

2. 地盤特性

2.1 物理特性

(1) 深度分布

濃尾平野の沖積低地部における代表的な地盤（名古屋港鍋田地区）での海面変動と物理特性の変化を図-2.1に示した。各地層の層厚は地域により大きく変化するものの、層序および物理特性値については概ね同様である。

図に示される細粒分含有率の深度変化は、海面変動をよく表している。すなわち、深度約100m付近の海部・弥富累層は氷河期（海面低下期）にあたり、そこには砂系が堆積し、その後の熱田海進の海面上昇に伴って粘土系へと上方に細粒化している。熱田海進終了後の海面の下降に伴う上方に粗粒化し、最終氷期海面低下期にあたり最も海面が下降していた深度約55mの第一礫層では最も細粒分が少なくなっており、海退に伴う粗粒化がよく表れている。また、その後の濃尾海進に伴う濃尾層の上方への細粒化、約1万年前の小さな海面低下期の粗粒化、さらに縄文海進に伴う上方への細粒化がよく表れている¹⁾。

次に各層の自然含水比と細粒分含有率の分布状況を図-2.2~2.4に示した。図-2.2は図-2.1と同じ地区における粘性土層での分布状況であるが、T.P.-10~40m程度の範囲に分布する南陽層中部泥層の自然含水比は、地層中央部で最大値を示す分布となっている。また、同層の細粒分含有率は、T.P.-25m以深で95%以上の一定値となり、堆積環境変化の少ないことを示している。T.P.-25m以浅は、海面の変動等により粘性土から砂質土に変化する一般的な傾向を示しているものと考えられる²⁾。

図-2.3は海成の熱田層下部粘土層の層厚が厚く、土質試験データも多い木場地域における分布を示したものであるが、熱田層下部粘土層はT.P.-40m付近で含水比が最大値を示し、T.P.-40mより浅くても深くても含水比は減少する傾向を示している。細粒分含有率については、T.P.-40m付近までは深度方向に細粒分が増大する傾向を示すものの、T.P.-40m以深では細粒分含有率が75%以下にはならない分布を示している。

図-2.4には臨海部全域での砂質土における分布状況を示した。T.P.0~10m程度に分布する南陽層上部砂層については、自然含水比のほとんどのデータが20~40%の値を示しているものの、深度分布幅が狭く深度との関係は明確ではない。熱田層上部の非海成砂質土層はT.P.-5~35mに分布し、自然含水比は15~40%程度に分布している。海部・弥富累層の非海成砂質土の自然含水比は全体的にばらつきが大きい。また砂質土層の細粒分含有率については、全体的にばらつきが大きく、深度と明確な関係は認められない²⁾。

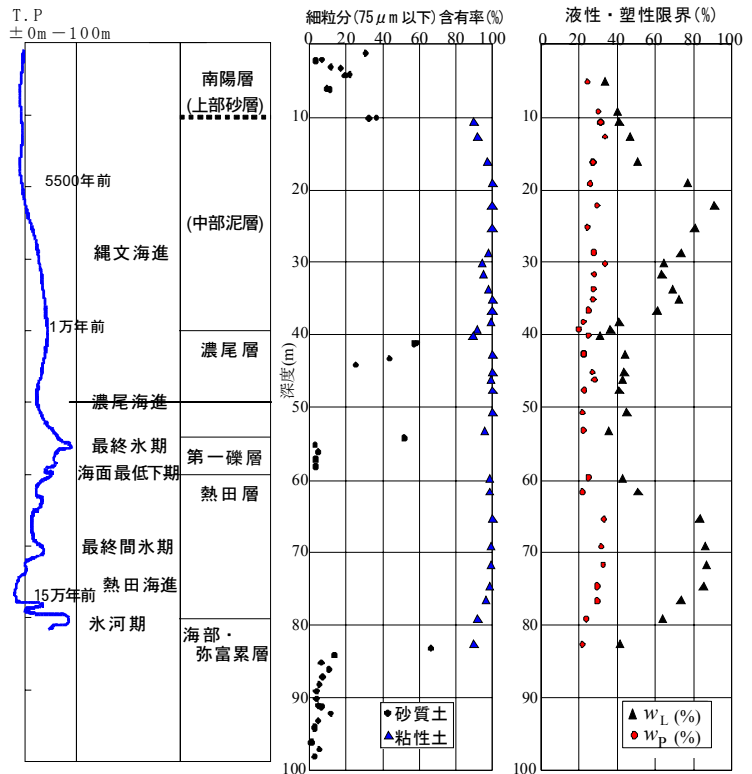


図-2.1 海面変動と物理特性の変化（文献1）に加筆

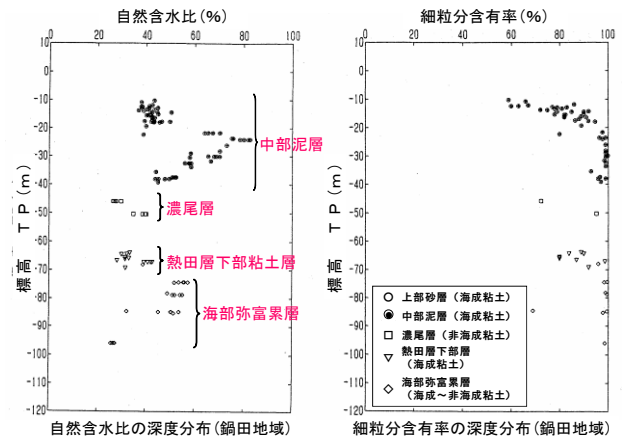


図-2.2 自然含水比と細粒分含有率の深度分布（鍋田地区粘性土層）（文献2）に加筆

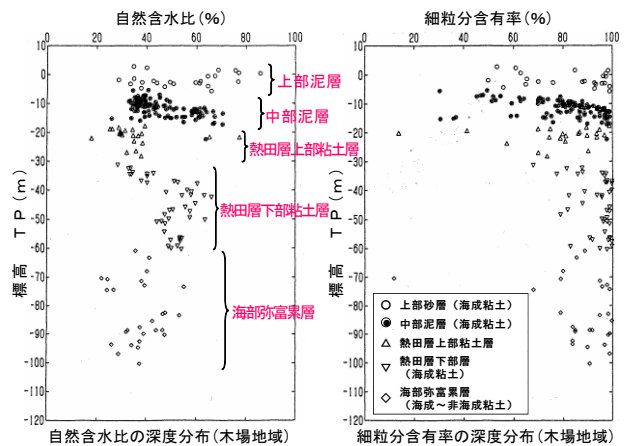


図-2.3 自然含水比と細粒分含有率の深度分布（木場地区粘性土層）（文献2）に加筆

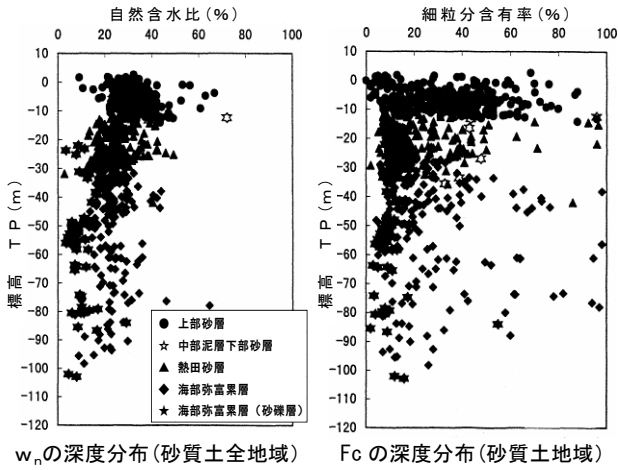


図-2.4 砂質土層の自然含水比 (w_n) と細粒分含有率 (F_c) の深度分布 (文献2)に加筆

(2) 相関性

同じく名古屋港地区での南陽層の上部砂層、中部泥層および下部砂層の自然含水比と細粒分含有率の1019試料の試験結果を図-2.5にプロットしたが、比例関係を示している。本図では自然含水比45%、細粒分含有率95%程度で明らかに相関が異なる。これは地層変化を示しており、細粒分含有率が95%以上のものは中部泥層が主体と推定される³⁾。

中部泥層の間隙比 e と自然含水比 w_n の249試料の試験結果の関係は図-2.6のように高い相関が認められる³⁾。

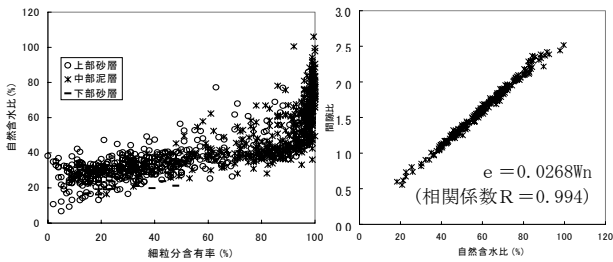


図-2.5 自然含水比と細粒分含有率の関係 (文献3)に加筆

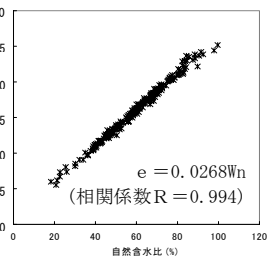


図-2.6 中部泥層の間隙比と自然含水比の関係 (文献3)に加筆

次に名古屋港地区に伊勢平野北部の臨海部を加えた「伊勢湾北部」のデータによる、液性限界と粘土分含有率の関係を図-2.7 (左図: 南陽層中部泥層, 右図: 熱田層下部粘土層) に示し、その図中に大阪湾および伊勢湾南部地域 (伊勢平野南部) での相当層のデータを地域毎に分布範囲として示した。右図において熱田層下部粘土層の液性限界は概ね40~90%の範囲を示すのに対し、大阪湾では80~120%を超える分布範囲を示しており、伊勢湾北部での液性限界は、ほとんど大阪湾での下限値より小さな値を示している。

一方、伊勢湾北部での粘土分含有率はばらつきが大きく概ね20~60%程度の範囲で分布しているが、伊勢湾南部では0~50%程度とさらに少なくなる傾向が見られる。また大阪湾では伊勢湾北部の液性限界の上限値以上を主体に分布し、粘土分含有率は25%以上となっている。左図の南陽層中部泥層についても、熱田層下部粘土層とほぼ同様な傾向を示している。

以上の結果から、伊勢湾北部では、南陽層中部泥層、熱田層下部粘土層ともに、大阪湾での相当層に比較して液性限界が低く、伊勢湾南部との比較では、南部より粘土分が多い傾向を示している。これらの違いは、堆積条件 (堆積環境) の影響を受けているものと考えられる⁴⁾。

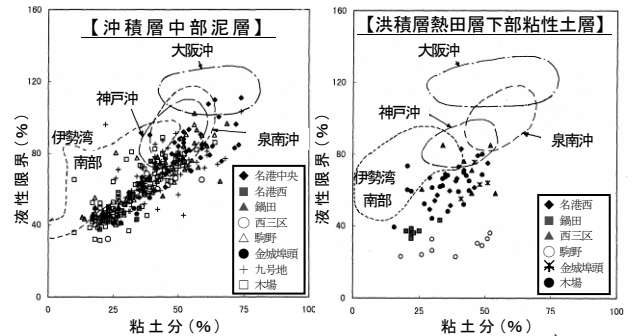


図-2.7 液性限界~粘土分含有率 (F_c) の分布⁴⁾

2.2 力学特性

名古屋港地区での南陽層中部泥層の力学試験結果の内、一軸圧縮強度と圧密降伏応力を深度分布で表したものが図-2.8である。一般的な沖積層同様、一軸圧縮試験は深度に比例して強度を増加させる。正規圧密である中部泥層の圧密降伏応力は、上載土圧と同程度になるはずである。しかし実際には上載土圧より若干大きな値を示している。この原因としては、サンプル

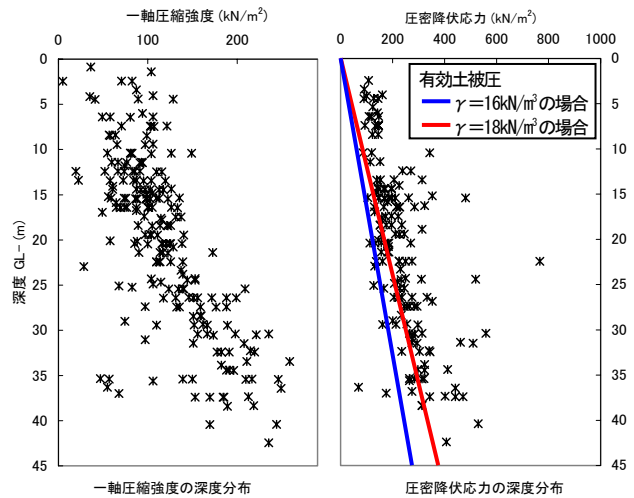


図-2.8 一軸圧縮強度および圧密降伏応力の深度分布 (中部泥層) (文献3)に加筆

採取時の余剰加圧や砂分の混入等による応力増となり、これが深度との相関を悪くしている³⁾。

次に伊勢湾北部と大阪湾での相当層での、一軸圧縮強度 q_u ~自然含水比 (w_n/w_L) 関係を図-2.9に示した (ただし、大阪湾では液性限界が $w_L \geq 80\%$ の試料、伊勢湾では主として $w_L \geq 60\%$ 、一部 $w_L = 40 \sim 60\%$ も混入)。その結果、大阪湾では図-2.9 (右図) に示すように沖積層 (南陽層中部泥層相当層) および洪積層 (熱田層下部粘土層相当層) の両方を含めた $w_n/w_L \sim q_u$ の回帰曲線の相関係数が0.91という値に達する (自然含水比をそのまま利用した $w_n \sim q_u$ の関係では0.82)。一方、伊勢湾北部では図-2.9 (左図) に示すように、ばらつきはあるものの分布

傾向は大阪湾に近似しているが、伊勢湾北部では大阪湾に比較して液性限界が全体的に小さいことから、正規化された自然含水比 (w_n/w_L) が大きくなっている。例えば洪積粘土層では伊勢湾北部で 0.8 を中心として分布するが、大阪湾では 0.6 を中心として分布している。沖積粘土層では、伊勢湾北部で 0.7~1.3 に分布し、大阪湾では 0.7~1.1 で分布している。これらより伊勢湾北部地域のデータは大阪湾の標準相関に比べて高位に分布していることが判る⁴⁾。

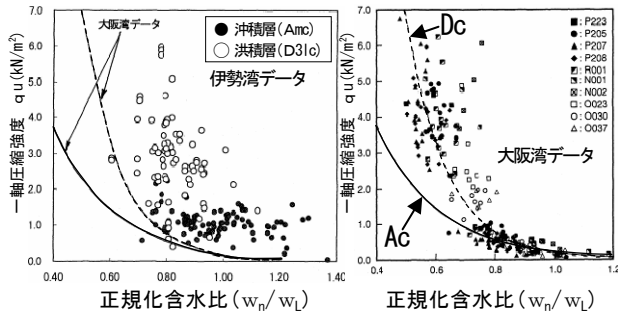


図-2.9 一軸圧縮強度～正規化含水比の関係(文献3)に加筆

また圧密特性として、図-2.10に名古屋港地区における有効土被り圧と圧密降伏応力の関係を示したが、埋立の影響が大きいと推定される「木場」地区のデータを除くと、概ねOCR=1.0~3.0に分布している⁶⁾。

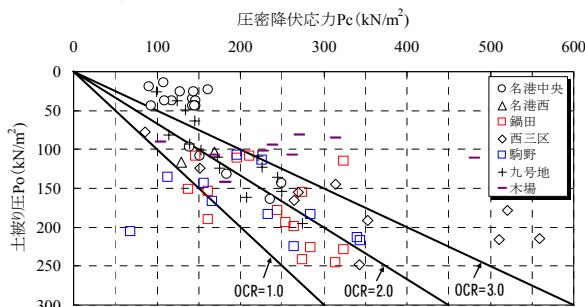


図-2.10 有効土被り圧と圧密降伏応力の関係(文献6)に加筆

粘性土の圧縮性の大きさを示す圧縮指数Ccは、液性限界 w_L や自然含水比 w_n 、間隙比 e との相関が知られていることから、中部泥層の161試料の圧縮指数とこれらの関係を図-2.11に示したが、各々相関式を求めた場合、ほぼ同じような相関係数を示している²⁾。なお、試験試料の採取位置図については、参考文献2)の76p.の図-1および81p.の図-1を参照されたい。

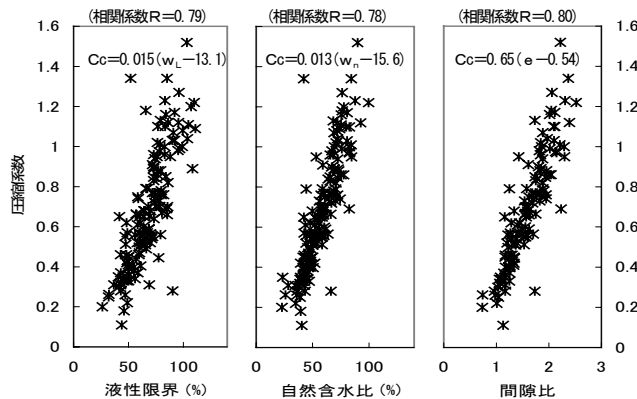


図-2.11 圧縮係数と液性限界、自然含水比および間隙比との関係(中部泥層)²⁾

2.3 動的特性

愛知・三重県の市町村の多くは東海・東南海・南海地震の地震防災強化地域の指定を受け、また、その切迫性が明らかになったことから、この地域の地震防災や耐震設計に対する社会的重要性は高くなっている。地震動評価や被害予測等地震防災を検討して行く上で必要な地盤に関わる項目は、深部地盤構造と動的特性、浅部地盤構造と動的特性である。

(1) 深部地盤構造と動的特性

1) 深部地盤構造

東海三県における深部地盤構造の調査は、1998~2004年(平成10~16年)度にかけて濃尾平野、岡崎・豊橋平野、伊勢平野を対象に行われている。これらの調査は、地震基盤から工学的基盤の間の3次元速度構造を明らかにすることを目的としている。図-2.12は各層の境界を3次的に表示したもので、例えば、濃尾平野では地震基盤は、養老断層に向かって西に行くほど深くなり、平野西部では深度2,000mにもおよぶことがわかる⁷⁾。

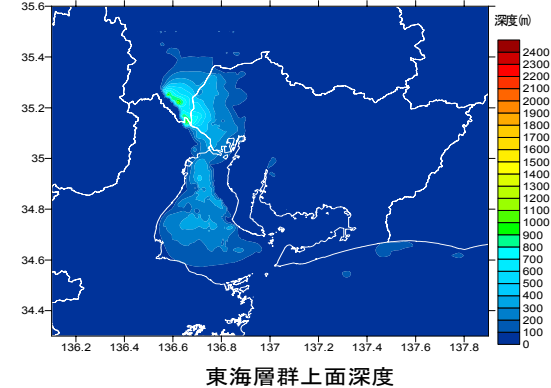
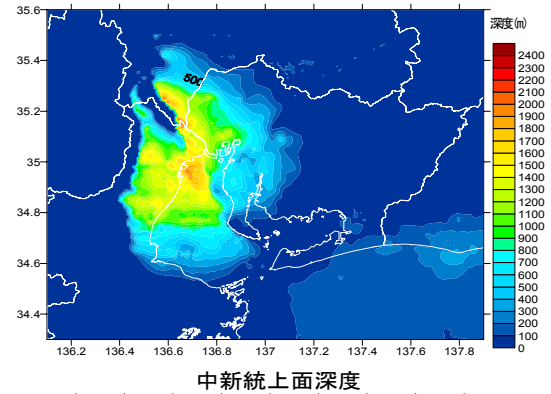
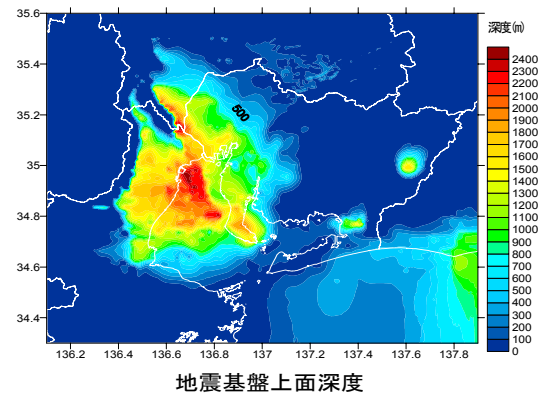


図-2.12 推定された濃尾平野周辺の深部地盤構造⁷⁾

2) P波およびS波速度

濃尾平野における深部地盤のP波速度とS波速度を表-2.1に示す。この表は1980年(昭和55年)に実施された人工爆破実験により得られた値で、S波速度については首都圏で得られたP波速度とS波速度から推定したものである。表中の第1層は第四紀および東海層群に、第2層は中新統に、第3層が地震基盤相当に対応すると考えられる⁸⁾。

表-2.1 濃尾平野における深部地盤のP波とS波速度⁸⁾

層番号	P波速度(km/s)	S波速度(km/s)	ポアソン比
第1層	1.9~2.5	0.5~0.9	0.46~0.43
第2層	3.0	1.3~1.6	0.38~0.30
第3層	5.0	2.6~3.0	0.31~0.22

(2) 浅部地盤構造と動的特性

1) 浅部地盤構造

浅部地盤の地盤構造を評価するためには、高密度のボーリングデータが必須となる。各行政機関で独自に地盤資料の収集を進めているが、名古屋市を例にとると、最新名古屋地盤図を含む既往資料、名古屋市各部署や関連機関、愛知県の持つデータを統合し、約26,000本のボーリングを収録した、地盤環境情報システムが1999年度から運用されている¹⁰⁾。

表層地盤のモデル化は、地震被害予測や入力地震動の策定を目的に、表層地盤データベースを基に行われている。各県において、表層地盤のモデル化を行い、地震被害予測を行った報告事例を示す。

- ・愛知県：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書、2005
- ・岐阜県：岐阜県東海地震等被害想定調査、2003
- ・三重県：三重県地域防災計画被害想定調査結果、2006

2) P波およびS波速度

表-2.2は名古屋市域で実施された35地点のPS検層結果から求められた各地層のS波速度である。沖積層から第三紀層(矢田川累層)にかけてS波速度は増大する傾向にあり、第三紀層(矢田川累層)においては約500m/sとなっている⁸⁾。

なお、道路橋示方書・同解説V耐震設計編(平成14年3月)によると、耐震設計上の基盤面は、対象地点で広がり有し、十分堅固な地盤の上面を想定し、 $V_s \geq 300\text{m/s}$ 程度の剛性の高い地層とされている。

表-2.2 浅部地盤における各地層のS波速度と平均値⁸⁾

地質名	S波速度(m/s)			S波速度平均値(m/s)
	砂	粘土	礫	
埋土	60~150			—
沖積層	100~200	60~180	—	153
洪積層(熱田層)	140~400	180~370	—	275
洪積層(海部・弥富層)	240~530	270~430	360~600	358
第三紀層(矢田川累層)	—	—	—	502

3) 動的変形特性

濃尾平野地域における動的変形特性を集積し、その傾向を示した資料(図-2.13)によると、地層区分毎の一般的な関係より、当地域の代表的データは、各地層ともにひずみレベルの小さい領域で G/G_0 の低下率が小さいことが特徴であり、特に、洪積砂質土でその傾向は顕著である。このように土の動的変形特性にも地域性があることが示され、対象サイトにおいてその特性を得ることの重要性を示唆している⁹⁾。

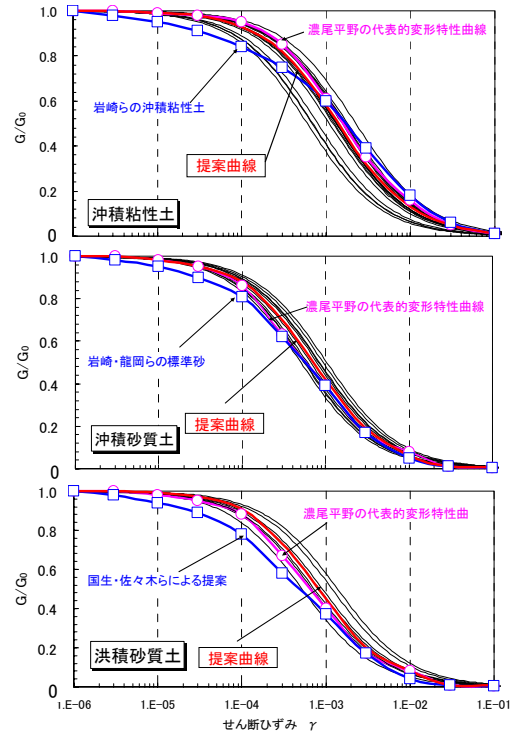


図-2.13 濃尾平野地域の $G/G_0 \sim$ せん断歪 γ の関係⁹⁾

参考文献

- 1) 吉村優治・井端肇・丹家慶子：濃尾平野ボーリング試料の理学的・工学的分析，平成12年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.257~258，2001。
- 2) (社)地盤工学会中部支部濃尾地盤研究委員会：委員会報告，理学・工学情報が臨海平野の地盤解釈に果たす役割に関するシンポジウム発表論文集，pp.23~34，1998。
- 3) 玉腰幸士・片平宏：ジオテクノート⑮濃尾平野の地盤—沖積層を中心に—，(社)地盤工学会，pp.62~67，2006。
- 4) 坪田邦治・西川勝広・丸田寿延：伊勢湾臨海地域における更新世後期粘土層の地盤特性，同上，pp.81~86，1998。
- 5) 五藤幸晴・内園立男・牧野内猛・伊藤孝・楠本和彦・野澤竜二郎：濃尾平野南部の東西地質断面図の作成，同上，7p.，1998。
- 6) 小倉教弘・大島昭彦・堀中敏弘・坪田邦治：袋井地域の沖積粘性土層の過圧密特性に関する一考察，全地連「技術e-フォーラム2006」名古屋，82p.，2006。
- 7) 福和伸夫・飛田潤・護雅史：東京大学大学院情報学環，東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト②連動性を考慮した強震動・津波予測及び地震・津波被害予測研究成果報告書，49p.，2009。
- 8) 飯田波事・正木和明・松澤宏：「最新名古屋地盤図」，pp.89~91，1988。
- 9) 坪田邦治・久保裕一：伊勢湾岸地域における動的変形特性について，全地連「技術e-フォーラム2006」名古屋，2006。
- 10) 大東憲二：「全国電子地盤図」構想と「最新名古屋地盤図・追補版」の電子化，(社)地盤工学会中部支部第17回調査・設計・施工技術報告会特別講演，2008。