

運輸省西港湾建設局

正会員

多田 義雄

,

,

〇 浜崎 寿夫

,

,

小藏 純一郎

1. まえがき

軟弱地盤上での岸壁の施工例は最近特に多くなっており、現場技術と土質力学理論は補い合いながら急速に進歩してきた。しかし現場施工において多少問題が発生しており、この解決のため勇断をせざるを得ることが多い。

佐世保港前地盤において-10m岸壁の施工を完了した(図-1)。基礎地盤は典型的な軟弱地盤で、-10mに傾斜岩盤を伴っている。

この岸壁の施工中移動、沈下の問題が起き、その対策について種々の方法を考えた。ここではその時に考えた原因と対策について報告する。

2 当初設計の概要

岸壁築造前後に図-2のヶ所にボーリングした結果の一部を図-3、4に示した。在来地盤は約-11mで、粘着力 $C_u = 0.3 + 0.075 \times \text{m}$ (基線-14m) の軟弱層が10m余り堆積しており、その下は砂岩又は頁岩の硬い基盤となっている。しかし岸壁面は海側に5°~16°傾斜している。

基本設計において、岩盤面の凹凸が激しいことから重力式(セルラー)に決定し、軟弱層は屑石に置換えることに決定した。底面置換え中は従来行なわれている底版中に置換え高さを加えた程度も考えた。

3. 施工経過と本体の移動

昭和40年度工事を着工し、昭和42年度迄に1バースをほぼ完成する予定でセルラー塊の製作及び据付け、裏込屑石の投入、上部コンクリート等殆んど完了し、管理者による埋立工事の進捗につれて岸壁の不等沈下、法線の移動(図-5)という現象が生じたが、こ

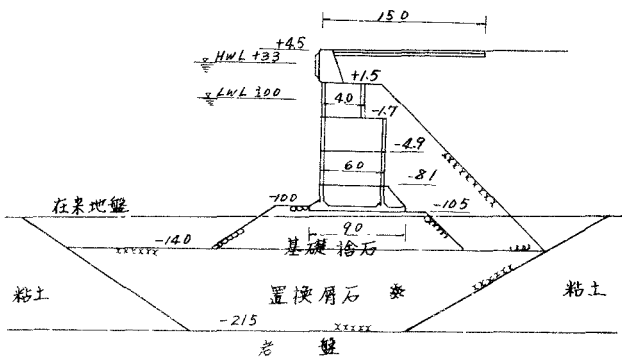


図-1 標準断面図

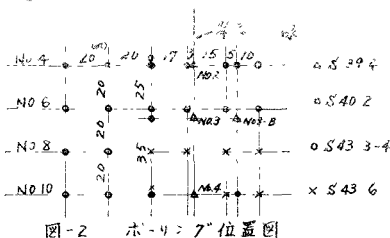


図-2 ボーリング位置図

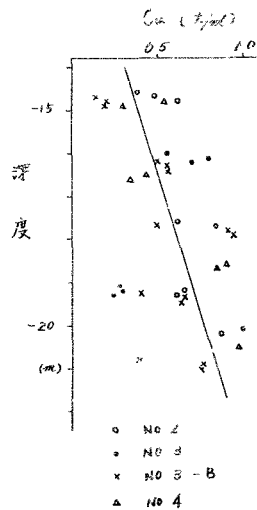


図-3 一軸圧縮試験

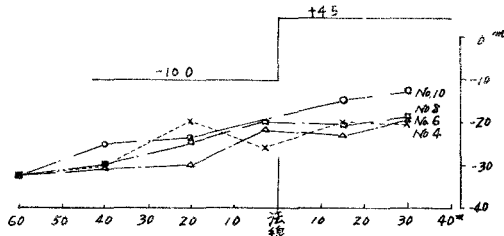


図-4 岩盤状況図

れに至るまでの年度別施工状況は表-1の通りである。移動後図-2で示した個所につき、地質調査を行なった結果を図-7に示す。背後埋立の専下層の粘土層は圧密され粘着力を増している。

表-1 施工経過

工種	数量	昭和 40 年度					昭和 41 年度					昭和 42 年度				
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
床堀	31,860 ^{m³}	31,860 ^{m³}														
置換屑石	19,960 ^{m³}	19,960 ^{m³}														
基礎屑石	9,813 ^{m³}						9,683 ^{m³}					130 ^{m³}				
塊製作	187 ^ト	55 ^ト					18 ^ト					70 ^ト				
塊据付	185 ^ト						143 ^ト					42 ^ト				
中詰め石	7871 ^{m³}						5331 ^{m³}					2560 ^{m³}				
裏込屑石	14571 ^{m³}						7,311 ^{m³}					7260 ^{m³}				
上部コン クリート	383 ^{m³}											383 ^{m³}				
裏込工砂 (管理者)												10,000 ^{m³}				

4. 移動原因について

移動原因として考えられる点は

(1) 岩盤面に沿った斜面すべり

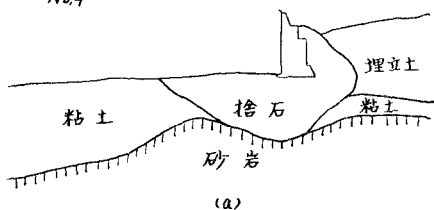
図-8(a)の如く、埋立をするにつれて背後に土圧を生じ、それによって岩盤面より上部のもの全てがその面に沿ってすべりを生じた。

(2) 屑石が前面、後面へめり込み、配列を換えることによる移動

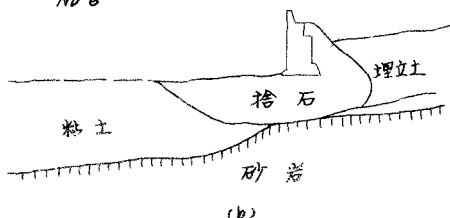
図-8(b)の如く、埋立をするにつれて鉛直荷重、水平荷重が加わり、屑石がシルト層の中へめり込み、沈下、水平移動が生じた。

置換屑石の圧縮、剪断変形は短時間に終了する。然るに、移動量時間曲線(図-8)を見ると相当長期にわたって移動している。粘土層

No.4



No.6



(b)

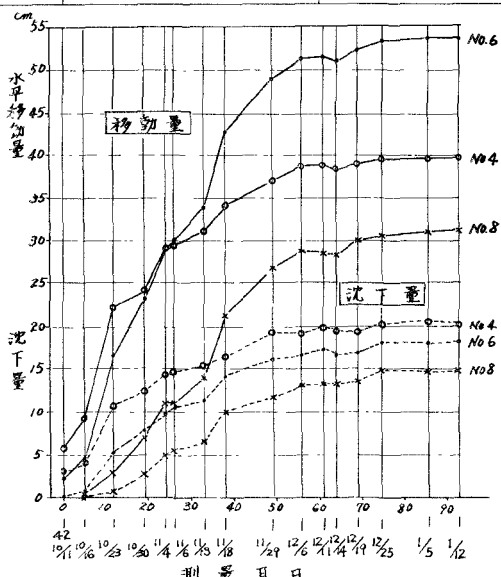
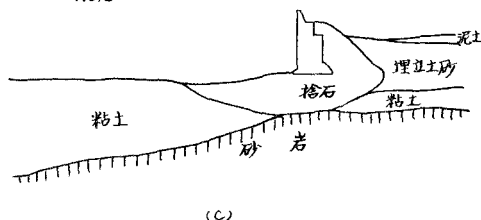
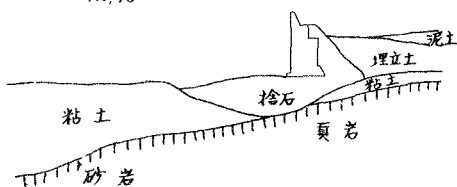


図-6 移動量と沈下量
No.8



No.10



(d)

図-7 移動後地質調査より求めた想定断面図

へのめり込みによる移動は多少考えられるが、前面粘土層へのめり込みはがえって (1) の原因による斜面すべりによって二次的に起る。

斜面すべり分析を移動の大きい代表的な No.6 (取付点より 60m) の地点について行なう。

(1) 堤体移動が始まった時点

背後埋立土の進捗につれて移動し、-20m 位まで進んだ時、移動量が大きくなったため、施工を中止し、対策を考えた。図-9 に示すように Section A, C で切ったこの内部が変形の小さな一つの物体と考えて解析した。主効土圧、受効土圧については従来の方法を求めているので大きい違いは無いものとする。問題は岸壁と置換え屑石との面での摩擦抵抗である。この状態での安全率を 1 とすれば摩擦係数は 0.3 となる

(2) 堤体移動の停止

埋立土の荷重によって下部の粘土が圧密され、粘着力を増して主効土圧が減少し、移動が停止したものと思われる。

(3) 岸壁完成時

完成時埋立土下部の粘土は圧密され粘着力が増すが、圧縮量を 2m とし、粘着力は $C_u/p = 0.3$ とし 50% 増加を見込んだ。残留水位は +1.1m とし主効土圧、残留水位も求めた。受効土圧はすべり移動によって少々圧密による増加があると考えられるが、横方向圧密であり不明な点も多いので見込みなかった。岩盤面での摩擦係数は 0.3 とすると 20 程度の移動荷重がかかることになり不安定となる。

今回の移動、沉下現象を起したメカニズムは以上のことから傾斜岩盤上の這りと判断出来るが、この様な事態になった要因として、設計上

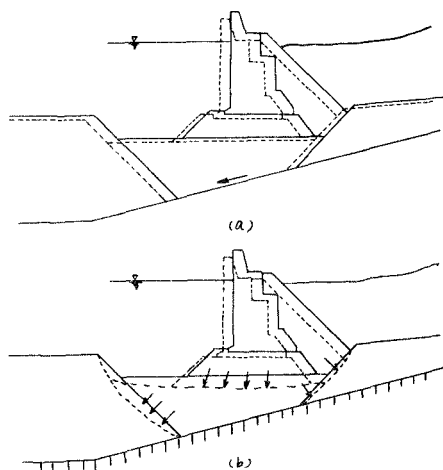


図-8 移動原因

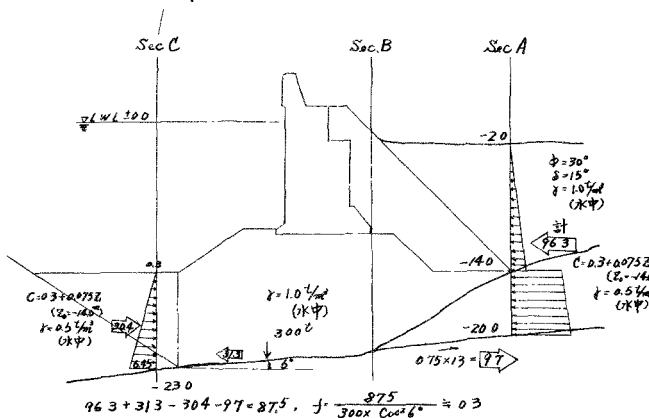


図-9 堤体移動が始まった時点

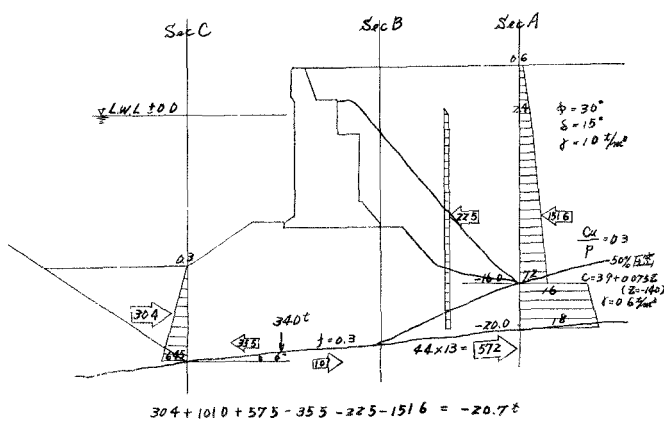


図-10 岸壁完成時

の問題点では実際の出来より置換に於いて軟弱粘性土が床掘断面に流れて来ることに對する基礎の安定チエーフを必要としたこと、これと関連するが、施工上の置換断面の出来上りの問題、更には裏埋土質及び裏埋施工手順とその時点でのチエーフが充分でなかったことがそれぞれ要素因として考えられる

5 対策工法について

各種復旧工法について設計施工上の問題点を記すと共にその工費等も表-2により比較する。

各対策工法には一長一短があり、しかもこれらでの検討が充分に解析的になされているとは云えない。しかし、前述の如く、強度は時間が経過して増加しており、現体移動が始まった時点の安全率に比べて幾らかは増加しているものと考えられる。その算出は難しく、法線前後に於ける掘削、サンドパイルの打込み等は、危険を伴うものと思われる。現状よりも悪い状態にしなければ少くとも安全率は1以上となることから背後残橋梁が有力となった。しかし鋼管の打込みに問題があり試験打ちを行った。打込み可能なことが判明し、図-11に示すような断面で対処することを決定した。

6 寸すび

施工実績により生じた現象面での解折に焦点を合わせて検討したものであるが、問題は種々の仮定を設けてこれにもとずいて設計々算し、結果を出し、その妥当性を論じている点である。もちろんこの仮定は土質調査、試験、現在までに報告されている資料、理論式、港湾技術研究所の指示等によって決定したものであるが、設計々算にこの値、考え方を導入するには相違の協議と決断を要した。

表-2 各種工法の比較

工 法	設計上の問題点	施工上の問題点	工費
1 サンド・ドレーン	・成孔時の円熟すべり。 ・円熟すべりに於てサンドパイルを計算にのせられるか。 ・岸壁法線の移動は更に40cm内外はあるであろう。	・后曳砂又は土留の供給上の問題 ・土留が非常に軟弱でサンドパイルと数秒との間の問題 ・振動の影響 ・夜間作業は、4.4.3条に完了しない	400/m 1,600
2 前面置換	・壁体を除去しないと安定は保たれない ・摩擦係数のとり方	・水深-20m〜30m程度に於いて岩盤掘削は出来るか ・又シルトの除去は完全に出来るか	1840
3 完全なやり直し	・摩擦係数のとり方	・前面置換と同じ	2040
4 サンド・コンパクション	・粘性土に適用は少ない ・合成地盤の考え方 ・岸壁法線の移動は更に40cm内外はあるであろう ・粘着力の増加は考えられぬ	・振動の影響	
5 滑り止め杭	・計算方法に仮定が大きくなる ・ア・クエアクションとしての効果	・このような工法を採用している例がない ・屑石及び岩盤面に打ち込む事が出来るか	1,400
6 背後掘削又は残橋式(主軸土圧を減じる式)	・土圧の算定が難しい	・掘削時に鋼管が打ち込めるか ・増設の鋼管 矢板が打ち込めるか	920
7 フライットで引込む	・設計々算のやり方 ・一点を引込んでも回転が起るのではなか	・取り付け方法 ・背後の擁壁の取付が困難 ・取り付け位置	
8 ニューマチック出(掘削前面に施行)	・アラックマンの問題 ・掘削とどの程度に出来るか ・掘削地行中	・施行中に於ける安全率 ・当初より水深-10mよりあるの20mより掘削を製作しなければならぬ	1,800
9 導液注入 モルタル注入	・設計々算のやり方 (強度を計算)	・屑石及び岩盤面に残っているシルト部分の処理	
10 背面に上部空洞式			

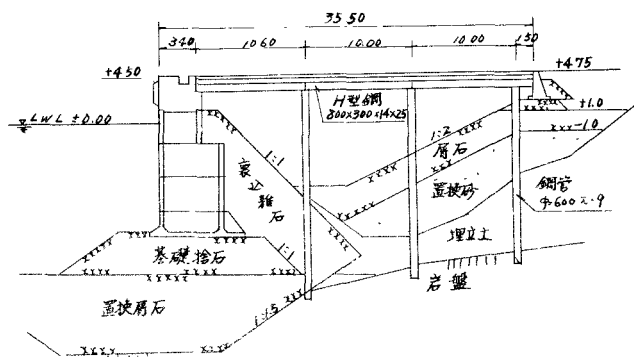


図-11 標準断面図