



神戸港における洪積粘土 (Ma12) の地質学的及び土質工学的特性に関する基礎的研究

末廣, 匡基

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1988-03-31

(Date of Publication)

2014-03-13

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0735

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000735>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	末 廣 匡 基 (広島県)
学位の種類	学 術 博 士
学位記番号	学博い第108号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位授与の日付	昭和63年3月31日
学位論文題目	神戸港における洪積粘土 (Ma12) の地質学的及び 土質工学的特性に関する基礎的研究

審査委員	主査 教授 谷 本 喜 一 教授 中 島 和 一 教授 桜 井 春 輔
------	--

論 文 内 容 の 要 旨

近年、大阪湾臨海域では神戸港のポートアイランドや、泉州沖の関西国際空港などのような大規模な海面埋立工事が実施され、軟弱な沖積粘土層に加えて、比較的硬質な洪積粘土層にも圧密沈下が発生していることが種々の地盤計測より確認されている。しかし、海底地盤の洪積粘土の土質工学的特性に関しては未解明な部分が多いようである。また、大規模な埋立造成において、基礎地盤の地層の連続性を把握することは重要な項目の一つである。そのため、各地層を対比する上で有用な微化石分析のような地質学的情報をもとに、工学的特性と併せて地盤性状を総合的に判断することが望まれている。

本論文では大阪湾及びその臨海地域に広く分布する最上位の洪積粘土層であるMa12に着目し、その性状を総合的に究明するため、神戸港における地質学的及び土質工学的特性に関する基礎的な研究を行った。地質学的特性に関しては、港域における上部洪積層以浅の海底地盤の構成及び構造について言及するとともに、Ma12に含まれる微化石や粘土鉱物などの分析を実施し、粘土の堆積環境について解析を行った。土質工学的特性に関しては、神戸港内におけるMa12の物理特性の地域的变化とその要因や、Ma12を用いて実施した種々の圧密及びせん断試験結果をもとに、圧縮特性のより正確な把握方法や、粘土の過圧密特性などについて検討した。また、地質学的特性の解析より得られたMa12の堆積環境と、従来の土質工学的特性との関連性についても検討を加えた。以下に、本論文内容の要旨を章別にまとめる。

第1章は大阪湾とその周辺地域において進められてきた、大阪層群や段丘堆積層などの洪積層に関して、地質学的分野と土質工学的分野との両面についてその研究経過をまとめた。

第2章は現在までに明らかとなっている、大阪湾及び周辺地域における基礎地盤の地質概要についてまとめた。対象とした地盤は、主として更新世より新しい地質時代（約200万年～現在）に形成された沖積層・上部洪積層（段丘堆積層を含む）・大阪層群の3種類とした。

第3章では神戸港域で実施されたボーリング調査をもとに、港域の海底地盤について検討した。その結果、神戸港域の海面下約100m以浅の海底地盤は、上位より沖積粘土層（Ma13）～洪積砂層～洪積粘土層（Ma12）などより構成され、港域内には地盤運動によって生じた2本の撓曲構造が確認された。撓曲構造は、一つは和田岬付近を通過して北東－南西の方向性を持つものであり、他方はポートアイランドと六甲アイランドとの間にある第5防波堤を通過して北西－南東の方向性を持つことが判明した。これらの撓曲を起こした一連の地盤運動は、Ma12の深度分布に深く関与するとともに、洪積砂層や沖積粘土層の層厚などにも影響を与えていることが確認された。

第4章ではMa12に含まれる花粉化石、珪藻化石、ナンノ化石などの微化石に着目し、粘土の地質学的特性を明らかにし、その堆積環境について検討した。その結果、Ma12は下部より中部付近までが、海進初期の淡水あるいは汽水域から海水域への移行部分であり、中部から上部にかけての部分が海水域の特徴を示していることがわかった。また、粘土層堆積当時の気候も下部より中部にかけて、冷温帯から暖温帯への推移を示し、水域の変化と一致していることが確認されたが、粘土の最上部では海退の兆候となる気候の冷涼化が認められた。さらに、微化石の産出の特徴より、Ma12は侵食作用を受け、粘土層の最上部が欠如していることが確認された。一方、粘土の基本的な構成要素の粘土鉱物を調べるため、X線分析を実施した。それにより、Ma12は主としてモンモリロナイト、雲母、カオリン鉱物、緑泥石の4種類の粘土鉱物より構成されていることが判明した。また、各粘土鉱物の含有比は深度方向に対してほとんど一定であることにより、粘土の堆積環境の変化と、粘土鉱物の組成との関連性はほとんどないと結論された。

第5章では神戸港域におけるボーリング調査や、Ma12を用いて実施した種々の土質試験をもとに、粘土の土質工学的特性について検討した。その結果、Ma12の物理特性は港域内において水平的にも、鉛直的にも変化していることが確認され、それらは河川作用や、水域の変化などのような堆積環境と密接に関係していることが明らかになった。さらに、神戸港と西宮間の大阪湾北部地区における物理特性の変化についても検討を加えた。また、神戸港におけるMa12の力学特性に関して、 K_0 条件での排水三軸圧縮試験を実施し、連続的な圧縮曲線を求めることにより、精度よく圧密降伏応力を決定できることを示した。この方法によって、求めた圧密降伏応力は、粘土層の深さ方向にほぼ直線的に増加し、その割合は有効土被り圧のそれよりも大きい値を示していることが判明した。また、乱さない試料と練り返し再圧密試料との圧縮特性の比較や、乱さない試料の降伏曲面の形状などより、Ma12が年代効果による擬似過圧密の影響を受けた粘土であると結論された。一方、大深度より採取されたMa12粘土の場合、背圧を加えた圧密試験より得られた圧密係数は、標準圧密試験のそれに比べてやや大きい値を示すことがわかった。また、Ma12の2次圧密特性は、2次圧密係数と圧縮指数との関係において2本の直線によって表され、その傾向は沖積粘土と同様であると判断された。さらに、Ma12の乱さない試料と再圧密試料の正規圧密

状態における非排水せん断試験を実施した結果、両者の応力径路や得られた内部摩擦角にも相違が認められ、年代効果の影響は、正規圧密状態における粘土のせん断強度特性にも影響を与えている可能性が大きいことが明らかとなった。

第6章では以上に言及してきた、Ma12の地質学的及び土質工学的特性に関する研究成果を踏まえて、粘土の堆積環境が土質工学的特性に及ぼす影響を究明するため、各々の相関性について検討した。その結果、粘土の堆積環境は液性限界と密接に関係するとともに、液性限界は圧縮指数をはじめ、2次圧密速度や正規圧密時の間隙比などと直線的な関係にあることがわかり、堆積環境の変化は粘土の物理特性や力学特性にも影響していることが明らかとなった。

第7章は本研究によって得られた結論をまとめて記述した。

論文審査の結果の要旨

近年、大阪湾臨海域では大規模な埋立工事が数多く実施されている。これらの多くは、水深が約10-20mの海底地盤の上に、数百万 m^2 に及ぶ広さにわたって埋立が行われ、最終地盤高さが海面より約5-6m高くなるように造成されている。従って盛土荷重の作用する面積は広く、また埋立地の水深が深くなるにつれて地盤への荷重は増大する。その結果、このような大規模埋立工事においては、広域的な海底地盤の沈下問題が非常に重要となる。

従来から、大阪湾の臨海埋立工事においては、海底地盤の最上部に位置する軟弱な沖積粘土層の圧縮が重要とされてきた。しかし近年の大規模埋立工事によって、海底地盤の沈下は沖積層の下部に位置する洪積層においても生じていることが、種々の地盤計測より確認されている。一般に洪積層は沖積層に比べて硬質であるため、これまで工学的に問題が無いと考えられてきた。そのため、洪積層、特に沈下問題で重要となる洪積粘土層に関しては、その層序や連続性などの地質学的特性、さらに圧縮特性などの土質工学的特性について未解明な部分が多いようである。

本論文は、このような背景から神戸港域における洪積粘土層の最上部に位置するMa12粘土層を対象として、その地質学的性質と土質工学的性質、さらに両者の相関などについて研究している。論文は7章から構成され、内容は以下のようである。

第1章では、大阪湾とその周辺地域における基礎地盤の地質学的特性と土質工学的特性に関する従来の研究経過の概要を述べている。

第2章では、主に更新世より新しい地質時代(約200万年前～現在)に形成された沖積層・上部洪積層・大阪層群について地質概要をとりまとめている。

第3章では、神戸港域の既存ボーリング・データを多数収集し、それらを用いて海面下100m以浅の海底地盤の層序及び構造変化などを検討している。その結果、層序に関しては沖積粘土層(Ma13)・洪積砂層・洪積粘土層(Ma12)が主な地層であることを示し、その深度や分布について明示している。また、地盤構造については、従来より存在が知られていたポートアイランド南西端の撓曲構造の他に、ポートアイランドと六甲アイランドの間において、北西-南東の方向を

持つ撓曲構造が存在することを認めている。これらの撓曲を起こした一連の地盤運動は、Ma12の深度分布に深く関与するとともに、洪積砂層や沖積粘土層の層厚などにも影響を与えていることを明らかにしている。

第4章では、六甲アイランドにおける厚さ十数メートルに及ぶMa12の工学的性質の深度方向の変化を、地質学的要因である堆積時の気候や海水域の変化との関係によって説明することを目的として、粘土中の珪藻化石やナノ化石など、微化石の出現頻度に基づいてMa12の堆積環境の変化を検討している。その結果、Ma12の下部から中部付近は淡水または汽水域から海水域で堆積され、中部から上部にかけては海水域で堆積されたものと推論している。一方、Ma12の粘土鉱物についてX線分析を実施した結果、深度方向に堆積環境が変化したにもかかわらず、粘土鉱物は深度方向に変化が少ないことを示している。従って、Ma12の工学的性質を検討する上で、堆積環境を評価することが重要であり、その手段として珪藻化石やナノ化石による方法が有用であることを認めている。

第5章では、主にMa12の土質工学的性質についての研究成果を述べている。まず、粘土の基本的性質として重要な液性・塑性限界や粒度組成などの物理特性が神戸港域内において、水平的に変化していることを確認している。また、圧密特性に関して、圧密降伏応力に影響を及ぼす因子を詳しく検討している。特に、従来の標準圧密試験に代わって K_0 条件での排水三軸圧縮試験を実施し、連続的な圧縮曲線を求めることにより、精度良く圧密降伏応力を決定できることを示している。この方法により求めたMa12の圧密降伏応力は、深さ方向にほぼ直線的に増加し、その増加率は有効土被り圧のそれより大きい値を与えることより、Ma12の過圧密特性は年代効果による擬似過圧密であることを明確にしている。また、六甲アイランドにおけるMa12の堆積深度が深いことを考慮して、標準圧密試験と背圧を用いた圧密試験を比較した結果、背圧の有無は圧縮特性に影響を及ぼさないが、圧密特性・透水性に影響を与える事実を検証している。以上のように、Ma12のような硬質土の圧密特性を決定するには、本論文で実施した圧密試験法が有用であることを示している。

さらにMa12の力学特性に及ぼす年代効果の影響について検討を行うために、年代効果の影響を受けない再圧密試料と現地の乱さない試料について、圧縮・強度特性を比較している。その結果、再圧密試料の内部摩擦角は乱さない試料に比べて大きいことが、物理特性が同様な沖積粘土と比べるとほぼ等しい値を持つという結果が得られ、強度特性についても年代効果の影響があることを検証している。

第6章では、Ma12の堆積環境が土質工学的特性に及ぼす影響を究明するために要因間の相関性を検討している。これより、粘土の堆積環境は液性限界と密接に関係するとともに、液性限界は圧縮指数、2次圧密速度、正規圧密時の間隙比などと直線的関係があることを見い出しており、堆積環境の変化は粘土の物理特性や力学特性にも影響していることを明らかにしている。

第7章は以上を総括して結論としたものである。

以上のように本論文では、洪積粘土 (Ma12) の地質学的特性と土質工学的特性を研究し、特に

その堆積環境と物理特性との関連，さらに力学特性に及ぼす年代効果の影響など重要な知見を得たものとして価値ある集積と認める。

また，本研究は地質学，土質力学，土質基礎工学の分野に関係する総合研究であり，その成果が，これらの分野に寄与するところは大きい。

よって，論文提出者，末廣匡基は学術博士の学位を得る資格があると認める。