

(47) 東京湾周辺深部軟岩層の地質・物性の概要

工業技術院地質調査所

星野一男

同

釜井俊孝

An estimation of subsurface geology and mechanical properties
of the deep soft sediments in Tokyo Bay area

Geological Survey of Japan

Kazuo HOSHINO

" "

Toshitaka KAMAI

Abstract

In Tokyo Bay area including Tokyo metropolitan cities, there are thick layers of the soft sedimentary rocks, ranging Pliocene to Pleistocene in geological age. The uniaxial strength of the soft rocks increases to 40-50 kgf/cm² at the early Pleistocene layers of Kokumoto, Kitatama, or Koshiba formation. The depth of these strength is 100 to 200 m in Yokohama and Kawasaki, western coast of the Bay, while, it is getting deeper as 500 to 1200 m in Kisarazu and Chiba, eastern coast. The Pliocene layers, both Miura group and the basal part of Kazusa group attain the strength more than 100 kgf/cm². The iso-depth contour for the above two cases of strength are shown in Fig. 1 and 2.

1. まえがき

最近大都市およびその周辺地域における地下空間利用についての関心が高まりつつあるが、わが国では、東京首都圏、近畿大都市圏など、当面の地下開発の話題に上っている人口・産業の密集地域の殆どは、第四紀層発達地域であり、軟質層、軟岩層の上にある。従って、地下利用計画の際にはこれ等の地層の地質構造、岩盤物性のデータが重要である。特に超電導エネルギー貯蔵、LPG高圧貯蔵、圧縮空気貯蔵、などやや深度の大きい地下空間開発には深部軟岩層の分布と性質についての調査は避けて通ることはできない。東京湾周辺はわが国でも第四紀層が最も厚く発達する所である上に、基盤の地質構造が複雑なために、神奈川県、東京都、千葉県などの各沿岸域は地質・物性をそれぞれ異にしており、その間の関係も未だ充分に解明されていない。しかし、それぞれの区域については、一般の地質調査、天然ガス調査、災害予知調査などを通じて行われたボーリングにより、地質資料も増加しつつある。ここでは、これらの既存資料によって各地域毎の従来調査を概観し、一応の全体像を、とりまとめることを試みる。

この地域の地下地質を総合的に検討する時の難点は各区域の地層の地質学的対比について確定的な結論の得られていないことである。最も古い第三紀層は三浦半島では葉山層群、房総半島では嶺岡・保田層群と呼ばれている。中新・鮮新世に属する三浦層群と更新世前期に属する上総層群については特徴のある火山砕屑岩によって、房総半島と三浦半島の間には一応の対比がつけられているが中間の千葉-江東間の地層との関係は不明のところが多い。その上位の、更新世中・後期に属する地層は相模層群（三浦）、東京層群、下総層群（房総）など地域ごとに異なった層群名と呼ばれており、地層間の関係は明らかでないところが多い。

一軸圧縮強度についてみると深度が増加するに従って、あるいは地層年代が古くなるに従って強度は増加する。相模層群、東京層群および下総層群の大部分は強度が10kgf/cm²にも満たない軟質層であるが上総層群

では除々に強度を増し、その下部では 100kgf/cm^2 に達する泥岩もある。

これらの“軟岩”の岩質は多様であるが主に泥岩あるいは砂岩であり、後者は凝灰質であることもある。孔隙率が60-40%の範囲にあり多孔質であるために孔隙の飽和度（含水率）によって強度が著しく影響される。大船泥岩、逗子泥岩の測定結果では飽和度が大きくなるにつれて強度は、指数函数的に減少し、飽和度30%から50%の含水状態の強度は完全乾燥状態、飽和度ゼロの強度に比較してその約3分の1に減少することが示されている（北岡ほか、1977）。この例のように軟岩の物性は測定時の試料の岩質や大きさ、荷重速度、排水状態などの条件によって大きく変わるので、いろいろな資料の結果を総合する時には注意が必要である。

地質調査所では石油・天然ガス調査、地震予知などの課題に関連して房総および三浦の両半島および、川崎付近の軟岩物性について古くから地表およびボーリングコアの測定を行っており、この中には未公表のものもかなり含まれている。東京都下では東京都土木技術研究所により地盤沈下調査のための層序試錐が行われており、また、千葉県湾岸域では千葉県公害研究所により地盤沈下調査の試錐が行われている。

ここでは強度50、および 100kgf/cm^2 をめどに各区域でどのくらいの深度でこれらの強度に到達するかを以上の資料により調べてみた。この場合の強度値は排水状態における自然乾燥試料の一軸圧縮強度を想定している。判定条件が異なっていると思われる時には以上の条件時の値を推定、置換した。同一深度、同一層でも泥岩と砂岩の強度は一般に異なり、後者は著しく小さいが、今回は泥岩の強度を主として扱っている。

2. 房総半島

房総半島では南部に地質時代の古い地層が分布し、北に向かって逐次若い地層が出現する。地表試料の測定結果によれば強度は南に下がる程大きくなり、上総層群の柿ノ木台・国本・梅ヶ瀬層で $40-80\text{kgf/cm}^2$ を超える。地質構造をみると、上総層群は富津-勝浦以北に分布しており、北西方向に向かって厚くなる。最も厚い所は市原市付近であり、この付近では梅ヶ瀬層層準の深度が1400mに達する。ボーリング試料の強度値をみても地層の埋没深度に応じて若干の幅があるが、ほぼ上記の値と同じく柿ノ木台・国本・梅ヶ瀬層で $40-100\text{kgf/cm}^2$ に達している。また、ボーリングでは大田代、黄和田層など上総層群の下部層において 100kgf/cm^2 の強度を持っている例が多い。

3. 川崎・三浦半島

逗子、大船層の泥岩はいずれも地表露頭で比較的採取しやすく、また測定も容易な均質の泥岩である。逗子泥岩は70-125、大船泥岩は $50-90\text{kgf/cm}^2$ の強度を持っている。川崎で行われたボーリングのコアでは深度ほぼ100m付近の上星川層泥岩が 100kgf/cm^2 の強度を持つことが測定された。さらに、上星川層の下位の大船層で 130kgf/cm^2 に達する強度値が得られている。

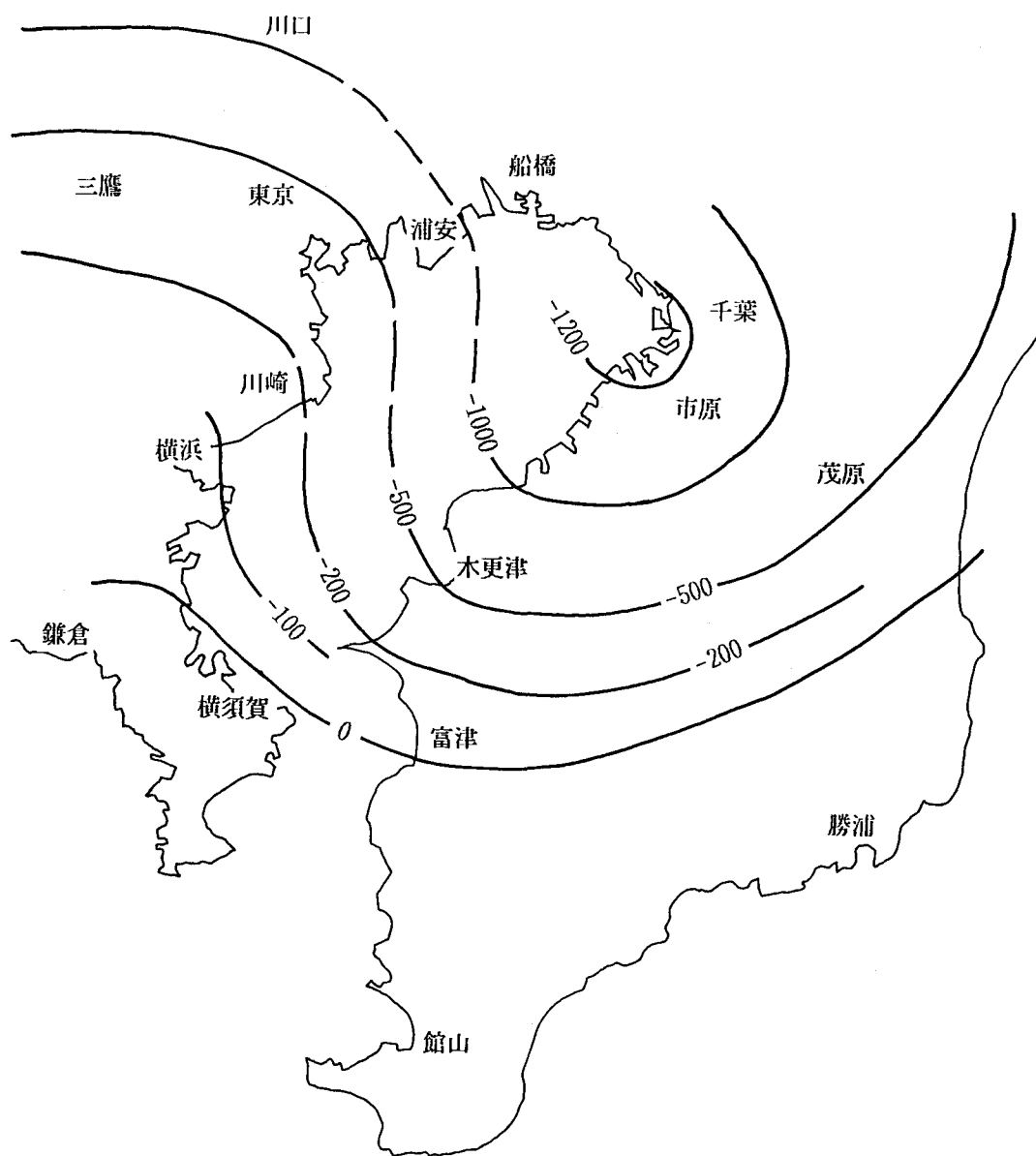
三浦半島南端に分布する三崎層の地表試料は約 200kgf/cm^2 の強度を持っている。

4. 考察

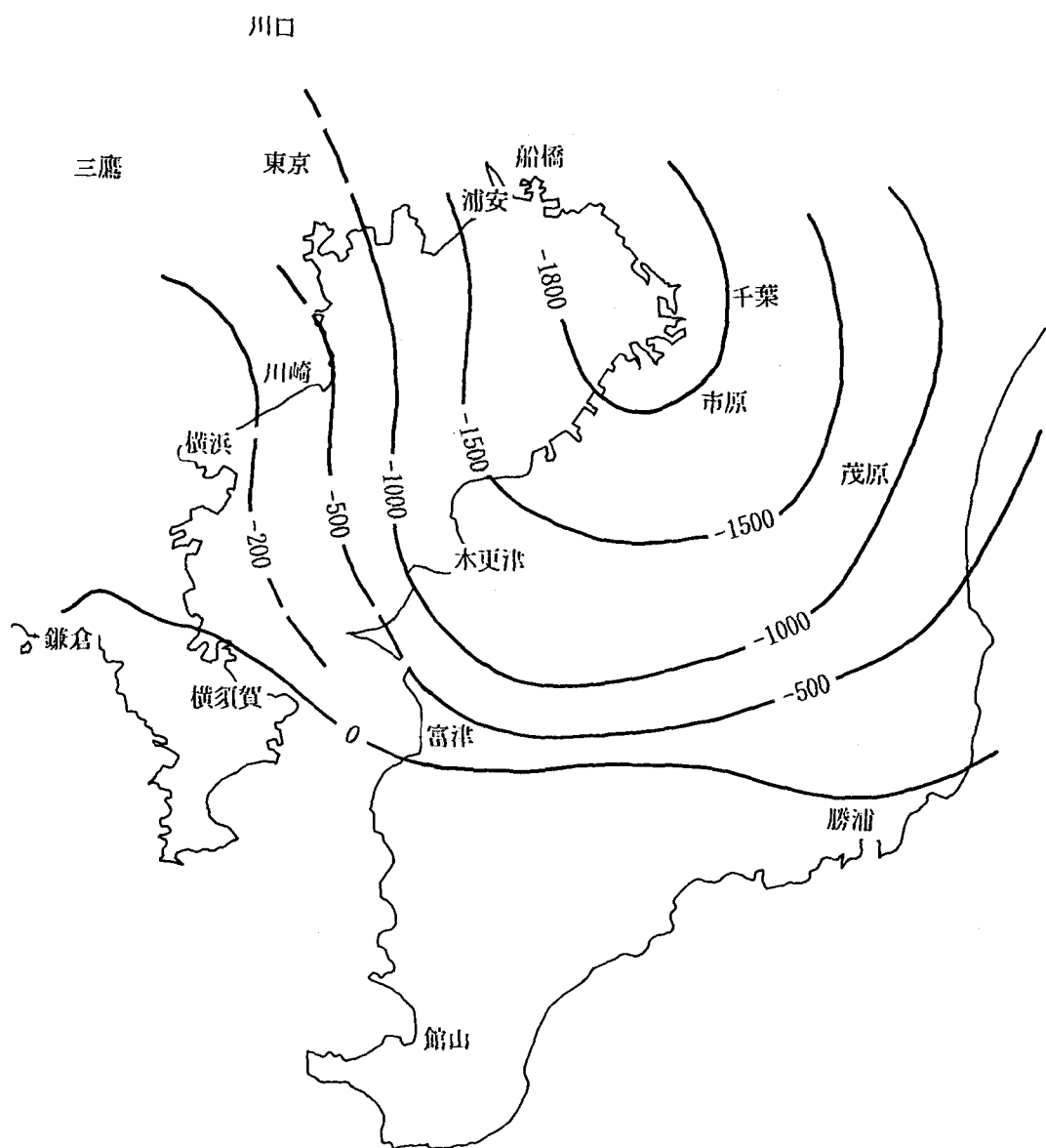
以上のように、房総半島と川崎・三浦半島を比較するといずれも上総層群中部層で 50kgf/cm^2 の強度に達している。この層準を地層名にあてはめると房総半島では国本層あたり、川崎・三浦半島では大船層の上位の上星川・中里・小柴層あたりがこの強度に到達する層準である。

東京都下では、遠藤ほか（1981）によれば、ほぼ国本・梅ヶ瀬層に相当する北多摩層では深度200-300mで強度 $40-80\text{kgf/cm}^2$ の強度を持っている。ただし、同層準は東久留米・溝瀬付近ではやや低い強度を示しているようである。

江東区から船橋・習志野にかけては公表資料の少ないところであるが、船橋付近で地盤沈下観井ボーリングを行った楡井ほか（1872）によれば、深度500から1000mのシルト岩（CおよびB）の強度は内陸部に比べ



第1図 一軸圧縮強度40-50kgf/cm² の地層深度、単位は米（予想図）。



第2図 一軸圧縮強度約100kgf/cm²の地層深度、単位は米（予想図）。

てやや低めで約40kgf/cm²である。この深度は付近の天然ガス坑井資料と対比するとほぼ国本・梅ヶ瀬・大田代層に相当すると思われる。このように一部地域では周囲の全般状況に比較してやや低い強度を示す傾向があり、このような傾向は市原付近の一部ボーリング資料にも見える。低い強度値の原因の一つとして、該当する場所は地層密度の小さい第四紀後期の地層が最も厚い所であり、そのために上載荷重が比較的小さく、圧密の進行度が少なかったことが考えられる。しかしながら全般的傾向としては、国本層、北多摩層、および小柴層の層準を連ねる深度が強度ほぼ40-50kgf/cm²に到達する地層深度と思われる。第1図に現段階資料によって推定したその深度分布図を示した。また、三浦層群、および上総層群最下部を強度ほぼ100kgf/cm²以上に到達する層準と考えて作成したのが第2図の深度分布図である。これらの強度40, 50から100, 200 kgf/cm²の泥岩試料の弾性波速度はP波が800-2000m/s、S波が400-1000m/sの範囲である。また、この種の軟岩は地下の高地圧下で流動性(粘塑性)の強いことが特徴であって、三軸高圧実験では20-50kgf/cm²の封圧で延性(ductile)に、100-300kgf/cm²の封圧で粘延性(visco-ductile)に転化している。これを深度に置き変えると150-350mの深度以下では塑性が強くなると思われる。

東京湾の地層深度については加藤(1988)を参考にした。

これらの図はいずれも点的なデータをもとにした予想的図面であり、新規資料により修正しなければならないものである。本図の作成を試みて、ボーリング資料のあまりにも乏しいことに驚いた次第である。首都圏を含み、今後の地下開発に当たって重要なこの地域について岩盤特性の実態を把握できるような地下地質調査の促進が望まれる。

文 献

- 遠藤 毅 1978; 東京都付近の地下に分布する第4系の層序と地質構造、地質学雑誌、84巻、p. 505-520.
- 遠藤 毅・小笠原弘信・川島真一・川合将文 1981; 北多摩区南部の水文地質構造と地盤沈下、昭和56年度東京都土木技術研究所年報、p. 165-180.
- 長谷川 功 1988; 地震探査から見た関東平野の基盤構造、関東地方の基盤と変動(地質学論集31号)、p. 41-56.
- 星野一男 1984; 岩石の物性を支配する地質要因について、第6回岩の力学シンポジウム講演論文集、P. 145-150.
- 星野一男 1987; 自然岩石の固化機構と強度、第7回岩の力学シンポジウム講演論文集、P. 1-6.
- 加藤 茂 1988; 音波探査断面から見た東京湾の地下構造、関東地方の基盤と変動(地質学論集31号)、p. 75-84.
- 菊地隆男・楡井 久・楠田 隆 1988; 上総・下総両層群の層序に関する2・3の問題、日本の第四紀層の層序区分とその国際対比(地質学論集30号)、p. 51-65.
- 北岡宗洋・遠藤源助・星野一男 1977; 軟岩の力学特性に及ぼす水分の影響-特に破壊強度について-、第5回岩の力学国内シンポジウム講演集、p. 31-36.
- 楡井 久・樋口茂生・原 雄・石井 皓・白井常之・古野邦雄・真鍋健一・立石雅昭 1972; 船橋市地域の地下地質と地盤沈下観測井、千葉県公害研究所研究報告、第1巻、p. 47-74.
- 天然ガス鉱業会 1980; 水溶性天然ガス総覧