

3. 代表的構造物の基礎地盤

3.1 名港トリトン

名港トリトンは名古屋港を東西に横切るそれぞれ特徴のある三大斜張橋（西大橋、中央大橋、東大橋）の愛称であり、1998年3月の開通まで、建設に17年の歳月を要した。

(1) 地形・地質

名港トリトンの架かる名古屋港は、伊勢湾北端部の浅瀬を浚渫し、その土砂で土地造成を行ってきた人工港である。建設に当たっては主要な調査だけでも20件・計78本・延長約5,100m、平均掘進長約65mのボーリング調査に加え各種の土質試験を実施している。

東大橋では基礎が東海層群の上に直接載せられることになったため、長期的な変形特性を検討するためにクリープ試験を行っている。特にここでは橋梁基礎の規模が非常に大きく、載荷面直下では側方の変位が拘束された K_0 状態となるため、 K_0 圧密三軸クリープ試験を行い、実際の荷重条件に近い状態での変形特性の再現に努めている。さらに、危険物（機雷や不発弾）の存在の有無を磁気探査によって確認し、東大橋の地盤調査の中では天白河口断層の位置を特定するために、音波探査を行っている。

名港トリトン付近の地盤構成は図-3.1に示すとおりであり、第三紀鮮新世に堆積した東海層群が西に傾斜しながら分布する。この東海層群は東大橋の周辺でT.P. -40m付近に分布するのに対し、中央大橋周辺ではT.P. -60m付近まで深くなる。金城埠頭を境として西側は更に深く、西大橋付近ではT.P. -150mにおいても確認されていない。

中央大橋より西側の東海層群上位には、洪積層の海部・弥富累層が分布し、金城埠頭より西側ではその上位を熱田層が覆っている。これら洪積層の上位には、沖積層の南陽層が覆うが、東大橋付近では南陽層が東海層群を直接覆っている。

(2) 基礎地盤と基礎形式

名港トリトンの支持地盤は三橋ともに異なった層であるが、基礎は全てニューマチックケーソンである。

最も東側の東大橋では、T.P. -30~-20m前後の東海

層群が支持地盤として採用されている。これに対し、中央径間が590mと最も長い中央大橋では、最東部のP4基礎が東海層群である他は、T.P. -50m付近の海部・弥富累層の最下部砂礫層である。

西大橋はI期線とII期線の2橋（道路中心間隔=50m）からなっている。この地区の東海層群は非常に深く、西部のP1が熱田層上部の砂質土層を支持地盤とするが、P2~P4の支持地盤は海部・弥富累層上部の砂質土層であり、その深度はP2基礎がT.P. -45m、P3基礎がT.P. -40m付近である¹⁾。

3.2 JRセントラルタワーズ

JRセントラルタワーズは、名古屋の新しいランドマークとして「駅の上の立体都市化」を目指して建設され、ホテルタワー（地上53階、226m）、オフィスタワー（地上51階、245m）、それぞれ地下4階（GL-24m）の建築物で1999年12月に開業した。両棟は地下で分断され、間に地下鉄桜通線が通り抜けている。

(1) 地形・地質

JRセントラルタワーズのある名駅周辺は、濃尾平野東部に位置し、熱田台地の縁辺部にあたる。表層付近より洪積層の熱田層が分布し、以深は海部・弥富累層、第三紀鮮新世の矢田川累層と続く。

建設地の地盤構成は図-3.2に示すとおりであり、熱田層上部は平均N値27の砂層、下部は平均N値12のシルト層で、以深のGL-43~58mが第1砂礫層(Dmg1)である。また、下位にはN値20程度のシルト層が約15mの層厚で分布するものの、この層の圧密降伏応力は1Mpa以上で、建築物の荷重による圧密沈下を起す可能性はない。

(2) 基礎地盤と基礎形式

両棟および隣接する駐車場棟とも、基礎地盤はN値60以上の連続する第1砂礫層(Dmg1)であり、基礎は杭支持によるベタ基礎構造である。基礎構造と施工方法を決定するため、施工順序を考慮した沈下解析を行った結果、地下工事は逆打ち工法を採用し、B1・B2階を先行床として地上18階までと地下4階までを同時に施工した。

本体棟の杭は軸径2.4m・拡底4.0m、長さ20m（設計GL-43.8m）の場所打ちコンクリート杭であり、高

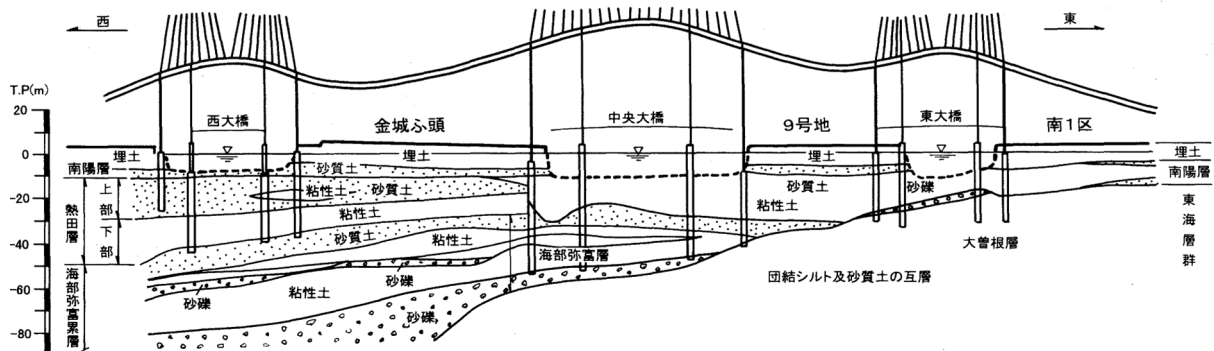


図-3.1 名港トリトン地区の地質断面図¹⁾

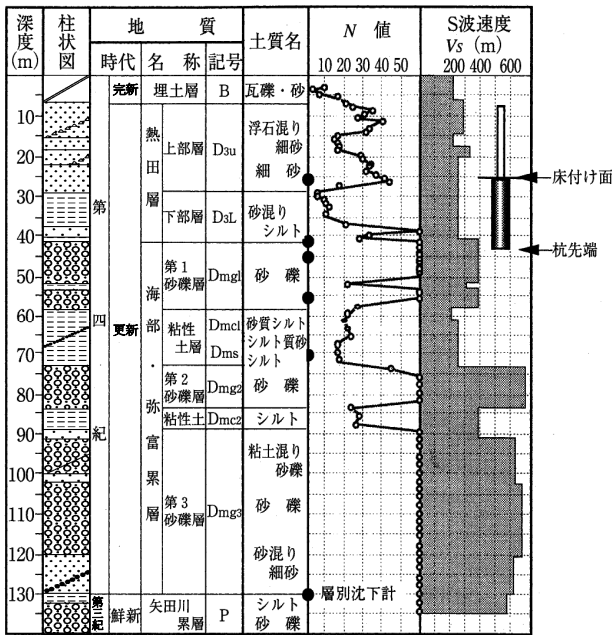


図-3.2 地盤概要 (文献2)に加筆

層部直下の外周部には幅1.8~2.4m・長さ20mの連続地中壁杭を配置している。また、不同沈下低減のため厚さ5.5mのマットスラブを設けている。

施工過程における安全性の確認と沈下解析の検証を目的として、地盤および基礎の沈下量をはじめ各種計測を行った結果、基礎底面の最終沈下量はホテルタワーが2.3cm、オフィスタワーが1.8cmとなり、解析による最大沈下量予測の3.1cm以内に収まっている²⁾。

3.3 中部国際空港セントレア

中部国際空港 (セントレア) は、Central (中部地方) と Airport (空港) の組合せで一般公募によって選ばれた愛称であり、成田空港や関西空港に続く国際ハブ空港として、2005年2月17日に開港した24時間利用可能な空港である。

(1) 地形・地質

セントレアは名古屋市の南約35kmの常滑市沖合、約1.1kmの空港島上に建設されている。空港島の建設地では、延べ約1,000kmの深淺測量、代表的な21地点のボーリング調査、1~2kmの測線間隔で音波探査を行い、原位置試験や種々の室内土質試験に加え、航空機騒音や航路・卓越風向などを考慮して設置位置が決定された (図-3.3)。

空港島周辺海域には、水深3~10m (平均6m程度)

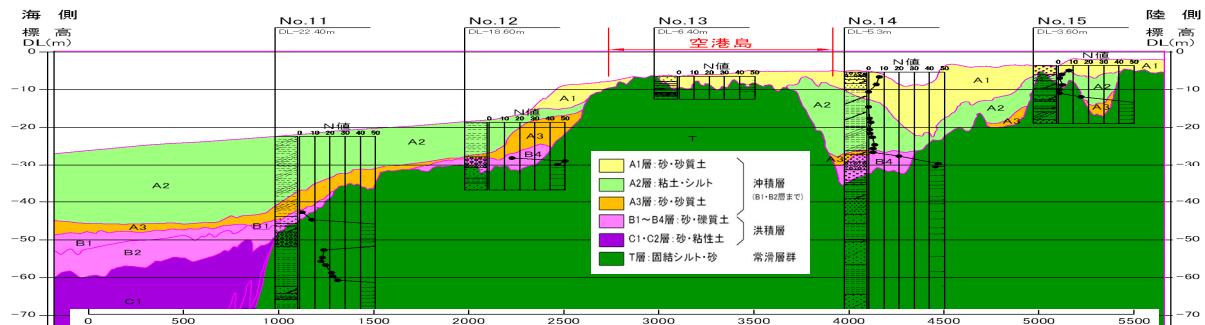


図-3.4 空港島建設地中央付近の東西方向地質断面 (文献6)に加筆

の広い海食台状地が3~5km沖にまで発達する。ただし、この陸側には最大水深約10m、幅0.5~1.5kmで南南東方向に伸びる長さ約5kmの海底谷が分布する (図-3.4)。

セントレア周辺地域の地質は、新第三紀鮮新世の東海層群に属する常滑層群を基盤とし、上位に第四紀の洪積層~沖積層が分布する。特に海底谷のほぼ直下には深さ20~65m、幅約0.5~1.5kmでほぼ南北に伸びる埋没谷が存在し、N値5以下の粘性土を主体とする厚さ10~25mの軟弱層が埋積している³⁾。

(2) 基礎地盤と基礎形式

空港島は、一部の軟弱粘性土層や埋没谷地形を除き、表層よりN値50以上の良好な支持層とみなされる基盤層 (常滑層群) によって形成され、大半の部分で予想沈下量は小さいが、軟弱粘性土の分布域では、最大で3m程度の沈下が予想された。このため、地盤改良が縮減できるような最大限の施設配置的な配慮を行い、滑走路や旅客ターミナル施設は、基本的に沈下がほとんど想定されない区域に計画され、沈下に対しては無対策である⁴⁾。ただし、ターミナルビルの基礎はφ500~1,000mmのPC+SC杭 (オーガー先行掘削最終打撃工法) を、長さ11~27mで2,300箇所打設している⁵⁾。

3.4 岐阜駅前ビル

岐阜駅前には2002年6月1日施行の「都市再生特別措置法」に基づき、「都市再生緊急整備地区」に指定され、「優良建築物等整備事業」として地下1階、地上13階の「コンフォートホテル」が2004年1月に完成した。

(1) 地形・地質

岐阜駅前地域は濃尾平野の北端部に位置し、北側には台地が広がっている。濃尾平野の第四系は濃尾傾動



図-3.3 調査位置図 (文献6)にGooglemapを加筆

運動の影響で東から西へ向かって深く厚くなっており、地形も東が高く西が低くなっている。第四系の最上位には沖積層が分布し、この下位には扇状地の主体を成す第一礫層が広がっている。

濃尾平野における大規模構造物の支持地盤は、N値50以上の第一礫層とする場合がほとんどである⁷⁾。

(2) 基礎地盤と基礎形式

代表的な柱状図を図-3.5に示す。上部の沖積層はφ80~100mmの玉石を混入してN値のばらつく砂礫層、

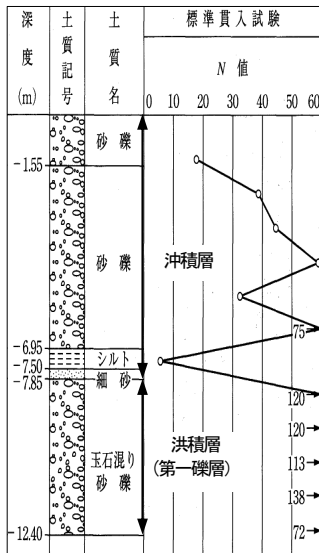


図-3.5 代表柱状図 (文献8)に加筆

下位に薄い粘性土層を挟み、φ250~300mmの玉石を混入してN値60以上の洪積層(第一礫層)となる。

同建物の基礎は、中間粘性土層のN値が5であるため、強度・沈下の問題から、玉石混入砂礫層(第一礫層)を支持層としたφ1,000mmの地盤改良杭202本である。また、根切り底における載荷試験の最大荷重は、1,200kN/m²である⁸⁾。

3.5 四日市港ポートビル

四日市港ポートビルは、四日市港開港100周年を記念して四日市市の霞ヶ浦地区に建設された高さ100mの建築物である。ポートビルには2箇所の風穴や風に対する住居性能を向上させるための制振装置が設けられ、1999年8月に竣工した。

(1) 地形・地質

ポートビルのある四日市市霞ヶ浦地区は、1967年頃より四日市市北部の海岸線を埋立て造成された。

四日市港ポートビルの建設に当たっては、4本・延長238m、最長85mのボーリング調査を実施し、室内土質試験に加えPS検層や常時微動測定を実施した。

四日市周辺の海岸低地は、第三紀鮮新世の東海層群に属する奄芸層群を基盤層とし、第四紀堆積物である洪積層~沖積層が覆う。洪積層は下部の古伊勢湾層(LC:粘土層)と上部の伊勢神戸層(LS:砂礫層)に、沖積層も下部の四日市港層(UC:粘土層)と上部の富田浜層(US:砂層)に大別される。

建設地の地層構成は、図-3.6に示すとおりUSが分布せず、層厚13mの埋土層下位に平均N値1~8(平均2)の非常に軟弱なUCが直接分布する。下位のLSはN値にばらつきがあり、概ねN値60以上となる砂質土・礫質土を主体とするものの、N値16以上の粘性土を層厚2m以下で局所的に挟在しながら累積層厚30m

で分布する。これら第四紀層の最下部にはN値7~11(平均8)のLCが分布し、奄芸層群はGL-72m以深に分布する⁹⁾。

(2) 基礎地盤と基礎形式

周辺地域の構造物はLSを支持地盤とすることが多いものの、砂・礫質土層と粘性土層との互層となることも少なくない。四日市港ポートビルにおけるLSもN値のばらつく互層であったため、概ねN値60以上となる

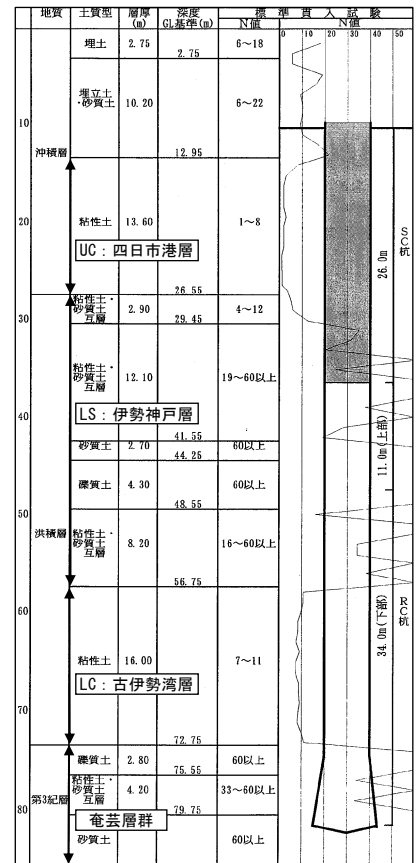


図-3.6 地盤概要 (文献10)に加筆

第三紀の奄芸層群が支持地盤として採用された。

基礎は場所打ち鋼管コンクリート拡底杭による独立基礎形式となっており、杭先端はGL-81.0m、杭径φ1,900mm/2,300mm~φ2,200mm/3,400mmの3種類、計32本が打設されている¹⁰⁾。

3.6 基礎地盤の選定について

建設物の基礎地盤や基礎形式は、計画地の地盤構成並びにその性状の他、上部構造物の規模や周辺環境及び経済性等を考慮して選定される。

建築基礎地盤について、基礎構造を選定するうえでの基本原則は以下のとおりである。

- ①建物の要求性能を満たす支持特性と沈下・変形性能が確保できること
- ②施工性で優れ、施工品質に対する信頼性が高いこと
- ③敷地周辺への環境保全上の影響が少ないこと
- ④そのうえで経済性に優れている

(1) 基礎に対する要求性能

基礎に要求される構造性能は、あくまで基礎の生じる沈下量を上部構造物や基礎構造自身の許容変形量以内に納め、構造体に損傷や機能障害を生じさせないことであり、沈下・変形を生じさせないことではない。

基礎の許容沈下量や許容変形量を規定する上部構造物の特性は、建物用途、平面形状、建物荷重、構造種別、優勢な荷重の種類(鉛直・水平・引抜き)等であり、基礎計画にあたっては、これらの特性を十分吟味し、許容値を適正に設定することが重要である。

(2) 施工性への配慮

杭工事で発生したトラブルの原因を調査・分析した報告でも、支持層に関する固定概念から無理やり深い支持層まで杭を根入れする杭基礎計画が原因で、杭体の破損や高止りあるいは掘削不能に陥り、工事中に工法変更を余儀なくされた事例が多く報告されており、地盤改良工法の併用基礎やフローティング基礎、摩擦主体の短い杭の採用等の可能性を十分検討すること、さらに杭基礎とならざるを得ない場合には、地盤調査結果を十分検討し、無理のない施工法を選択することが肝要である。

特に注意すべき項目をあげると、①支持層の深さ、②中間層の厚さ、③土質・粒径、④転石有無、⑤地下水の深度、⑥被圧水頭、⑦伏流水の有無、⑧液状化発生の可能性、⑨地盤沈下の発生状況（負の摩擦力作用の可否）等があげられる¹¹⁾。

ここでは、濃尾平野の地質断面図(図-1.3)を例に、上記項目についての留意点を示す。

①支持層の深さ ②中間層の厚さ

濃尾平野における良好な支持層は第一礫層(G1)であることが多い。一般に連続性良く分布し、北東側では深度数m以内と浅くに分布するため中間層は薄い。これに対し、南西側では深くなり、深度50mを越えることもあり、中間層には厚い沖積層が分布する。また、東部では分布しない地域もあり、ここでの支持層は第一礫層より下位の累層となる。

ただし、下位の熱田層上部(D_{3U})は一般にN値30以下の砂層、粘土層の互層であり、構造物の規模によっては深い基礎となる場合がある。

③土質・粒径 ④転石有無

第一礫層は一般に大礫を混入する礫層で、φ200mm以上の玉石を混入する場合もあり、北東側ほど大きくなる傾向がある。中間層は軟弱な沖積層であり、比較的均一な細粒砂、及びシルト・粘土であるが、腐植土の分布する地域がある。

⑤地下水の深度 ⑥被圧水頭 ⑦伏流水の有無

一般に濃尾平野の地下水位は浅く、深度数m以内に分布する。また、中間層や支持層の被圧水も自然水位に近いことが多く、縁辺部の山麓付近では自噴する場合もある。また、大小河川の営力によって堆積された平野のため、河川沿いの地域には伏流水が分布する。

⑧液状化発生の可能性

台地や丘陵地を除く濃尾平野の表層は、主に埋立や沖積層が分布する。沖積層上部の南陽層には、上部砂層と呼ばれる緩い砂層が分布しており、地下水位も浅いことから、平野部のほぼ全地域に液状化発生の可能性があり、特に河川周辺や埋立地は危険度が高い。

⑨地盤沈下の発生状況（負の摩擦力作用の可否）

沖積層上部の南陽層下部には下部粘土層（中部泥層）に区分される軟弱な沖積粘性土層が分布する。一

般に正規圧密に近い状態で分布するが、造成による上載荷重の増加や地下水対策に伴う間隙水圧の低下によって圧密沈下を発生する可能性がある。また、最上部粘土層は後背湿地性の粘性土であり、腐植土が厚く分布する地域では大きく長期間に及ぶ沈下を発生する可能性がある。さらに、概ね沈静化しているものの、濃尾平野は古くからの広域地盤沈下帯である。

⑩その他

その他に、活断層や解体跡地などが挙げられる。濃尾平野には幾つかの活断層が存在しており、建設物の重要度に応じて影響を検討する必要がある。また、既設建物の解体跡地では瓦礫などが混在していることがある他、残存基礎が障害になることもある。

(3) 周辺環境への配慮

周辺環境に与える影響として、①井戸や湧水池の水量が変化、②汚染があった場合の拡散、③近接構造物への影響等が挙げられる。

特に近接構造物への影響としては、軟弱地盤での掘削に伴う地盤変形、地下水の揚水に伴う周辺地盤の沈下、盛土に伴う引込み沈下や側方流動などに注意が必要である¹²⁾。

参考文献

- 1) 板橋一雄・松澤 宏・西川勝広・黒田真一郎：名港トリトンの地盤特性と基礎工(地質調査はどう生かされたか)、土と岩、No. 47, pp. 9~25, 1999.
- 2) 川村東雄・真島正人：J Rセントラルタワーズ、基礎工 Vol. 28 No. 8, (株)総合土木研究所, pp. 26~30, 2000.
- 3) 豊蔵 勇・堀江宏保：中部国際空港セントレアの計画と地盤条件、地質と調査、第2号(創刊100号記念特集号), pp. 32~37, 2004.
- 4) 菅沼史典：中部国際空港セントレアの地盤条件と建設、基礎工 Vol. 32 No. 10, (株)総合土木研究所, pp. 84~86, 2004.
- 5) 日本金属工業協同組合：季刊誌 AmA, No. 32, 10p., 2005. http://www.kinzokukyo.or.jp/open_site/ama/ama32.pdf
- 6) (財)中部空港調査会：中部新国際空港建設予定地における地象調査 報告書, 13p., 1994.
- 7) 吉村優治：岐阜県の地質・地盤と軽量地盤材料を用いた舗装営繕工事例、基礎工 Vol. 32 No. 10, (株)総合土木研究所, 35p., 2004.
- 8) 葭田誠作・渡邊一彦：玉石混り砂礫層における地盤改良工事、基礎工 Vol. 32 No. 10, (株)総合土木研究所, pp. 81~83, 2004.
- 9) 四日市港管理組合：平成7年度四日市港ポートビル(仮称)建設予定地地質調査業務委託 報告書, 1996. (内部資料)
- 10) (株)石本建築事務所：四日市港ポートビル(仮称)建設工事高層建築物構造評定概要書, pp. 2-2~2-10, 1997. (内部資料)
- 11) 建築基礎構造設計指針：(社)日本建築学会, pp. 59~60, 2001. (基礎構造の計画ワーキンググループ：桑原文夫・梅野岳・加倉井正昭・笹尾 光・茶谷文雄)
- 12) 向山裕司：改訂 地質調査要領, 2.1 建築物の地質調査, (社)全国地質調査業協会連合会, pp. 34~37, 2009.