

坪田 邦治 (つばた くにはる)  
中部土質試験協同組合 専務理事

萩原 協仁 (はぎわら ともひと)  
基礎地盤コンサルタンツ(株)中部支社 技術部長

6.1 はじめに

低平な濃尾平野にみられる主たる地形は、伊勢湾に臨海する埋立地、沖積平野（沖積低地）、台地・段丘、丘陵及び山地で形成されている。ここで主として対象とする濃尾平野における沖積地盤は、臨海部から50 kmを超えて、岐阜県大垣市～揖斐川町付近まで広がっている。その面積は、約1 300 km<sup>2</sup>にも及び、東西35 km程度、南北50 km程度の平坦で広大な濃尾平野である<sup>1)</sup>。

この濃尾平野地下には、軟弱地盤とされる沖積層が西に向かって厚く分布していて、各種構造物の基礎地盤として想定する場合には、各種の留意が必要とされる。

本章では、改訂された地盤の層序を紹介するとともに、代表的な地盤工学的特性・課題及び濃尾平野における最近の各種構造物の調査・設計・施工事例を紹介する。

6.2 濃尾平野を形成する地盤の特徴と層序区分

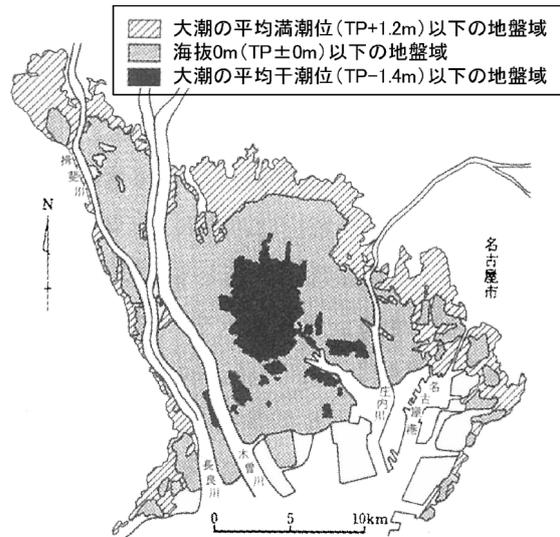
濃尾平野に分布する海拔ゼロメートル地帯の分布を図—6.1に示す。またこれらの地域に分布する地盤について、代表的な地史と併せて記載した層序を表—6.1に示す。さらに、近年のテフラ分析やボーリングコア試料に基づく知見によって修正された海面レベルと堆積層の関係を図—6.2に示したが、AT（始良（あいら）丹沢テフラ：26～29 ka（ka：1 000年））の降灰層準が濃尾層の中部にあると判定されたことで、濃尾層の下位にある第一礫層の年代が26～29 kaより古くなる可能性が高くなった<sup>3)</sup>ことが比較的新しい着目点である。

また、熱田層下部の年代も、挟在する広域テフラから、110～130 kaと推定された<sup>3)</sup>。これらのことから、表—6.1や図—6.2のように、伊勢湾周辺地域における海面変動と堆積層の関係が明らかになってきており、地盤を評価する際（特に濃尾層、第一礫層）に留意が必要である。

当地域を形成する地盤の大きな特徴として、東高西低の傾動地塊を形成していることである。その地形的特徴は、平野の西に位置する養老山地が隆起し、平野部では木曾三川下流域を中心として沈下が継続している。また、平野の東に位置する猿投山方向に向かって地層の分布深度が浅くなっている。このような地盤変動によって、濃尾平野は西部が沈降し、その結果、木曾三川も西に集合した地形になっていることが大きな特徴といえる。

また、図—6.3に示すような伊勢湾臨海部の地盤の分布状況をみると、氷河性海面変動の影響を受け、温暖な

高海面期には海成粘土層によって、また寒冷な低海面期には河床礫層によって、それぞれ埋め立てられ、海成粘土層と砂礫層とが互層する地盤が形成されている<sup>3)</sup>。



図—6.1 濃尾平野の海拔ゼロメートル地帯<sup>2)</sup>を改編

表—6.1 濃尾平野における層序区分<sup>3),4)</sup>を改編

地質時代	区分	地 史	濃尾・岐阜平野の堆積層	記号	熱田台地	
新 生 代	完新世	沖積層	(推定年代:10 <sup>4</sup> 年)	濃尾沖積平野形成	熱田台地	
			0.7 (縄文海進高頂期)	南陽層 (A)		
	更新世	後期	海面の低下とともに河床礫の堆積場が下流に前進	1.8 (最終氷期の最大海面低下期)	濃尾層 (N)	鳥居松礫層 (G5)
					第一礫層 (G1)	
					大曾根層 (G4)	
					熱田層上部 (D3U)	
		中期	海面の急激な低下で熱田面の形成	7～8	熱田層下部 (D3L)	熱田層最下部
				12	熱田層下部 (D3L)	
				12.6	熱田層最下部	
				12.6～13	熱田層最下部	
洪積層	熱田海進 (最終間氷期)	温暖な高海面期には海成泥層、寒冷な低海面期には河床礫層が傾動沈下しつつある濃尾平野を埋積	第二礫層 (G2)	海部-弥富累層 (Dm)		
			海部累層 (Am)			
前期	活断層の発生と地盤のブロック化	78.1	第三礫層 (G3)	弥富累層 (八事層) (唐山層)		
		100±	第四礫層 (G4)			
新 鮮 世	鮮新世	東海湖 (第二瀬戸内海)	東海湖群 (T)	東海湖群 (T)		
			80～500	東海湖群 (T)	東海湖群 (T)	
			533	東海湖群 (T)	東海湖群 (T)	
中 新 世	中新世	1500～(第一瀬戸内海)	中新統 (P)	瑞浪層群 (P)		
			2300	中新統 (P)	瑞浪層群 (P)	
古 第 三 紀	古第三紀		基盤	中・古生層 花崗岩類 (G)		
			6600	中・古生層 花崗岩類 (G)		
中・古 生 代	中生層 古生層					

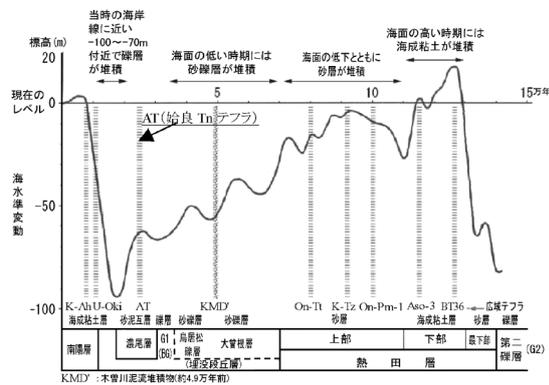
このように、濃尾平野では、堆積の場が濃尾傾動運動による影響を受けているが、礫質土か、砂質土か、あるいは粘性土が堆積するかについては、他の臨海平野と同様に、氷河性の海面変動によって影響されている。

### 6.3 濃尾平野の代表的な地盤工学的特性

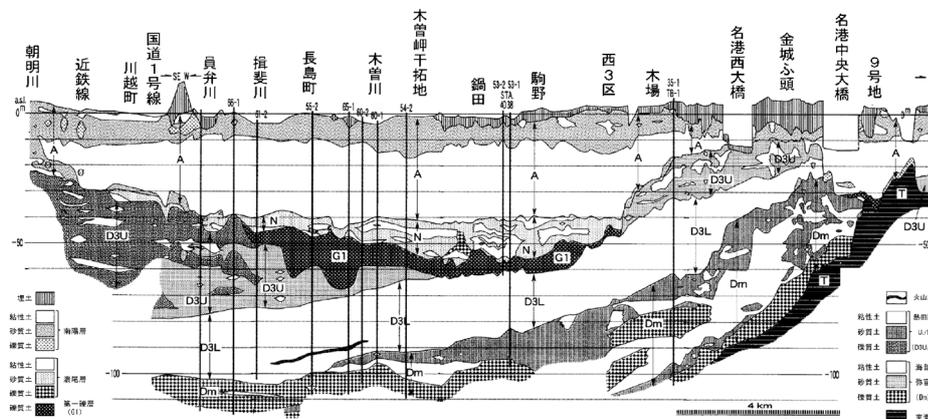
濃尾平野の沖積低地における代表的な地盤である名古屋港付近の南陽層（濃尾 Amc, 粘性土）の地盤特性を示す。各地層の層厚は地域により大きく変化するものの地盤特性については概ね同様な地盤工学的特性を有していると考えられる。

#### (1) 代表的な物理特性

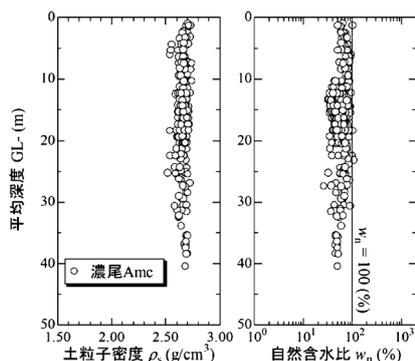
土粒子密度及び自然含水比の深度分布を図—6.4に示す。南陽層（粘性土）は比較的均質であり、土粒子密度



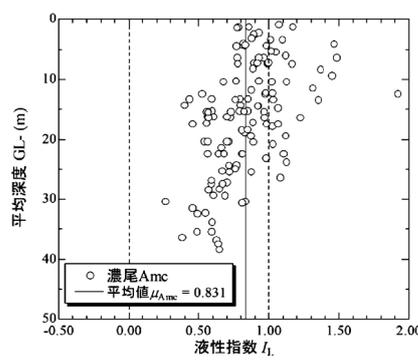
図—6.2 濃尾平野における氷河性海面変動曲線<sup>4)</sup>を一部編集



図—6.3 濃尾平野臨海部の地質断面図<sup>5)</sup>を一部改編



図—6.4 土粒子密度・自然含水比の深度分布<sup>6)</sup>



図—6.5 液性指数  $I_L$  の深度分布<sup>6)</sup>

は  $\rho_s \approx 2.6 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$  程度を示している。一方、自然含水比については、名古屋港の南陽層（粘性土）では、 $w_n \leq 100\%$ が多いといえる。

次に、南陽層（粘性土）の液性指数 ( $I_L$ ) の深度分布を図—6.5に示す。浅い深度では、 $I_L \geq 1.0$ となっていることと、平均値でも  $I_L = 0.831$ となっており、自然含水状態が液性限界に近い値を有する鋭敏な土であることが大きな特徴といえる。

#### (2) 代表的な力学特性

図—6.6に液性限界 ( $w_L$ )～圧縮指数 ( $C_c$ )を示す。我が国の港湾地域における相関式  $C_c = 0.015(w_L - 19)$  と ステンプトンの相関式  $C_c = 0.009(w_L - 10)$  を示している。

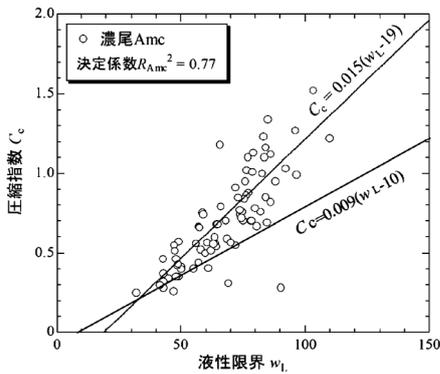
当地域の南陽層（粘性土）の特性は、港湾地域の相関式に近似し、概ねステンプトン式よりも上方に分布していることが分かる。図—6.7に当地域の南陽層（粘性土）を三笠の状態図にプロットした。本状態図は、完全練返し状態を最低位と考える構造の評価法であり、鋭敏比が構造の定量化に用いられる。当地域の南陽層の鋭敏比は、比較的大きな値であり、「鋭敏粘土～超鋭敏粘土」の領域に分布しており、前述を裏付けていることが分かる。

### 6.4 地盤工学的課題と各種の調査・設計・施工例

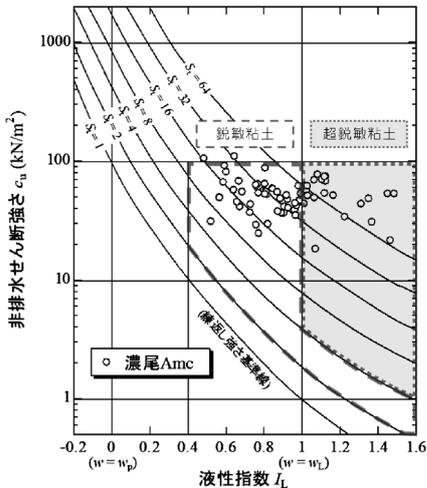
#### 6.4.1 濃尾平野の地盤工学的課題

事業計画が決まれば、地形を判読することによって、計画地域の一般的な構成土質が推定でき、設計・施工時の課題点を予測することが可能である。特に沖積低地を構成する沖積層は、堆積してからの経過時間が短く、かつ現在の土被り以上の荷重が載荷されていないため軟弱地盤を形成しており、様々な地盤工学的課題を抱えている。濃尾平野における地形条件と構成土質と地盤工学的課題を整理すると表—6.2となる。地盤工学的に種々の課題を有する地盤は、その分布域を考えると、濃尾平野の南～西部に集中して分布しているといえる<sup>7)</sup>。

また、国内の臨海平野と同様に、濃尾平野でも1961年以降、1975年頃までは著しい地盤沈下を呈した。代表的な沈下の分布地域は、木曾三川河口周辺と日光川の中・下流域であったが、その後の地下水揚水規制によって、概ね、沈下速度の



図—6.6 液性限界と圧縮指数の関係<sup>6)</sup>に加筆



図—6.7 三笠の状態図における分布<sup>6)</sup>に加筆

鈍化が続いている (図—6.8参照)。

一方、同図には、揚水規制によって、昭和50年代以降、地下水位の回復上昇がみられ、現在では、市街地掘削の際の大きな障害 (基礎工計画時の浮力増加の課題、液状化地域の拡大など) となりつつあることも、他の臨海平野と同様に、設計・施工上では十分な留意が必要となる。

6.4.2 埋立地の大地震影響予測と提言

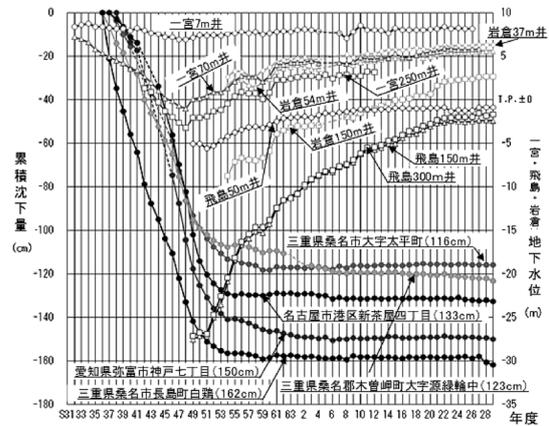
名古屋港ポートアイランド (以下 PI, 図—6.9参照) には、名古屋港の機能維持のため、毎年多くの浚渫土が仮置きされている。PIは、1975年に建設が開始され、現在、第3PIまで建設が完了しており、その面積は220 haとなっている。

この埋立高さは、計画時には標高+6 mであったが、現在では標高+16 mに達している。このことから、今後、切迫する南海トラフ地震によって、PIの護岸が被害を受けると浚渫土が港内に流出する可能性がある。このことは、名古屋港の機能低下に留まらず、震災救援や復興・復旧支援の遅れに直結するため、PIの耐震性評価及び耐震性の向上は、濃尾平野においても喫緊の課題である。

切迫する南海トラフ大地震が発生した際に、地震中～地震後にPIに生じる被害を把握することを目的として解析が実施されている<sup>9),10)</sup>。また、PIへの浚渫土の埋立を今後も継続した場合、地震被害がどのように拡大す

表—6.2 濃尾平野の地形条件と地盤工学的課題<sup>7)</sup>を編集

地形区分	主な分布域	構成土質	地盤工学的課題	
扇状地	江南市, 養老町 など	粗大な分級不良の厚い砂礫層	・流路不安定 ・被圧地下水 ・洗掘	
自然堤防	稲沢市, 一宮市	砂質土	・地震時液状化	
後背湿地	大垣市など (木曾三川中流域)	軟弱な粘土, シルト, 細砂, ビート	・軟弱地盤の分布 ・洪水時の帯水	
三角州	名古屋市南西部, 津島市など (木曾三川下流域)	軟弱な細砂, 厚い粘土層	・厚い軟弱地盤 ・表層砂質土の地震時液状化	
沖積低地	小おぼれ谷	-	・極軟弱地盤	
	潟湖跡 (油ヶ淵 (碧南市～安城市))	軟弱なビート, 粘土, シルト	・極軟弱地盤	
	海岸砂州	三重県吉崎海岸	砂, 砂礫	・地下水位の高い箇所は地震時の液状化
	海岸砂丘	田原市表浜など	均等粒径の砂	・地形不安定
干拓地・埋立地	伊勢湾沿岸	埋立土砂 (砂～粘土)	・地震時液状化 ・沈下・破堤 ・高潮・津波	



図—6.8 濃尾平野における地盤沈下と地下水位<sup>8)</sup>を一部編集 (●●: 地盤沈下量, □○△: 地下水位)

るかの予測も実施されており紹介する。なお、これらの解析には、砂から中間土, 粘土までを同じ理論的枠組で記述する弾塑性構成式 (SYS カムクレイ・モデル<sup>11)</sup>) を搭載した水～土骨格連成有限変形解析コード GEOASIA<sup>12)</sup>が用いられている。

(1) PI直下の地盤モデル

当地域の地盤モデルは、図—6.10に示すように、標高-10 m程度に沖積粘土層 (Ac1層) が西航路側で約15 m, 東航路側で約30 m堆積している。その下位には、N値が30強の密な砂である沖積砂層 (As層) が東西方向に1～10 m程度と、やや軟弱なシルトである沖積粘土層 (Ac2層) が西に厚く堆積している。さらにその下位には、N値≧50の洪積の礫混じり砂層 (Ds層) が堆積する。解析では、Ds層がせん断弾性波速度 Vs = 310 m/secを示すことを踏まえ、このDs層以下 (標高-46 m以深) を工学的基盤面に設定している<sup>11)</sup>。

また図—6.10に示すように、対象範囲が広域で、東西方向で地質構成が大きく異なることを考慮しつつ、解析対象の地盤モデルを設定している。

ここで、上部のAc1層は、厚い層厚を有していることから、AcU1, AcU2, AcU3の3層として解析モデルと

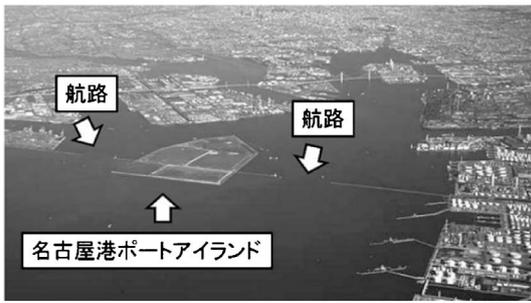


図-6.9 PIの航空写真(名港管理組合より提供)<sup>9)</sup>

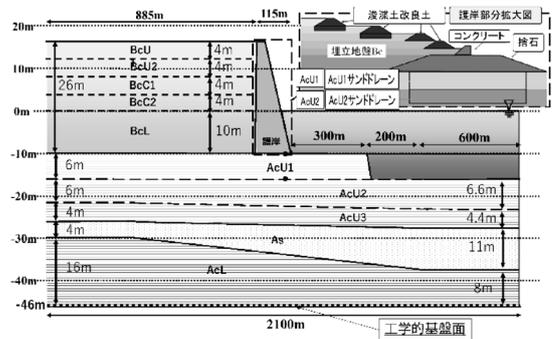


図-6.10 第1PI地盤モデル<sup>10)</sup>の一部改変

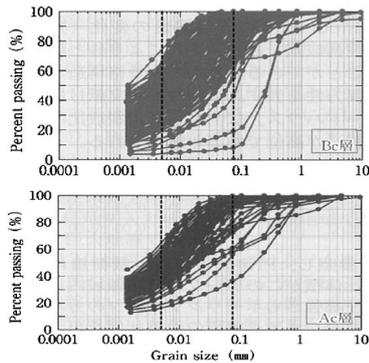


図-6.11 粒径加積曲線の比較<sup>10)</sup>

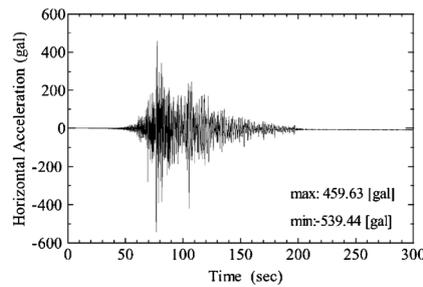


図-6.12 入力地震動<sup>10)</sup>

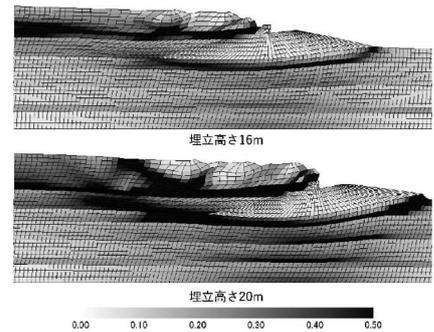


図-6.13 地震終了直後のせん断ひずみ分布<sup>10)</sup>

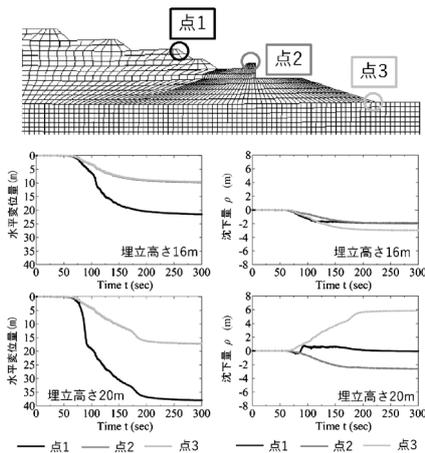


図-6.14 水平変位量と沈下量<sup>10)</sup>



図-6.15 施工位置図<sup>13)</sup>の一部改編

表-6.3 動態観測値と解析値の比較<sup>14)</sup>を基に作成

解析ポイント	①	②	③
A断面			
解析値	-74.5	-161.9	-109.6
動態観測結果	-180	-188	-85
B断面			
解析値	-93.5	-104.9	-23.4
動態観測結果	-235	-278	-121

(注: 解析ポイントの位置は図-6.19参照)

している。また、その下位に分布するAc2層をAc<sub>L</sub>とし、埋立層をBc層として5層区分としている。これらの埋立層厚は、26 mにも及んでいる。

(2) 地盤特性と入力地震動

図-6.11にはBc層とAc層の粒径加積曲線を示す。粒径分布には若干ばらつきがあるが、Ac層とBc層の粒径分布はほぼ同一とみなせることから両層は同じ種類の材料としている。

また、図-6.12に、想定されている南海トラフ大地震の入力地震動の波形を示す。当地域で予測されている最大クラスの地震であり、最大加速度が約500 galであり、継続時間が長い地震動であるとされている。

(3) 解析結果と提言

図-6.13は地震終了直後におけるせん断ひずみ分布を示す。埋立高さH=16 m, H=20 m共に、地震により

PIが大変形を引き起こし、基礎地盤・埋立地盤は大きなせん断ひずみが発生していることが示されている。

特に、天端高が20 mの場合には、埋立地盤がコンクリート護岸に乗り上げる解析結果が得られている。また、埋立地盤から捨石マウンドの下にかけて、すべり面のようにせん断ひずみが発生し、捨石マウンドも大きく変形し、護岸は海側へ約15 m程度変位する(図-6.14)としている。

埋立高の違いに着目すると、埋立高20 mのケースは、埋立高16 mに比べて変形が大きく、基礎地盤や埋立地盤の広範囲にひずみが発生していると予測している。

現在の埋立高は16 mであるが、追加の+4 mの埋立てを行うことにより、PIの耐震性がさらに低下すると予測している。

以上の結果から、現状(埋立高さ16 m)以上のかさ上げは、危惧される南海トラフ大地震が発生した際に、浚渫土が港湾内に流出する危険性が高いことを提言して

いる。今後、護岸の耐震性向上の対策（護岸前面に抑え盛土）などが望まれる。

### 6.4.3 軟弱地盤上の道路盛土工と対策事例

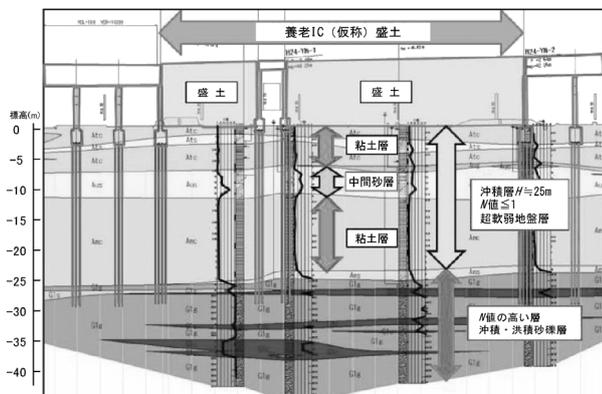
2017年10月22日に開通した東海環状道路における養老JCT～養老IC区間<sup>13)</sup>（図—6.15）において、軟弱地盤上に急速施工された大規模な道路盛土の動態観測と数値解析沈下量についてのフィッティング結果を紹介する。

当地域の地盤（図—6.16）は、海成粘土層で構成される沖積粘性土層（Ac1層、Ac2層）が、 $H=5\text{ m}$ 程度の中間砂層を挟在させて、合計層厚 $H=20\sim 25\text{ m}$ と厚く分布している。このAc層は、圧密降伏応力 $p_c=200\sim 230\text{ kN/m}^2$ を有している。

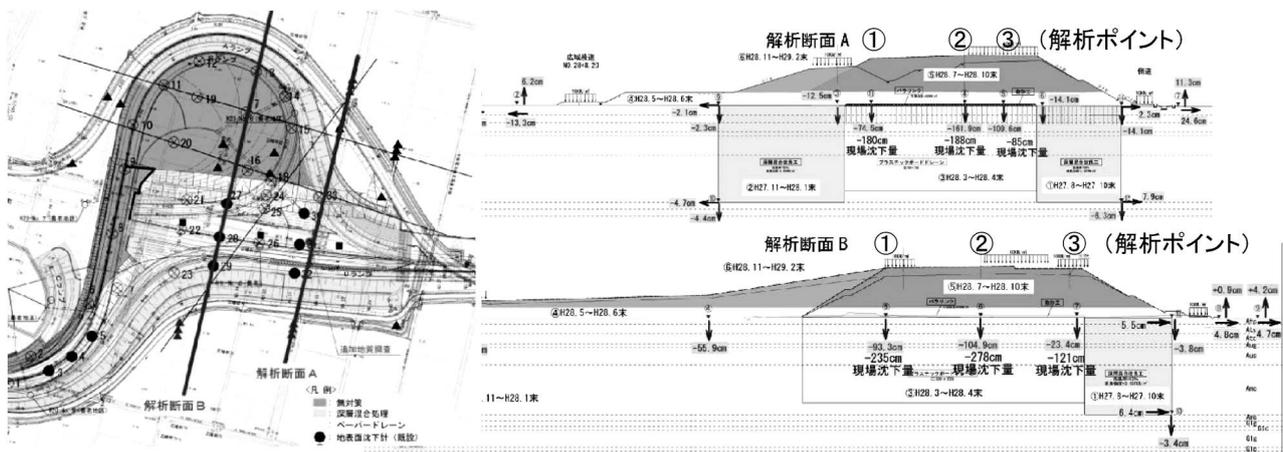
この地盤に、高さ $H=12\text{ m}$ （盛土量 $V=30\text{ 万 m}^3$ ）の道路盛土を施工する場合、無対策での一次元圧密解析における沈下量は約160 cm、圧密度90%に要する日数は約1300日（3.6年）を必要とすると算定された<sup>14)</sup>。

また、当現場では残留沈下量として、供用開始後3年間で10 cmとされていることと、工期の関係から急速施工となり、地盤改良工（プラスチックボードドレーン（ピッチ70 cm、正方形配置））を施工している。併せて、急速施工の盛土安定対策工として、用地境界部を中心に深層混合処理工を施工している。

図—6.17に示すように、解析断面-A、Bともに合致しているとはいえない結果となった。特に、解析断面-



図—6.16 養老ICの地質縦断面<sup>13)</sup>に加筆



図—6.17 解析断面における動態観測結果と解析値の比較<sup>14)</sup>に一部追記

Bでは、大きく異なっている（表—6.3）。また、安定対策として実施している両側深層混合処理施工のA断面よりも、片側深層混合処理施工のB断面での沈下量が大きいことが判明した。このことから、観測結果にフィッティングするために、ドレーン施工に伴う強度低下を考慮した変形係数の再設定など、解析上で下記の3段階の見直しを実施し、動態観測結果に近似させている。

#### (1) 圧密定数の再設定

養老ICに限定した地盤材料試験結果を採用して、圧密定数を再設定した結果、解析断面Aに関しては比較的沈下量が近似してきた（沈下量の差違 $\Delta S=0.3\text{ m}$ ）。ただし、解析断面Bでは $\Delta S=1.65\text{ m}$ と近似していない。

#### (2) 変形係数の見直し

当初は、道路橋示方書に基づき換算係数 $\alpha$ を適用していたが、吉中による孔内水平載荷試験で求めた変形係数 $E_b$ と標準貫入試験の $N$ 値による相関式 $E_b=700N$ を採用した結果、解析断面Aでは $\Delta S=0.12\text{ m}$ と改善されたが、解析断面Bではまだ $\Delta S=1.28\text{ m}$ と大きな差違がみられた。

#### (3) 地盤改良工施工による中間砂層の変形係数の低減

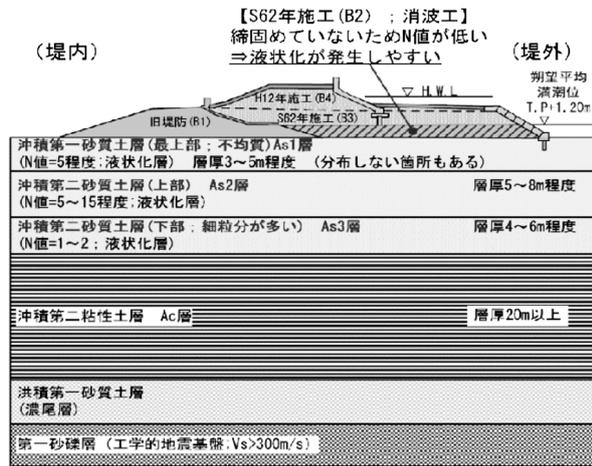
最終的な解析モデルは、盛土立上り時点の沈下量と余盛高を考慮したモデルの見直しとともに、B断面ではドレーン打設に伴う中間砂層の変形係数の低下を考慮する工夫を実施している。A断面では、中間砂層は深層混合改良工により拘束されているが、B断面では片側のみ深層混合改良工であったことから、中間砂層の剛性が低下するとして解析している。

以上のフィッティング結果、両断面ともに $\Delta S \leq 30\text{ cm}$ となり、解析と動態観測結果の差違の解消を実施したとしている。

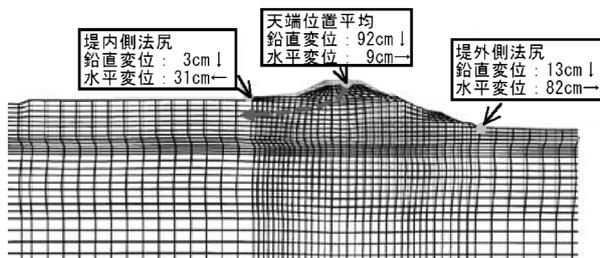
### 6.4.4 濃尾平野における河川堤防の耐震照査と対策事例

#### (1) 木曾三川堤防の地盤状況と地震による沈下状況

木曾川、長良川、揖斐川からなる木曾三川が流下する濃尾平野には、図—6.18に示すように河川堤防下に緩い砂質土や柔らかい粘性土層が広範囲に厚く堆積している



図—6.18 木曾三川下流部の基礎地盤断面図



図—6.19 木曾三川堤防の動的照査結果例 (すべり型)

ため、巨大地震発生時の液状化被害が懸念されている<sup>15)</sup>。

1944年に発生した東南海地震においては、地震後に被災状況の聞き込み調査が実施されており、3~4 mの沈下が数箇所、1~2 mの沈下が10数箇所確認されている。

(2) 木曾三川の耐震照査と地震時被災モードの整理

木曾三川堤防は、全国に先駆けて河川堤防の液状化被害に関する地質調査や各種検討が行われており、現在では国の「河川構造物の耐震性能照査指針」等に基づく耐震点検が進められている。

この現行の堤防耐震照査指針では、静的照査法(ALID)で残留堤防高による耐震性能を照査するが、木曾三川堤防ではこの他に、図—6.19に示す動的照査法(LIQCA)の実施や表—6.4に示す地震時の堤防被災モード区分を整理している<sup>16)</sup>。すべり型の区分は、堤防直下に液状化層が分布する、又は非液状化層が層厚3 m以下としており、木曾三川の大部分がこのすべり型に区分されている。

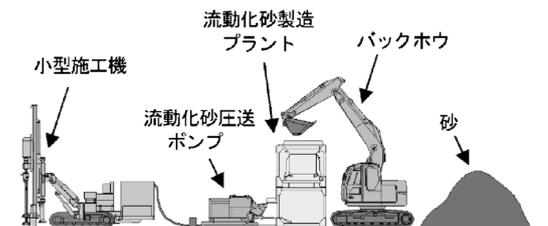
木曾三川堤防では、このような堤防被災モードや堤防横断構造物への影響、緊急輸送道路とのアクセススポットの機能確保の観点から、広域的な防災減災対策が進められている。

(3) 都市部を流下する河川堤防の耐震対策事例

都市部を流下する庄内川下流部の一部で、図—6.20に示す「砂圧入式静的締固め工法」が採用されている<sup>17)</sup>。都市部における河川堤防の堤内側対策は、通常、大型の施工機械の採用が困難で、また地下浸透流を阻害しない

表—6.4 地震時の堤防被災モード区分

分類	特徴
すべり型	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化層(As)が浅層部にある場合に発生し、堤防法尻で隆起や外側方向への水平変位が生じる。</li> <li>堤防直下に液状化層(As)が堆積</li> <li>非液状化層(Ac)の層厚3m以下</li> </ul>
沈下型	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤防全体が外形を留めながら全体的に陥没する変状</li> <li>非液状化層(Ac)の層厚3m以上</li> </ul>



図—6.20 砂圧入式静的締固め工法の機械構成<sup>17)</sup>

ことが求められるが本工法は両方の施工条件を満たしており、河川堤防として初めて採用されている。

本工法の締固め機構等を図—6.21、施工に使用されている流動化砂を図—6.22に示す。

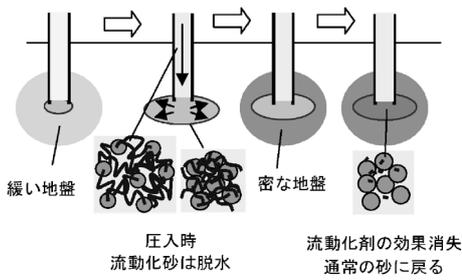
流動化砂とは、材料砂に流動化剤を添加し、その保水効果で間隙水の粘性土を高めるとともに、砂と水の分離を抑制させてポンプ圧送を可能にした流動状態の砂である。流動化砂の周囲地盤は締め固められ、流動化剤は時間の経過とともに塑性化剤の効果で凝縮しその後は通常の砂に戻る。

6.4.5 名古屋駅周辺地域における豪雨対策

名古屋市上下水道局は、2000年9月東海豪雨と2008年8月豪雨を踏まえて緊急雨水整備事業を実施している<sup>18)</sup>。現在、事業を展開している雨水調整池整備は3地域(中川運河上流地域、堀川左岸地域、中村中部地域)で、緊急雨水整備事業は降雨量60 mm/hに対応できる施設整備としている。今回の整備で東海豪雨と同水準の降雨量97 mm/hでも床上浸水をほぼ解消できることを目標としている。図—6.23に示すような名古屋駅周辺地区は、周辺に比べて地盤の標高が低く、豪雨時には周辺からの雨水が集まりやすいという地形的な課題を抱える地域である。

名古屋中央雨水調整池は、西区押切公園内の発進立坑を起点に、天神山交差点~菊井町交差点~明道町交差点~山王橋交差点の各地点を結ぶ全体延長が5 km程度で、外径6.5 m、内径5.75 mの流下貯留方式の雨水調整池(貯留量は約104 000 m<sup>3</sup>、深さ45~55 m)が計画されている。この大深度地下での雨水調整池の構築は、シールド工法で計画され、2021年度までの完成を目指している。

このプロジェクトの課題として、計画深度の地層は、



図—6.21 締固め効果の発生機構<sup>17)</sup>



図—6.22 流動化砂の状況<sup>17)</sup>

供用開始されている名古屋高速6号清須線の高架構造物の基礎地盤直下に雨水調整池が計画されていることから、この名古屋高速6号の高架構造物への近接施工となり、建設に伴う影響を及ぼさないような最大の留意が必要となる。このためには、動態観測などを用いた情報化施工が必須の条件となると考えられる。

#### 6.4.6 海岸保全施設の耐震対策について

##### (1) 海岸堤防の耐震化事業

濃尾平野の海岸堤防を管理する愛知県では、「あいち地震対策アクションプラン」と称した耐震整備事業が平成14年から順次進められている。

沿岸22市町村すべてが南海トラフ地震防災対策推進地域（2014年3月）に指定されたことを受け、2015年からは第3次地震対策アクションプラン<sup>19)</sup>によって海岸堤防の減災対策が実施されている。

##### (2) レベル2地震動に対する耐震性能照査

海岸堤防の耐震性能照査は、2002年当時から動的照査法（FLIP）が採用されており、同解析に必要な繰返し非排水三軸試験などの土質調査も盛んに実施されている。

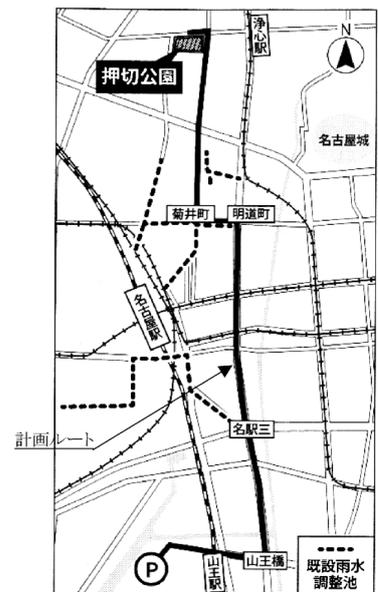
また、これらの耐震設計及び耐震性能照査の妥当性を評価することを目的とした「愛知県海岸堤防耐震設計技術助言会議」が2016年に設立され<sup>20)</sup>、有識者からの助言を受けながら耐震対策事業が進められている。

助言会議では、地質調査から動的照査の解析条件及び結果まで広い範囲の議論がなされるが、助言会議を踏まえて実施したのが図—6.24～6.25の液状化試験後の排水量測定<sup>21)</sup>である。この排水量測定からせん断ひずみ  $\gamma_{max}$ 、体積ひずみ  $\epsilon_v$ 、相対密度  $D_r$  などの関係を整理しておき、動的照査で得られたFEM要素のせん断ひずみに対応する体積ひずみ量、すなわち、過剰間隙水圧の消散沈下量を算出して残留堤防高を算定している。

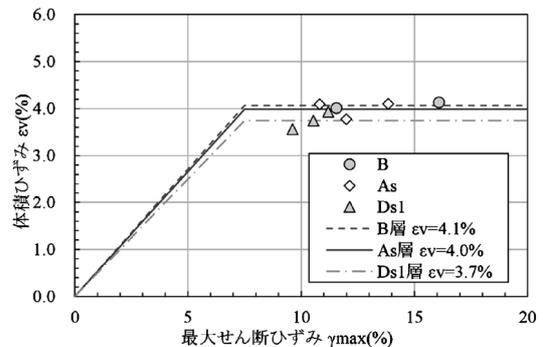
##### (3) 海岸堤防の耐震対策事例

海岸堤防の耐震対策としては二重鋼矢板工法の採用実績が比較的多い。本工法は、堤防の法肩に鋼矢板を設置して頭部をタイロッド等で連結させる構造で、液状化に伴う地盤流動を抑えて堤防の沈下量を軽減する工法である。本工法の動的照査例<sup>21)</sup>を図—6.26に示すが、耐震設計では残留堤防高さの照査の他に、鋼矢板の部材照査や支持力照査等も実施している。

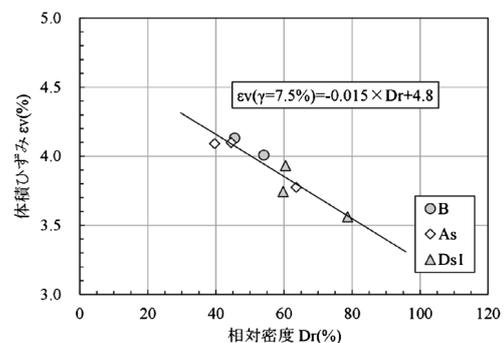
近年では、図—6.27に示す堤防直下の液状化層をセメ



図—6.23 名古屋中央雨水調整池の位置図<sup>18)</sup>に追記



図—6.24 排水量測定による  $\epsilon_v \sim \gamma_{max}$  関係



図—6.25 排水量測定による  $\epsilon_v \sim D_r$  関係

ント改良で機械攪拌させた中層混合処理工法<sup>22)</sup>といった設計VE案も土質施工条件に応じて採用させている。

#### 6.5 濃尾平野における地盤データベース<sup>23)</sup>

地盤工学会（旧土質工学会）中部支部が関与した地盤資料集は、1969年発行の「名古屋地盤図」、1987年発行の「名古屋地域地質断面図集」、1988年発行の「最新名古屋地盤図」、その「最新名古屋地盤図」資料編の掲載データをデータベース化した1990年発行の「最新名古屋地盤図資料編データベース」、書籍の「最新名古屋地

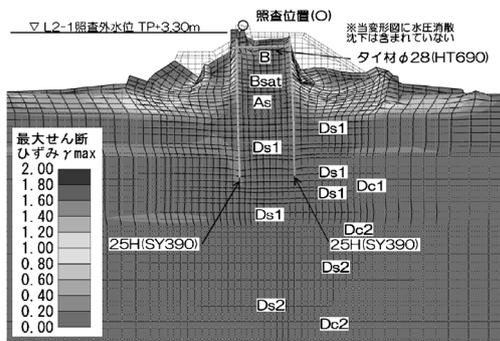


図-6.26 二重鋼矢板工法の動的照査結果例

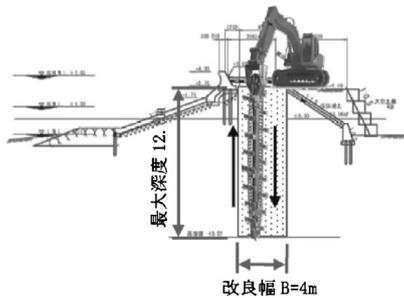


図-6.27 中層混合処理工法による対策事例<sup>22)</sup>

盤図」をデジタル化した「最新名古屋地盤図 CD-ROM 版」である。特に、「最新名古屋地盤図」においては、約12000本のボーリング調査報告書を収集し、中部地質調査業協会と学識経験者の協力により、信頼度の高いと思われるボーリングデータのみを選別して掲載している。その後、2017年3月に、「最新名古屋地盤図（追補版）」が CD-ROM 形式で発刊されている。この最新名古屋地盤図（追補版）CD-ROM は、以下のような改訂方針で進められた。

- (1) 地盤情報の収集・整理・精査  
(ボーリング柱状図，地下水位，土の工学的性質)
- (2) 地盤情報に関する知見の改訂
- (3) 地盤環境情報等に関する知見の追加  
(地下水の水質，有害物質の含有量・溶出量)
- (4) 地盤情報管理体制の構築

この結果，(1)では，最新名古屋地盤図に収録されていたボーリングデータに，新たに440本のボーリングデータが追加された。また(2)では，東日本大震災以降に得られた地震動に関する新たな知見が十分に反映できていない。

さらに，(4)については，地盤工学会中部支部が保有する地盤情報，国土地盤情報検索サイト「KuniJiban」，名古屋市地盤環境情報，愛知県地盤環境情報などを統合したデータベースの早期構築・公開とともに，中部地域の地盤情報管理体制の構築が望まれる。

#### 参考文献

- 1) 地盤工学会：ジオテクノート15 濃尾平野の地盤—沖積層を中心に—，p. 19, 2006.

- 2) 飯田汲事・桑原 徹：濃尾平野の地下水位変動と地盤沈下と地下水，名大出版会，pp. 101～148, 1985.
- 3) 牧野内 猛・塚本将康・檀原 徹・山下 透・内園立男・濃尾地盤研究委員会断面 WG：濃尾平野頭部の地下地質，地質学雑誌，Vol. 119, No. 5, pp. 335～349, 2013.
- 4) 牧野内 猛：知多半島の地形地質とそのおいたち，知多半島が見えてくる本，Vol. 2, pp. 68～71, 2002.
- 5) 牧野内 猛・森 忍・壇原 徹・竹村恵二：濃尾平野における第一礫層（BG）の層位と形成過程，地質学論集，第59号，pp. 129～140, 2006.
- 6) 清水亮太・坪田邦治・栗原則夫・中野正樹：堆積環境の違いによる沖積粘性土の地盤工学的特性，全地連「技術フォーラム2015」名古屋，2015.
- 7) 金住健一：東海三県の地質と地盤—平野部の地盤構成，中部地質調査業協会，土と岩，Vol. 59, pp. 84～88, 2011.
- 8) 東海三県地盤沈下調査会：平成29年における濃尾平野の地盤沈下の状況，2018.
- 9) 酒井崇之・野田利弘・中野正樹・浅岡 顕：巨大地震における名古屋港ポートアイランドの地震中・地震後の変状に関する数値解析，地盤工学会中部支部，第26回中部地盤工学シンポジウム，pp. 59～66, 2014.
- 10) 酒井崇之・野田利弘・中野正樹：名古屋港ポートアイランドの埋地地盤・基礎地盤の土質性状の把握と想定南海トラフ巨大地震に対する耐震性評価，基礎工，Vol. 44, No. 11, pp. 84～87, 2016.
- 11) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K and Nakano, M: An elasto-plastic description of two distinct Volume change mechanisms of soils, Soils and Foundations, Vol. 42, No. 6, pp. 47～57, 2002.
- 12) Noda, T., Asaoka, A. and Nakano, M: Soil-watercoupled -finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorpo-rating the SYS Cam-clay model, Soils and Foundations, Vol. 48, No. 6, pp. 771～790, 2008.
- 13) 名古屋市 HP，高規格幹線道路：入手先〈<http://www.city.nagoya.jp/jigyou/category/39-4-23-0-0-0-0-0-0-0.html>〉（参照 2019.4.1）
- 14) 長谷川哲也・沢田和秀・三上慎一・幸 哲也：軟弱地盤における沈下解析と動態観測値とのフィッティング解析の結果報告，地盤工学会中部支部，第27回調査・設計・施工技術報告会，pp. 57～60, 2018.
- 15) 竹内 宏・川島浩一・水谷好伸：河川構造物の耐震性能照査の取り組み，地盤工学会中部支部，第20回調査・設計・施工報告会，2011.
- 16) 松本洋和・斉藤正徳・楊 雪松：木曾三川上流部における河川堤防の地震時の変状特性，地盤工学会中部支部，第23回調査・設計・施工報告会，2014.
- 17) 久保陽太郎・鶴野雅明・中出雄也・深田 久・竹内秀克：庄内川堤防耐震補強工事における砂圧入式静的締固め工法の適用事例，地盤工学会中部支部，第22回調査・設計・施工報告会，2013.
- 18) 建通新聞社中部：新聞記事，2018.8.17
- 19) 愛知県 HP：第3次あいち地震対策アクションプラン，入手先〈<https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/277881.pdf>〉（参照 2019.4.1）
- 20) 愛知県海岸堤防耐震設計技術助言会議資料
- 21) 平成29年度第2回愛知県海岸堤防耐震設計技術助言会議資料
- 22) 鈴木正和・棚瀬満昭・久保 博：海岸堤防の耐震対策として中層混合処理工法の適用，地盤工学会中部支部，第26回調査・設計・施工報告会，2017.
- 23) 大東憲二：「最新名古屋地盤図（追補版）」解説編，第1章概論，地盤工学会中部支部，pp. 1-1～1-7, 2017.