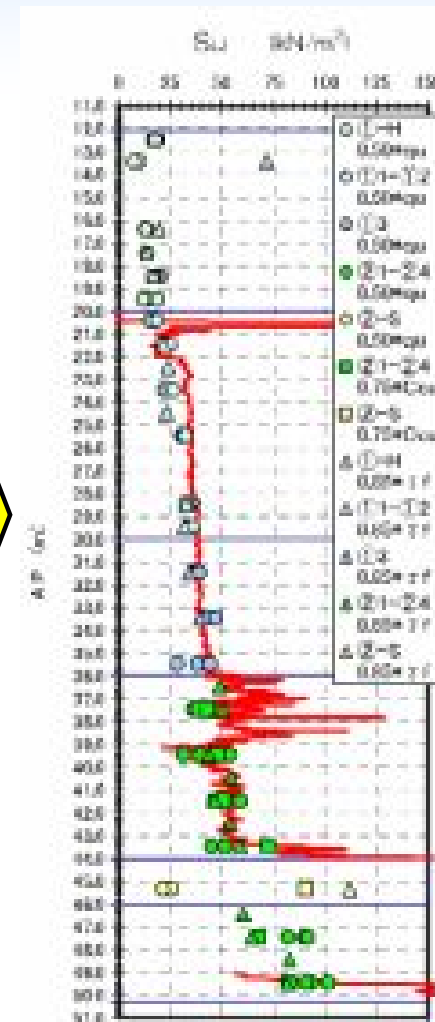


層のNkt



層のNkt = 13.5  
層のNkt = 14.0

Nktを介したCuと試験値の比較

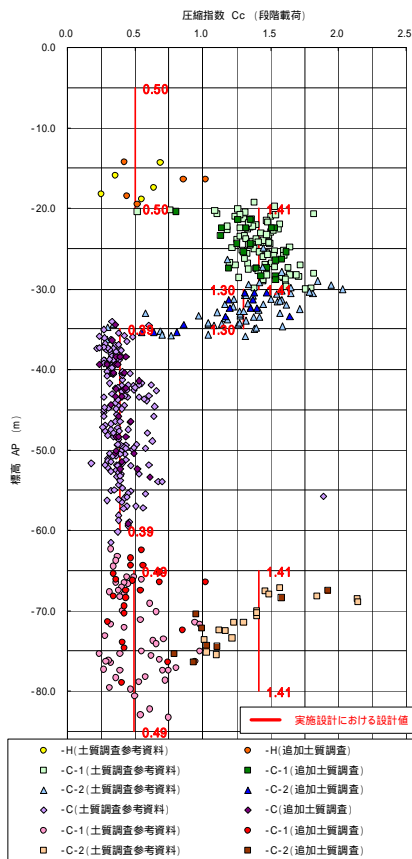


# ■ 圧密特性の評価

## 圧密特性のばらつきの評価

土質調査参考資料に本調査の結果を加え再評価 微細な変更

Ccの深度分布



圧密特性の平均、標準偏差

		圧縮指数	圧密係数	過圧密比	二次圧密係数	
		$C_c$	$c_v$ ( $\text{cm}^2/\text{day}$ )	OCR	C	
-H	実施設計の設計値	0.50	100	1.30	0.020	
	土質調査参考資料	平均値	0.50	398	2.84	-
		標準偏差	0.19	462	1.65	-
		変動係数	38.1 %	116.0 %	58.1 %	-
	追加土質調査	平均値	0.65	1502	3.03	0.012
		標準偏差	0.27	1224	1.45	0.004
変動係数		41.6 %	81.5 %	47.8 %	35.3 %	
-C-1	実施設計の設計値	1.41	100	1.30	0.057	
	土質調査参考資料	平均値	1.42	118	1.78	0.021
		標準偏差	0.20	73	0.70	0.006
		変動係数	13.7 %	61.8 %	39.4 %	27.2 %
	追加土質調査	平均値	1.36	294	1.36	0.021
		標準偏差	0.20	364	0.43	0.007
変動係数		14.6 %	123.8 %	31.6 %	31.7 %	
-C-2	実施設計の設計値	1.30	100	1.30	0.052	
	土質調査参考資料	平均値	1.30	239	1.54	0.066
		標準偏差	0.37	508	0.35	0.015
		変動係数	28.1 %	212.3 %	22.7 %	23.1 %
	追加土質調査	平均値	1.17	419	1.38	0.024
		標準偏差	0.33	399	0.24	0.009
変動係数		28.0 %	95.2 %	17.5 %	35.6 %	

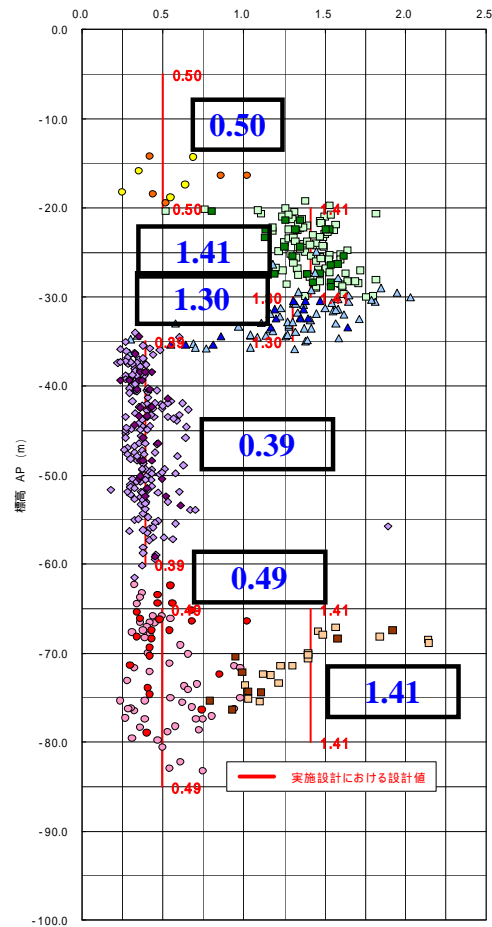
# 東京国際空港D滑走路建設外工事

## ■ 圧密特性 圧密諸定数の深度分布

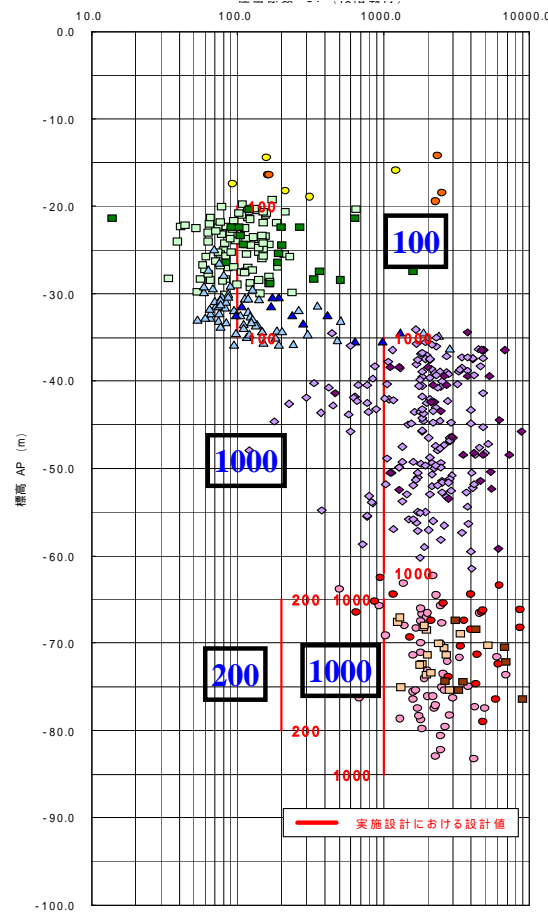
高塑性の粘土  $C_c$ が大きい、 $C_v$ が小さい

低塑性の粘土  $C_c$ が小さい、 $C_v$ が大きい

$C_c$ の深度分布



$C_v$ の深度分布



**$C_v$ の算出方法**

現在の土被り圧に埋立後の土被り荷重を加え、その平均値Pより、 $P \sim C_v$ 曲線を用いて算出

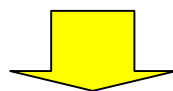


## ■ おわりに

### 今後の検討課題

- ・調査・設計によって設定された土質定数の追評価が重要
- ・動態観測による迅速なフィードバック

サウンディングによるボーリング調査  
実測沈下量・変位量の地盤挙動



精度のよい地盤挙動の予測



END

ご静聴ありがとうございました

東京国際空港D滑走路建設外工事

■ 備考

鹿島・大林・五洋・佐伯・清水・新日鉄エンジ・JFEエンジ・大成・東亜・東洋・西松・前田・三菱重工・みらい・若築異工種建設工事共同企業体

東京国際空港D滑走路建設外工事

■ 備考

鹿島・大林・五洋・佐伯・清水・新日鉄エンジ・JFEエンジ・大成・東亜・東洋・西松・前田・三菱重工・みらい・若築異工種建設工事共同企業体