東大阪鋭敏粘土の堆積環境がその土質特性に与える影響[†]

井上 啓 司* 澤 孝 平* 中山 義 久**
松川 尚 史** 西田 一 彦* 玉野 富 雄***
金岡 正 信*** 西形 達 明****

The Effects of Sedimentary Environment on Geo-Technical Properties of Higashi-Osaka Sensitive Clay

by

Keiji INOUE*, Kohei SAWA*, Yoshihisa NAKAYAMA**, Hisashi MATSUKAWA**,
Kazuhiko NISHIDA*, Tomio TAMANO***, Masanobu KANAOKA**** and Tatsuki NISHIGATA****

The undisturbed samples are obtained from the Higashi-Osaka sensitive clay area in the eastern part of Osaka. By the examination of physical, chemical and engineering properties of the clay, it is clear that the sedimentary environment, leaching and consolidation stress history have effects upon the clay properties, as follows.

The clay accumulates under two different types of environment, i.e. the upper is non-marine clay and the lower is marine one. The both clay are influenced considerably by leaching and become high sensitive clay. As the properties of bottom clay of the lower is close to those of non-marine clay because of the leaching and the over-consolidation state, the depth distributions of water content, void ratio and so on are bowed. The strength is mainly depended on the overburden pressure.

The consolidation properties of the sensitive clay are affected by the methods of loading, i.e. incremental loading and constant rate of strain loading. And the degree of soil structure appears in the overshoot of e-log p curve of constant rate of strain loading.

Key words : Consolidation properties, Leaching, Marine clay, Overshoot, Sensitive clay

1 ま え が き

大阪市東部から東大阪市にかけて広く分布する通称「東大阪鋭敏粘土」は、四方を山地と台地で囲まれた約5×10kmの盆地部に堆積している。新編大阪地盤図¹⁾によると、東大阪の沖積層は約1万年前より新しい年代に堆積したものであり、その堆積環境は複雑である。1990年代に土質工学会(現地盤工学会)に設置された「堆積環境が地盤特性に及ぼす影響に関する研究委員会」において、大阪湾や有明湾など各地の粘土地盤の堆積環境と地盤特性が研究されている。とくに、大阪湾の沖積粘土層については、多くの研究者が早い時期から堆積環境の違いに着目し、研究してきた。^{2)~7)}それらによると、東大阪粘土はOP-5m~-7m付近で堆積環境が変化しており、上部は非海水成の堆積粘土であり、下部は海水成の堆積粘土である(Fig. 1(b))。そして、海水成層と非海水成層の違いに基づく塩分含有量・コンシステンシー特性・力学特性などが明らかにされている。

本研究では、東大阪鋭敏粘土の不攪乱試料の連続サンプリングを行い、珪藻化石分析と花粉分析の後、採取深度約10cm間隔ごとに物理試験、塩分含有量試験、強熱減量試験、pH試験、一軸圧縮試験、段階載荷圧密試験、

Fig. 1 Soil profile of the boring site.

定ひずみ速度圧密試験を実施した。これらの分析・試験結果により、堆積環境が土質特性とくに圧密特性に与える影響を明らかにする。

2 採取地盤の堆積環境

本研究の対象とした粘土の不攪乱連続試料は、大阪府大東市深町のボーリング現場から固定式シンウォールサンプラーを用いて採取した。その柱状図(Fig. 1(a))によると、粘土がGL-3.85m~-19.30mに分布し、GL-9.0m

[†] 原稿受理 平成19年5月10日 Received May 10, 2007 ©2008 The Society of Materials Science, Japan

* 正会員 協同組合関西地盤環境研究センター 〒566-0042 摂津市東別府, Kansai Geo-Environment Res. Center, Higashibehu, Settsu, 566-0042

** 協同組合関西地盤環境研究センター 〒566-0042 摂津市東別府, Kansai Geo-Environment Res. Center, Higashibehu, Settsu, 566-0042

*** 正会員 大阪産業大学工学部都市創造工学科 〒574-8530 大東市中垣内, Dept. of Civil Eng., Osaka Sangyo Univ., Nakagaiti, Daitou, 574-8530

**** 正会員 関西大学工学部環境都市工学科 〒564-8680 吹田市山手町, Dept. of Civil & Environment Eng., Kansai Univ., Yamate, Suita, 564-8680

付近まではシルト質粘土（GL-5m 付近に腐植物が混入）で、さらに GL-19.30m まで軟弱な粘土が連続して堆積している。その下の GL-19.30m ～19.90m には腐植土層が存在する。GL-3.85m ～19.30m の粘土層の N 値（約 30m 離れた地点の測定値）は、全層厚を通じ 0 ～2 と非常に軟弱である。

この調査地点の堆積環境を以下の3点に基づき推定した。

① 大阪平野の古地理発達史¹⁾：河内盆地は約 4000 年前までは縄文海進により生成されたとされる河内湾であり、その後約 3000 年前からは淡水域であったとされている。その間に汽水域の時代が存在していたと推定できる。

② 既往調査結果²⁾：今回の調査地点から約 3km 離れた地点の柱状図は Fig. 1 (b) であり、この沖積粘土の微化石分析によると、上部は非海水成（汽水成～淡水成）粘土、下部は海水成粘土である。それらの境界は OP-5m ～7m（今回の調査地点の GL-10m ～12m に相当する）と推定されている。

③ 珪藻化石分析および花粉分析：採取粘土の上部（GL-5.35m ～7.95m）と下部（GL-17.60m ～18.60m）において、珪藻化石分析および花粉分析を実施した。珪藻化石分析結果（Table 1）によると、GL-6.05 ～6.15m の試料（T-4）と GL-7.85 ～7.95m の試料（T-6）には珪藻殻が全く見られず、他の深さでは海水性珪藻と淡水性珪藻が同程度見られる。一方、花粉分析結果（Fig. 2）によると、粘土層の上部（T-3・T-5）と下部（T-17・T-18）の 2 グループに分けられる。そして、花粉種から判断して、下部は約 8000 年前の温帯性落葉樹の時代に、上部は約 4000

Fig. 2 Result of Pollen Analysis.

年前以降の暖温帯性常緑広葉樹林の時代に堆積したと推定される。

すなわち、今回の分析のみでは境界深度が明確ではないが、①③より下部は縄文海進時期に、上部は淡水時期に堆積したものと言える。さらに、②の結果を参考にし、今回の調査地点の粘土は GL-10m ～12m を境にして、上部は汽水成あるいは淡水成、下部は海水成と推定できる。

3 物理・化学的性質から見た東大阪粘土の特性

採取粘土の物理的・化学的性質を明らかにするため、シンウォールチューブ内の試料を出来るだけ細かく（ほぼ 10cm 間隔に）区分した。Fig. 3 に深度方向に測定した粘土の物理的性質と化学的性質を示す。Fig. 3 (a) の粒度特性（ $2\mu\text{m}$ 通過百分率： $P_{2\mu\text{m}}$ ）によると、 $P_{2\mu\text{m}}$ は GL-9m より浅い位置では約 20%，GL-12m より深い位置では約 45% とほぼ一定値であり、GL-9m ～12m では、20% ～45% に漸増している。粒度特性は堆積時の地形的環境に基づき、一般には水深の深い場合に細粒となるので、GL-12m より深い堆積層は水深の大きな海進時期に形成されたものと判断でき、2 で推定した海水成の境を GL-12m と考える。さらに、GL-9m 以浅は水深の浅い淡水時期に堆積したものと考えられ、GL-9m ～12m を汽水時期の堆積層と見ることができる。

従って、本論文では調査地点の粘土を次の 3 つに区分してそれぞれの特性を検討する。すなわち、上部（GL-9m 以浅）の淡水成粘土、下部（GL-12m 以深）の海水成粘土、およびそれらの中間部（GL-9m ～12m）の汽水成粘土である。

次に、Fig. 3 (e) の塩分含有量（Cl 量）に着目すると、

Table 1 Results of the analysis of fossil diatoms.

No.	Depth GL- (m)	Frequency of fossil diatoms		Sedimentary environment
		Marine	Limnetic	
T-3	5.35～5.45	++		Marine
T-4	6.05～6.15	—	—	
T-5	6.95～7.05	+	+	Brackish
T-6	7.85～7.95	—	—	
T-17	17.60～17.70	++	+	Brackish
T-18	18.50～18.60	+	+	Brackish

Fig. 3 Physical and chemical properties of clay.

GL-9m ~-12m の汽水域では浅いほど Cl 量が小さく、海水域から淡水域への変化に対応している。同じように考えると、GL-16m 以深の粘土は深いほど Cl 量が小さく、淡水域に近づくように見える。さらに、Fig. 1 (a)によると、GL-19.3m 以深には腐植土があり、縄文海進以前の海退期に陸域で繁茂した植物を起源としている可能性も否定できない。

海水成粘土は、リーチングにより Cl 量が減少し、それに伴い液性限界や塑性指数が低下する。⁸⁾海水の Cl 量は 32 ~ 35g/l であり、有明粘土では、リーチングを受けた粘土の Cl 量が 2 ~ 6g/l、リーチングを受けていないものは最大 20g/l (平均 11.1g/l) である。⁹⁾大阪平野の沖積粘土における過去の調査結果¹⁰⁾の内、OP-10m ~-20m のデータによると、現在の海に近い地点の Cl 量は高く (30 ~ 10g/l)、リーチングの影響が少ないが、内陸に向かうほど Cl 量は低くなり (4 ~ 6g/l)、東大阪の鋭敏粘土の Cl 量は 0.2 ~ 2g/l まで低下し、リーチングの影響が見られる。これらと比較すると、今回の海水成粘土の Cl 量は 1.5 ~ 4.5g/l であり (Fig. 3 (e))、リーチングを受けていると判断できる。

一方、リーチングを受けた粘土は、練り返し強度の減少とともに鋭敏比を増大させることになる。⁹⁾鋭敏比と Cl 量の関係を深さごとにプロットすると、Fig. 4 となる。○は淡水成粘土であり、もともと塩分は含まれていない。□は Cl 量が小さく、海水成粘土が極度にリーチングを受けていると判断できるが、鋭敏比が小さいことから判断して、○と同様に淡水成と考える方が妥当である。▲は海水成粘土がリーチングを受けた結果、鋭敏比が大きく現れている。× と + は○□と▲の間であり、淡水成から海水成へ遷移する領域、すなわち汽水成と推定できる。

以上の検討と推定をまとめたものが、Fig. 5 である。

Fig. 4 Sensitivity ratio and Salinity.

Fig. 5 Estimation of sedimentary environment.

海水成粘土 (GL-12m ~-16m) の堆積時の Cl 量は、海水と同じ 32g/l と仮定し、現在の Cl 量 (1 ~ 4.5g/l) との差がリーチングの影響と考える。なお、GL-6m ~-9m の淡水成粘土中の Cl 量は、リーチング過程で集積したものである。GL-9m ~-12m の汽水成粘土は海退時に海水が淡水化する途上の堆積環境である。また、海水成粘土下層部 (ここでは GL-18m 以深と仮定) は、淡水成に近い環境下であり、GL-16m ~-18m は海進の影響により海水が浸水して生じる領域で、後にリーチングの影響も現れるために、Cl 量の変化は複雑であると考えられる。

Fig. 1 (b)~(d)に示されている間隙比、含水比、液性限界および強熱減量は、Fig. 5 の堆積環境と同様に、GL-12m ~-16m において極大値を有する弓形分布であり、東大阪鋭敏粘土の特徴の一つとされている。この地域では、Fig. 5 に示した堆積の 1 サイクル (下層から淡水域-汽水域-海水域-汽水域-淡水域) が完成していて、これに粒度組成、リーチングによる高間隙化・高含水比化、さらに後述する圧密現象による低間隙化・低含水比化が関係して、弓形の特徴的な深度分布が見られると考えられる。

4 力学的性質から見た東大阪粘土の特徴

4.1 一軸圧縮強度

Fig. 6 は、GL-11m と GL-17m の粘土の一軸圧縮試験における応力-ひずみ曲線である。不攪乱試料の応力-ひずみ曲線は、急激な立ち上がりを示し、破壊ひずみが 2 ~ 3% であり、試料の乱れは少ないものと判断される。一方、練り返した試料の応力-ひずみ曲線は、圧縮強度が非常に小さい。鋭敏比 S_t は、GL-11m 試料が $S_t \approx 25$ 、GL-17m 試料が $S_t \approx 20$ であり、東大阪の鋭敏粘土の特性を示している。前述の Fig. 3 (g)においても、この調査地点の粘土は、全体的に $S_t = 15 \sim 35$ である。とくに、Fig. 5 において海水成と推定した GL-11m ~-16m 付近では $S_t = 25 \sim 35$ であり、超鋭敏粘土といえる。

Fig. 7 は、一軸圧縮強度 q_u および変形係数 E_{50} の深度分布を表している。一軸圧縮強度 q_u と変形係数 E_{50} は深度方向にほぼ直線的に増加しており、堆積環境にあまり関係せず、図中に示した有効土被り圧 p_0 とほぼ比例関係にあるといえる。

Fig. 6 Stress-strain curves.

Fig. 7 Results of unconfined compression test.

4・2 圧密特性

Fig. 8 は、鋭敏比の異なる粘土 (GL-11m と GL-17m) について、JISA 1217 に基づく段階载荷圧密試験 (Incremental loading test: 図中では「IL」と略記) とひずみ速度 0.01%/min の定ひずみ速度圧密試験 (Constant rate of strain loading test: 図中では「CR」と略記) で求めた e - $\log p$ 曲線を表している。圧密降伏応力 p_c は、定ひずみ速度圧密試験の方が段階载荷圧密試験のものより大きく求められている。その差は GL-11m の方が GL-17m のものより大きい。また、段階载荷圧密試験の e - $\log p$ 曲線は、 p_c 以上の正規圧密状態の圧力に対して、なめらかに直線に

Fig. 8 e - $\log p$ curves.

Fig. 9 Results of consolidation test.

移行している。一方、定ひずみ速度圧密試験では、 p_c 以上の圧力に対する e - $\log p$ 曲線の曲率が極端に大きくなり、 p_c 直後の曲線が右に飛び出し (これをオーバーシュートということがある⁶⁾)、圧縮指数 C_c は段階载荷圧密試験のものよりも大きな値を示すことになる。この原因は、両圧密試験のひずみ速度の違いが関係しており、今回の定ひずみ速度圧密試験のひずみ速度は段階载荷圧密試験の平均ひずみ速度の約 3.5 倍である。このようなオーバーシュート現象は、大阪湾海域の海水成粘土における擬似過圧密性の状況に類似な現象⁶⁾であり、東大阪の鋭敏粘土ではとくに顕著に現れ、定ひずみ速度圧密試験の p_c と段階载荷圧密試験の p_c との差は、一般の沖積粘土に比べて大きくなる。

Fig. 9 (a) は、2 つの圧密試験方法で得られた p_c を深度方向に表したものである。 p_c の分布形状は 2 つの圧密試験方法でよく似ているが、定ひずみ速度圧密試験の p_c が少し大き目の値となっている。また、図中の実線は有効土被り圧 p_0 を示しており、GL-11m 付近の段階载荷圧密試験以外は p_c が p_0 より大きく、過圧密状態である。Fig. 9 (b) には過圧密比の深度分布を示した。とくに、GL-9m より浅い粘土と GL-18m より深い粘土は過圧密比が大きく、圧密がかなり進行している。堆積環境からみると、過圧密比の大きい粘土は非海水成であり、Fig. 3 (b), (c) に示したように、調査対象粘土の上部と下部で間隙比や含水比が小さくなっているのは、堆積環境の違いによる土性の違いと共に、圧密の進行に密接に関係している。このことは、大島ら⁷⁾が述べているように、1960 年以降の地下水位低下に起因するものと考えられる。つまり、東大阪粘土の特徴である物理的性質の弓形深度分布は、圧密履歴とも関連しているといえる。また、定ひずみ速度圧密試験の過圧密比が段階载荷圧密試験に比べ大きめに現れるのは、前者が後者に比べて载荷時間が短時間であること、および鋭敏粘土のもつ高位な土構造が外力の作用する速度に対して異なる応答を示すことに関係している可能性がある。

Fig. 9 (c) は 2 つの圧密試験方法で求められた圧縮指数 C_c の深度方向の分布である。GL-12m 付近より浅い粘土と GL-17m 付近より深い粘土では、両圧密試験方法の C_c がほぼ同じ値を示す。ここでも非海水成粘土の範囲とほぼ一致している。逆に、鋭敏比が大きい GL-12m ~ -16m 付近の海水成粘土では、定ひずみ速度圧密試験の C_c が段階载荷圧密試験の C_c に比べ数倍大きい。Fig. 10 は、GL-12m

Fig. 10 Sensitivity and compression index.

以深の海水成粘土の鋭敏比 S_t と圧縮指数 C_c の関係である。この図でも定ひずみ速度圧密試験の C_c が段階載荷圧密試験の C_c より大きく現われており、鋭敏比 S_t の増加とともに C_c も増加する傾向にある。この原因として、鋭敏粘土特有の高位な土構造が、ある圧密圧力以上になると急激に構造破壊を起こすことによるものと考えられる。

4・3 圧密試験におけるオーバーシュート現象

オーバーシュート現象は、ひずみ速度が速くなるほど顕著になると言われているが、ここではひずみ速度 0.01%/min の定ひずみ圧密試験におけるオーバーシュート現象について検討する。

Fig. 11 に示すように、オーバーシュート部分から求めた圧密降伏圧力を p_1 とし、正規圧密領域の直線部の延長と e - $\log p$ 曲線との交点の圧密圧力を p_2 とする。この p_1 および p_2 と段階載荷圧密試験の先行圧密荷重 p_c との関係を図 12 に示す。(a) 図によると、一部のデータを除いて、 p_1 は p_c より大きく、 $p_c < p_1 < 2p_c$ の範囲である。一方、(b) 図では、 p_2 がほぼ p_c に等しいことがわかる。海水成粘土のうち過圧密比の大きい試料は $p_2 = p_c$ 線より上に位置し、正規圧密に近い試料は $p_2 = p_c$ 線より下に位置しており、圧密応力履歴が関係しているともいえる。

繰り返し荷重下の沖積粘土や大荷重下の洪積粘土に現れる長期遅れ大沈下は、間隙比の大きい構造の発達した粘

土の構造劣化が原因であり^{11), 12)} e - $\log p$ 曲線のオーバーシュート現象として現われ、長期載荷による年代効果に基づく擬似的な過圧密性とよく似た現象である。⁶⁾ 東大阪鋭敏粘土で見られる上記のオーバーシュート現象は、海水成粘土のリーチングにより構造の発達した間隙比の大きい粘土に、ひずみ速度の大きい定ひずみ圧密試験を実施した時に生じるものであり、有効応力状態が圧密降伏応力を超えた付近から生じる顕著な構造劣化に起因していると考えられる。

森脇ら¹¹⁾は、有明粘土を用いて、オーバーシュートの表示方法とその意味を追求している。その結果、Fig. 11 において正規圧密部の直線②に平行な直線①をオーバーシュート部の p_1 から引き、同一の間隙比 e に対する直線②および①の圧密圧力を p_2' および p_1' とすると、圧縮性から見た鋭敏比 $S_{tc} = (p_1'/p_2')$ は、一軸強度から得られる鋭敏比 S_t とある程度の線形関係が認められることを明らかにしている。そして有明粘土の堆積過程中に形成された骨格構造の程度を、 S_{tc} によって評価できることを示している。

ここでは、森脇らの定義を参考にして、 p_1 と p_2 の比 (p_1/p_2) を求め、鋭敏比 S_t との関係を図 13 (a) に示す。森脇らが対象とした粘土は鋭敏比の小さい普通の沖積粘土であり、今回の鋭敏粘土の骨格構造と同列には考えにくい。そこで Fig. 13 (a) に示すように、粘土中の塩分含有量 (Cl 量) により分布範囲を区分すると、Cl 量別に鋭敏比 S_t と (p_1/p_2) の間に一定の関係がみられる。粘土中の Cl 量は、堆積環境とその後のリーチングなどの総合評価であり、これが粘土の構造骨格の程度を決定し、オーバーシュート現象として表現される。 (p_1/p_2) の代わりに、段階載荷圧密試験により求められる先行圧密荷重 p_c に対する p_1 の比 (p_1/p_c) を用いて表すと、Fig. 13 (b) となる。この図においても Cl 量および鋭敏比と (p_1/p_c) の関係が見られる。 (p_1/p_2) と (p_1/p_c) は、どちらもオーバーシュート部の圧力 p_1 の程度を表したもので、ここではオーバーシュート比と呼ぶことにする。

Fig. 11 e - $\log p$ curve.

Fig. 12 p_c and p_1, p_2 .

Fig. 13 Overshoot ratio and sensitivity.

Fig. 14 OCR and overshoot ratio.

Fig. 14 は、圧密応力履歴を示す過圧密比 ($OCR = p_c/p_0$) と 2 つのオーバーシュート比 (p_1/p_2 あるいは p_1/p_c) の関係である。(a) 図では、過圧密比とオーバーシュート比は関係なく、 $OCR = 1 \sim 2.5$ の範囲で、ほぼ一定のオーバーシュート比である。(b) 図では、オーバーシュート比は OCR と負の相関関係にあるといえる。つまり、過圧密粘土ではオーバーシュート比は小さく、逆に、正規圧密に近い状態ではオーバーシュート比が大きくなる傾向を示している。さらに、間隙水中の Cl 量の状態すなわち堆積環境も関係していると考えられる。また、Fig. 13, 14 で見る限り、(p_1/p_c) の方がオーバーシュート現象を的確に表現しているように見える。さらにデータを積み重ねて、オーバーシュート比の意味を追究する必要がある。

5 ま と め

東大阪の沖積層鋭敏粘土の堆積環境とその後のリーチングや圧密過程などを実験的に検討・推察し、その工学的性質を明らかにした。得られた主な結果は以下のようである。

(1) 東大阪鋭敏粘土は、従来から OP-5m ~-7m (今回の調査地点では GL-10m ~-12m) 付近を境として、上部が非海水成層、下部が海水成層と区分されており、今回の調査対象粘土もほぼ同様である。

(2) 上部の非海水成層の粒度組成は、その上層 (GL-9m 以浅) で $P_{2\mu m}$ が約 20% と一定であり、その下 (GL-9 ~-12m) では下層 (GL-12m 以深) の $P_{2\mu m} \approx 45\%$ に向けて漸増している。また、塩分含有量は上層ほど小さい。従って、GL-9m 以浅は淡水成、GL-9 ~-12m は汽水成と推察できる。

(3) 下部の海水成層は、粒度特性が一定であり ($P_{2\mu m} \approx 45\%$)、リーチングをかなり受けて鋭敏比が大きい。しかし、その下層ほど塩分含有量と鋭敏比がともに小さく、下層部は淡水成または汽水成の影響を受けていると考えられる。

(4) その結果、間隙比、含水比、コンシステンシー、塩分含有量などが、GL-12m 付近で膨らんだ弓形の深度分布を示す。

(5) 一軸圧縮強度、変形係数は直線的に増加する深度分布であり、粒度組成や塩分含有量で示される堆積環境にはあまり関係していない。

(6) 圧密降伏応力は、含水比などの土性とは逆向きの弓形深度分布を示し、粘土層全体が過圧密状態で、とくに非海水成粘土ではその程度が大きい。1960 年以降の地下水位低下の痕跡とも考えられる。この結果、圧縮指数は、粘土層中央部の圧縮性が大きい弓形深度分布を呈し、間隙比、含水比などの弓形深度分布の原因となっている。

(7) 定ひずみ速度圧密試験のオーバーシュート現象は、鋭敏粘土の特徴であり、オーバーシュート比 (p_1/p_2 あるいは p_1/p_c) で評価することができる。今回の調査対象粘土では、(p_1/p_c) の方がオーバーシュート現象をよりの確に説明できる。オーバーシュート比は、塩分含有量・鋭敏比・過圧密比と一定の関係が得られ、鋭敏粘土の構造骨格の程度を表現できると考えられるが、なおデータを積み重ねて追究する必要がある。

参 考 文 献

- 1) Kansai Branch of The Japanese Geotechnical Society, Kansai Geotechnical Consultants Association, "Shinpen Osaka Zibanzu", pp.14-27 (1987) Koronasya.
- 2) S. Ono, Y. Ando and Y. Yamamoto, "Formation process from old Kawachi bay to lagoon, lake in Higashi-Osaka plain", The Proceedings of the 34th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, pp.259-260 (1999).
- 3) H. Ohota, T. Hashimoto, Y. Furuta and S. Araki, "Geo physical properties and sedimentary environment of sensitive clay in Higashi-Osaka plain", The Proceedings of the 34th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, pp.253-254 (1999).
- 4) N. Nakai, T. Konda, S. Ono and S. Nojiri, "The mechanical characteristic of sensitive clay in Higashi-Osaka plain", The Proceedings of the 34th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, pp.255-256 (1999).
- 5) H. Ito, N. Kitada, M. Mitamura and K. Takemura, "Qualitative complementarity of the borehole database system -The detail examination of geological properties in the Eastern Osaka area using the standard bore hole samples-", The Proceedings of the 41th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, CD-ROM, pp.47-48 (2006).
- 6) T. Fujiwara, Y. Higo, J. Nagaya, A. Oshima, M. Mimura, T. Kodaka, K. Oda and S. Shibuya, "Qualitative complementarity of the borehole database system -The detail examination of geological properties in the Eastern Osaka area using the standard bore hole samples-", The Proceedings of the 41th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, CD-ROM, pp.49-50 (2006).
- 7) A. Oshima, E. Kanya, K. Fumimoto and G. Morioka, "Depth distribution of physical and consolidation properties of Osaka Holocene clay received by dewatering (2nd report)", The Proceedings of the 41th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, CD-ROM, pp.945-946 (2006).
- 8) JSSMFE, "The foundation and application of chemistry on soil engineering", The Library for Soil Mechanics and Foundation Engineering No.15, JSSMFE, p.131 (1978).
- 9) N. Miura, T. Akamine and S. Shimoyama, "Study on depositional environment of Ariake clay formation and its sensitivity", Journal of Geotechnical Engineering, JSCE, No.541/III-35, pp.119-131 (1996).
- 10) Y. Okuda, Y. Nishigaki and D. Tsurumaki, "A Study on the Leaching of Alluvial Clay", The Proceedings of the 15th Japan National Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, JSSMFE, pp.149-152 (1980).
- 11) T. Moriwaki and A. Matsui, "Consolidation characteristics of naturally deposited clays and a method for evaluating clay structure", The Proceedings of the 41th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, CD-ROM, pp.219-220 (2006).
- 12) M. Inagaki, K. Nagao, M. Nakano and T. Noda, "Study on long-term settlement and consolidation characteristics of highly structured clayey soil", The Proceedings of the 40th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, JGS, CD-ROM, pp.1003-1004 (2005).