

広島湾海底地盤の地盤工学的性質について

Geotechnical Characteristic of Undersea Ground in Hiroshima-Bay

菊田 升三* (Shozo Kikuta)

渡辺 具能** (Tomoyoshi Watanabe)

岩崎 好規*** (Yoshinori Iwasaki)

キーワード : 広島/海底土/ゾーニング/粘土鉱物 (IGC:C9/A1/B6)

1. まえがき

広島市および周辺地域の地盤地質に関する情報は、1964年の「広島地区の地盤」¹⁾が広島市全域をボーリング資料に基づいたものとして評価されてきた。その後部分的に地下鉄計画のための地盤検討などが行なわれたようであるが、一般の用には供されていない。1974年には運輸省第三港湾建設局によって「広島港土質性状に関する考察」²⁾で沿岸地域の地盤情報が取りまとめられ土質工学的性質が明らかにされた。また、1975年には建設省国土地理院の手によって広島湾全域にわたって音波探査が実施され、湾内の地質の全貌が把握され、その成果は海底の底質図、土地条件図、沿岸海域基礎調査報告書(広島地区)として公表された。³⁾ 1982年には、広島市が太田川右岸の河口部に埋立造成した経過についての「西部開発事業工事報告書」⁴⁾が発刊され、その中で多数のページを割いて、臨海埋立て事業で得られた土質調査資料に基づいて沖積粘土層を主体とした海底地盤の取りまとめが行なわれ、土質工学的性質についての考察が行なわれている。⁵⁾ このように、広島市および周辺地域の地盤に関する研究が多量に各機関で実施され、土質工学や地質工学関係の知識の集積が行なわれてきた。

今回、1974年以降の運輸省第三港湾建設局の直営事業で得られた多数の土質調査資料を中心とし、広島県、広島市を始めとする関係機関の協力で得られた土質調査資料も加えて、第一線の海岸線より沖合を中心として広島湾海底地盤の地盤工学的性質の解析・研究を行なった。⁶⁾ ここでは、その概略を紹介するとともに、その研究の結果判明した廿日市沖から海田湾までの地盤工学的性質の地域的な差についてと、これらがどのような過程を経て生じたかについて若干の考察を行ったものである。

2. 土質調査データの整理解析手法

研究対象地域は図-1に示す廿日市から海田湾までの幅1~3km、延長15kmに及ぶ海域であるが沖側は似島周辺も含め、陸地側は現在は既に埋立てられて陸地化している地域もあるが、なるべく埋立などの人口的な改変を受けていない海底地盤のデータが得られた地域までとした。この地域で実施された土質調査は優に1,000本を越えているが、地盤改良工の追跡調査などのように今回の「自然地盤の地盤工学的性質の研究」という目的から外れるものや、近接した位置で実施しているものなどを除き、土質試験データが多くて調査深度が深いという条件で選んだ約300本の土質調査データを用いて地盤工学的性質の解析を行った。しかしながら図-1の調査地点を見れば分かるように、湾の中心部でのデータが少ないなどその偏在は避けられず、地域によっては現在の海岸線より陸域のデータも使用した。

多量の土質調査報告書から土質試験データの整理、図化、相關図の作成、比較検討を行うには、従来のように報告書から一つ一つ種々の図を作成する方法では膨大な時間を要し、短期間の内に取りまとめを行うのは不可能に近い。筆者の一人が開発した地盤情報データベースシステムによってデータの整理図化を行った。このシステムはすべての土質調査データを収納でき、例えば粒径加積曲線や圧密曲線も再現できるようにしてある。このシステムの詳細については文献 6), 7), 8)を参照していただきたい。

* 運輸省第三港湾建設局 広島工事事務所 所長
** 運輸省港湾局開発課 開発企画調整官(前広島県土木建築部 港湾課長) *** (財)大阪土質試験所 所長

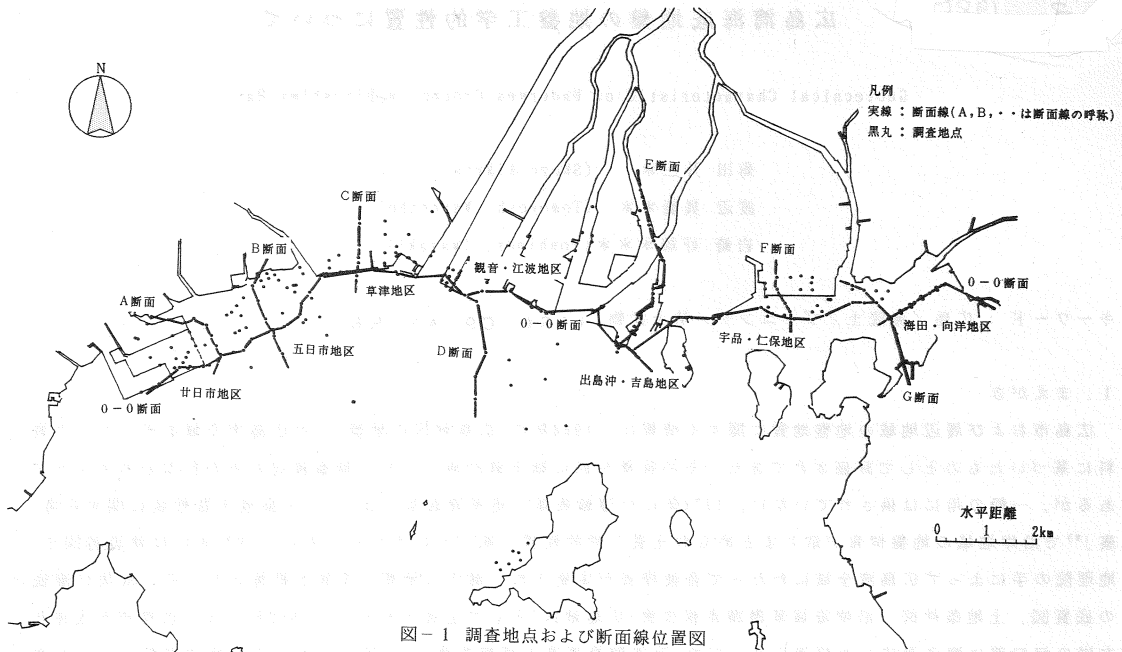


図-1 調査地点および断面線位置図

2.1 地域特性抽出手法に関する検討

現在、既往の土質調査データをもとにしてある地方や地域における地盤特性を求めようとする試みの多くは、土質試験結果をその対象地方や地域全体で単純に平均して示す方法や、地形や河川などから最初に地区分けを行いそれに基づいて土性の比較検討をする方法がとられている。清水は、東京湾のごく一部(延長1kmの1測線上)の沖積粘土層の土質特性の断面表示を行って、土性の深度、水平分布についての評価を行い地層区分の指標となる土質工学的性質について検討しその断面表示の有効性を指摘している。⁹⁾

ここでは、清水の断面表示方法を参考にして、より詳細にその地方や地域の平面的あるいは深度変化を求めてゾーニングを行う場合の地盤情報の抽出方法、またその表示に関しての合理的手法を提案し、広島湾海底地盤の沖積粘性土層に適用した事例について述べる。

2.1.1 地域特性抽出の方法

地域とは一般的には平面上の事をさすが、地盤は半無限の三次元体のため、ここでは深度方向も地域という概念の中に含まれると考える。地域特性を抽出するには、大きく分けて次の2つの手法が考えられる。

- ① 事前に平面図や断面図を例えば正方形のメッシュ(得られている情報の分布によっては矩形のメッシュも考えられる)などによって地区を細分化しておき、ここにおける特性をメッシュに与えて、共通の特性を示すメッシュの集合を一つのゾーンとする方法。
- ② 生のデータの全分布を分析しながらパターン化を行ない、共通と思われる特性を示すデータの集合を一つのゾーンとする方法。

例えば、沖積粘土層の層厚分布を得ようとする場合、①はまず適当な大きさのメッシュ(100~500m)に対象区域を細分しておき、各メッシュ毎に土質調査データの平均的な層厚を対応させ、それによって層厚の地域特性を把握しようとする方法であり、②は直接各土質調査地点毎に層厚のデータを表示し、その後層厚分布の分析を行なうとする方法である。

ただし、①の方法はデータが対象領域全体に均等で十分に得られて偏りの無い場合に有効であり、今回のように必ずしも土質調査データの分布が均一でない場合、事前に適切な大きさと位置にメッシュを切ることが困難であると思われ、②の手法を用いる方がよいと思われる。地盤は、地表面下に立体的に分布しているので、その特性の分布も当然、三次元的となり、その平面および垂直分布を考慮する必要がある。従って上記の方法も平面および断面的に適用しなければならない。

2.1.2 地盤情報とその表示方法

(1) 地盤情報

地盤工学的性質には、ある深さの標準貫入試験とか採取試料に対応した地盤特性、例えば、N値、含水比、粒度組成、一軸圧縮強度などのように、各深度に対応して得られる『各深度対応』情報と、一つの地層としての特性、例えば、一軸強度の深度に対する増加率、その層の平均N値、層厚などのように、各層に対して与えることのできる『各層対応』情報、及びその調査点の地盤高のように各調査点に対応する『各調査点対応』情報とがあると考えられる。ただ、各深度、各層対応値はいずれも調査地点を抜きにしては存在しないため、必ず位置情報が付随している。また地盤標高も地表に一番近い地層の各層対応値とみなせるので、地盤情報としては

各深度対応値 + 調査地点

各層対応値 + 調査地点

の二つに絞ることができる。

(2) 表示方法

これら2種の地盤情報『各深度対応、各層対応』を視覚的に表示することによって、地域特性の抽出が容易に行える。視覚的にそれら物性値を表示する方法には、デジタル表示とアナログ表示がある。各々長短所を有するがデジタル表示の場合等コンター線などを併用しないと視覚的に捉えがたく、一方、アナログ表示では種々な方法が考えられるがその一例として特性値を円の大きさに表現したりする事により、視覚的にも無理なく理解できる特徴をもっている。今回は、等コンターを描いて分布特性を明らかにする方法を採用したために、デジタル表示を主体にして行い、その作図を助けるためにアナログ表示の図で全体の分布傾向を把握した。

広島港に対し行なった各特性によるゾーン区分は、まず沿岸に平行な断面とそれに直交する断面で、基本的な深度対応値の変化を検討し、採用したデータの信頼性の問題についてもこの段階で処理した。次に各層対応値を平面図上にデジタル表示でプロットすることによってゾーニングと地域性の考察を行なった。

3. 沿岸域の地層構成

広島市域の地層構成については表-1¹⁾のようになっているとされており、沿岸域でもこの状況は変わらない。対象海域の地層推定断面図を図-2,3に示す。これらから対象海域の地層は次のようになっていることが判明した。

対象海域の地層構成は海底から

沖積層	上部砂層	N値15以下の極めて 緩い中粒～細粒の砂
	粘土層	N値3以下の極めて 軟弱なCH粘土
	下部砂層	N値10～30の緩い砂、 礫混じり砂
洪積層	礫層	N値50以上の良く締 まった砂礫
	基盤	まさ土、風化岩から 花こう岩

表-1 地質学的区分と地盤地質区分との関係¹⁾

時 代	地 質 学 的 区 分		地 盤 地 質 区 分	
	名 称	性 質		
第 四 紀	沖 積 世	I 層	埋 土	最上部粘土層 最上部層Um
			有機質シルト	
		II 層	河成層・沿海堆積層 (広島砂層)	上部砂礫層US
	洪 積 世	III 層	上部 浅海堆積層 下部 (広島粘土層)	上部粘土層UC
		IV 層	上部 粗砂層、流積マサ層 下部 礫 層	下部砂層LS, LS'
	V 層	下部 礫混り砂質土層	基盤礫層B	基盤層
白亜期末期	基 盤	黒雲母花崗岩	風化花崗岩WG	

上部砂層は廿日市地区の陸寄り、八幡川河口部、草津地区の太田川寄りに見られる程度で今回の対象海域にはほとんど出現しない。N値も低く緩い砂である。

粘土層は厚さもあり広く分布している。この土質特性については後述する。下部砂層は粘土層に続いて出現し、対象海域全体に認められるが草津などの一部の地区には存在しない。N値も低く重要構造物の支持層としては期待できないが、沈下が許容されるような構造物なら摩擦杭の支持層として十分検討対象になる地層であり、この分布域についても後述する。この地層までが沖積層と推定される。

礫層は沖積基底礫層とも呼ばれるもので、この層は日本全域で同時期に堆積したとされている最終氷期の河成

堆積物に相当すると言われている。¹⁰⁾ 標準貫入試験N値は総て50以上を示し、支持層として十分な強度を有している。ただ層厚についての十分な情報が今回のデータからは得られなかった。ただ、海田湾には対応する深度にこの礫層が見られなく砂層が深くまで続いている。

基盤岩は宇品地区の中宇品付近や、五日市地区の陸域などで出現するが、一部地上の状態からは思いがけない所に比較的浅くに見られる場合もある。今回収集したボーリングの調査深度がいずれも30m～40m程度で、深層の地層構成の把握は出来なかった。

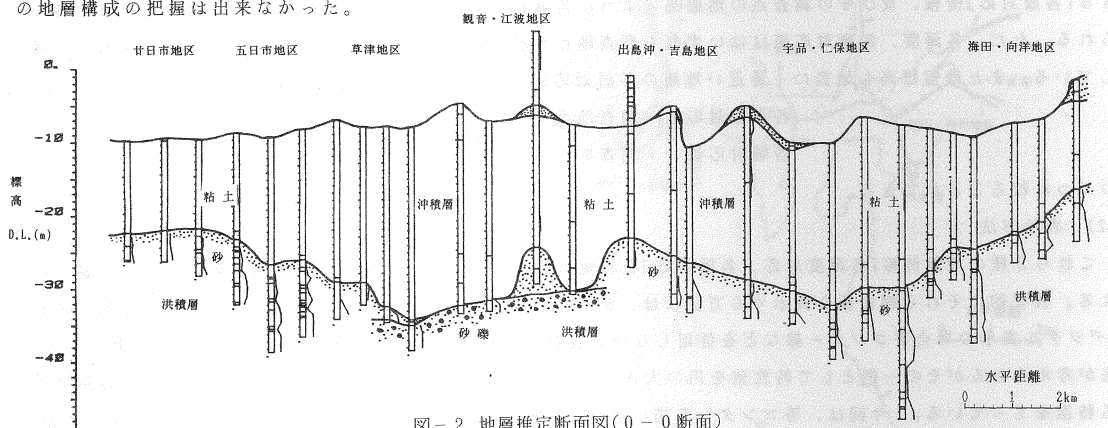


図-2 地層推定断面図(0-0断面)

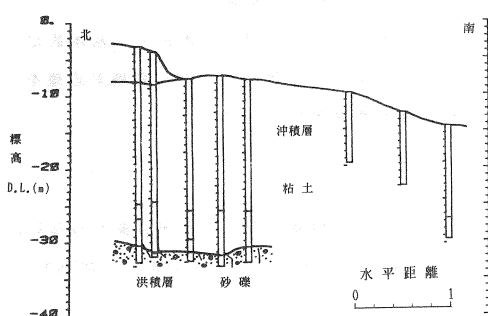


図-3 (a) 地層推定断面図(D断面)

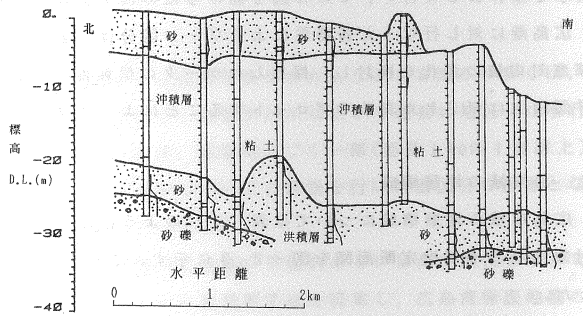


図-3 (b) 地層推定断面図(E断面)

4. 地盤情報の『深度対応値』分布によるゾーニング

地盤情報の深度対応値に基づくゾーニングを行なった。ゾーニングに用いた深度対応の土質特性は、物理特性として粘土分含有量、自然含水比(W_n)、液性限界(W_L)と、力学特性として一軸圧縮強度(q_u)、圧密降伏応力(P_c)、圧縮指数(C_c)を取り上げた。

その結果について個々の特性毎に説明する。

4.1 粘土分含有量

粘土の力学的性質を大きく左右するものは、粘土の鉱物組成や粒度組成、含水比、コンシステンシーなどの物理的性質と応力履歴といわれている。しかしながらその粒度やコンシステンシー特性を支配するのは粘土鉱物や間隙水の性質などであるが、コンシステンシーも粒度の影響を受けるので、普通の土質調査で利用できる範囲内の情報という点から考えると、粒度組成が最も基本である。そこで粒度組成が土質特性のゾーニングを行なう場合の有力な武器になると考え、図-4に粘土分の含有量の深度分布図(アナログデータ)を作成した。これによると地域特性が読取れそうではあるが、この分布を詳細に検討すると、地域性以上に試験のバラツキの影響が顕著に見られるようである。明らかに五日市から草津地区にかけて粘土分含有量が急減していたり、仁保地区から海田地区では少ないゾーンがあるが、他の土質特性(自然含水比、液性限界)には、このように急変する状況が見られないことから(図-5, 6 参照)、粘土含有量の変化は試験バラツキの影響によるものと考えざるを得ない。従って、粘土分含有量の等値線図は作成せず、ゾーニングも行なわなかった。今回は特にゾーニングの指標としての

粘土分含有量の値が、試験誤差の影響が大き過ぎて他の物理的性質に比べて低いと考えられたが、これはどのような地方、地域においても成り立つ事ではないと思われる。

しかしながら、このような試験の誤差も考慮に入れて全体を考察すると、廿日市地区から草津地区にかけてと、仁保地区から海田地区にかけては粘土分含有量が多く、観音地区から宇品地区にかけての中央部は粘土分含有量が少ないようである。

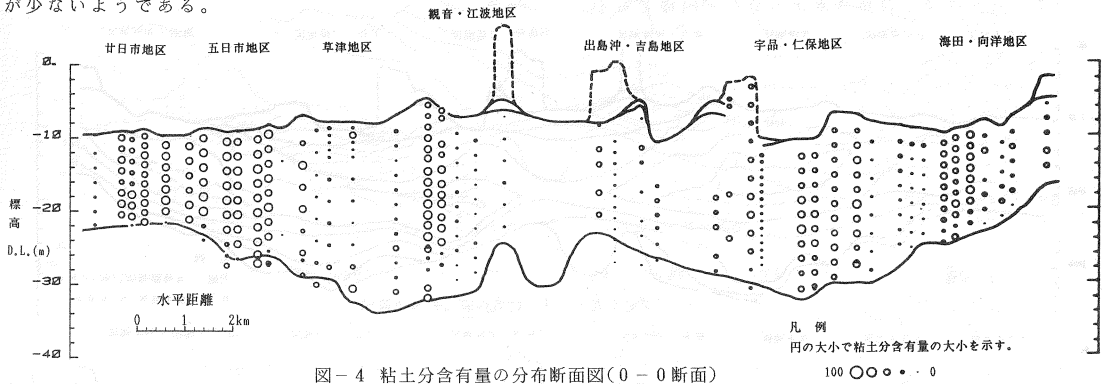
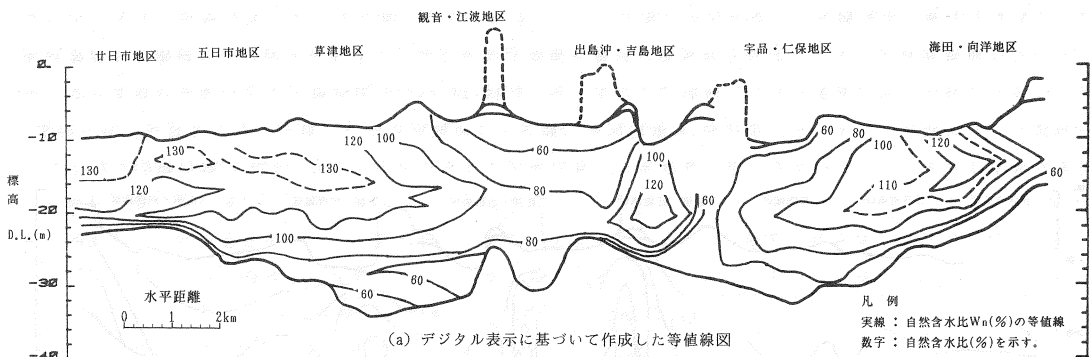


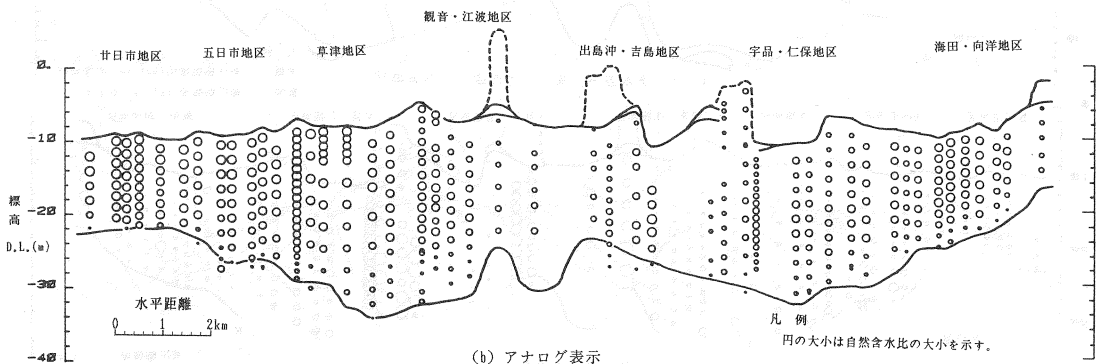
図-4 粘土分含有量の分布断面図(0-0断面)

4.2 自然含水比(W_n)

自然含水比(W_n)の深度分布を断面的に等値線で示したのが図-5である。図をみると $W_n=130\%$ 以上の高含水比の層を有するのは、新太田川より西の区域のみで五日市や草津地区では $W_n=120\sim130\%$ の層が広く分布し、これについて仁保・海田地区も含水比が高い。全体的には広島湾の東側と西側で含水比が高く、太田川河口の中央部になるほど含水比は次第に低い傾向を示す。その他に草津地区や海田地区に見られる特徴的な事は深度方向の分布で最大値のピークを示す深度(標高)が湾の中央寄りになるほど深くなっている点である。これは湾内で最も粘土らしいものを堆積させた堆積環境が時代と共に平面的に移動したのか、あるいは堆積後に湾の中央部が地殻変動により沈降したものか今後の検討の課題である。



(a) デジタル表示に基づいて作成した等値線図



(b) アナログ表示

図-5 自然含水比(W_n)の分布断面図(0-0断面)

4.3 液性限界(W_L)

液性限界(W_L)の分布を図-6に示す。自然含水比(W_n)と同様な分布形態を呈しており、 W_n の場合と同じく湾中央より西側で高液性限界を示し、 $W_L=130\%$ 以上の層が広く分布する。特に草津地区付近では $W_L=140\%$ 以上に達するものもある。また海田地区でも高液性限界にあり、太田川河口の中央部が若干低くなっている。深度方向の分布のピーク値は自然含水比の分布と同様である。

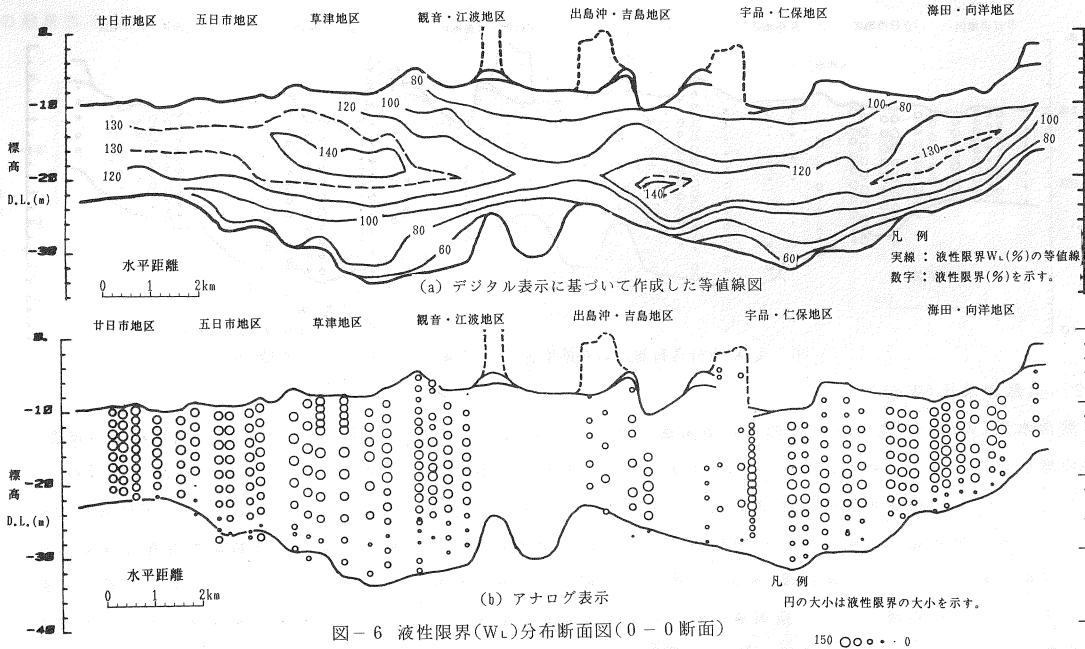


図-6 液性限界(W_L)分布断面図(0-0断面)

4.4 一軸圧縮強度(q_u)

図-7をみると湾中央の観音・江波地区の一部から宇品・仁保地区の一部にかけて、 q_u が極端に大きくなっているがこれは地盤高が高くそれによる応力増加の影響で強度が増加しているようである。その両側は等値線がほぼ平行に並んでおり、 q_u が深度とともに増加している。 $q_u=0.4(\text{kgf/cm}^2)$ の等値線に注目してその動きを追うと、海田地区から宇品地区にかけてと、五日市、草津地区から観音・江波地区にかけて線が上向いており、 q_u の深度に対する増加は大きいことがわかる。逆に草津地区、海田地区ではそれが少なく q_u の小さい層が幅広く存在する。

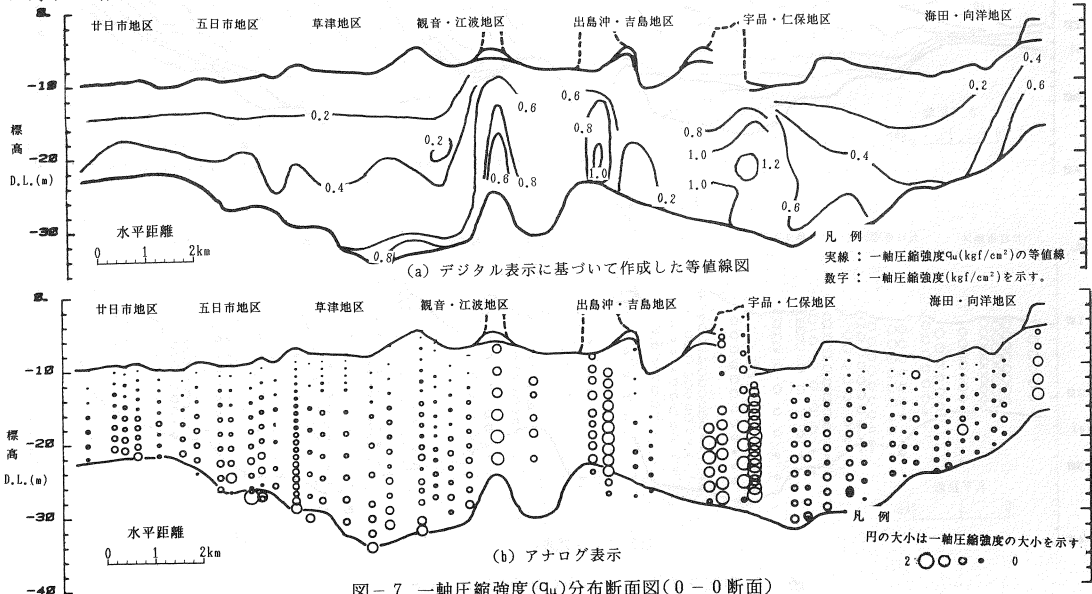


図-7 一軸圧縮強度(q_u)分布断面図(0-0断面)

4.5 圧縮指数 (C_c)

図-8に見られるように C_c の分布は沖積層の上下に至るほど小さく、層の中央部から若干下寄りで大きな値を示し、それは五日市地区、草津地区で最も大きく $C_c = 2.0$ 以上にある。

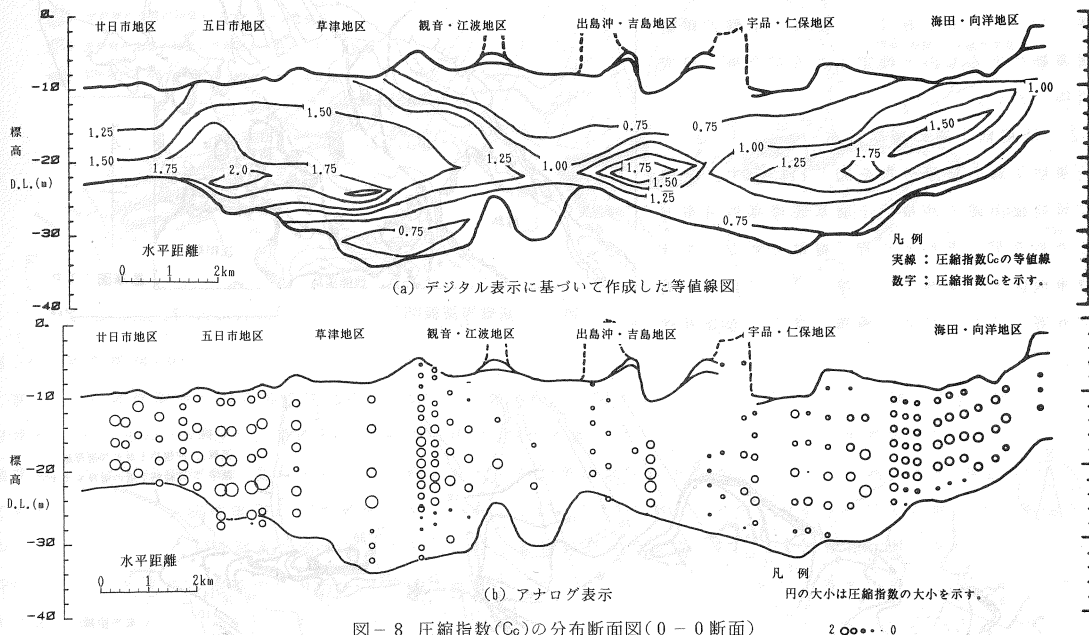


図-8 圧縮指数(C_c)の分布断面図(0-0断面)

5. 地盤情報の『層対応値』の平面分布によるゾーニング

『深度対応値』の断面表示による地域特性の検討の結果、陸から海域にかけては対象領域が1~3kmと短いこともあって大きな変化は見られなかった。しかし海岸に沿った地域では土質工学的性質に違いが見られたので、『層対応』の土性を中心にして平面分布の検討を行う。検討に用いた層対応の土質工学的性質は、地層特性として沖積粘土層基底標高、沖積粘土層厚、支持層の土質と標準貫入試験 N 値、物理特性として液性限界(W_L)、力学特性として一軸圧縮強度(q_u)と深度(Z)の比(強度の深度増加係数)、圧密降伏応力(P_c)と土被り圧($\Sigma P_v \cdot Z$)の比(過圧密比($O.C.R.$))である。その結果について個々の特性毎に説明する。

5.1 沖積粘土層基底標高

沖積粘土層の基底深度を標高で表示しその平面的な分布を見たのが図-9である。ただし、ここでは沖積粘土層の基底として粘土層とその下の砂質土層との境界を採用しているため、厳密に沖積層と洪積層の境界を示していない。しかし、この境界から N 値の大きな砂質土層が出現しているので、利用上の便利さを考慮してこのような図としたものであり、将来は地質学的に検討して決めるべき性質のものである。

全体的な傾向は現在の海岸線にほぼ平行に沖に向かって深くなっている。しかしながら、仁保地区には盆地状に深い部分があり、山が海岸に迫っていることから考えて、急激に深度を増しているものと推定される。また、草津地区は基底の深い部分が奥に食い込んだような分布をしている。この形状は図-10に示す広島湾の音波探査

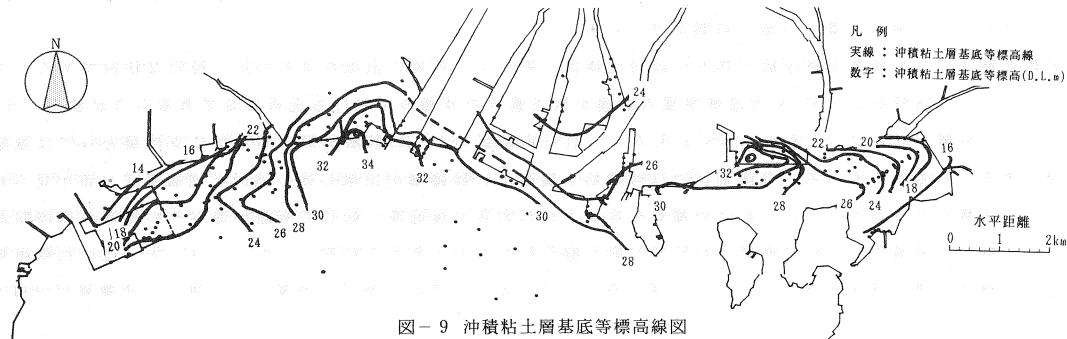


図-9 沖積粘土層基底等標高線図

結果³⁾とも一致しており、沖積粘土層の堆積が始まる前の広島平野を流れていた河川(図中太い破線)の存在を示唆している。この部分が一番深くなっていることについては、基盤の傾動、断層運動によるものと推定されるが今後の研究に期待したい。

5.2 沖積粘土層の層厚分布

沖積粘土層の層厚分布を図-11に示す。全体的な傾向は上述の沖積粘土層基底標高の分布と同じであるが、それより若干複雑である。やはり草津地区と仁保地区では厚くなっているが湾中央に近寄ってもこれより極端に厚くなることはない。

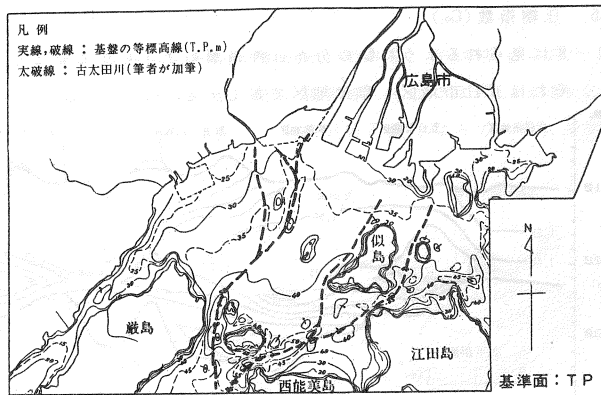


図-10 基盤等深線図³⁾

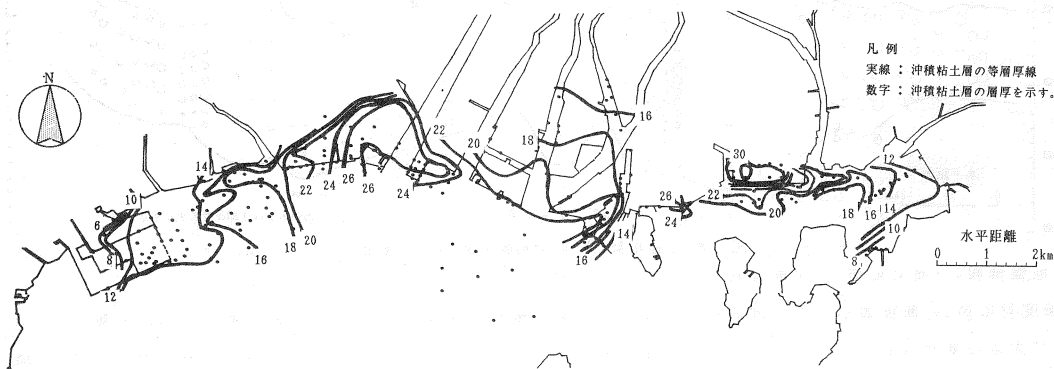


図-11 沖積粘土層等層厚線図

5.3 支持層の土質とN値分布

沖積粘土層の下位に分布している砂質土層は、広島市の陸域から海域にかけて広く分布していることが知られている。しかし、この砂質土層は緩い砂が出現したり、良く締まった砂礫が粘土の直下に現れたり複雑な様相を呈している。そこで、沖積粘土層に続く砂質土層の土質と標準貫入試験N値の分布を図-12に示した。

これを見るとN値の高いのが草津地区、観音・江波地区、海田・向洋地区と内陸地区で、低いのが廿日市地区、五日市地区、仁保地区である。また、土質別の出現地区を見ると、

砂層・・・廿日市、五日市、草津北西部、出島、仁保、海田地区

礫混じり砂・・・廿日市、五日市、仁保、海田地区

砂礫・・・草津、観音、江波、出島沖、仁保、海田地区

となっている。これとN値の相関は

砂層・・・N値=10～30、 礫混じり砂・・・N値=20～50、 砂礫・・・N値=50以上、

となっており、N値に土質との強い相関が見られる。

広島平野下のこの砂質土層は粘土直下に砂層が続く、その下に砂礫の出現を見るのが一般的な状況であるとされている。¹⁾ 今回解析したデータには標準貫入試験が粘土直下の砂層の中で打ち止めにしてあるものが多く、それによってN値が低くなったものも多い。しかし、廿日市地区のように砂層が厚く明らかに支持層としては強度不足と考えられるものもある。草津地区では沖積粘土層直下に砂礫層が出現し他の地区と地層構成に差が見られ、明らかに不整合を成している。これは砂礫層を堆積させた大きな海退後、転じて海進が進みその海進の停滞期あるいは一時的な海退時に、一旦堆積した砂層が削り取られたものと考えられる。このことは、先に述べた草津地区では沖積粘土層の基底が深くなっている事と符号している。いずれの地区も砂層の下に続いて砂礫層が出現するようである。

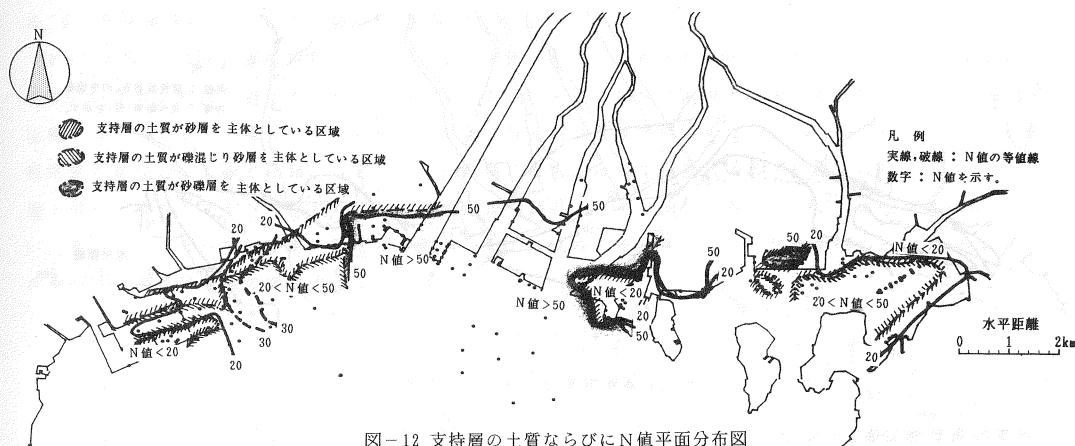


図-12 支持層の土質ならびにN値平面分布図

5.4 液性限界(WL)

図-13の液性限界の分布を見ると、廿日市、草津、海田地区が大きくなっており130%を越える所がある。廿日市から五日市にかけてと、草津地区の液性限界は130%を越えており、海田湾でも130%前後の値を示している。向洋地区では等値線が陸に食い入るような傾向を示すが、草津地区ほど大きくはない。自然含水比(Wn)についても図は示さないが液性限界の分布傾向と全く一致している。このような分布には粘土の粒度組成との相関がみられるようなので、土質調査の標本資料を用いて粘土鉱物の分析も実施した。その詳細は省略するがX線回折分析によって広島湾周辺地盤中に含有される粘土鉱物を分析した結果、含有粘土鉱物の種類と量について、大略次のようにまとめることができる。

- (1) イライト系の粘土鉱物が全域にわたって広く分布している。
- (2) 太田川放水路より西岸ではイライト系を中心にモンモリロナイト系の粘土鉱物が多く見られ、カオリン系の粘土鉱物は比較的少ない。ただ深層にはカオリン系も多い。
- (3) 太田川より東岸ではイライト・カオリン系の粘土鉱物が多く見られ、モンモリロナイト系は比較的少ない。混合層粘土鉱物もみられている(仁保、似島地区)。

モンモリ系は他のイライト、カオリン系に比べて鉱物粒子がかなり小さく、その大きさはカオリンやイライトのほぼ1/300から1/60でいどであり、モンモリ系の土はこのため界面活性も活発で、含水比、液性限界などのコンシステンシーも大きくなることが知られている。自然含水比、液性限界の分布は上述の粘土鉱物の種類とその分布から説明できそうである。

モンモリ系が広島湾の西部に多いことについては、次の二つの理由が考えられる。普通モンモリ系の粘土鉱物は母岩が古生層や段丘堆積層の場合に多いとされており、

- ① 西岸に流入する河川(例えば八幡川など)によってモンモリ系の粘土鉱物が運搬され堆積した。この場合には後背地に古生層や段丘堆積層がモンモリ系粘土鉱物の供給源として必要である。
- ② 太田川水系によって運搬された、イライト、カオリン、モンモリ系の粘土鉱物が湾内の潮流によって分級され、一番粒子の小さいモンモリ系粘土鉱物が太田川の河口より遠い西岸まで運搬され堆積した。

この二つの理由の内、西岸に流入する河川の水系には古生層が存在せず、太田川の上流には古生層が分布しているし、その流域には段丘堆積層も分布していることから考えて、①より②の可能性が高いと思われる。粘土鉱物がこのような海流による分篩作用や差別凝集を受けて堆積をすることは堆積環境にも影響されるが、我が国でも東京湾、有明海、石狩湾では河口より遠方ほどモンモリロナイトの堆積が多くなっていることが報告¹¹⁾されており、広島湾内でもこのような堆積をしたものと考えられる。

他の土質特性の分布もこのような傾向を示しており、土質特性に粘土鉱物が大きな影響を与えていることが明らかである。

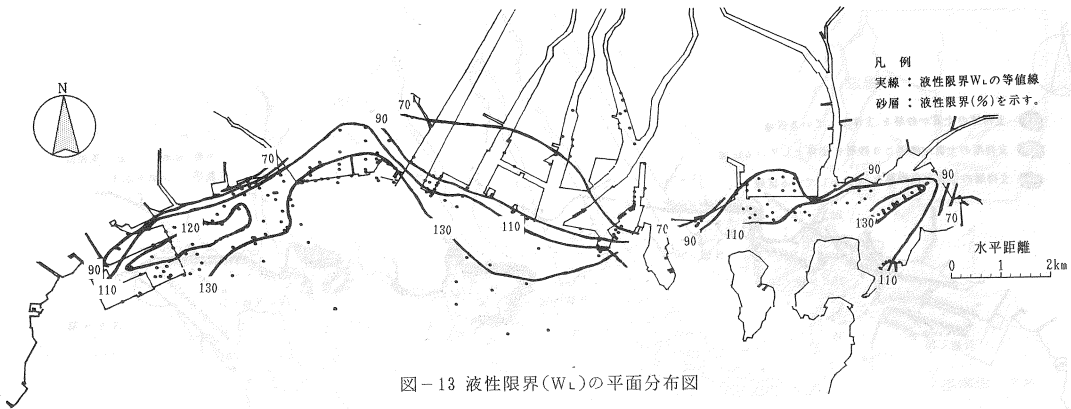


図-13 液性限界(WL)の平面分布図

5.5 強度の深度増加係数(q_u/Z)

一軸圧縮強度の地区別の分布を見ると図-14のように深度と共に増加する傾向を示しているの、その強度特性を次式で表し係数Kを強度の深度増加係数と呼ぶ。

$$q_u = K \times Z$$

ここで q_u : 一軸圧縮強度(kgf/cm²)

K : 強度の深度増加係数

Z : 深度(海底面を原点とする。単位 m)

この強度の深度増加係数の分布を図-15に示す。廿日市から草津地区にかけてと仁保地区、海田地区の深度増加係数が他地区に比べて小さくなっている。この地区は含水比、液性限界ともに高くそのために強度が小さいものと考えられる。

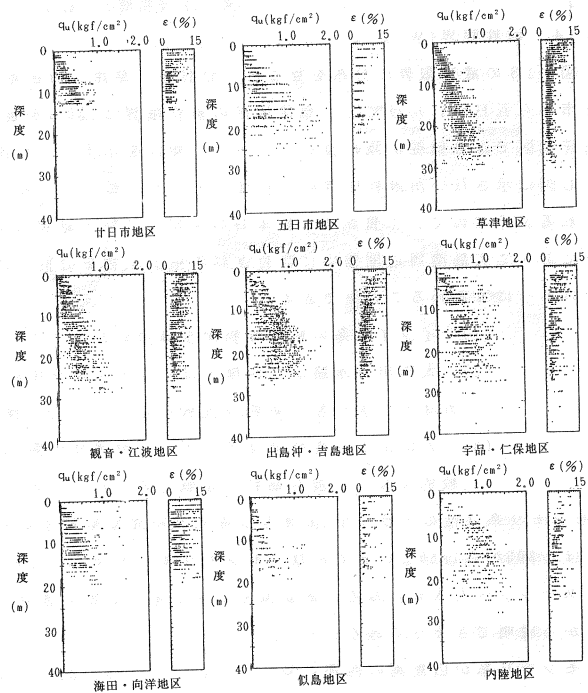


図-14 一軸圧縮強度(q_u)の地区別深度分布図

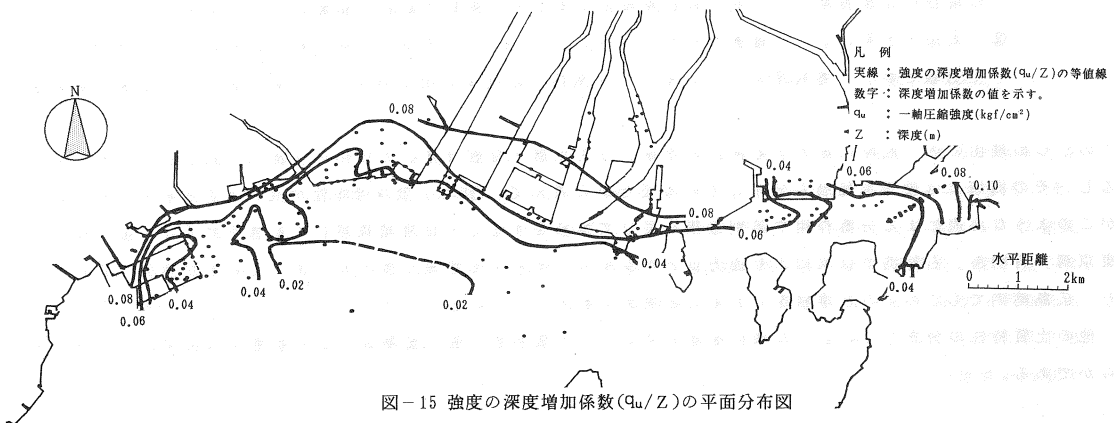


図-15 強度の深度増加係数(q_u/Z)の平面分布図

5.6 圧密降伏応力(P_c)と土被り圧($\Sigma R \cdot Z$)の比

P_c と $\Sigma R \cdot Z$ の比は過圧密比(O.C.R.)ともいわれ、粘土の圧密状態を表す指数である。このO.C.R.を図-16に示す。いずれの地区も過圧密状態にあり、五日市地区と江波地区の沖合で正規圧密状態と思われる値を示す。過圧密とは言っても圧密降伏応力と土被り圧の差で与えられる過圧密荷重は $1.0 \sim 3.0$ (tf/m²)であり、実用上は正規圧密と見なしても殆ど問題にならない。広島湾の海面は縄文海進以後若干の低下は見たが、ほぼ現在の海面と同じと言われており、洪積層のように堆積面の陸化や、地下水位の低下による過圧密状態になったこともない。そこでこのような過圧密状態を示す原因としては続成作用を種とする年代効果(aging)によるものと考えられるが、この点は今後の課題である。

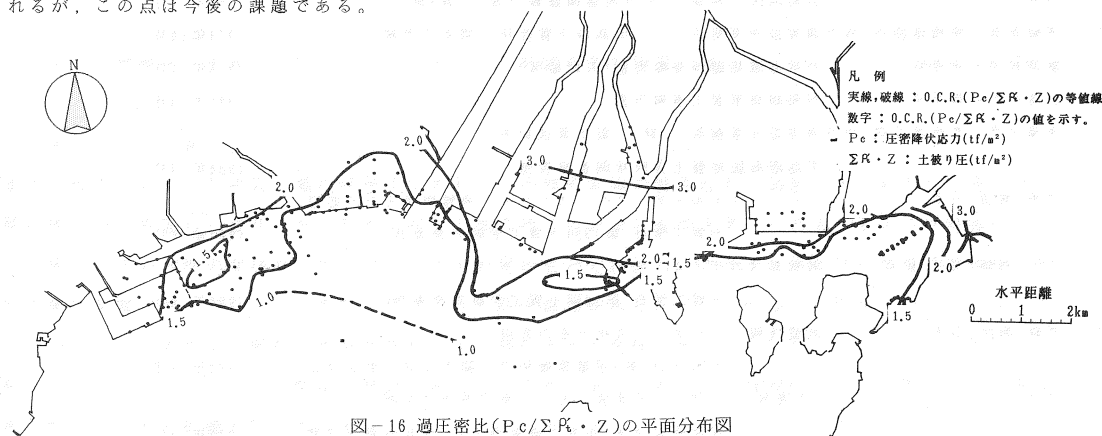


図-16 過圧密比($P_c / \Sigma R \cdot Z$)の平面分布図

6. 結論

以上の検討結果、広島湾の沿岸域の沖積粘土層の土質工学的性質は次のような事が明らかになった。

- (1) 廿日市から草津にかけての沖積粘土は、粘土分が多く、含水比、液性限界も高く軟弱で、次に海田湾がこれに続き、太田川河口の観音、江波、出島沖がもっとも粘土分が少なくシルトに近くなっている。
- (2) 沖積粘土層から砂礫層に層変わりする地域と、沖積粘土層から砂層を経て砂礫層に変わる地域の二つのパターンの分布が明らかになった。粘土層から砂礫層に変わる部分は一旦堆積した砂層が侵食された河川の跡と推定され、古太田川と呼ぶべきものと考えられる。
- (3) 支持層として期待される基底礫層は海田湾を除いて総ての地区に出現すると推定されているが、今回収集したボーリングはいずれも調査深度が20m~40m程度なので、必ずしもこれを裏付けことが出来なかった。
- (4) 粘土鉱物の分析結果から、廿日市~草津地区にはモンモリ系が多く、太田川放水路から東岸ではカオリン系が多くみられ、地域的な土質工学的性質の違いを説明する事ができる。
- (5) 沖積粘土の地域的な土性の差は、粘土の堆積過程で海流による分篩作用によるものと推定され、供給河川源の差によるものではない。
- (6) 太田川水系によって運搬された土砂は湾内に堆積する過程で、粗粒土の礫、砂は現在の既成市街地の部分に堆積し、現在の海域にはほとんど見られない。一部廿日市地区に見られるが、これは太田川水系の運搬土砂ではなく、後背地の中小河川からの供給である。細粒土のシルト、粘土はほとんどが太田川水系からの供給と推定される。

7. 今後の課題

今回、整理解析したボーリングデータは沿岸域にとどまっており、さらに沖合のボーリングデータ等に基づいて湾全体の解析を行い、陸域と海域の結合を行う事が必要になる。

広島湾の地盤情報は沖積層や支持層に浅のものに限られており、今後は深層地盤の解明が必要と思われる。特に洪積層に関する情報は極端に不足しておりこの面の発展を強く望むものである。近年大阪湾の埋立地では洪積層の沈下が問題¹²⁾になってきており、洪積層があるところでは、地下水汲上げによっても沈下が発生する事が知られており、広島地域でも今後問題になる可能性がある。

8. 謝辞

最後に、粘土鉱物のX線回折に御骨折り頂いた京都大学工学部、嘉門助教授に謝意を表します。また、この研究を進めるために、貴重なデータの御提供を頂いた、広島県、広島市、東洋工業(株)、三菱重工業(株)の各位にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 建設省 広島地区の地盤 - 都市地盤調査報告書 - 第5巻 1964年 1月
- 2) 運輸省第三港湾建設局 神戸調査設計事務所 広島港土質性状に関する考察 1974年10月
- 3) 建設省国土地理院 沿岸海域基礎調査報告書(広島地区) 1975年 1月
- 4) 広島市西部開発局 西部開発事業工事報告書 1982年 3月
- 5) 運輸省第三港湾建設局 神戸調査設計事務所、(財)大阪土質試験所
広島港海底地盤土質特性調査報告書 1984年 3月
- 6) 岩崎、諏訪、山本 リレーショナル・データベースとしての地盤情報とその応用
土質工学会 第19回土質工学研究発表会 1984年 6月
- 7) 吉川、岩崎、田居、松崎 滋賀県域のサイスミック・ゾーニング(その1)
土質工学会 第19回土質工学研究発表会 1984年 6月
- 8) 岩崎、諏訪、山本 地盤情報のデータベース化とその応用
土木学会 第9回電算機利用に関するシンポジウム 1984年11月
- 9) 清水 "沖積層"の土質工学的性質—とくに東京港地区を例として—
日本地質学会 地質学論集第7号 日本の海岸平野 1972年12月
- 10) 井関 沖積平野 東京大学出版会 1983年 5月
- 11) 林、石井 鉱物組成からみた沖積層の堆積環境
日本地質学会 地質学論集第7号 日本の海岸平野 1972年12月
- 12) 渡辺、水間、田中 神戸港の洪積層について 土と基礎 Vol.31, No.6 1983年 6月
- 13) 長野 広島湾発展史 中央書店 1982年 6月
- 14) 広島県地学のガイド編集委員会 地学のガイド - 広島県 - コロナ社 1979年 6月
- 15) 広島市 広島新史 - 地理編 - 1983年 8月
- 16) 建設省太田川工事事務所 太田川改修三十年史 1963年
- 17) 前田 縄文の海と森 蒼樹書房 1980年 7月
- 18) 小川、松本 港湾地域における土の工学的諸係数の相関性
運輸省港湾技術研究所報告 第17巻3号 1978年 9月
- 19) 三木、斎藤 土の工学的分類とその利用 鹿島出版会 1979年 9月
- 20) 土質工学会 土質試験法(第2回改訂版) 1979年12月