

岸 本 勝

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 149 Dec. 1972

海岸堤防の劣化指標について

古土井 光 昭
井 口 元 治

運輸省港湾技術研究所



海岸堤防の劣化指標について

目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. 海岸堤防の劣化	4
3. 海岸堤防の劣化とその指標	5
3.1 海岸堤防および護岸の被災原因	5
3.2 海岸堤防の破壊過程と堤防の外見にみられる変化(表徴)	7
3.3 海岸堤防各部の外見にみられる劣化指標	14
4. 海岸堤防・護岸の劣化についての現況調査	18
4.1 海岸堤防・護岸の劣化の現況の把握	18
4.2 海岸堤防・護岸の材料の劣化の測定	18
4.3 海岸堤防・護岸の劣化の総合的判定	18
5. 海岸堤防・護岸にみられる劣化の現況	20
6. 海岸堤防内の空洞および空隙と劣化指標	55
6.1 愛知県の海岸堤防と海岸堤防調査の概要	55
6.2 空洞および空隙と劣化指標との関係を求めるための海岸調査	58
7. 海岸堤防の劣化指標と評価と対処工法	75
8. 海岸堤防の設計・施工について	84
9. まとめ	86
10. あとがき	86

Apparent Wasting Index of Embankment (Seawall)

Teruaki FURUDOI *

Motoharu IGUCHI **

Synopsis

An embankment (seawall) has been wasted away and destroyed by wave forces, traffic loads, settlement of ground, etc.

In this process, cracks on the cover layer (of concrete, stone, or asphalt concrete), unevennesses at the joints, scattering of rubble mound for foot protection, etc. are apparent on the surface of the embankment (seawall). Those apparent marks which were not at the completion time, are considered wasting index of embankment (seawall).

This paper presents apparent wasting index and relationship of those index and degree of wasting of embankment caused by wave forces, traffic loads, settlement of ground, etc., which is getting through field research.

We can make use of apparent wasting index to keep and control the embankment (seawall).

* Deputy Chief, Design Standard Section, Design Standard Division

** Chief, Construction Division, Bureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport

海岸堤防の劣化指標について

古土井 光 昭 *
井 口 元 治 **

要 旨

海岸堤防（あるいは護岸）は建設以来たえず波力や交通による荷重などの外力をうけるとともに基礎地盤の沈下や堤体土の圧密などの作用をうけている。このため堤防は変形し、その結果、堤防表面にはクラックや不陸など建設時にはなかった表徴があらわれる。これらの表徴は堤防の劣化をあらわす指標である。堤防の劣化の程度あるいはどのような破壊までの過程にあるかを堤防各部にあらわれるこの劣化指標をチェックリストとして判定することを試みた。また堤防各部にあらわれるさまざまな劣化指標の関係についても明らかにするとともに、各劣化指標群に対して必要な対策、対処工法について提案した。

さらに、海岸堤防の設計、施工に関する1、2の提案を行なった。

1. まえがき

わが国の海岸線の総延長は約27,900Km（沖縄分1,200Km含まず）、このうちで台風による高潮・高波、冬期風浪、津波などに対してなんらかの保全施設を必要とする海岸（海岸保全区域要指定延長）は約13,800Kmと推定され、その中で、実際に保全施設がつくられている海岸の延長は7,300Kmである。建設されている保全施設のうち、海岸堤防および護岸がそれぞれ、2,500Kmと4,400Km、計6,900Kmで、海岸線は堤防あるいは護岸で防護された後、突堤、離岸堤などの侵食対策施設が設置されるのが一般的である。したがって保全施設のうち、堤防、護岸の占める位置はきわめて高いことがわかる。

海岸保全区域要指定の海岸に、将来どのような施設を新規に建設するか明らかでないが、かりに、1m当り20万円程度の堤防をつくるとしても、新たに13,000億円の巨費を必要とすることになる。また、既設の堤防、護岸も耐用年数内には、改修する必要があり、同様に1m当りの工費を20万円とすると、これだけで14,600億円となる。さらに、今後の海岸整備が、海岸線のリクリエーションゾーンとしての利用（保全から利用）、あるいは、海岸地帯の都市化の進行などをはじめとした、保全の高度化に対しては、堤防、護岸の他に、離岸堤、養浜などが重要となり、投資規模はさらに拡大するものと考えられる。

このように海岸整備も行政目的の変化やサービス水準

の向上にもなって、多額の予算を必要とするようになると、保全施設の計画的でかつ適切、適時な建設が強く要請され、背後資産と施設規模、施設の耐用年数、施設の維持管理、施設の設計基準などさまざまな問題の再検討が必要となってくる。

これらの多くの問題のうち、とくに施設の維持、管理の問題については、周到な維持、管理の努力が、施設の機能を確保するばかりでなく、その寿命をものばすというところで重要である。しかしながら、現実には、海岸保全施設の維持・管理に対する努力は、一般に十分でなく、予想外の被災をうけたり、劣化をまねいているのではないかと考えられる。この維持・管理が十分に実施されない原因としては、①いったん建設されると安心してしまい、維持・管理によって機能が全うされるという認識がない — 維持・管理の重要性の認識が低い②長い海岸線の維持・管理を担当する人員、予算があまりにも少ない③維持・管理のための明確な基準がない（このため予算の要求すらできない）④保全施設の構造設計および施工についての基準があっても、必ずしも維持・管理を考慮したものでないなどが挙げられる。

施設の維持・管理体制の整備は、人員、予算などの主として行政的な側面と設計・施工基準や維持・管理のための技術基準などの技術的な側面と同時に進められねばならない。このような問題意識にたつて、昭和45、46年度の2ヶ年にわたつて、海岸堤防・護岸に関する調査

* 設計基準部設計基準課専門官

** 港湾局建設課施工基準係長（前・設計基準部設計基準課標準設計係長）

を実施した。この調査は、海岸堤防・護岸の維持・管理のための技術基準の設定を将来の目標とし、海岸堤防・護岸の外見の詳細な観察によって得られる、構造物に発生しているクラックや不陸などの建設当初にはなかった変化-表徴を指標として、構造物の劣化を判定（この判定にもとづいて構造物の改修、補強の必要の有無が判断される）しようとする試みであった。

構造物の外見にみられる建設当初にはなかった変化-表徴から構造物の劣化が判定できるのか、構造物の劣化とは何をさすのか、構造物の劣化をあらわす表徴は土質力学、構造力学あるいは水理学的にどのように意味づけられるのか、本当に構造物の劣化と関係があるのかなどの問題をはらんでいるが、今回の調査では、堤防・護岸の破壊過程の考察をもとに、堤防・護岸の劣化を定義し、その指標として、堤防・護岸の外見にみられる建設当初にはなかった変化（表徴）を抽出し、現地調査をもとづいて、外見にみられる変化（表徴）を劣化の指標、つまり劣化指標として組み立てた。

さらにこの劣化指標を構造物の破壊という観点から評価することを試みた。また、さまざまな劣化指標は相互に関連しながら発生すると考えられるが、その関連性について明らかにした。

2. 海岸堤防の劣化

「海岸堤防の劣化」を定義し、以下の議論の基礎としたい。

はじめに、あまり使いきれない「海岸堤防の劣化」という言葉を用いるにいたった経緯を説明し参考にしたい。

「海岸堤防あるいは護岸が老朽化した……」という言葉は一般によく用いられている。一般に用いられる老朽という言葉の意味は、広辞苑によれば（老朽=老いて朽ちること、年をとって役に立たぬこと）であり、老朽化とは年月を経て役に立たなくなっていくことのようにある。しかしながら、「海岸堤防・護岸の老朽化」とはいかなることをいうのかというのを、現地調査などの実体に促して考察してみると、必ずしも「年月を経て……」ということとはあたらぬように思える。つまり、年月を経ても、建設当初とほとんど変らぬものもあるし、年月を経ても、朽ちる寸前のものもある。作用する外力の大きさおよび頻度あるいは周辺の状況によっては必ずしも時間の経過を必要としない場合がかなり多いように考えられる。さらに、「役に立たなくなる」という言葉についても、何の「役に立たなくなる」のかということと考えると、構造物が変形あるいは破壊したために、

設計波に対して十分抵抗できないというような意味と、背後地の資産が増大したために、構造物自体の機能は設計どおりであるが、その程度の機能では背後資産の防護に「役立たない」といった機能の陳腐化をさす場合もあるようである。また、老朽化といった言葉は災害復旧などの行政的な立場では、年月を経て朽ちた状態にあり災害をうけたのなら、災害事業による保障を受け得るが、年月を経ないが老朽化したということになれば、維持・管理が不十分であったと見なされ、災害事業による保障を受けることができない、というように読みとられる。

老朽化という言葉のもつ幅広い解釈にもとづいて議論を進めることも可能であったが、誤解をさけるため、劣化という言葉を定義し、以下の議論に用いることとした。

この劣化についても補足すると、以下の議論で明らかになるが、維持・管理が悪くて劣化したという場合ももちろんあるが、設計当初考え得なかった、異常な高波によって被災した場合をも、劣化とよんでいる。

以下に、堤防・護岸の劣化について考察する。

建設の時点においては、建設の背景となる社会的要請および、その時の建設技術の水準にもとづいて建設され、必要とされる機能および構造を備えていたと考えられる堤防・護岸の「劣化」は次の2つの意味をもつと考えられる。

A 時間の経過とともに、当該構造物周辺の条件が変化し、その結果、現時点において、その構造物に要求されている機能が満たしえない状態となっている。例えば、防護する背後地の資産が大幅に増加し、現在の構造物では十分防護しえないような場合、建設当時は十分な技術資料がなかったがその後の調査、研究等で、設計波高などの設計条件が不当に低いものであり、構造的に陳腐なものであることが判明したような場合あるいは、社会全体のサービス水準が変化し、現在の構造物では、周辺の他の施設と比較して社会的要請に答えるに十分な施設でなくなり、改修を必要とするようになった場合がこれにあたる。

B 構造物自体の機能および安定性が失しなわれ、あるいは失しなわれているのではないかという不安をおぼえさせる状態であり、海岸堤防・護岸として与えられている背後地の防護という機能をはたし得なくなった、あるいは、はたし得ないと思われる場合。

例えば、構造物全体のいちじるしい沈下、構造物前面が大きく洗掘、法面や天ばがはらみ出したり、多くのクラックが入ったり、目地の不陸を生じているような場合がこれにあたる。

つまり、Aの海岸堤防・護岸として与えられている背後地の防護という機能の劣化=陳腐化といわれるべきもので、Bは海岸堤防・護岸の構造に関する劣化である。

さらに、海岸堤防・護岸の構造に関する劣化も次の2つに分けられる。

B-1 構造物周辺の自然条件や構造物自体の変形により、当初有していた機能が欠除した場合。

例えば、堤防全体が著しく沈下し、打上げ高や越波流量が増大した、あるいは付近に新しい施設が建設されたり、海岸浸食が進み来襲波高が増大したような場合がこれにあたる。

B-2 構造物の変形、部分的破壊や材料劣化などによって力学的安定性が欠除した場合で、構造全体としては破壊していないが、その過程にあるもの。

例えば、表のり先が洗掘されたり、根固が散乱している場合、天ばにクラックが入り、目地にひらきや不陸を生じているような場合がこれにあたる。さらに表のり被覆工のコンクリートのセメントが洗われ、骨材が露出しているような場合もこれにあたる。

Aについても同様な細分が可能であるがここでは省略する。

一般に海岸堤防・護岸の劣化が指摘され、改修や補修が行なわれるのはA、Bの理由が複合している場合が多いと思われる。

堤防・護岸の劣化による改修、補修の必要性を定量的に表わすことができれば、防護されるべき地域の住民の人命、財産、安全や国土の保全にとって有用で、行政的にはその指標にしたがって行動すればよいことになり便利である。すなわち、Aの防護すべき機能の劣化については、投資効果や行政のサービス水準や政治的判断などによって、さまざまな答えが提供され、それを総合的に判断して、何らかの解決法が示されることになるだろう。しかし、Bの場合、もし、海岸堤防・護岸などが防護すべき機能さえ明らかなら一何mの設計波高に対して、どの程度の越波を許すかなど——これは技術的な問題であるからその時点の技術水準によっても変化するが、技術的に処理の手順を定めることは可能で、改修、補修をルーティンワークとしてとらえることができるはずである。したがって、状況に応じて、すばやく反応することが可能であり、大きな被害を未然に防ぐことが出来るものと考えられる。

3. 海岸堤防の劣化とその指標

構造に着目して海岸堤防の劣化をみると、劣化というのは、構造物としての破壊過程を示すものと考えられることができる。その時点における技術水準においてという前提条件がつくにしる、与えられる設計条件のもとに、設計基準にしたがって設計、施工された海岸堤防は、建設時点においては、万全のものであったはずである。その構造物が、地盤の沈下、波力の作用、越波、あるいは、天ば上を走行する車輛荷重などの外的原因や、堤体土砂の圧密などの内的原因によって、何らかの変形を生じ、さらに外的原因が加えられることによって、破壊に至るのである。したがって、劣化を構造物の破壊過程の一段階としてとらえるなら、外的要因によって破壊が早められるような(変形)を中心に堤防・護岸の劣化を考察していく必要がある。このような理由から、海岸堤防および護岸の被災状況とその原因を伊勢湾台風等の被災例を中心に述べ、ついで、海岸堤防や護岸の破壊過程とその時点にあらわれる構造物の劣化の主な指標を示す。さらに、その指標を中心に、海岸堤防および護岸各部分に現われるであろう劣化指標と考えられ、今回の海岸堤防・護岸の現地調査において、堤防・護岸の劣化の現況を把握するためのチェックリストとして用いた堤防・護岸の外見にみられる、建設当初にはなかった変化(表徴)を示す。

3.1 海岸堤防および護岸の被災原因

伊勢湾台風による既設堤防の被害は高潮に乗った激しい風波によるものと考えられ、堤防天ばを越えて激しく越波し、天ばおよび裏のりを洗掘し、支えの無くなった護岸、表のり工および波返しを倒し、破堤にいたったものが最も多かった。^{1),2)}

堤防の被災状況からみた被災原因は次のように分類された。²⁾

- (1) 堤防高が低く、天ば幅の小さいこと。
越波しやすく波力に対する抵抗力が少ない。
- (2) 天ばおよび裏のりを被覆していないこと。
越波、飛まつ(沫)により土砂が洗い流されて堤体が破壊される。
- (3) 堤防法線に極端な凸部または凹部があること。
凸部は波力が収れんし、凹部は潮面が上昇するとともに波のうち上げ高が大となり、越波によって破壊されやすい。

1) 鶴田, 合田; 伊勢湾台風による構造物の被災とその特性, 土木学会第7回海岸工学講演会講演集(1960)

2) 吉川; 伊勢湾高潮対策事業について, 土木学会第7回海岸工学講演会講演集(1960)

- (4) 表のり被覆が水密性を欠いていること。
経年的な吸出し作用により背後の土砂が排除され、波力に対して十分な反力が期待できず局部的にコンクリート版の歪が大きくなり破壊される。
- (5) 表のり被覆の強度が弱いこと。
表のり工のコンクリートの版厚が小さい等の理由により、波力により被覆工が最初に破壊して全壊にいたる。
- (6) 堤体土砂の締固めが悪いこと。
工事完了後に堤体の沈下により、空隙、空洞が生じ、波に叩かれ被覆が壊される。
- (7) 石張護岸の上にコンクリートの波返し部分を継ぎ足したような場合。
潮位の上昇により、継目付近は波力も強いうえに、継目の強度が低いので、亀裂が生じやすく、波返しは転倒、破壊をまねく。
- (8) 波返し部分が下部の表のり工よりも極端に厚く、重量が大きいこと。
波返しの重量が大きいため波力を繰返し受けた場合、堤防の他の部分と一体に運動し難く、不同沈下を起して表のり被覆工との間に亀裂を生じ破壊にいたる。
- (9) 樋門、樋管等海岸堤防の構造上の弱点となるものがあること。
これらの被災原因に対して、各々適切な対応策がとられ、その後各地で建設された堤防についても、技術的成果として適用されている。
過去における高潮災害の大部分は(1)に相当するものであったが、これに対しては、港湾局・港湾技術研究所等で、新たに、天ば高算定方式を定め³⁾、堤防高の不足を解消するように努められている。なお天ば幅も3m以上とされている⁴⁾。
(2)は(1)の堤防高の不足と相まって、伊勢湾沿岸の被害を大ならしめたが、以後、天ば、裏のりとも、ブロック、コンクリート、アスファルトなどで被覆されるようになったので最近では、このような被災は著しく減少している。ただ地盤の悪いところあるいは施工の不備などでは、堤体の不等沈下のため、堤体と表・裏のり被覆との密着が完全でなく、内部に空隙、空洞を生じ、越波などによってその部分から破壊されるおそれがある。
(3)については、堤防法線に極端な凸または凹部を

生じないよう、法線を変更するか、やむを得ない場合は、消波工を設けるなどの措置がとられている。

(4)については表のり被覆の水密性保持のため、継手部分に止水板を挿入したり、基礎工の巻コンクリートによる補強などを行ない、さらに基礎に矢板工（鋼またはコンクリート）を施し、前面には捨石を施して、洗掘による中詰土砂の吸出し防止にあわせて、透水経路長を増すことによって漏水防止をはかっている。

(5)の災害も伊勢湾台風以外の過去の高潮災害にしばしば見られたもので、表のり被覆が空石積とか薄いコンクリート張りであったため、波により破壊された。最近の堤防では表のり工は厚さ50cm程度のコンクリートであることが多く、このような災害も減少の傾向にあるが、しかし、堤防の位置、形状によっては、非常に大きな波力が作用する可能性があり、これに対し、十分な考慮を払った設計法が現在なお確立していないので、被災例などを参考に検討の要がある。

(6)に対しては、堤体土砂にロームまたは粘土質の土が得られ、施工が入念に行なわれれば、堤体土砂の沈下や流出の心配がなく、したがって堤体と被覆工の間に空隙や空洞を生じることがなく、越波や越流に対する危険も少ないが、実際に海岸地帯で長大な堤防を急速に築造するような場合、中詰の堤体としてはサンドポンプで吹いた砂などを使用せざるを得ない現状であり、「フィルタ層をもうける」などの提案もあるが実効上の成果を上っていない。ただ、基礎地盤の特に軟弱な地点では、サンドレーン工法やパイプロフローテーション工法などが採用されている。

(7)について、波力が特に大きいと予想されるところでは石積工の前面にコンクリートを巻きたてたり、石積堤を埋め殺して築堤されているが、いままお、このような被災例はみられる。

(8)に対しては(7)と同様の方法がとられている。

(9)に対しては樋門等を設置する箇所が弱点とならぬように強固な構造として、前後の堤防に円滑に取付けるようにされている。しかしながら、樋門等が強固であるのに対して、周辺の堤防がともなわず不等沈下を生じ、接続部にクラックや不陸を生じ、新たな弱点となっている例が多い。

3) 運輸省港湾局編；港湾構造物設計基準，日本港湾協会，昭44.10

4) 運輸省，建設省，農林省；海岸保全施設築造基準，昭42.12

さらに、堤防の破壊原因として、近年とくに目立ってきたもの

- (10) のり先洗掘により、先ず基礎が破壊されて全壊にいたる。
- (11) 天ば上を重車輻が通行することによって、天ば工が破壊され、ついで、堤体土砂の沈下とともに裏のり、根留工の抵抗不足によって根留工がはねだし、越波等で大きな被災をうけると予想されるようになってきている。

(10)は過去の大災害が、伊勢湾台風などのように高潮災害であったため、上部の補強に比して下部の補強が若干軽視されていたことに加えて、近年、全国的に海岸侵食の傾向が目立ってきたこと、海面を埋めためた護岸をつくることが多く、従来の堤防よりも、のり先に波の作用を受けやすくなったことによると考えられる。

比較的前浜の発達した海岸に建設される堤防は、基礎の根入れも少なく、根固工も省略されるか設置されても小規模なものが採用されていたため、季節的な前浜汀線の変化を含めて、前浜の減少によって、堤防ののり先が波に洗われるようになると、のり先が洗掘され、基礎工の沈下、移動したり、堤体土が下部から流出し、容易に堤防の決壊にいたる。このため、比較的波の作用が予想される堤防や埋立地前面の護岸等では、基礎の根入れを深くしたり、基礎下部に鋼矢板やコンクリート矢板を打って、堤体土砂の前面への吸出しを予防したり、小規模なりのり先洗掘に対処できるようにしている。また、捨石あるいは異形ブロック等による根固工を設けて、のり先洗掘をできるだけ防止する工法がとられていることが多い。

しかしながら、のり先の洗掘現象は、季節的な前浜の変化、埋立地や港湾・海岸施設の建設などによる周辺条件の変化をはじめとし、根固工や基礎工自体による変化などさまざまな要因の影響する複雑な現象であること、根固工が水中部分にあることが多いため、日常の監視が十分でないことなどによって、のり先洗掘にどのような工法が望ましいのかは明らかではない。一般には、基礎の根入れや矢板の長さなどは比較的小さく、根固工でのり先洗掘をおさえる工法がとられている。これに対し、基礎矢板の根入れは3～5mのorderでは短かすぎ、堤体土が特に細砂で構成される場合は前面からの吸出しを防ぎきれず、堤体に空洞が生ずることがあることが指摘されている。

(11)は近年の交通量の増大によって、堤防天ばが道路として用いられたり、当初から道路としての機能を考えていた堤防天ばや護岸の水叩き部ではあるが、当初予想しなかった多大の交通量や重車輻の通行によって、天ば工が破壊され、そのため、裏のり被覆や根留工のはらみ、被覆工、堤体のすべり出しなどを生じさせることがかなりみられている。一般に堤防等は重車輻の通行を予想せず設計施工されているため、これによる堤防の破壊によって施設そのものの機能が失われることのないよう十分の注意がはわれねばならない。

3.2 海岸堤防の破壊過程と堤防の外見にみられる変化(劣化指標)

伊勢湾台風などのまれにみる大型台風によって、一挙に破堤、決壊にいたる場合は除くとして(このような場合、基本的な構造的なあるいは計画上の問題が内在しており、被災の規模が大きくなった)一般に、堤防や護岸が異常気象によって被災する場合、一定の破壊過程をたどるものと思われる。しかし、この破壊過程あるいは破壊現象というべきものの研究は十分ではない。特に、土質学あるいは構造力学的な研究が十分でない。これは、堤防等は、土とコンクリートが複雑に組み合わせられた構造であるため、構造解析が困難であること、作用する外力が、波のように確率的とりあつかいを必要とし、なおかつその絶対量が明確に求めることが困難であるなどの理由とともに、その施工が、全国いたるところで、かつ比較的小規模に実施されるため、有意な技術的判断のもとに、設計、施工が行なわれているとはいえないこと、災害は忘れた頃にやってくるとの謬もあるように、一旦建設されれば、十分安心してしまい、その後の維持管理には注意が行き届かないなどもその原因となっていると考えられる。臨海工業地帯の造成、海岸埋立地の住宅用地への利用をはじめとして、海岸線が従来にまして有効利用され、海岸施設の破壊によるその被災が市民生活は勿論、国の経済にも大きな影響を与えるようになったため、これら堤防の土質力学、構造力学的研究が一層強力に推し進められねばならない。

堤防および護岸の劣化をこれらの構造の破壊過程であると考え、各々の破壊過程にはその過程独特の外見にあらわれる変化(当初断面にクラックや沈下などを生じていること)あるいはそれらの組合せがみられるであろうと考えられる。これらの外見の変化を調査することによって、構造物の劣化というものを示すことができるならば、維持管理上有用であるばかりでなく、これら構造物

の設計にも大いに役立つものと考えられる。

推論の域を出ないが、堤防の破壊過程を外見にあらわされる変化を使って、フローチャートにしたのが、図-3.2(1)~(7)である。

ここでは堤防の場合について示した。護岸は堤防の裏のり被覆工および根留工がない場合を一般にそういわれているが、構造的には堤防に含めて考えて問題はないと考えられる。

堤防の形状および堤防各部の名称は図-3.1に示され

る。コンクリートによる三面被覆で、表のり被覆工の厚さは50cm、天ば工および裏のり被覆工は15~20cm程度あるものとして考えた。

天ば工および裏のり被覆工にアスファルトを使用したり、表のりが直ちに近いもの、表、裏のりとも複断面のものなど、実際の堤防は千差万別であるが、図-3.1に示される堤防の代表的な形状について考察を進めれば、現実の堤防に発生する外見にみられる変化を説明するのに十分であると考えられる。

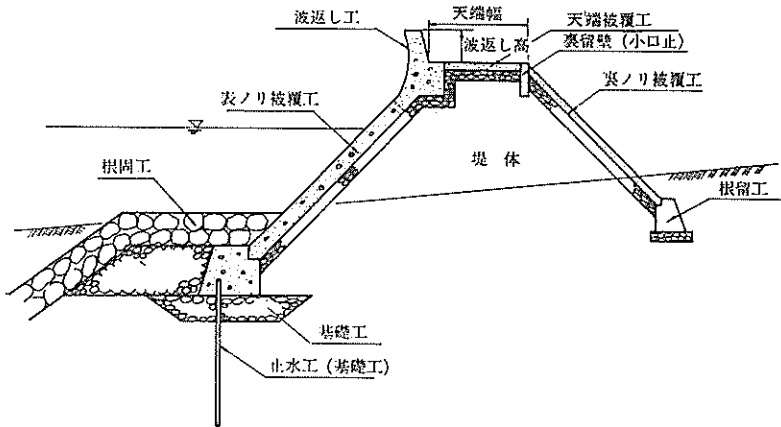


図-3.1 海岸堤防の各部の名称

1. 波浪による基礎洗掘などによって破壊が進む場合 (図-3.2(1)参照)

波浪によって根固工が散乱し、その結果、基礎の洗掘が進み、さらに図-3.2(1)の過程をたどって堤防決壊にいたる場合である。多くの場合、根固工の散乱および基礎工下部の洗掘程度の被災でとどまることが多く、一回の異常気象で決壊にまでいたることは少ないが、連続した異常気象によって、かなりの程度まで、破壊が進むことはしばしばみられる。しかし、小規模な被災の場合、堤体土砂の吸出しをともなう場合がかなりあるようであるが、一般にはこの時に生じた空洞は気付かれずに放置されることが多く、くりかえし被災することによって、その空洞が徐々に大きくなり、天ば工にクラックや目地の開きを生じるようになる。この結果、越波や降水の堤体内への浸透、流入をまねき、堤体内での土砂の移動が

おこり、大規模な越波、越水や、重車輛の通行等により一步進んだ破壊過程に至る。このような現象を防ぐため、基礎工下部に止水を目的とした、矢板工が施されるが、鋼矢板を使用した場合でもグリップのはずれがかなりの程度みられ、さらに使用する矢板の長さが短いこと、海岸堤防の堤体土には細砂が使用されることがかなりあることなどの理由によって、十分効果を発揮していないこともあることが指摘されている⁵⁾。

基礎の洗掘がさらに進み、基礎工が沈下するようになると、表のり被覆工と基礎工の目地が開き、そこから堤体土砂が吸い出され、堤体内部に空洞、空隙が生ずる。この空洞、空隙が小規模な場合はコンクリートでつくられた堤体は自立しているが、規模が大きくなると版厚の小さな場合は、空洞の影響をうけやすい、天ば工にクラック、目地の開き、さらには版の折れなどを生じるよう

5) 豊島修; “海岸四題”, 土木技術資料 10-5 P215

になる。このような状態では裏のり被覆工にもクラックや目地の開きが生じ、版厚の大きな表のり被覆工にもクラックが発生する。さらに堤体土砂の吸出しが進めば、表のり被覆工の折れ、波返し沈下、天ば工の破損については堤体の決壊に至る。

これら基礎洗掘による堤体土砂の吸出しの他に、設計の不良で波返し工や表のり被覆工に較べて基礎工が弱い場合、基礎工の沈下、前傾がおこり目地やクラックなど

からの堤体土砂の吸出しがおこる場合、施工や材料が不良あるいは波で移動した根固工の衝突などによって施工目地に角欠けが生じそこから堤体土砂が吸出される場合がある。

堤体土砂の吸出しは除々に生じ、空洞の確認は困難であることが多いため、適当な対策が施されることなく放置され、大規模な被災をまねくことが多い。

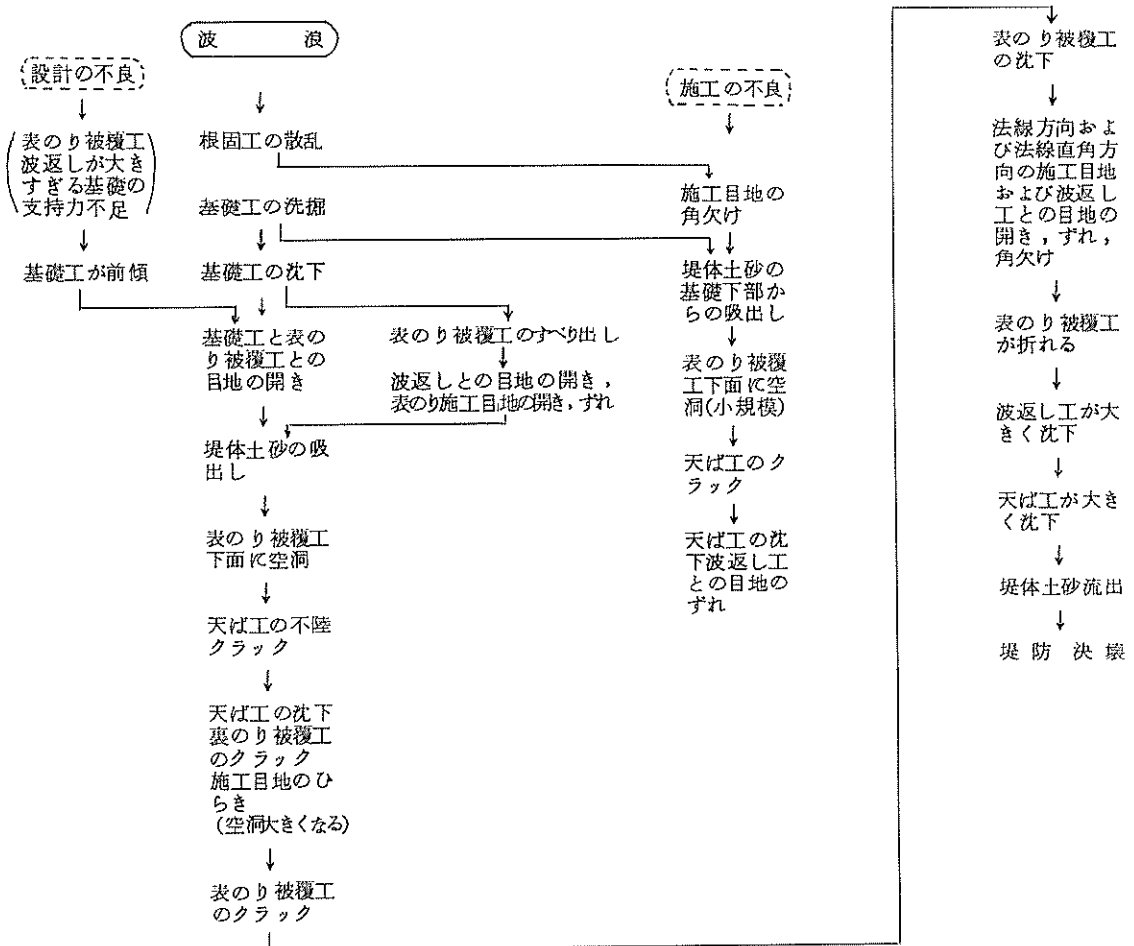


図 - 3.2 (1)

2. 波浪の激突によって破壊が進む場合（図-3.2(2)参照）

波浪が堤防に激突し、強大な波力によって、波返し工が後傾したり、一気に転倒する場合、表のり被覆工の厚さがうすく、下面に空洞が生じているような時に波力によって破壊される場合などが考えられるが、これらの場合、堤防は直ちに決壊に至ることが多い。

また、波浪が堤防に激突する場合、一般に越波はかな

りの量が予想され、天ば工、裏のり工などに欠陥がある時、越波によって、天ば工、裏のり工が破損、堤体の流出をまねくことがあり、ついには決壊にいたる。最近では波当りを弱めるために消波工をもうけ、表のり被覆工の厚さがかなり大きくなっており、いたずらに大きな波返し工を設けることがなくなったため、このような破壊過程は少なくなった。

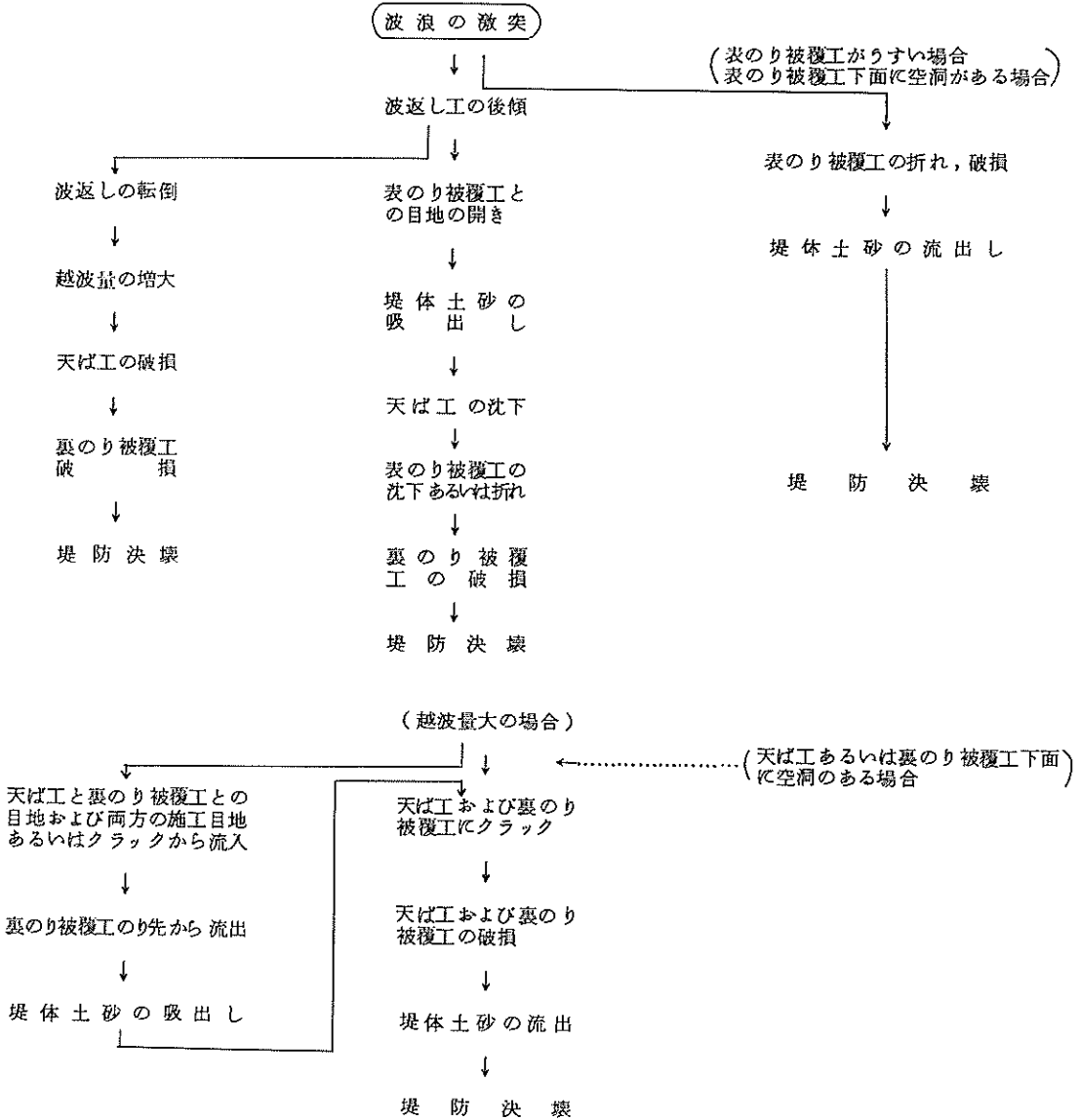


図-3.2(2)

3. 高潮の堤内外水位差によって破壊が進む場合(図-3.2 (3)参照)

高潮による堤内外の水位差によって、波返し工(胸壁)などが傾いたり、他の原因によって目地に開きやずれなどが発生していたために、水位差によって流路がつくられ、除々にそれが拡大し、波返し工の転倒や決壊に至る場合である。

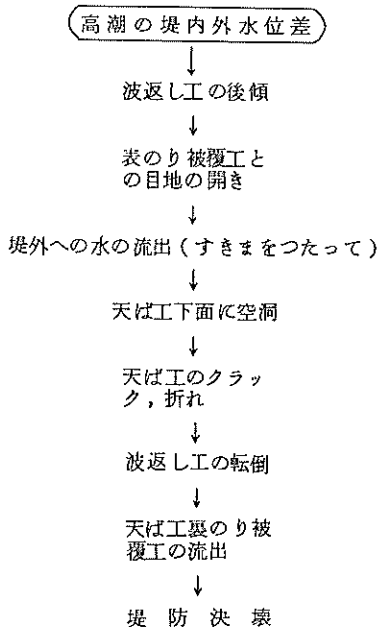


図-3.2 (3)

4. 重車輛の通行によって破壊が進む場合(図-3.2 (4)参照)

一般に海岸堤防では十分な施工管理を行った場合でも、堤体土砂の圧密沈下などによって堤体内に空隙、空洞を生じていると考えられ、さらに、他の原因で堤体土砂の吸出しをうけることがあるため、堤体内特に天ば工下面にすきま程度の空隙があるのが普通であると考えられる。このような場合、天ば工を重車輛や重交通の通行があると、天ば工のコンクリート版にクラックや不陸が発生し、それが進めば版の破壊にいたることは、道路舗装の場合と同様である。堤防は堤内の水位上昇に対して抵抗するために建設され、天ば工上部からの荷重の作用は考えられていないため、表のり被覆工や基礎工が前面の波に抵抗するためかなり強固につくられているのに対し、裏のり被覆工、根留工は堤体が波力や水圧に対して自立しう

る程度に弱く考えられている。したがって上部からの荷重の作用は、堤体土の土圧を高め、比較的根入れの小さな根留工は十分抵抗できない場合が多い。このため、裏のり被覆工、根留工などにはらみ出しや目地の開き、ずれなどの変化があらわれる。これは天ば工のクラック、目地の開きなどとともに堤体内への水の浸透による土砂の吸出しを容易ならしめるのに貢献し、空洞の増大、天ば工、裏のり工の破壊を進め、大きな越波があると堤防の決壊をまねくようになる。

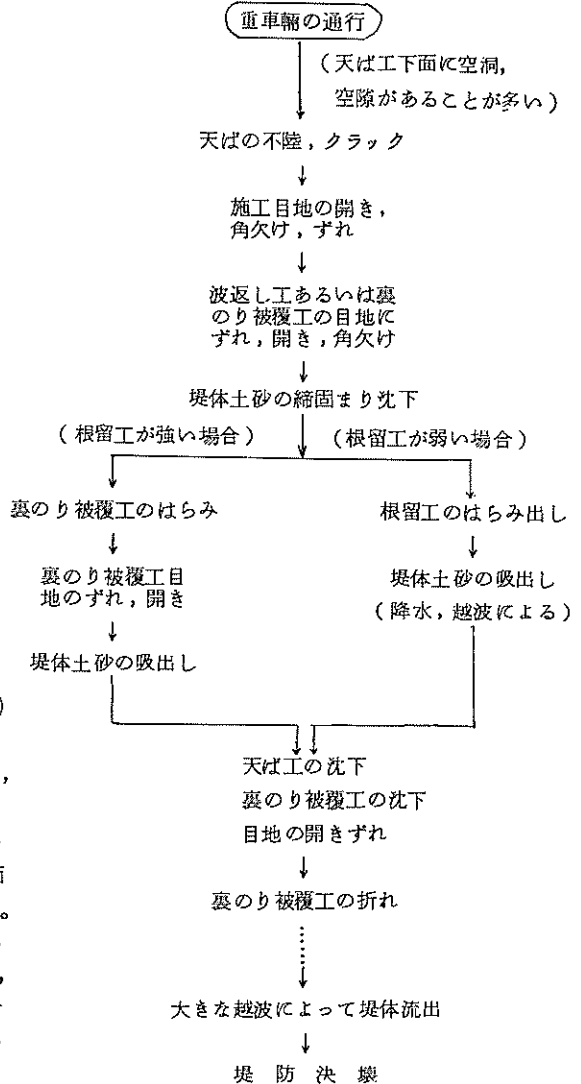


図-3.2 (4)

5. 堤体土砂の土圧によって破壊が進む場合(図-3.2(5)参照)

堤体高に比して、根留工の根入れが浅い場合、根留工の規模が小さくて、根留工が十分堤体土砂の土圧に抵抗できない場合、根留工は強固であるが、裏のり被覆工がうすくて弱い場合などには根留工のはらみ出し、裏のり被覆工のはらみ出しが生ずる。

これらは、天ば高の不足によって、堤体をかさ上げしたが、根留工を補強しなかった場合、根留工背後の潮止めの増深を行った場合などの場合にも生じ、裏のり被覆工が、単断面で、根留工と天ば工との高低差が大きいとこのような破壊過程をたどり易い、高低差が5m程度以上であれば複断面か根留工を十分強固にする必要がある。

この破壊過程では大きな越波をうけると堤体流出といった状態も予想されるが、一般に、裏のり被覆工の目地の開きやずれ、比較的版厚のうすい裏のり被覆工の折れ、天ば工との目地の開きやずれなど外見の変化が明瞭に出ることが多く、この破壊過程から堤防決壊にいたるまで放置されていることは少ないようである。

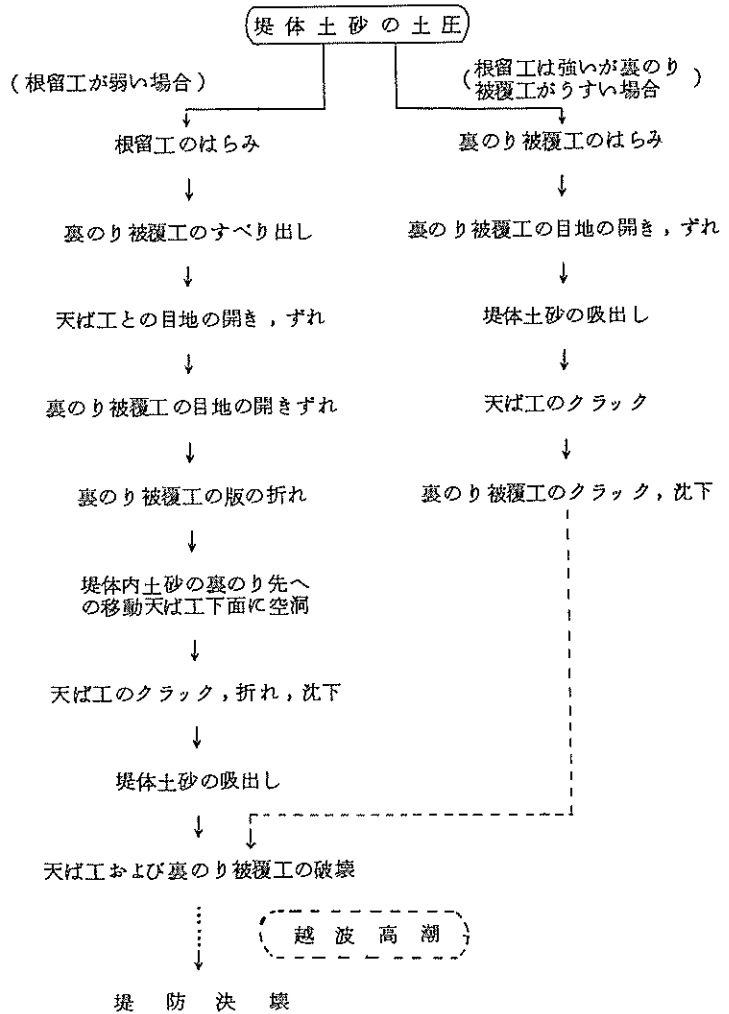


図-3.2(5)

6. 堤体土砂の圧密沈下などによって破壊が進む場合
(図-3.2(6)参照)

一般に、海岸堤防は前浜にある砂などを用いて堤体を形成し、三面被覆することが多く、その締固めもサイドポンプで吹いた砂をブルドーザでならす程度である。このため、完成後数年たつと、堤体は圧密沈下し、三面被覆のコンクリート版との間に空隙を生ずるようになる。さらに施工をよほど丁寧にしても目地等からの雨水等の浸入があり、前面潮位の変動につれて、堤体内の水位の変動が生じ被覆工背後の裏込め石の空隙に、粒径の小さな砂が侵入し、その容積だけ堤体内に空隙、空洞が生じることになる。このため天ば工のコンクリート版が自重によってクラックを生じたり、沈下することによって目地にずれや開きを生じたり、不陸を生ずるようになる。これらの変化は天ばに重車輛の通行などがあると一層促進される。天ば工の破壊が進むと堤体内への雨水、越波等の浸透量は多くなり表、裏のり先からの堤体土砂の流出をまねく、これは堤体土砂が細砂からなる場合は特にはげしい。一般にはこの状態で天ば工が大きく破壊するため、天ば工の打換えなどの補修がされるが、放置しておく、根留工のはらみ出し、裏のり被覆工の目地の開き、ずれ、折れなどを生じ、越波によって、天ば工、裏のり被覆工の破壊、流出がおこり堤防決壊にいたるものと思われる。

この破壊過程を防ぐため、堤体土に粘性土を用いる、締固めを十分ににする、裏込めと堤体土との間に適当なフィルター層をもうけるなどの対策が考えられるが、実施にいたっていない。

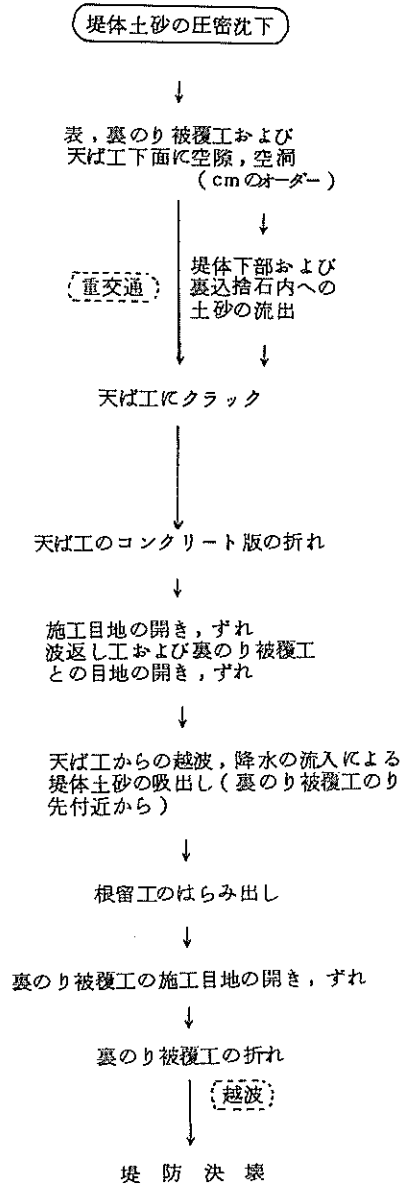


図-3.2(6)

7. 堤体重量による地盤沈下によって破壊が進む場合
(図-3.2(7)参照)

堤体土砂の圧密沈下によって破壊が進む場合と異なり、堤体の重量が地盤の強さに較べて相対的に大きすぎ、地盤が沈下をおこし、堤体各部はそれにつれ沈下するが、不等沈下をひきおこし、施工目地の開きやずれ、コンク

リート版などの折れ、根留工のはらみ出しなどを生じ、越波、重車輛の通行などによって、破壊過程を一步すめ、越波などによって堤防決壊にいたる場合である。

特に軟弱な地盤は、地盤改良を行なうべきであり、設計時に不等沈下を促進するような断面をつくらぬよう配慮すれば、最悪の状態まで進むことはない。

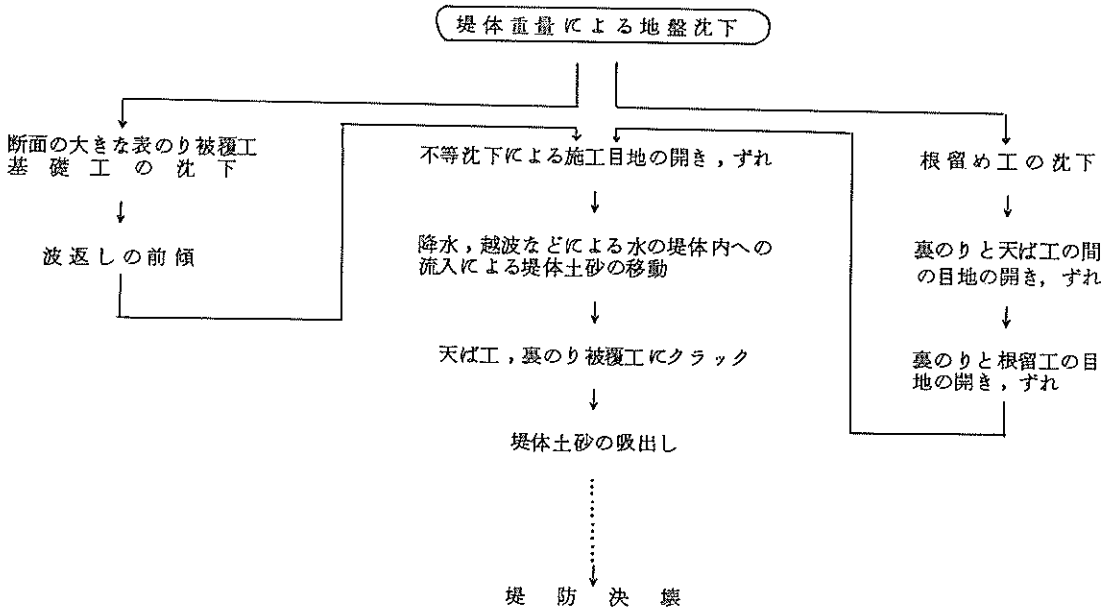


図-3.2(7)

3.3 海岸堤防各部の外見にみられる劣化指標

3.2では堤防の破壊過程と各過程にみられる堤防各部の代表的な外見にみられる変化を示した。しかしながら、実際には堤防が図3-1に示されるような断面のものばかりではなく、外見にあらわれる変化も詳細にみればもっと多くなる。破壊過程と外見にあらわれる変化との関係はいまお推論の域を出ない。ここで、堤防各部の外見にあらわれる変化をリストアップし、リストアップされた変化を突在する堤防にあてはめ、その破壊の過程を何らかの方法で実証できれば破壊過程と外見にあら

われる変化との関係が明らかになる。この結果を用いれば、堤防の外見をある調査項目(リストアップされた外見にあらわれる変化)にしたがって調査することによって、堤防の破壊過程つまり劣化の程度が示されることになるはずである。ここで問題となるのは、数多くの外見にみられる変化をどのような変化に意味があり、どのような組合せがその破壊過程を明確にするかということであろう。

表-3.1にこれらの考察のための基礎となる海岸堤防の劣化を示すものと考えられる堤防各部の外見にみられる変化(劣化指標)を示す。

表一3.1 海岸堤防各部の外見にみられる劣化をいしめす変化（劣化指標）と関連する堤防の破壊原因

工 程	工 程 名 称 お よ び 外 見 に 見 ら れ る 劣 化 指 標		原 因							備 考			
	形 状 お よ び 位 置	外 見 に 見 ら れ る 劣 化 指 標	波 害	浸 透 の 破 壊	高 程 の 局 内 外 水 位 差	重 車 脚 の 通 過	堤 体 土 砂 の 土 圧	堤 体 土 砂 の 圧 留 状 下	堤 体 運 送 に よ る 地 盤 沈 下		沈 れ	そ の 他	腐 工 不 良
基 礎 工	形 状	外 見 に 見 ら れ る 劣 化 指 標 岩 盤 と の 接 触 部 の 侵 蝕 掘 削 部 位 の 崩 落、 侵 蝕 前 置 プ ロ セ ッ タ の 損 傷、 破 壊 洗 浄 機 下 部 は ら み 出 し	○ ○ ○ ○ ○						○ ○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	基 礎 工 の 移 動 基 礎 工 の 移 動 (沈 下 前 傾) (波、 砂 害 に よ る 浮 上、 化 学 腐 食、 風 化) 波 害 の 腐 食、 か ぼ ち 不 良 (重 車 脚 の 通 過 に よ る は ら み 出 し) (堤 体 土 砂 の 不 等 沈 下) (*) (*) (*) (堤 体 土 砂 の 不 等 沈 下) (*) (*) (*)
	材 料 (コン ク リ ー ト)	角 が 欠 け て い る 腐 蝕 損 傷 剥 離 の 跡 が 見 える	○ ○							○ ○	○	○	
の り 被 覆 工	目 地 お よ び 継 手	目 地 (法 線 直 角 方 向 の 目 地) の 間 き 縦 目 地 (*) 角 が 欠 け 縦 目 地 (*) 上 下 ず れ 縦 目 地 (*) 面 内 ず れ	○							○ ○ ○			
	目 地 (法 線 直 角 方 向 の 目 地) の 間 き 縦 目 地 (*) 角 が 欠 け 縦 目 地 (*) の 上 下 ず れ 縦 目 地 (*) の 面 内 ず れ	○								○ ○ ○ ○			
工	ク ラ ッ ク の 状 態	基 礎 工 と の 打 継 手 の 間 き 基 礎 工 と の 打 継 手 の 角 が 欠 け 基 礎 工 の 打 継 手 の 上 下 ず れ 渡 送 し 工 と の 打 継 手 の 間 き 渡 送 し 工 と の 打 継 手 の ず れ 渡 送 し 工 と の 打 継 手 の 角 が 欠 け	○										
	ク ラ ッ ク の 方 向	法 線 直 角 方 向 の ク ラ ッ ク 法 線 直 角 方 向 の ク ラ ッ ク											
渡 送 し 工	形 状 材 料 (コン ク リ ー ト)	不 陸 法 線 の 出 入 り 角 が 欠 け て い る 腐 蝕	○										

工種名称および外見にあられる劣化形態		原因							要因	
工種	形状および位置 (コンクリート)	波	波痕の形状	高層の床内 外水位置	重量荷の 通行	炭化土砂 の土圧	炭化土砂の 圧密化下	炭化土砂に よる膨張下	それ 以外	劣 者
架 造 工	根 張 面 の 剥 離	○								鉄筋の腐食 (炭体の不平等下) (* *) (* *) (炭体の不平等下)
	目地および継手 前後ずれ		○							
天 板 工	クラックの状況		○							
	形 状	△								炭体内に空洞あるいは空洞の存在が予想される 炭化による劣化現象の発生がかなり大 量である等、劣化現象の発生がかなり大 量である
工	材 料		○							起塵 通行車輛、足車による塵埃、化学変化、炭化 通行車輛、足車による
	目地および継手 前後ずれ		○							(劣化内の劣化、劣化からの炭化土砂の) (* * * *) (* * * *) (* * * *) 炭化土砂の劣化 (炭化土砂の劣化出し、移動によるか) 炭化土砂の劣化
工	クラックの状況		○							炭のり工のはらみ出し
	形 状	△								炭体内に空洞、空洞があるふもれがある 炭体内に空洞、空洞が存在する
架 造 工	材 料		○							炭のり工のはらみ出し
	目地および継手 前後ずれ		○							炭体内に空洞、空洞があるふもれがある 炭体内に空洞、空洞が存在する

工 程	工後名称および外見にあらわれる劣化形態		原 因										備 考					
	形状および位置	工後名称および外見にあらわれる劣化形態	波 浪	凍 害	凍害の範囲	凍害の程度	凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生		凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生	凍害の発生
風のり 被覆工	目地および継手	外見にあらわれる劣化損傷																重車輻の通行によるはらみ出し、根留工の移動
	縦目地の開き	縦目地の開き																
	縦目地の角欠け	縦目地の角欠け																
	縦目地の上下すれ	縦目地の上下すれ																
根留工	根留工との打継手の開き	根留工との打継手の開き																根留工の移動
	根留工との打継手の角欠け	根留工との打継手の角欠け																
	根留工との打継手の上下すれ	根留工との打継手の上下すれ																
	クラックの状態	クラックの状態																
根留工	形状	形状																
	材質	材質																
	状態	状態																
	目的	目的																
その他		ハイピンダ 波や通行交通によって腐食がよりなる																

4. 海岸堤防・護岸の劣化についての現況調査

3で海岸堤防の破壊過程とその時に堤防の外見にあらわれる変化についての考察を行ない、破壊過程つまり堤防の劣化をみるにはどのようなポイントに注目すればよいかを示した。しかしながらこれらのポイントによって堤防の劣化の現状を指摘できるが、堤防の破壊にいたるまでのウエイトつまり劣化の程度については明確でない。つまり建設当初に比して、堤防各部の外見にはさまざまな変化、劣化指標はあらわれており、この変化は堤防の劣化を示すものではあるが、どのような異常気象、具体的にどのような波や水位（高潮あるいは降雨量（豪雨による出水））に対して危険か（たとえば破壊に対して）は明らかでない。これを明らかにするには、多くの堤防の被災例を解析する実験的研究などが必要であるが、一般に被災時の自然条件、特に波の諸元については不明なことが多く、被災した堤防等の構造および土質条件についてすら資料がないことがあり、さらに被災施設の復旧は、背後地の人命、資産を防護することの民生安定上の重要性から、速かに着手されるため、当面の復旧が中心で解析に必要な被災時のデータの収集は二の次にされることが多い。さらに被災の状況は千差万別であるため相当長期にわたり、詳細にデータを収集しなければ、劣化の状況と波などの外因との破壊に関する関係は明らかにすることはできないし、加えて堤防の維持管理への重要性にもかかわらず、堤防等の劣化の現況そのものが十分に把握されているとはいえないのが一般である、などさまざまな原因が組み合せて堤防・護岸の劣化の指標化を困難にさせている。

このような現状にかんがみて、現地調査においては

① 海岸堤防・護岸の劣化の現況の把握

② 海岸堤防・護岸の材料の劣化の測定

を中心に実施し、あわせて、

③専門技術者による劣化の総合的な判定を行なった。これらの現地調査の資料にもとづいて、堤防・護岸の劣化の指標化の作業を行なった。

4.1 海岸堤防・護岸の劣化の現況の把握

海岸堤防・護岸の劣化の現況を把握するため、三重、石川、富山、山口、大分各県の海岸管理者に、管内の海岸堤防・護岸のうち老朽化していると思われる施設をリストアップしてもらい、その中から、表-5.1に上げた施設を選び現場観察を行なった。調査対象施設のリストアップの基準が“老朽化している”と思われる施設というあいまいなもので、劣化さらに劣化の指標化について考察しようとする本調査の目的そのものを詳しい説明をし

使用したため、調査施設は2でのべた、劣化の定義の各々に属するとみなされるものがみられ、このうちには災害復旧工事が予定されているものもあった。

現地観察は3で示した海岸堤防・護岸の“外見にみられる変化”を各施設についてチェックするとともに、施設の設置された周囲の環境等についても観察を行なった。“外見にみられる変化”の観測結果は表-5.1に示される。

この現況把握において問題となるのは、踏査範囲が少ないこと、さらに、老朽化の定義は各海岸管理者に一任し、調査対象施設の選定を行なっていただいた（この時点で老朽化の定義は明らかでなかったし、調査のすすめ方にも議論があった、また老朽化と劣化との本報告のような意味のちがいについても明確でなかった）ことによって、劣化の指標化をはかるためにはサンプル数が少なすぎることで、調査項目に適確な答えを与えることのできる資料が整っていない（古い施設では、建設時の記録が散逸しているか、あるいは倉庫のすみに眠っており発見できない）などである。さらに今一つの問題は、各管理者間においても“老朽化”に対する認識の差があり（もちろん、調査担当者内にも差があった）、それが出先の機関に行けば問題の抽象性から、調査の主旨が何であるかについては十分理解していただけなかったのではないかと思われる。これは調査依頼側の説明のまずさもあったであろうが、老朽化についても劣化についても、その認識がいかに万別であるかを証明するものであると考えられる。結果としては海岸堤防の劣化の問題を広くとらえることに役立つことになった。

4.2 海岸堤防・護岸の材料の劣化の測定

堤防・護岸の主たる材料として使用されている、コンクリートについて現地調査した。調査項目としては、表面観察ならびにシュミットハンマーによる圧縮強度の推定、超音波法によるコンクリートの品質評価、さらに構造物上面からコアボーリングによってコンクリート材料の試料を採取し、材料試験を実施した。調査結果ならびにその考察は港研資No.142で報告されている。

4.3 海岸堤防・護岸の劣化の総合的判定

ここでの最終的な目標は海岸堤防・護岸の劣化を示す外見にみられる変化を科学的合理性な裏付けのもとに評価し、それを指標化できるような方法の開発である。これは、貴重な人命、資産を防護する堤防・護岸の維持管理に、あるいは改修等の必要性の判断基準として重要であると考えられる。しかし、堤防・護岸の劣化を示す外

見にみられる変化がかりに合理的に決定できたとしても、それを指標化すること一劣化指標を求めることは容易なことではない。

調査は堤防・護岸の劣化の概念とそれのもつ意味について考察し、現地観察によって、それを確認するとともに、その指標化について検討を進めた。

海岸堤防・護岸などの設計は港湾構造物のそれと異なり、作用外力とその外力による構造物の応答挙動等に関する解析がほとんど行われていないため、その力学的なとりあつかいが困難であることから、構造物部材の諸元の決定は経験の積み重ねである構造細目のマニュアルにしたがって行われている。したがって、構造力学的な意味での構造物の劣化（破壊の可能性の高いもの？）を、構造力学の理論によって検証することはできない。また、この調査が何らかの実験研究によって上述の問題の解決にあたることを含まなかったため、堤防・護岸の外見にみられるクラックや目地のずれなどの破壊兆候や材料の劣化の状態を総合的に判断し、構造安定の面からその劣化の程度を判定しようと試みた。

このような方法がとられた理由としては、

- ① 海岸構造物の構造部材の決定が構造力学等の理論的根拠にもとづいておらず、したがって、構造物の破壊に関する学問裏付けが十分でない。
- ② 現在までに得られた堤防・護岸の構造設計に関する技術をはじめとして海岸工学上の知識を有する専門技術者の総合的判断は理論的根拠が不明確であっ

てもかなりの信頼性を有する。

- ③ 劣化についての概念が明確でなく、当初より十分な調査態勢をとり得なかった。

等があげられる。

この専門技術者による総合的判断の評価方式としては、表-4.1に示される5段階方式によった。

この評価方法とその判断根拠の討論を通じて、劣化についての概念が徐々に明確化され、次の堤防等の破壊過程の考察にもとづいた堤防等の外見にあらわれる変化の組み合わせによって劣化を判定する方法に進んでいった。

5段階評価方式による、劣化の評価基準は表-4.1に示されている。

表-4.1 堤防・護岸の総合的评价基準

評 価	評 価 内 容
A	完全である
B	やや完全である（普通）
C	このままでも使用できないではない
D	多少の修理をすれば使用できる
E	改造が必要である

5. 海岸堤防・護岸にみられる劣化の現況

海岸堤防・護岸の劣化の現況把握とその構造物の劣化の程度の評価のために行なった現地調査の結果を図-5.1～図-5.28、表-5.1～表5.2に示す。表-5.1は調査施設の一覧、図-5.1～図-5.28は山口、大分、石川、富山、三重各県の調査施設の構造断面図を示し、写

真-5.1～5.121は各調査施設の劣化を示す外見にみられる変化-劣化指標を中心に撮した写真である。

表-5.2は3.3に示した劣化指標（外見にみられる変化）をチェックリストとして調べた海岸堤防の劣化の現況一覧である。

表-5.1 調査施設一覧

港名	構造種別*	建設年 (経過年数)	総合的 評価	図番	備考
A	堤防 (石積)	S 35 (11)	C	図-5.1	
B	堤防 (石積)	S 31 (15)	D	図-5.2	
C	堤防 (石積)	S 30 (16)	E	図-5.3	
D	堤防 (石積)	S 26 (20)	D	図-5.4	
E	護岸 (間知ブロック)	S 34 (12)	C	図-5.5	
F	護岸 (石積)	S 30 (16)	E	図-5.6	
G	護岸 (石積)	S 5 (41)	D	図-5.7	
H	護岸 (石積)	S 2 (44)	E	図-5.8	
I	堤防	S 29~35 (17~11)	B	図-5.9	
J	堤防	S 29~35 (17~11)	C	図-5.10	
K	堤防	S 31 (15)	B	図-5.11	
L	堤防	S 29 (17)	B	図-5.12	
M	堤防	S 29 (17)	D	図-5.13	
N	堤防	S 34 (12)	C	図-5.14	
O	堤防	S 25~32 (21~14)	D	図-5.15	
P	堤防	S 25~32 (21~14)	D	図-5.16	
Q	堤防	S 28 (18)	D	図-5.17	
R	護岸	S 34~37 (12~9)	E	図-5.18	
S	護岸	S 7 (39)	C	図-5.19	
T	護岸	S 23 (23)	D	図-5.20	
U	護岸	S 32 (14)	E	図-5.21	
V	護岸	S 34 (12)	C	図-5.22	
W	護岸	S 4 (42)	E	図-5.23	
X	護岸	S 20 (26)	B	図-5.24	
Y	護岸	S 38 (8)	B	図-5.25	
Z	護岸	S 32 (14)	E	図-5.26	
Z-1	護岸	S 30 (16)	D	図-5.27	
Z-2	護岸	S 40 (6)	D	図-5.28	

* ()内は表のり被覆工の種類を示し、無記入はすべてコンクリート被覆

① A港・堤防

伊勢湾の西側に位置し、波の影響は少ないが侵食海岸で前面には六脚ブロックでジエッテイがある。60年を経ているが、伊勢湾台風時にも変化なくなお健在である。背後は畑、民家がある。

堤体は表のりは間知石積、他はコンクリートの三面張で波返しに3～5m間隔でヘヤークラックがある。

天ばは道路として使用しているが沈下はなく、波返しと同箇所にて3～5m間隔でクラックがある。石積堤としてはしっかりした構造である。

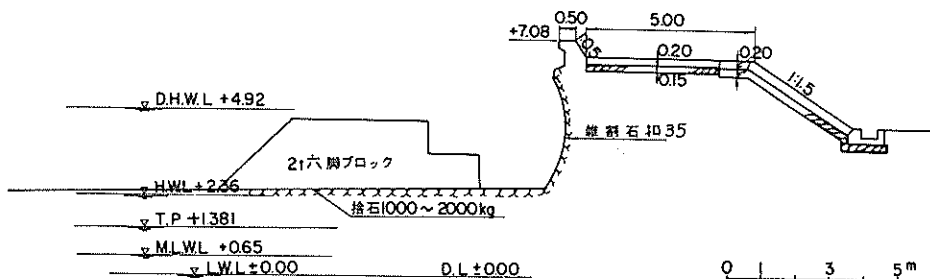


図 - 5.1 A港堤防標準断面図

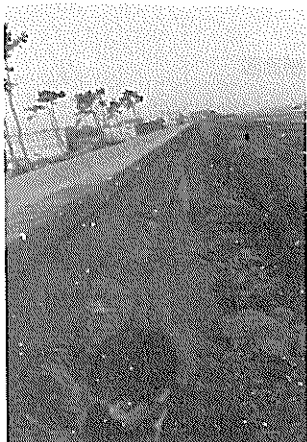


写真 - 5.1 全景



写真 - 5.2 石積の状況(練石積)

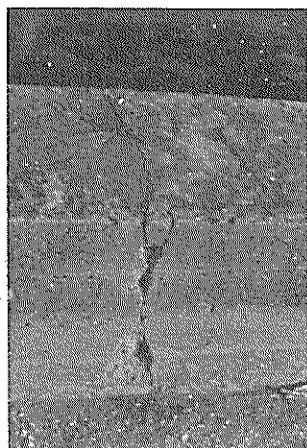


写真 - 5.3 波返し工のクラック

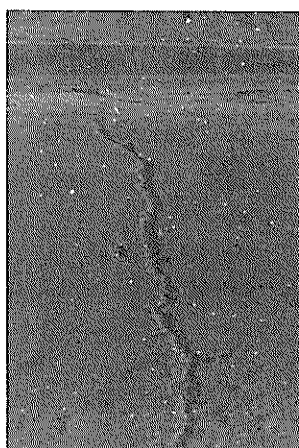


写真 - 5.4 天ば工のクラック

② B港・堤防

伊勢湾の南に位置し、五十鈴川河口にあり波の影響は殆んど受けない。背後は畑、民家がある。堤体は前面を間知石積で天ばをコンクリート（現在はアスファルト）とし裏のりには雑草の生えたままである。

間知石積の下部は目地詰コンクリートがはくりしていて、沈下のため水平に連続してすき間があり堤体土砂の吸出される恐れがある。天ばは重車輛の通行があり7cm程沈下したため現在はアスファルト舗装を施している。

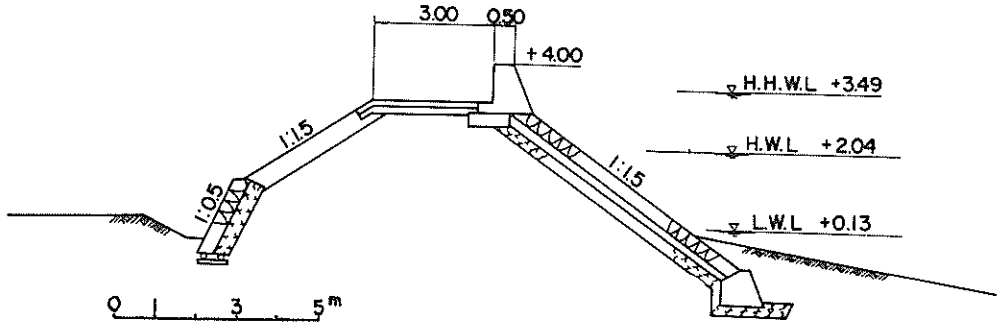


図 - 5.2 B港堤防標準断面図

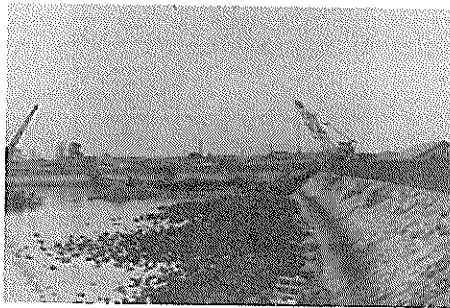


写真 - 5.5 全景



写真 - 5.6 石積の状況（練石積）

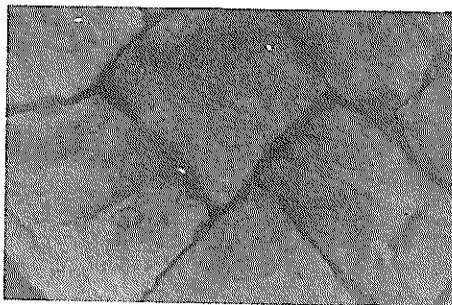


写真 - 5.7 石積のゆるみ



写真 - 5.8 上部コンクリート無破壊試験の状況

③ C港・堤防（石積）

紀伊半島の南東に位置し、尾鷲湾の湾奥にあり、熊野灘からの波の侵入は相当にあるが、本施設の前面にある弁財島により波は遮へいされる。背後は田、畑と鉄道が通っている。

堤体全部を玉石で築造されている。玉石積下部目地詰コンクリートはくり、目地間にクラックあり、玉石の抜出した箇所あり、堤体土砂の吸出される恐れがある。

前面根固部は六脚ブロックで被覆してある。

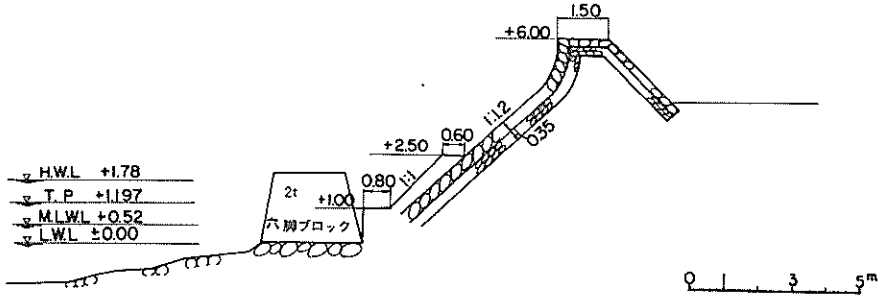


図 - 5.3 C港堤防標準断面図

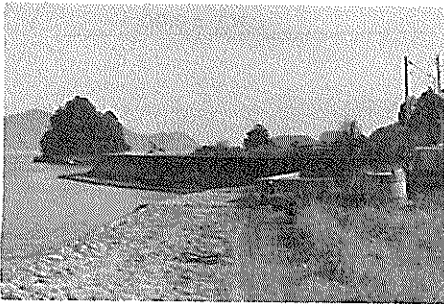


写真 - 5.9 全景（天ば工）

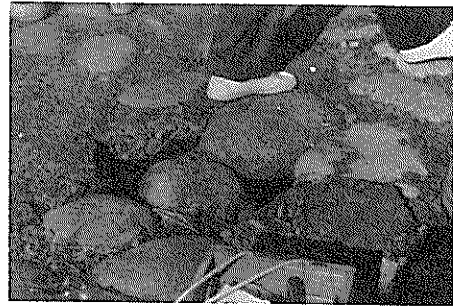


写真 - 5.10 天ば部の状況

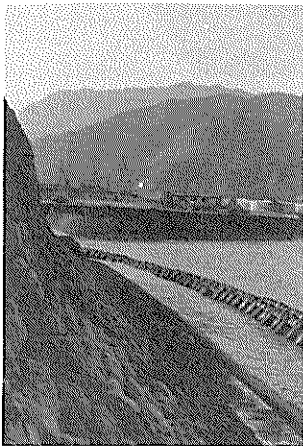


写真 - 5.11 表のり面（石積）

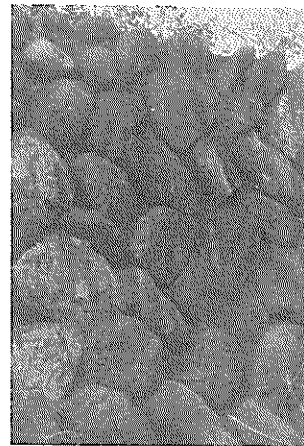


写真 - 5.12 裏のり面の状況

④ D港・堤防（石積）

周防灘の南側，国東半島の北に位置し，大きな波の作用はないものと思われる。当施設は昭和27年度の助成事業により施工された。

表のりは間知石積で天ば，裏のりは雑草が生えている。

表のりにはらみ，へこみあり目地詰コンクリートはくりし目地より海水の流出がみられ堤体土砂の吸出しがあると思われる。波返しの接続部コンクリートの角欠あり，摩耗している。法線直角方向のクラックがある。

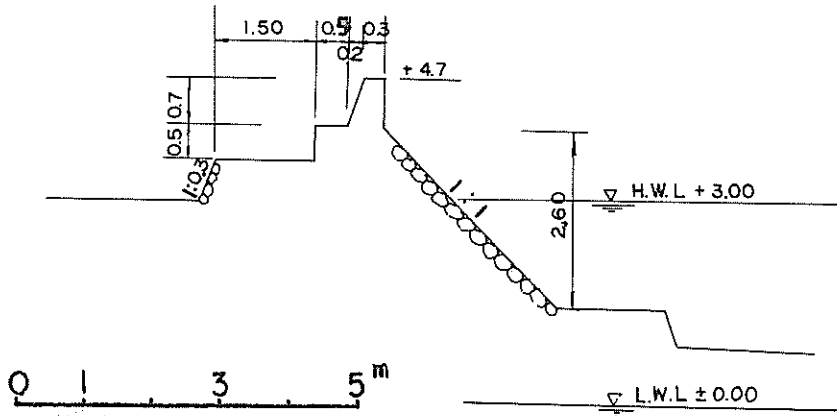


図 - 5.4 D港堤防標準断面図



写真 - 5.13 堤防断面

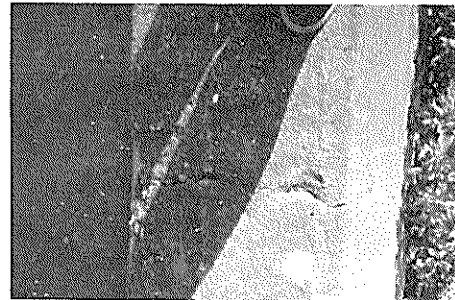


写真 - 5.14 波返し工のクラック（上側）



写真 - 5.15 波返し工のクラック（背後）

⑤ E港・護岸

伊勢湾の南西に位置し、浦となって入り組んでいるため波の影響はなく前面水深も-1m程、ノリヒビがある。背後は民家、畑がある。下部は間知ブロック積で摩耗少々あり、ブロックとコンクリートとの打継手に角欠け損

傷が見られ破壊が進むと裏込の吸出される恐れがある。断面方向にクラックの箇所があるが大きな開きでないため、問題ないと思われる。天ばは重車輛、通行のため沈下、クラック、角欠けがあり特に隅角部について激しい。

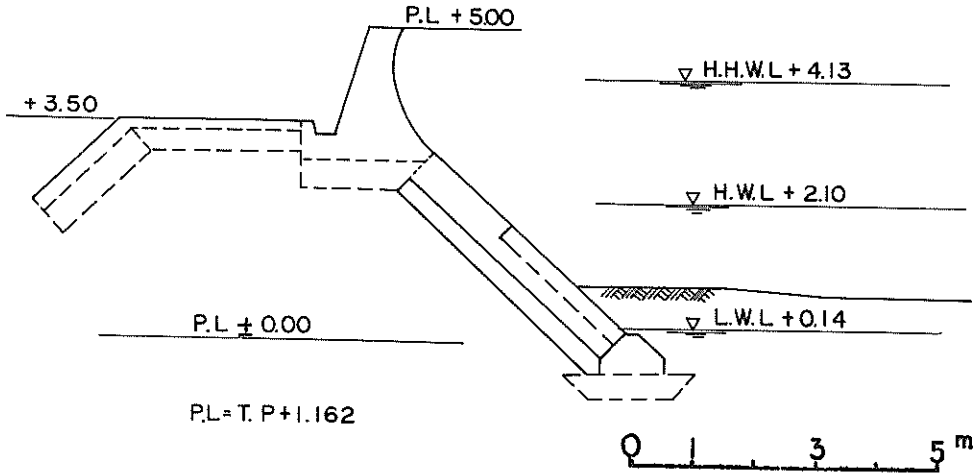


図 - 5.5 E港護岸標準断面図

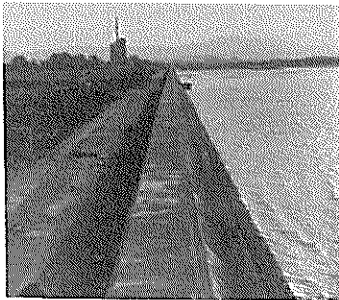


写真 - 5.16 全景

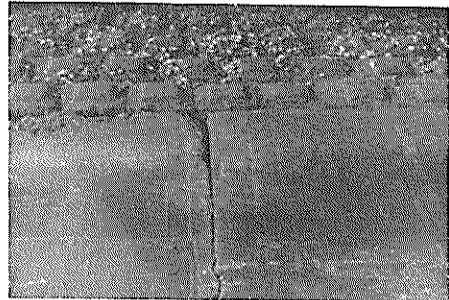


写真 - 5.17 表のり目地付近の状況

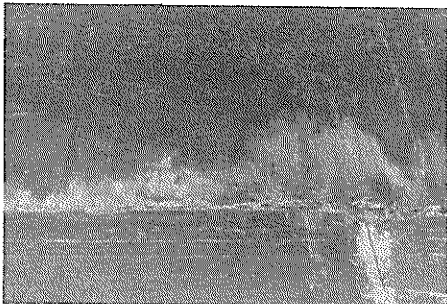


写真 - 5.18 表のり目地付近のエフロレンセス

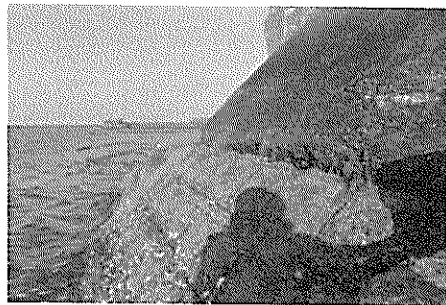


写真 - 5.19 表のり目地付近の状況

⑥ F港護岸で出船の事故が頻りに発生している。総伊半島の南東に位置し、入江の最奥にあり熊野灘に口を開いているため波を直接には受けないが回折波の作用が大きいものと思われる。伊半島の背後は道路となっており、前面海底は礫である。

間知石積のため20m区間において沈下による水平クラックが目地に生じており、基礎土砂の吸出しの恐れがある。当箇所には前面にコンクリート張を行ない、天ばを上げる改修計画があり、近い将来改修される見込みである。

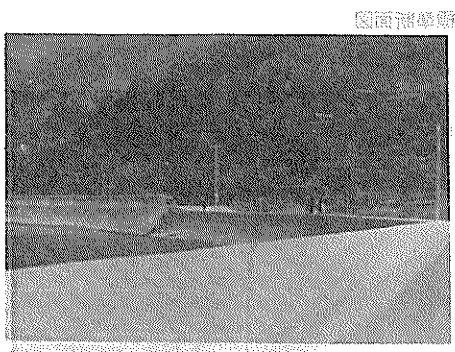
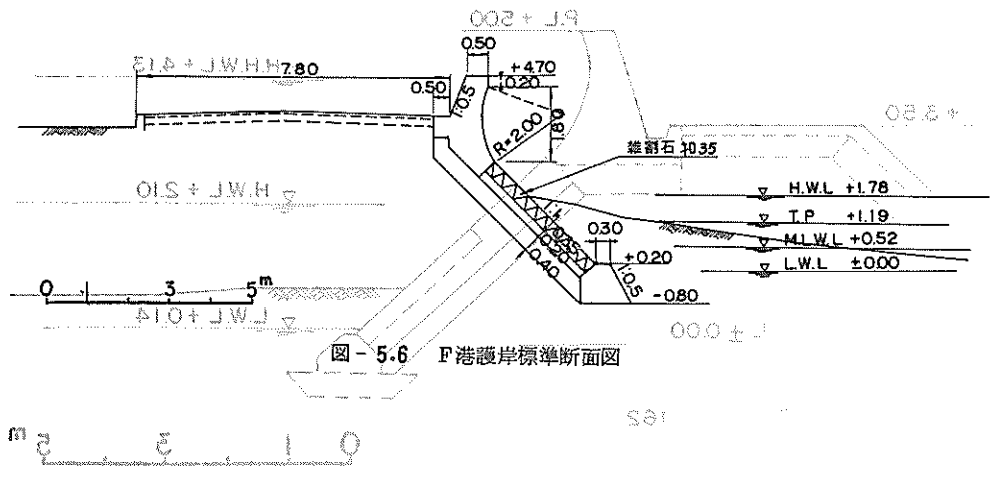


写真-5.20 全景

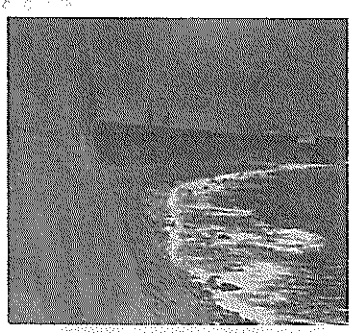


写真-5.21 表のりの状況

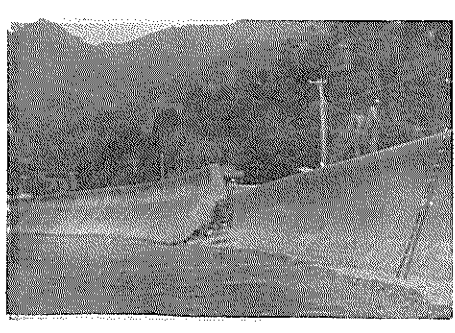


写真-5.22 表のりの状況

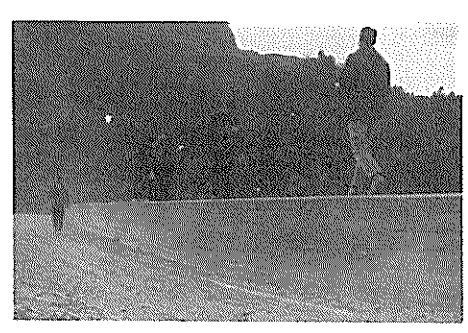


写真-5.23 波返し工の背後

⑦ G港・護岸

能登半島の東寄りに位置し、富山湾からの波を相当に受けるものと考えられる。背後は道路、民家が密集している。

昭和5年に間知積で施工したものに昭和25年に下部のみコンクリートで腹付けしている。貧配合コンクリート

と前面の礫によるすりへりかコンクリートの摩耗が激しく骨材が露出している。波返しは1ブロック10mにつき1本のクラックがあるが沈下等によるずれはない。石積部の目地コンクリートがはくりしているが目地より裏込の吸出し、石の抜出し等はないと思われる。

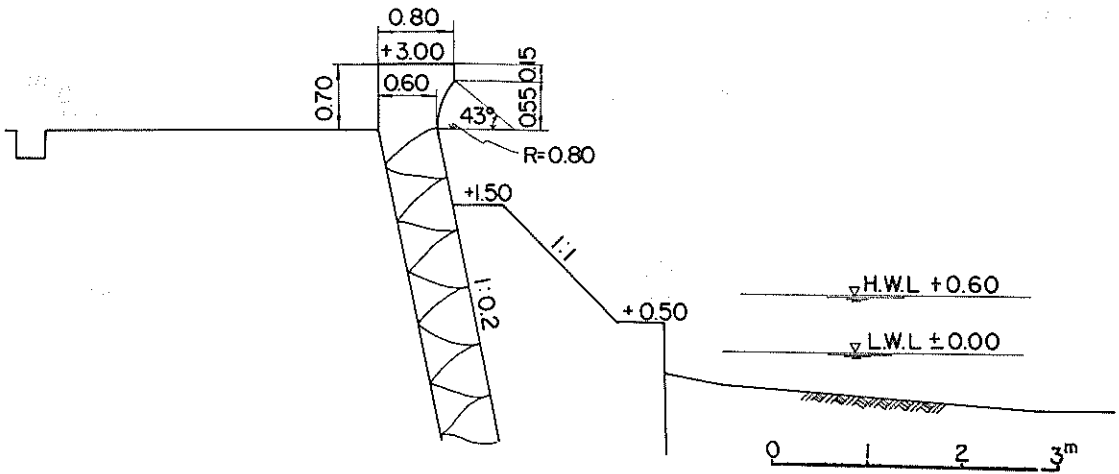


図 - 5.7 G港護岸標準断面図

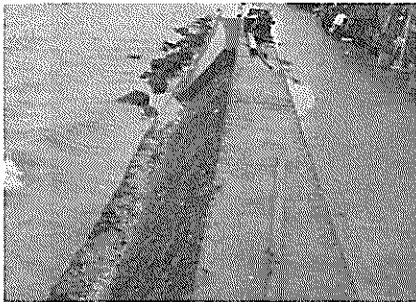


写真 - 5.24 全景

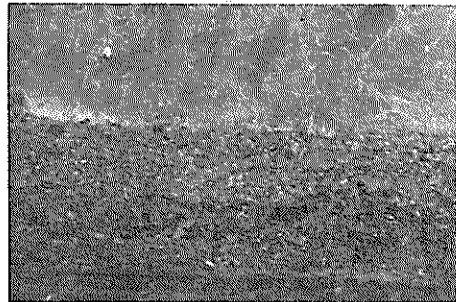


写真 - 5.25 表のり工の摩耗



写真 - 5.26 水叩工の沈下(背後に水たまり)

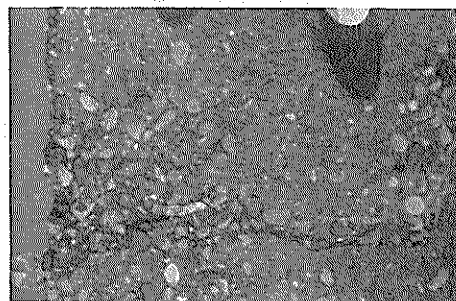


写真 - 5.27 波返し工のクラック

⑧ H港・護岸

能登半島の西側に位置し、日本海に直接面している
ので波の作用は相当あるものと思われる。背後は一部道路
となっており畑、民家が密集している。表のりは間知石
積で護岸は低い、波返しはコンクリートであるが粗骨材
露出のため表面にモルタル仕上げをしてあるがはげ落ち
ている。

根固石の一部移動が見られる。間知石積のため目地コ
ンクリートははくりし、全長のうち2箇所の間知石が2
個抜け出しており裏込の吸出しはあると考えられるが、
水叩の陥没等外見では表われていない。波返しコンクリ
ートは貧配合で全体に摩耗大、骨材の露出が見立つ、天
ばは道路となっているため凹凸がはげしく、波返し背後
は越波による洗掘を受けている。

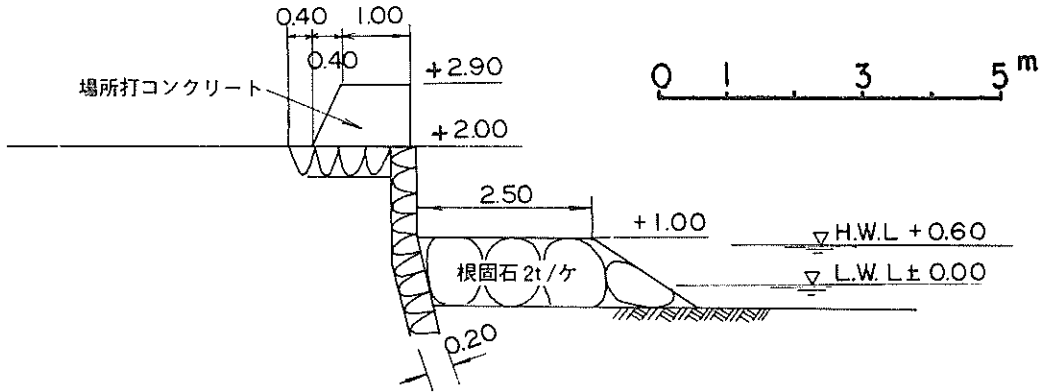


図 - 5.8 H港護岸標準断面図



写真 - 5.28 全景

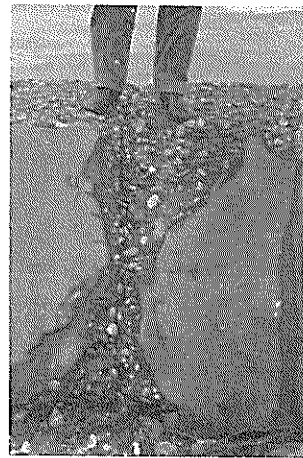


写真 - 5.29 波返し工の摩耗



写真 - 5.30 表のり工間知石の抜け出し

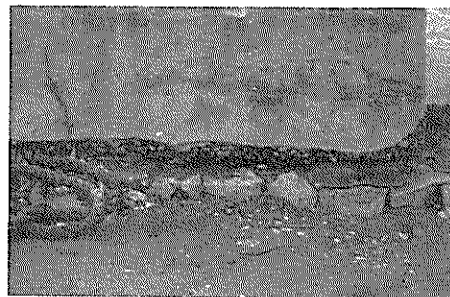


写真 - 5.31 波返し工接続部の損傷

⑨ I 港・堤防

伊勢湾の西側に位置し、前浜約200mはあしなどがはえ、波の影響はないものと思われる。背後は遊水路、田、畑がある。堤体はコンクリート三面張で表のりに小段があり目地に雑草が生え骨材が露出している。1プロ

ック10mの中央(5m)にクラックがあり、天ばの約20m区間の軟弱地盤部において、2cm~3cmの沈下あり、コンクリートの隅角部が欠け断面方向に大きなクラックがある。裏のりは軟弱地盤部において肩の部分で3cm程開きがある。

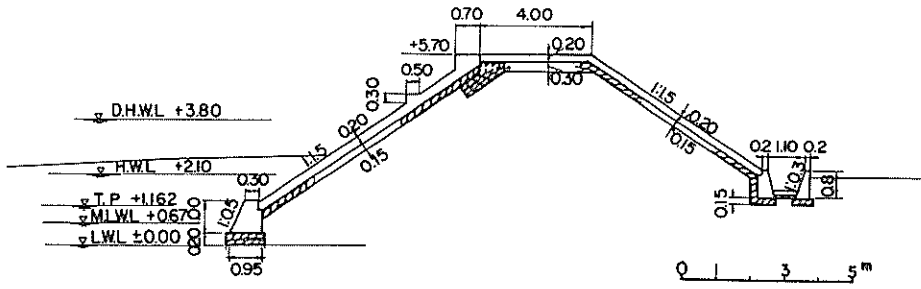


図 - 5.9 I 港堤防標準断面図

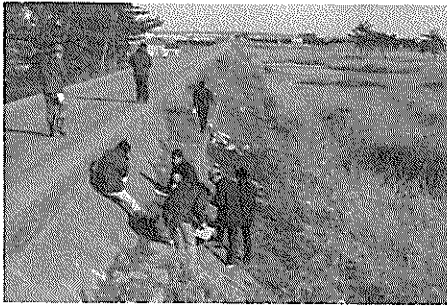


写真 - 5.32 全景

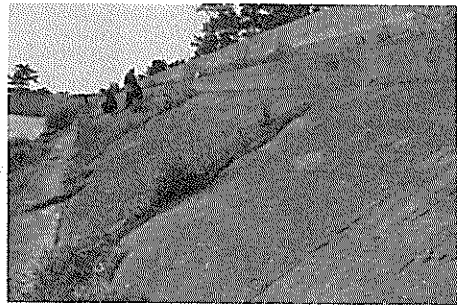


写真 - 5.33 裏のり工のはらみ

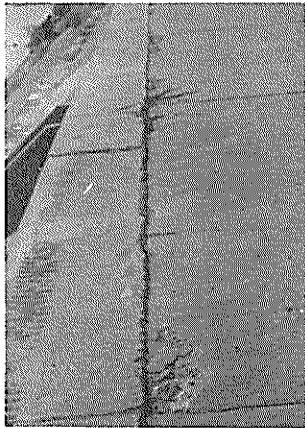


写真 - 5.34 天ば工の沈下, 角欠け

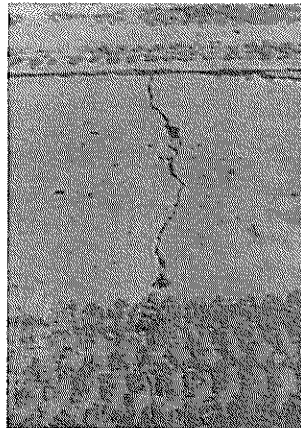


写真 - 5.35 表のり工のクラック



写真 - 5.36 背のりと天ば工の目地のひらき

⑩ J港・堤防

伊勢湾の西側に位置し、波の影響は少ないが隅角部であるため波の集中が考えられる。背後には工場、民家が密集している。堤体は前面直立のコンクリート三面張で、

前面コンクリートの摩耗がはなはだしく、前傾の箇所あり、隣接部との間に大きなクラックがある、波返しは1cm程の沈下、ずれがある。天ばは道路となっているため摩耗、クラック、沈下がある。

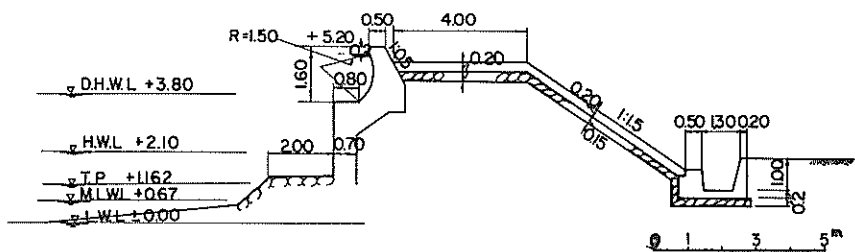


図 - 5.10 J港堤防標準断面図

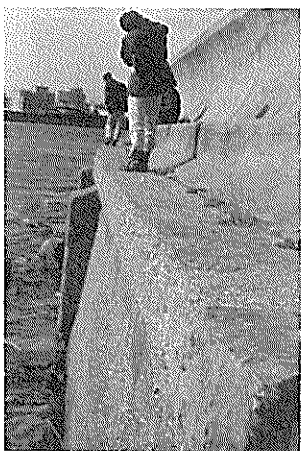


写真 - 5.37 表のり工の状況



写真 - 5.38 表のり工のクラック

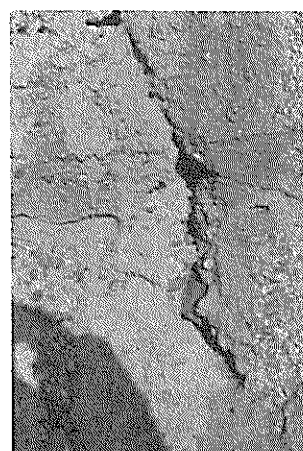


写真 - 5.39 表のり工のクラック

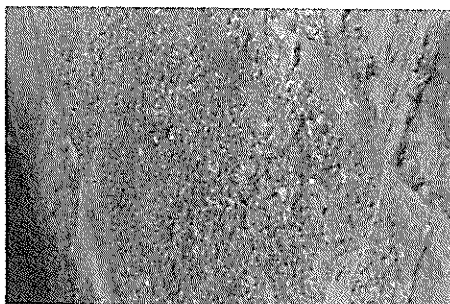


写真 - 5.40 表のりコンクリートの摩耗

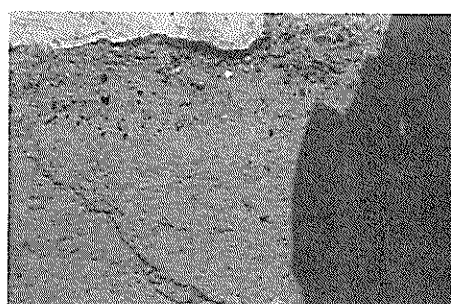


写真 - 5.41 天ば工コンクリートの摩耗

⑩ K港・堤防

伊勢湾の西側に位置し、波の影響は少い。背後は競艇場となっている。堤体はコンクリート三面張で裏のりの高さは5m程で比較的高い堤防である。

表のりは3~5mピッチでクラックあり、多少はらみ具合の箇所もある。天ば上は1cm程沈下して波返しとの間にクラックがある。裏のりは3~5mピッチでクラック、はらみの箇所あり、目地に3cm程のずれがある。

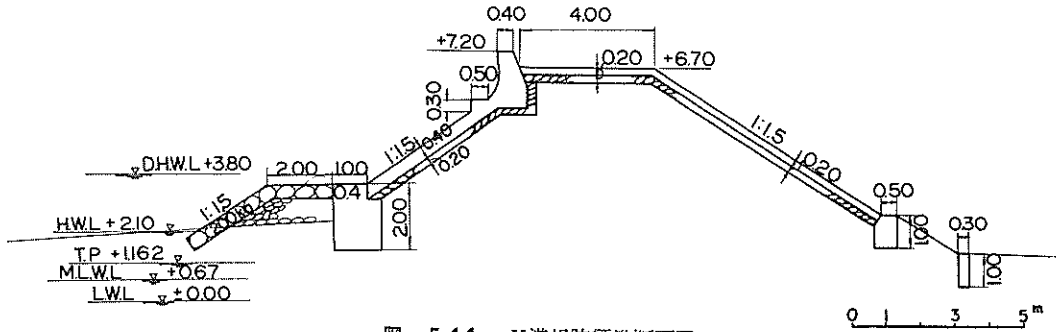


図 - 5.11 K港堤防標準断面図

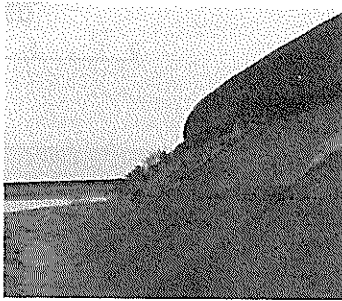


写真 - 5.42 表のり工



写真 - 5.43 裏のり工

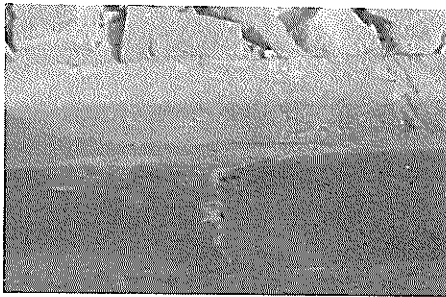


写真 - 5.44 表のり工のクラック

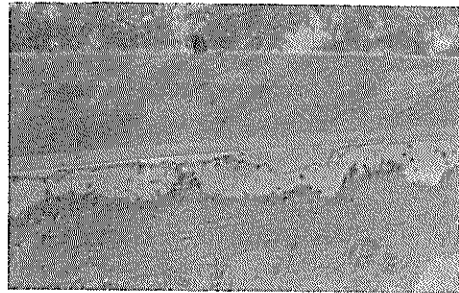


写真 - 5.45 波返し工背後にできた天ば工クラック



写真 - 5.46 裏のり工のクラック



写真 - 5.47 前面根固石の散乱

⑫ L港・堤防

伊勢湾の南西に位置し、浦となって入り組んでいるため波の影響はなく前面水深は±0 m程である。背後は養魚場となっている。堤体は前面はコンクリート被覆で、天ば、裏のりはアスファルト被覆である。

根留が前面にずれ、目地に8 cm程のずれを生じている。上部より2 m下った位置に水平にクラックあり、波返し5 mm沈下、貧配合コンクリートのため欠けている箇所がある。天ばおよび裏のりには目立った変化は見られない。

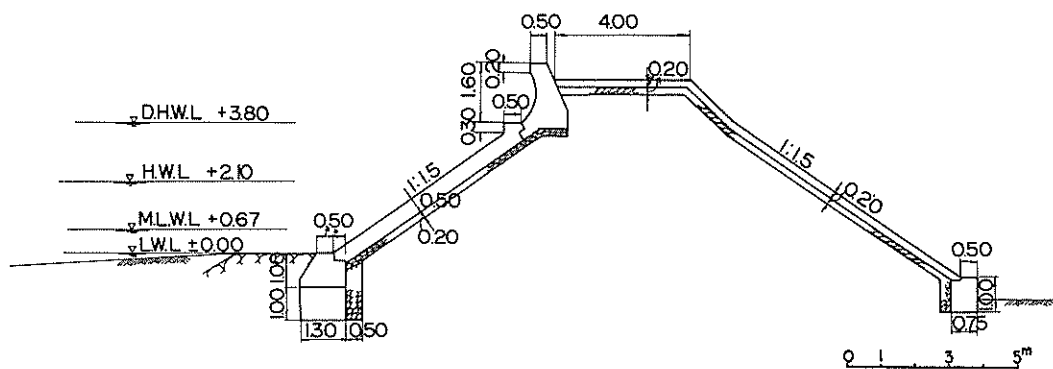


図 - 5.12 L港堤防標準断面図



写真 - 5.48 全景



写真 - 5.49 表のりの目地のかけ

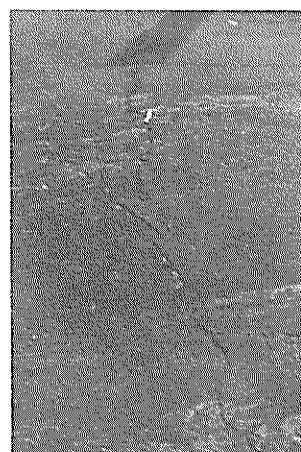


写真 - 5.50 表のり工のクラック



写真 - 5.51 表のり工の沈下によるずれ

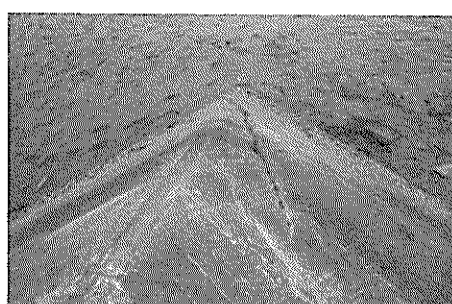


写真 - 5.52 隅角表のり工のクラック

⑭ N港・堤防

内港に面した港の北東に位置し、波の作用はないものと思われる。背後は塩田であったが現在は使用されていない。表のりは根固部に小段のついたもので、裏のりは雑草が生えている。

地盤は軟弱なため沈下、クラックがある。表のりは特に隅角部において沈下が大きい。根固部40m区間にお

いて特に貧配合の箇所あり、根固部小段に縦横に大きなクラックがある。波返しは前後に2cmずれ、上下ずれもある。1ブロック長10mのうち中央付近に法線直角方向のクラックあり、隅角部に法線方向水平の大きなクラックがある。天ばは4cm程沈下し、法線直角方向のクラックあり、天ばに開けた穴より空洞がみられる。裏のりは雑草が繁茂し安定している。

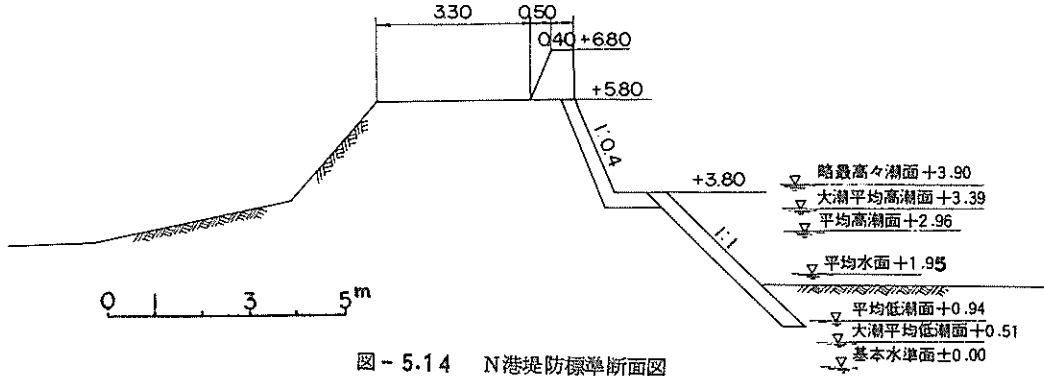


図 - 5.14 N港堤防標準断面図



写真 - 5.57 全景

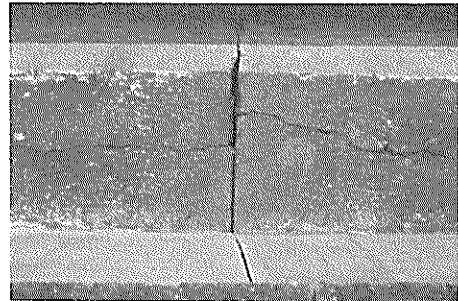


写真 - 5.58 表のり工小段のクラック



写真 - 5.59 天ば工のクラック

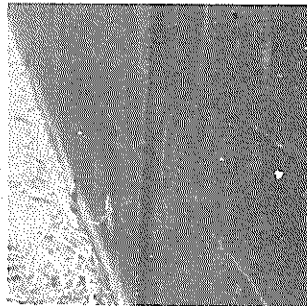


写真 - 5.60
波返し工法線直角方向のずれ



写真 - 5.61
波返し工の不等沈下によるクラック

⑮ ○港・堤防

西側を河川ではさまれた地区の堤防で波の作用は比較的大きいと思われる。背後には民家、田、畑があり、干拓堤防である。

表のりは急勾配で、下部に角欠け、骨材露出箇所あり、隅角部根固小段部に法線方向クラックが多くあり、表の

り上部に直角方向の大きなクラックが多数ある。波返しは前後に3~4cmずれ、斜めにクラックが入っている。天ばにはブロックが敷かれ車の通行があるため沈下およびブロックの割れがある。隅角部において災害復旧で腹付けした箇所がある。

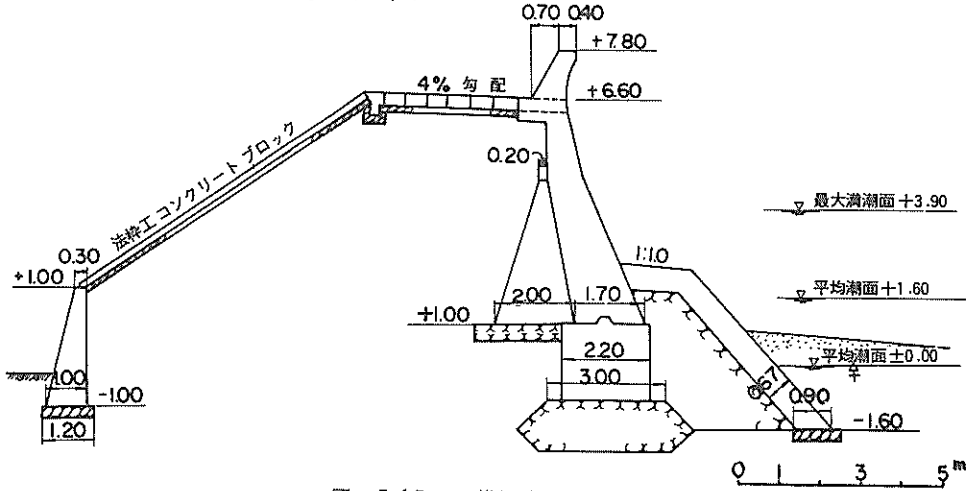


図 - 5.15 ○港堤防標準断面図

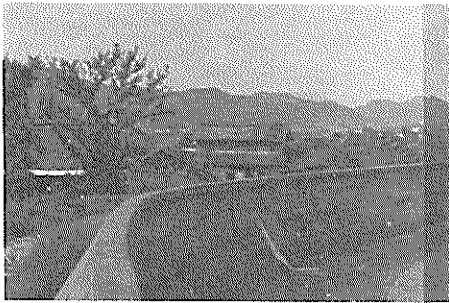


写真 - 5.62 全景

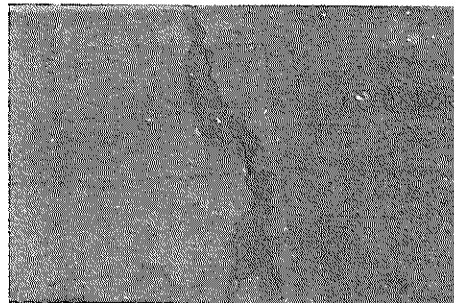


写真 - 5.63 波返し工のクラック

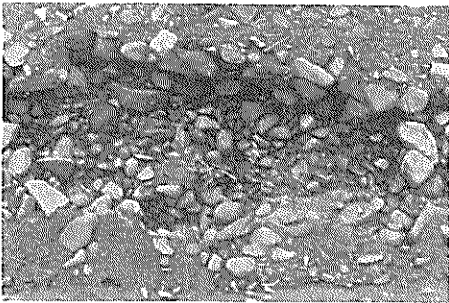


写真 - 5.64 表のり工小段部のコンクリートの損傷



写真 - 5.65 表のり工小段部の内部捨石の露出

⑬ P港・堤防

○ 港海岸堤防に隣接しており構造もほぼ同じである。

表のりコンクリートの質配合が目立つ、根固小段部コンクリートに深さ0.5m、幅0.5m、長さ2.5m程の穴あきあり、法面上部にも深さ0.3mの穴あきが見られる。根固小段に法線平行に大きいクラックあり、屈曲部小段

に多くのクラックがある。波返しは前後に2cmずれ、隅角部に2cmの上下ずれあり、法線直角方向クラックあり、天ばはブロック敷で車の通行による沈下、割れがある。裏のりもブロック張りで一部にはらみ、へこみの箇所がある。

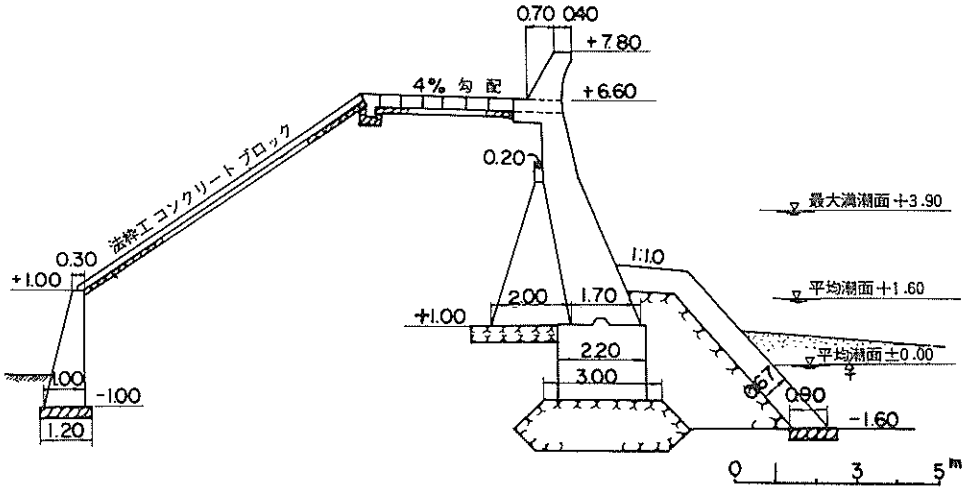


図 - 5.16 P港堤防標準断面図



写真 - 5.66 裏のり工の状況（天ば、裏のりの不陸）

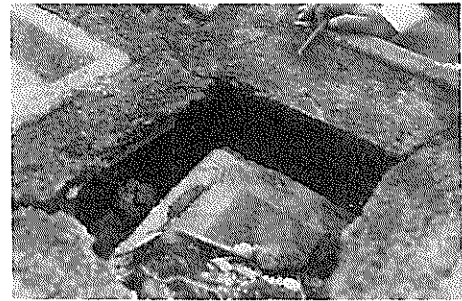


写真 - 5.67 裏のり工の吸出しによるブロック陥没



写真 - 5.68 天ばブロックの不陸

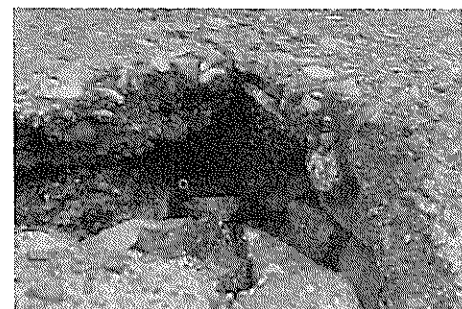


写真 - 5.69 表のり小段部のコンクリートの損傷

㊦ Q港・堤防

周防灘の南に位置し、波の作用は大きくないと思われる。干拓堤防で、背後は田となっている。

表のりは骨材の露出部があるが法線の変化はない。波返しもコンクリートは劣化してもろくなっているが、変

化なし、隅角部に1本法線直角方向にクラックあるのみ、天ばはブロック敷であるがダンプカーの通行により沈下20cm、ブロックの割れが著しい。裏のりは雑草が繁茂している。

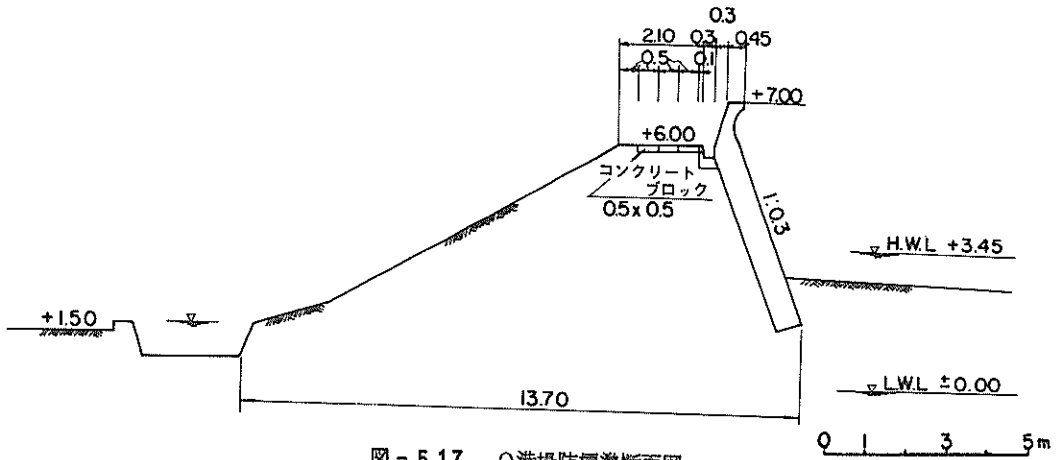


図 - 5.17 Q港堤防標準断面図



写真 - 5.70 全景



写真 - 5.71 天ば工の沈下、ブロックの割れ



写真 - 5.72 波返しコンクリートの摩耗、沈下

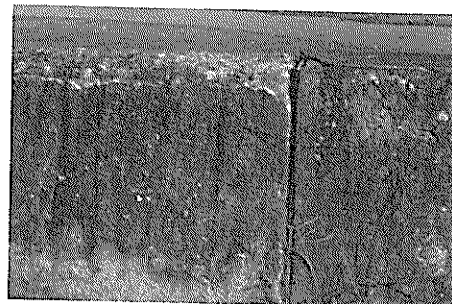


写真 - 5.73 波返し工の目地のかけ

⑩ R港・護岸

志摩半島の北に位置し、伊勢湾に港口を開いているが湾奥にあるため大きな波はないものと思われる。すぐ背後が幹線道路となっていて交通量は多い。道路に沿って胸壁コンクリートが直立しており、地盤は河口のため軟弱であるため、不等沈下がはなはだしい。背後の道路と

の間に水溜りができている。

コンクリート胸壁部は大きなクラックが入り、コンクリートがせり合って角が欠けている箇所がある。前面はコンクリートブロックを階段状に据えているが不等沈下が大きく、胸壁との間も4cm程度開いている。感潮部のコンクリートの摩耗が激しい。

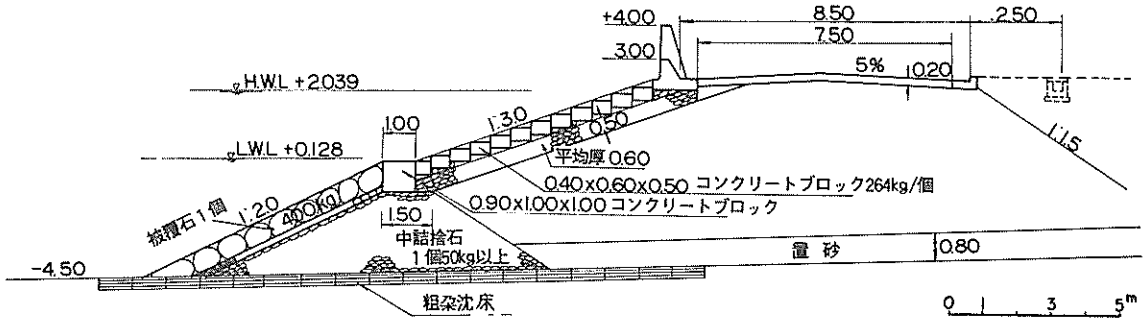


図 - 5.18 R港護岸標準断面図

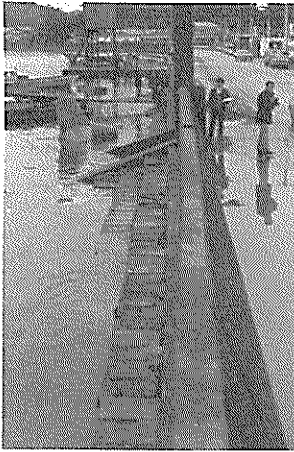


写真 - 5.74
全景（沈下の様子すが明らか）

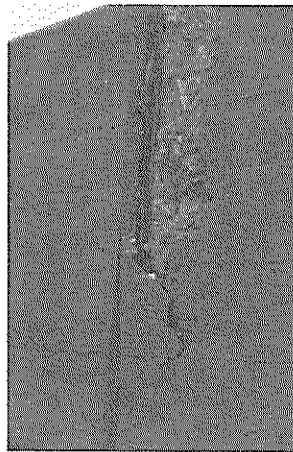


写真 - 5.75
胸壁の目地の角欠け（鉄筋の露出）

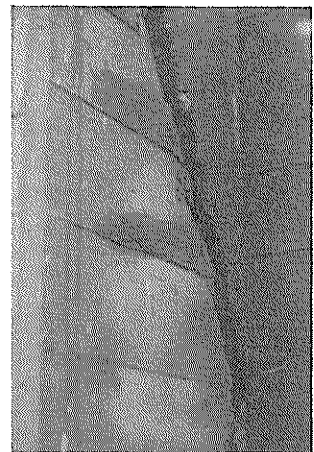


写真 - 5.76
隅角部のコンクリートの割れ

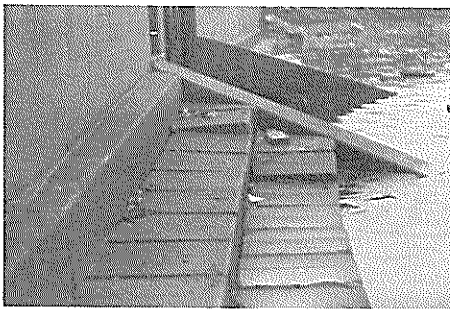


写真 - 5.77 前面の沈下状況

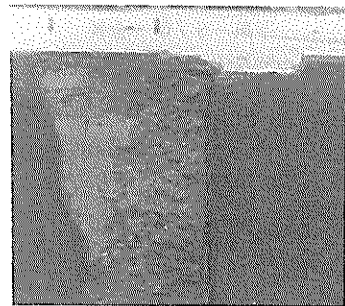


写真 - 5.78 胸壁上端のコンクリートのはがれ

⑭ S港・護岸

能登半島の富山湾沿いに位置し、南に港口を開いた入江にあり防波堤で遮へいされていないため波の作用は相当あるが、背後状況から大きな波の作用は少ないと思われる。背後には水産試験所、民家がある。コンクリートの直立護岸である。

岩盤上に直接コンクリート壁体を場所打しているため、岩盤との接続部が欠けている。波返しコンクリートに無数のクラックあり、昭和12～13年の施工で貧配合と見られる。天ばの沈下は2cm程度で一部にクラックがある。

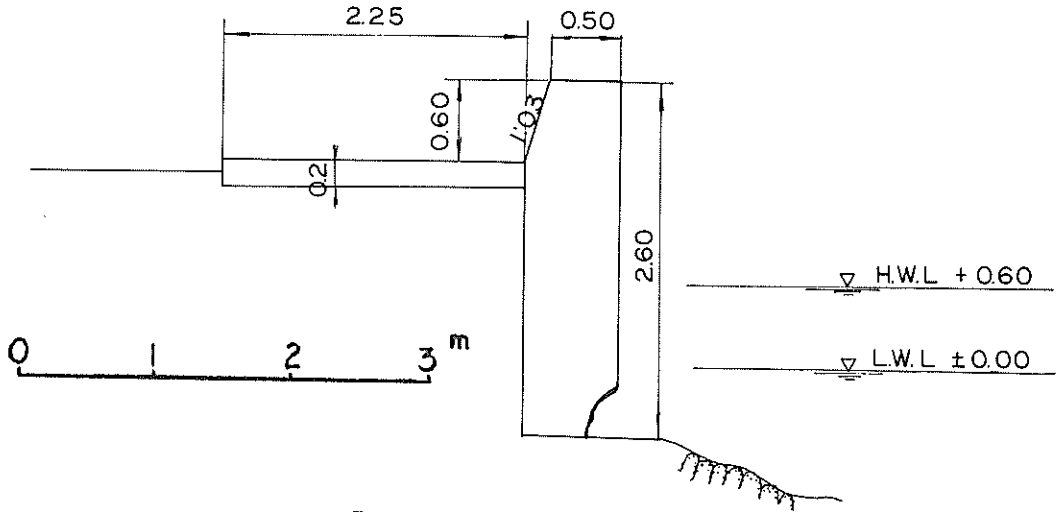


図 - 5.19 S港護岸標準断面図

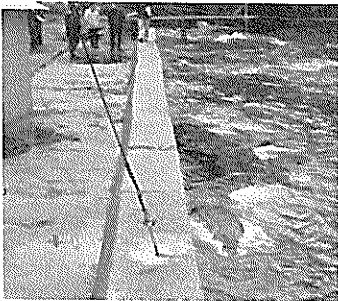


写真 - 5.79 全景

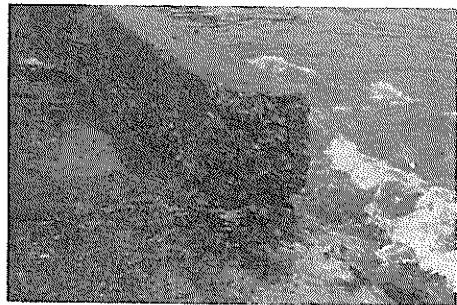


写真 - 5.80 波返し工の損傷

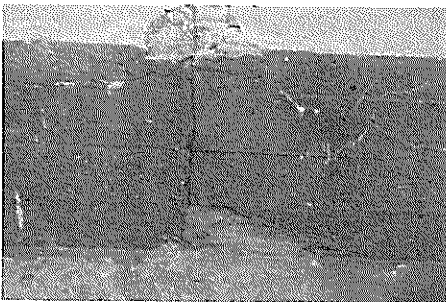


写真 - 5.81 波返し工目地の損傷, クラック



写真 - 5.82 岩盤との接続部の欠け

㊦ T港・護岸

富山湾の東寄りに位置し、波の作用は相当あるものと思われる。前面海岸は、礫浜で比較的急勾配である。背後は田、畑となっている。

斎藤式護岸と呼ばれコンクリート無底面で昭和23年

に施工された。法線は2.5cm程のずれがあり隣接面との目地は最大6.5cm程開いている。コンクリートの摩耗大でクラックも縦横に入っている。

本護岸約20cmの両サイドは堤防が完成しており、この部分だけが取り残されている。

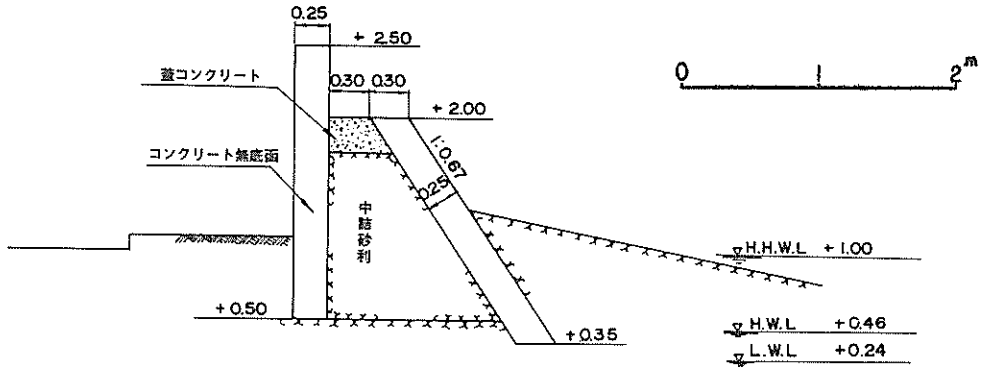


図 - 5.20 T港護岸標準断面図



写真 - 5.83 全景

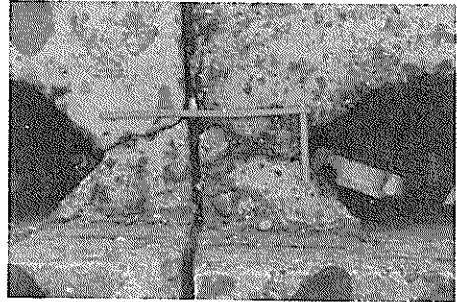


写真 - 5.84 表のり工のクラック

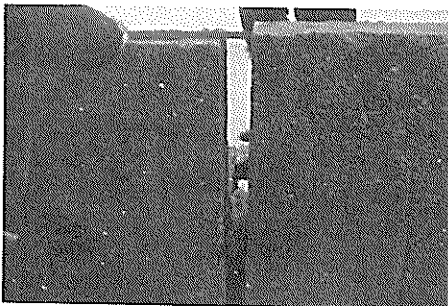


写真 - 5.85 目地のひらき

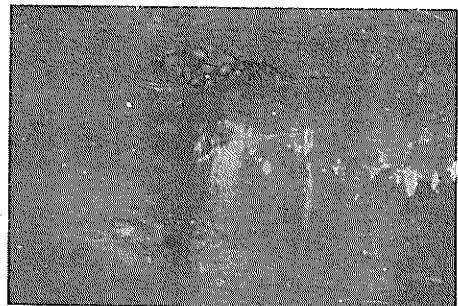


写真 - 5.86 波返し工の摩耗

② U港・護岸

内海に面しており、波の大きな作用はないと思われる。すぐ背後には民家が密集している。

根固石一部散乱し基礎を洗掘される恐れあり、根入れが不足している。コンクリート壁体の下部の摩耗激しく

損傷もあり、大きいクラックが法線水平方向および直角方向にある。波返しに7mピッチでクラックがある。水叩には12cmの陥没あり裏込の吸出しが予想される。バラベットに平行にクラックがある。

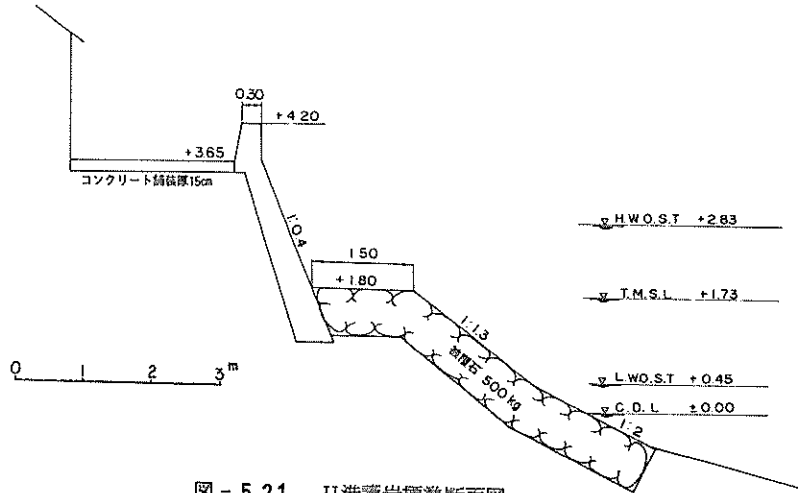


図 - 5.21 U港護岸標準断面図

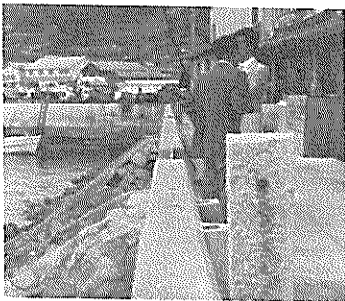


写真 - 5.87 全景



写真 - 5.88 表のり工のクラック

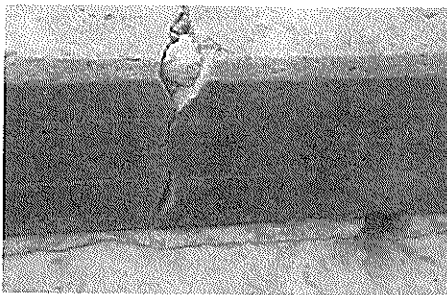


写真 - 5.89 波返し工のクラック, 損傷

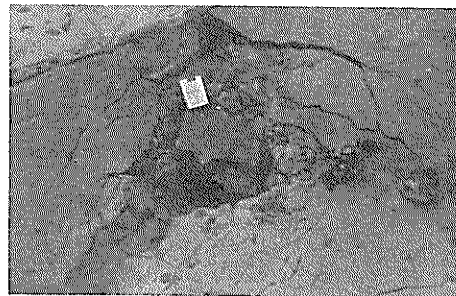


写真 - 5.90 水叩工の沈下, 損傷

㊸ V港・護岸

港は内海に位置し、波の作用はないものと思われる。背後は田となっている。表のり中段部に巾2cmの横断方向にクラックあり、波返しなみかえしの全長にわたり1ブロック長

1.5mの中央付近(7~8m)にクラックがある。水叩部は無舗装であるが越波による洗掘の恐れはないので、現在のままで支障ないと思われる。

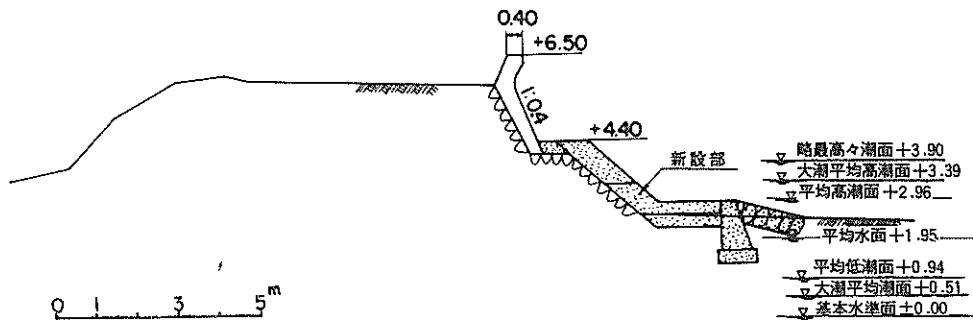


図 - 5.22 V港護岸標準断面図



写真 - 5.91 全景

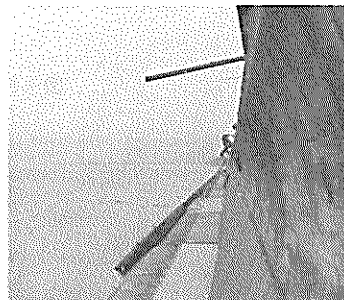


写真 - 5.92 表のり形状(小段部)



写真 - 5.93
波返し工の縦方向クラック

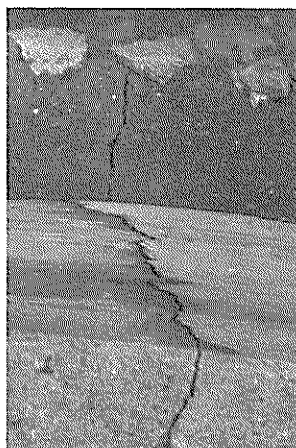


写真 - 5.94 表のり工のクラック



写真 - 5.95 波返し工のクラック

㊸ W港・護岸

港は内海に面し、埋立地と埋立地の水路護岸で波の作用は全然ない。背後は火力発電所等工場敷である。昭和4年頃築造されたものでパラベットはセメントを豊富に使っているせいか摩耗もなく健全である。表のりの法線出入りあり、目地の前後ずれはあるが施工時からのものと思われる、感潮部に骨材露出あり角欠け損傷ありクラ

ック無数にある。波返しも施工時からと見られる法線の蛇行、不陸あり、目地前後ずれ4cmの部分あり、斜にクラックがある。

水叩部は雑草が生え、パラベット背後に深さ50cm巾1m長さ2m程の陥没あり、裏込の吸出しがあったと考えられる。

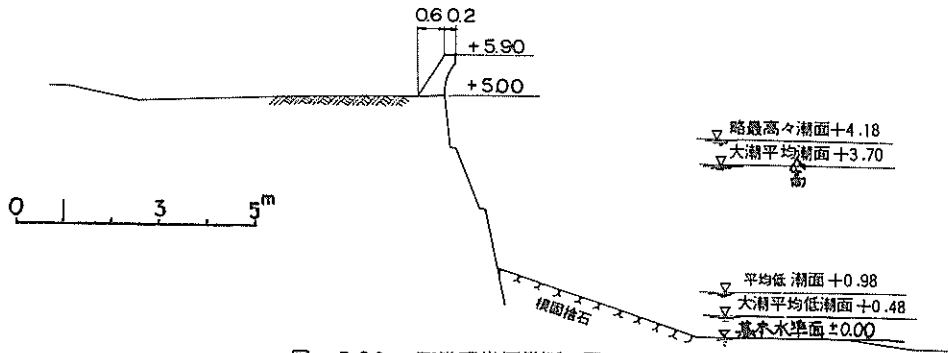


図 - 5.23 W港護岸標準断面図

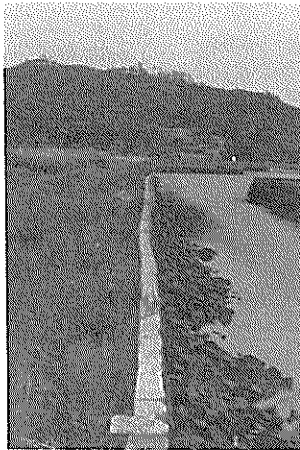


写真 - 5.96 全景（法線の凸凹）

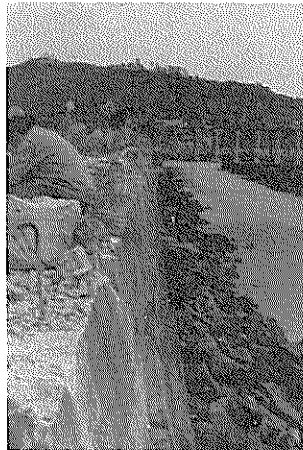


写真 - 5.97 改良工事のための波返し工の撤去

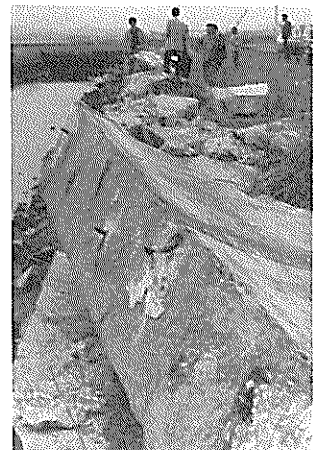


写真 - 5.98 胸壁コンクリートの打継部の状況



写真 - 5.99 表のり工のクラック



写真 - 5.100 コンクリート断面（撤去されたコンクリート）

㊤ X港・護岸

東に開いた湾に面した港にあり、波の取れんところなので複雑な波の作用があると思われる。背後は民家が密集している。

前面に中空三角ブロック施工中、表のり変化みられず、

波返して鉄筋が露出し、さびの発生箇所あり、1ブロック長10mの中央にクラックあり全体として沈下の様子もなく、前面の消波工施工により越波も減少するので背後も安全であろう。

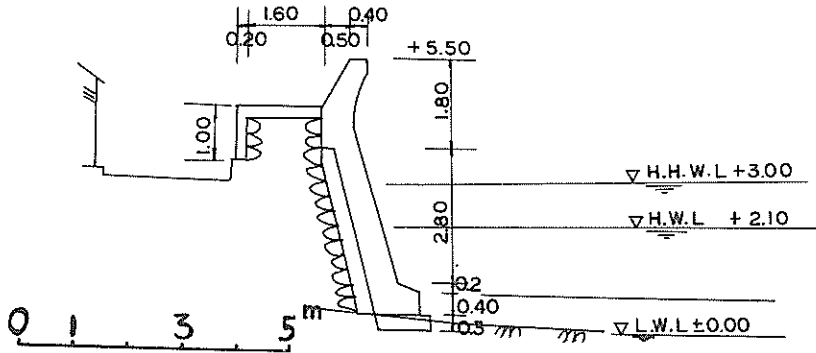


図 - 5.24 X港護岸標準断面図



写真 - 5.101 全景

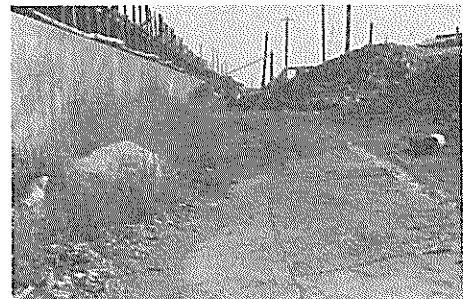


写真 - 5.102 水叩工の沈下、クラック

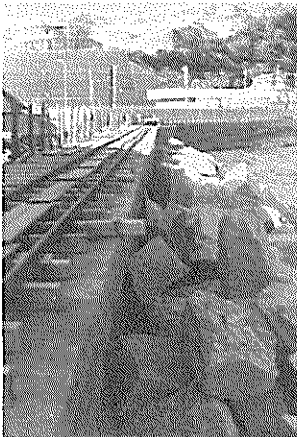


写真 - 5.103 前面消波工の施工状況

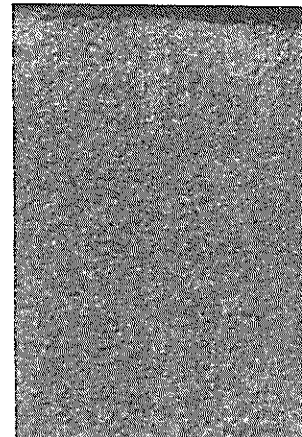


写真 - 5.104 波返し工背面のコンクリートの劣化

㊦ Y港・護岸

埋立地護岸で、波の作用も大きいと考えられる。背後は港湾用地で木材等の置場となっている。

前面をテトラポットで被覆し、パラベットの比較的高い構造である。表のりの変化はみられない。波返しは上

下8mmの不陸あり、鉄筋の赤さび、エフロレッセンスあり、1ブロック長20m中央にクラック、目地部に法線方向水平にクラックがある。水叩は波返しおよび背後階段式土留との目地間が開き気味である。階段の部分に法線直角方向クラック1ヶ所ある。

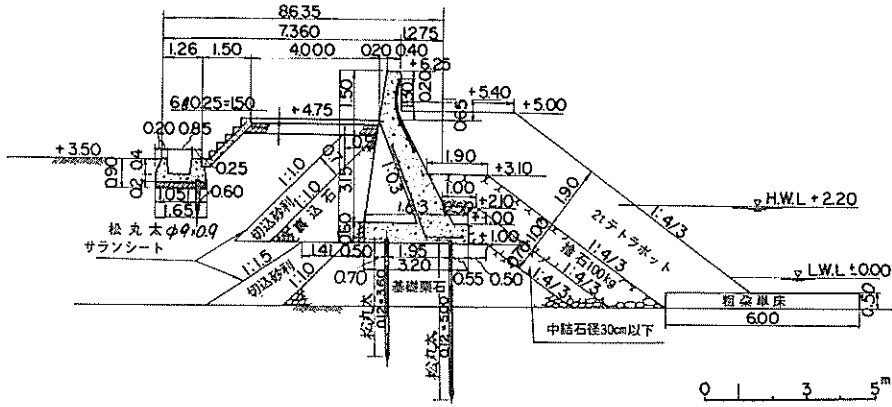


図 - 5.25 Y港埋立護岸標準断面図

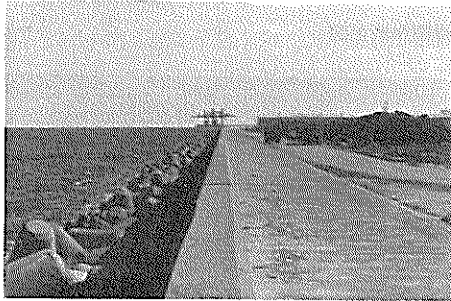


写真 - 5.105 全景

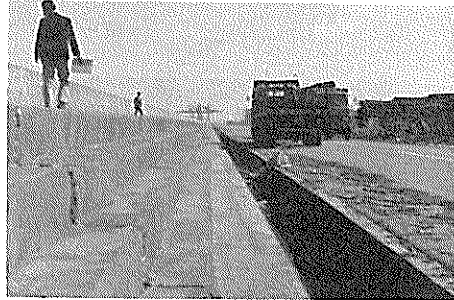


写真 - 5.106 背面階段部

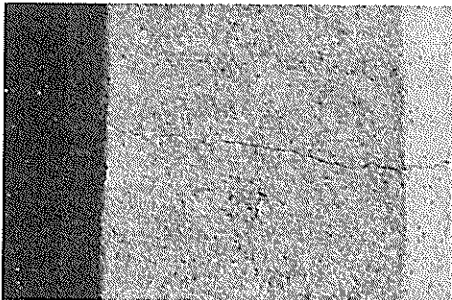


写真 - 5.107 波返し工のクラック(上面)

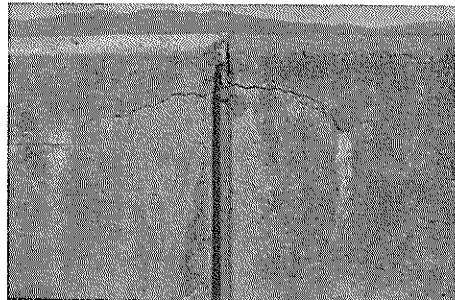


写真 - 5.108 波返し工のクラック(背面)

㊦ Z港・護岸

東に開いた湾に面した位置にあり、波の作用も大きいと考えられる。

旧海岸線は直接民家の軒まで迫っていたが、前面に道路を作り道路護岸となっており、パラペットもなく波は直接路面を洗う。現在その前面に新しい護岸を施工中で

ある。

コンクリートの下部は摩耗激しく、骨材が露出し穴あきもある。一部災害復旧で腹付をした部分がある。1ブロック長8mで2～3本のクラックが見られる。道路面は穴、水溜りがあり3～4cmの沈下がある。クラックは無効にある。

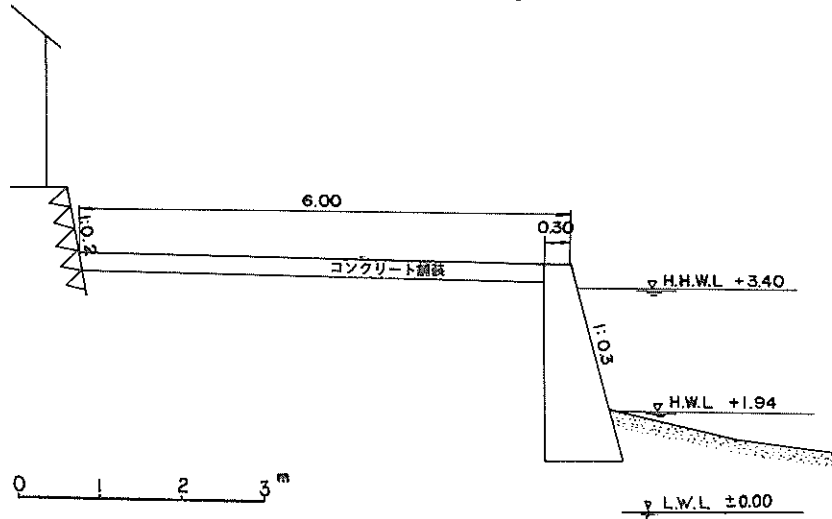


図 - 5.26 Z港護岸標準断面図



写真 - 5.109 全景



写真 - 5.110 前面コンクリートの損傷

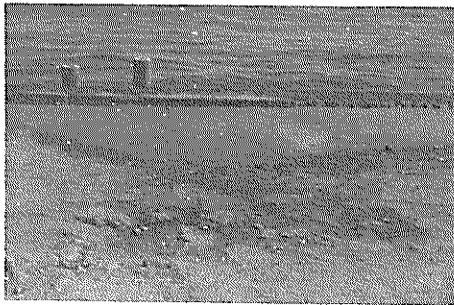


写真 - 5.111 水叩工(路面)の沈下, 損傷による水溜り



写真 - 5.112 コンクリートの摩耗

㊦ Z-1 港・護岸

小島でまわりをかこまれた港の最奥にあり、外海の波の作用はないと考えられる。

道路護岸となっており波の作用はないのでバラベツトはついていない。基礎前面水深の深い部分があるが波に

よる深掘れの心配はないと思われる。表のり1ブロック長20mに1本クラックあり路面アスファルト舗装5m沈下法線より3m背後に法線方向のクラックあり、下り勾配で沈下、目立った法線の変化が見られないので前傾、滑動ではなく、基礎部からの吸出しと考えられる。

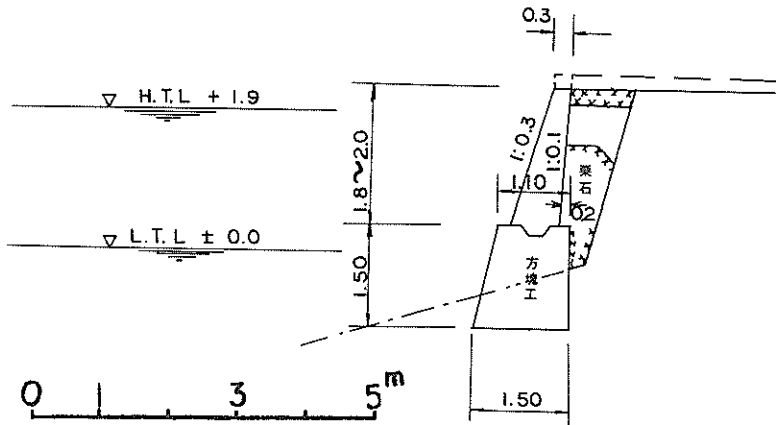


図 - 5.27 Z-1 港護岸標準断面図

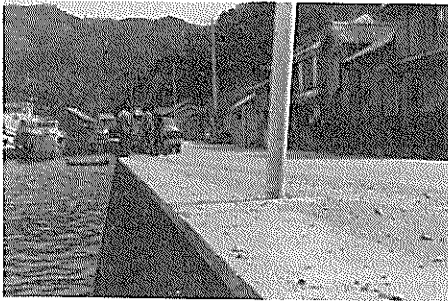


写真 - 5.113 全景

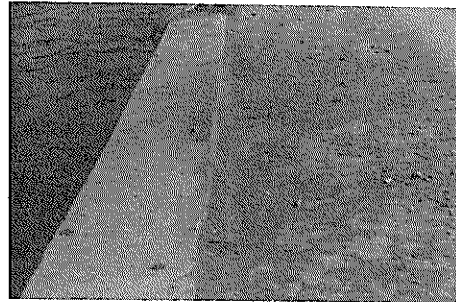


写真 - 5.114 水叩工の沈下

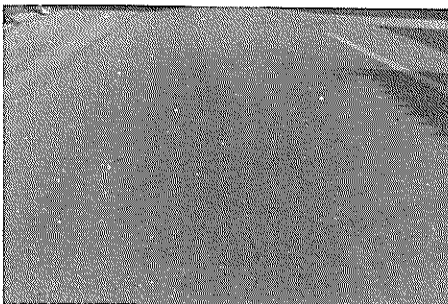


写真 - 5.115
水叩工(路面)のクラック(法線方向)



写真 - 5.116 水叩工(路面)のクラック

㊸ Z-2港・護岸

埋立地の先端護岸で、波の作用を受けやすい位置と考えられる。背後は工場敷となっている。

根固石の散乱があり、表のり下部コンクリートの摩耗激しく、穴あき、欠けがある、基礎コンクリートに大き

なクラックあり、波返しに前後5~8mmのずれあり、1ブロック長1.2mに3~5mピッチでクラックがある。水叩は沈下、水溜りがあり陥没20cmの部分もあり裏込の吸出しがある。目地の開き、角欠けあり、クラック無数にある。

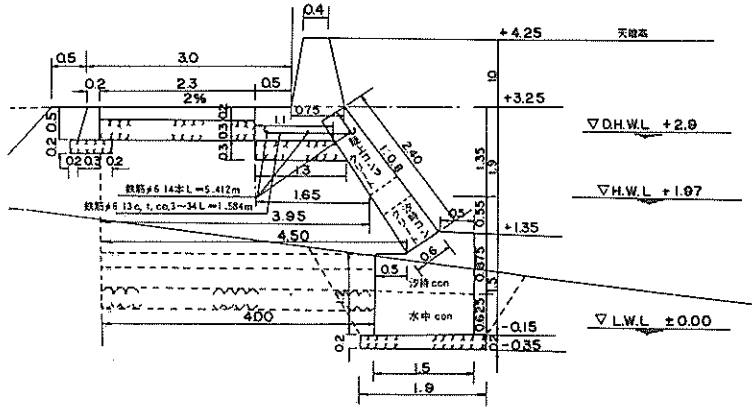


図-5.28 Z-2港護岸標準断面図

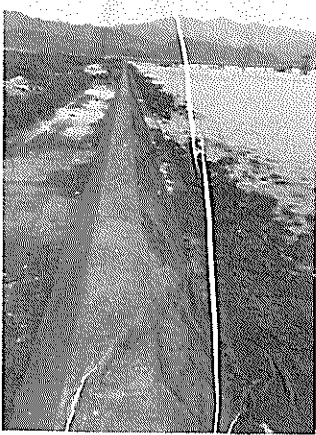


写真-5.117 全景



写真-5.118
前面根固部コンクリートの破壊

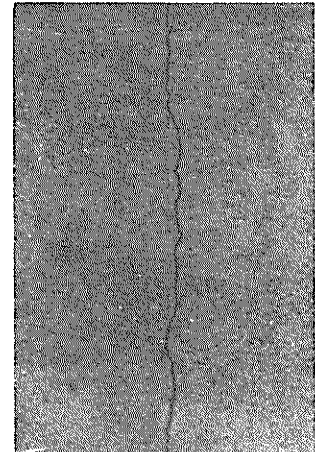


写真-5.119 波返し工のクラック

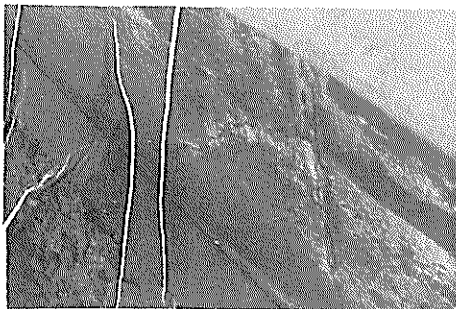


写真-5.120 前面コンクリートのクラック



写真-5.121 裏込の吸出しによる水叩工の陥没

表-5.2(1)

堤防(石積)

護岸(石積)



工種	港名 外見の状況	A	B	C	D	E	F	G	H
		基礎工	岩盤との接続部の状態 根固張石の状態 消波ブロックの状態 洗掘	変化なし " なし	なし	変化なし " なし	なし	なし	変化なし 礫の移動あり
表のり	法線直角方向はらみ出し はねみ出し へこみ	なし " "	なし " "	なし " "	間知石積 一部ふくらみあり なし あり	なし " "	なし " "	なし " "	なし " "
	材料角欠け 摩耗 損傷 表面の赤さび	なし " " "	" " "	" 感潮部摩耗大 なし	なし " "	" 少々あり なし	" " "	" あり 摩耗大、骨材露出 なし	なし " "
	縦目地の開き 角欠け 上下ずれ 面内ずれ			目詰コンクリートの はくりあり	目詰コンクリート はくり目地より 海水流出	" " "			目詰コンクリート はくり(下部) 2ヶ所について 間知石2ヶ/ヶ所 抜出しあり 空洞ある模様
	横目地の開き 角欠け 上下ずれ 面内ずれ		下韻に連続して すき間あり(沈下)			コンクリートと間知ブロッ クの打継手損傷 なし			
	基礎工の打継手との開き 角欠け 上下ずれ								
	パラベットの打継手との開き 角欠け ずれ	なし " "	なし " "		なし " "	なし " "	なし " "	石積部沈下のため 水平に開き2cmあり なし	すき間あり なし
	法線方向のクラック 法線直角方向のクラック			目地にクラックあり		" 一部あり	水平クラックあり	なし "	
	法線の出入り 不陸	なし "	なし "		なし "	なし "	なし "	なし "	屈曲(施工時より) あり
	材料角欠け 摩耗 損傷 材料表面の赤さび	クラック周辺あり 貧配合 なし エプロンセシスあり	" 前面側あり なし		欠け  摩耗あり	" " "	" " "	" " "	12cm  11cm 摩耗大 骨材露出
	目地の開き 上下ずれ 前後ずれ	" " "	" " "		" " "	" " "	" " "	3cm なし "	" " "
法線直角方向のクラック 方向水平クラック	3~5m毎にヘアーク ラックあり なし	10mピッチ なし		1ヶ所クラック なし	なし 打継目にあり	" "	5mピッチあり なし	" "	
天ば工	不陸	なし	道路として使用 7cm沈下アスファ ルト舗装	石の抜け出し あり	雑草	4cm沈下	道路不明	道路アスファルト 舗装	へこみあり、でこぼこ
	材料角欠け 摩耗 損傷	クラック周辺欠け なし あり	不明 " "	なし " "		隅角部にあり なし 隅角部にあり			摩耗大、へこみあり
	施工目地の開き 角欠け 上下ずれ 面内ずれ	なし " " "	" " "			土砂を覆り不明 " "			
	波返し工との目地の開き 角欠け 上下ずれ	" " "	" " "			" " "			パラベット背後洗掘 あり なし
	裏のり工との目地の開き 角欠け 上下ずれ	" " "	" " "			" " "			
	法線方向のクラック 法線直角方向のクラック	" 3~5m毎ありス パン10m長すぎる	" "	全長230mのう ち3ヶ所大きな クラックあり		あり "			土砂に覆われ不明 なし
	法線直角方向はらみ出し はね出し へこみ	なし " "	雑草が繁っている	なし "	雑草				
裏のり	肩部不陸	"		"					
	材料角欠け 摩耗 損傷 表面の赤さび	" " " "	" " " "	" " " "	" " " "				
	縦目地の開き 角欠け 上下ずれ	" " "	" " "						
	横目地の開き 角欠け 上下ずれ 面内ずれ	" " " "	" " " "						
	根留工の打継手との開き 角欠け 上下ずれ	不明 " "	" " "						

表-5.2(2)

堤防(コンクリート)

工種	池名地区名	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
基礎工	岩盤との接触部の状態										
	根固張石の状態		変化なし	変化なし							
	消波ブロックの状態										
表のり	洗掃	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	法線直角方向はらみ出し	なし	一部前傾	なし	なし	沈下あり	隅角部沈下前傾 2~3cm	なし	なし	なし	
	はね出し	なし	なし	なし	根留前みずれ	なし	なし	なし	なし	なし	
	へこみ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	材料角欠け	なし	あり	端部にあり	なし	なし	根固部4.0m間隔 配合骨材露出	あり	深さ3.0cm(8.0cm×4.0cm)	なし	
	摩耗	其配合	大	少々あり	なし	なし	なし	下部骨材露出	其配合	一部其配合骨材露出	
	損傷	なし	あり	あり	なし	なし	なし	あり	根固コンクリートの奥行 5.0cm(2.5×0.5cm)	なし	
	表面の赤さび	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	縦目地の開き	なし	なし	やや開きあり	なし	開き気味のケ所あり	なし	なし	なし	なし	
	角欠け	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
工のり	上下ずれ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	面内ずれ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	横目地の開き	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	角欠け	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	上下ずれ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	面内ずれ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	基礎工の打継手との開き	不明		不明	あり	不明		不明			
	角欠け	なし		なし	なし	なし		なし			
	上下ずれ	なし		なし	あり	なし		なし			
	パレットの打継手との開き		向き	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
角欠け	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし		
ずれ	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし		
波返し	法線方向のクラック	なし	水平クラックあり	なし	上部より2m下りケ所に2スパン2.0mあり	なし	根固部により	隅角部根固コンクリートに多くあり	根固コンクリートにクラック	なし	
	法線直角方向のクラック	1.0mスパン中央5mケ所にあり(全体の3スパンに比べて)	大きなクラックあり	3~5mピッチであり	なし	5mピッチにあり		隅角部大きなクラックあり			
	法線の出入り		なし	なし	なし	なし				施工時より	
	不陸		1cm沈下ずれ		0.5cm沈下	不等沈下	隅角部段違い	なし	隅角部一部あり		
	材料角欠け		なし	少々あり	角欠け	なし	なし	なし	なし	一部其配合のためぼろぼろ	
	摩耗			なし	其配合				あり		
	損傷				なし				なし		
	材料表面の赤さび		なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	工のり	目地の開き				開き気味1.5cmあり	3cm	開き気味のケ所あり	あり	なし	
		上下ずれ		1cm		0.5cm	なし	なし	1cm	隅角部あり	
前後ずれ			なし		なし	なし	2cm	1.2~4cm	2cm程度		
法線直角方向のクラック					なし	5mピッチにあり	ブロック中央付近(4~5m)点にあり	斜めにクラック	隅角部にあり	隅角部1本あり	
方向水平クラック							隅角部大きなクラックなし	なし	なし	なし	
不陸		2~3cm沈下(2.0mについて)	1~2cm沈下	0.5~1cm沈下	なし	沈下側大	1.4cm	ブロック数沈下あり(単の通行により)	ブロック数、沈下あり(単の通行により)	ダンプの通行により沈下(2.0cm)	
材料角欠け		あり	なし	なし		なし	なし	車により割れあり	車により割れあり	ブロックの割れひどい	
摩耗		なし	摩耗大			少々摩耗					
損傷		あり	あり								
施工目地の開き		なし	なし								
角欠け											
上下ずれ	あり	あり									
面内ずれ	なし	なし									
工のり	波返し工との目地の開き										
	角欠け	あり									
	上下ずれ	1.3cm	あり			1.2~2.5cm					
	裏のり工との目地の開き	3cm	なし			なし					
	角欠け	あり									
	上下ずれ	なし									
	法線方向のクラック	なし	1とんどのスパンにあり	クラック							
	直角方向クラック	大きなクラックあり		1.0mスパンに1本あり			2~3mピッチにあり				
	衰のり	法線直角方向はらみ出し	水門部にL=2.0mあり	なし	一部あり	なし	施工時のひびき	雑草		ブロック縦り一部はらみ(施工時)へこみ	雑草
		はね出し	なし		なし		なし			なし	
へこみ											
肩部不陸											
材料角欠け		なし									
摩耗		劣化			豆板あり						
損傷		なし									
表面の赤さび											
工のり		縦目地の開き	なし	なし							
		角欠け									
	上下ずれ			あり							
	横目地の面内ずれ	なし	なし	なし	なし	なし					
	横目地の開き	なし									
	角欠け										
	上下ずれ										
	面内ずれ			なし							
	根留工の打継手との開き										
	角欠け										
上下ずれ											
工のり	法線方向のクラック	なし	なし	なし	なし						
	直角方向のクラック	1.0mスパン一部あり(スパンが長い)		3~5mピッチにあり	刃から下まで1.0mピッチにあり						

護 岸 (コンクリート)

表-5.2(3)

工種	港名、地区名 外見の状況	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Z-1	Z-2
基礎工	岩盤との接続部の状態 根固張石の状態 消波ブロックの状態 洗 掘	なし	洗掘による欠け	なし	一部散乱 根入が不足	なし	変化なし なし	中空三角施工中	変化なし	なし	一部前面の深い欠け所があるが根入れの心配はない	散 乱 なし
表 の 被 覆 工	法線直角方向はらみ出し	沈下0.5			なし	なし	蛇行(施工時より)	なし	なし	なし	背後の沈下から推してはらみは一部施工時ならみ	なし
	“ はね出し				“	“	なし	“	“	“	なし	“
	“ へこみ				“	“	“	“	“	“	“	“
	材 料 角欠け	なし			“	“	あり	“	“	下部厚れ激しく骨材露出あり一部災害で復旧現在新設工事中	“	欠け 根固部厚れ大 欠け
	“ 摩 耗	少々あり			下部厚れ大 下部にあり	“	骨材露出	“	“	“	“	なし
	“ 損 傷	なし			なし	“	あり	“	“	“	“	なし
	“ 表面の赤さび	“			なし	“	なし	“	“	なし	“	なし
	縦目地の開き	あり				“	“	“	“	なし	“	なし
	“ 角欠け	なし				“	“	あり	“	あり	“	“
	“ 上下ずれ	あり				“	“	施工時より乱れ	“	なし	“	“
	“ 面内ずれ	“				“	“	“	“	“	“	“
	横目地の開き	あり						なし				
“ 角欠け	なし						あり					
“ 上下ずれ	あり						なし					
“ 面内ずれ	“						前後にずれ (施工時)					
基礎工の打継手との開き	不明											5mm あり
“ 角欠け	“											“
“ 上下ずれ	“											“
パラベットの打継手との開き						なし	なし	なし				
“ 角欠け	なし					“	“	“				
“ ず れ	あり					“	“	“				
法線方向のクラック	なし				大きい水平クラック	“	あり		なし	なし	なし	平面 傾2.5cm 正面
法線直角方向のクラック	“				大きいクラック 中段部に大きい クラック 2cm	“	“		“	8mブロック2 ~3ヶ所あり	20mブロック 1ヶ所あり	
波 返 し 工	法 線 の 出 入 り	前傾3cm	屈曲(施工時より)	ずれ2.5cm	なし	なし	蛇行(施工時)	なし	なし			
	不 陸	不等沈下あり	なし	2.5cm	“	“	あり(“)	“	1.8mm 沈下			5-8mm あり
	材 料 角欠け	あり	感傷部大 欠け	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし		なし
	“ 摩 耗	感傷部大		摩 耗 大	“	“	“	“	“	“		“
	“ 損 傷	なし		なし	“	“	“	“	“	“		“
	材 料 表面の赤さび	なし	なし	なし	なし	なし	なし	露出鉄筋さび	鉄筋のさびエプロ ロレンセスあり			
目地の開き	あり	なし	6.5cm		なし	なし	なし	なし	なし			なし
“ 上下ずれ	“	“	2.5cm		“	“	“	8cmずれ				“
“ 前後ずれ	“	“	2.5cm		“	“	“	なし				5~8cm
法線直角方向のクラック	コンペアー基礎 周辺に大きなク ラック	横横に無数に クラックあり	あり	7cmピッチであ り	15m/ブロック 全ブロックの中 央付近(7~8. m)にあり	背面	10m/ブロック 中央にクラック	20m/ブロック 中央にクラック				12m/ブロック 3~5mピッチ でクラック
“ 方向水平クラック					なし	なし	なし	1.15cm 40cm 50cm				なし
水 明 工	不 陸	道路(アスファ ルト)沈下	沈下1~2cm		陥没12cm	舗装なし	無舗装、雑草 陥没あり		なし	道路 コンクリート陥 没穴、水たまり あり3~4cm沈下	道路アスファ ルト 陥没2.0cm あり	沈下水たまり 一部陥没2.0cm あり
	材 料 角欠け		なし		なし				なし	あり		あり
	“ 摩 耗		“		“				“	“		“
	“ 損 傷		“		“				“	“		“
	施工目地の開き		なし		なし				なし	なし		あり
	“ 角欠け		“		5cm 17cm				“	“		“
	“ 上下ずれ		1~2cm		なし				“	“		“
	“ 面内ずれ		なし		“				“	“		なし
	波返し工との目地の開き		なし		なし				開き気味	“		あり
	“ 角欠け		“		“				なし	あり		“
“ 上下ずれ		1~2cm		“				“	3.4cm		“	
浜のり工との目地の開き								開き気味				
“ 角欠け								なし				
“ 上下ずれ								“				
法線方向のクラック		1ブロックに1本						なし		無数にあり		一部無数にあり
“ 直角方向のクラック		“ 2本						なし		“		“

6. 海岸堤防内の空洞および空隙と劣化表徴

堤防および護岸の外見にはクラックや目地のずれあるいは材料の劣化を示すような変化がみられ、それらの変化はとりもなおさず堤防の劣化を示すものである。しかしながら破壊を最終目標として劣化を指標化する（破壊の可能性の強さを示す）とすると、外見にみられる変化をただ経験やカンにもとづいて判定、評価するだけでは十分とはいえず、十分な数の被災例の解析や各種の模型実験が必要となろう。例えば、先述した、破壊過程の考察の中で重要な位置をしめている、堤防内の空洞（あるいは空隙）の発生が外見にあらわれる変化の何を根拠に判定できるかは明らかでない。

この外見にあらわれる変化と堤防内の空洞（あるいは空隙）との関係を明らかにするために、愛知県が昭和

44、45年の2ケ年にわたり、伊勢湾台風被災10周年にあたって、県下の海岸堤防を全線にわたって総点検した際の調査報告書の空洞調査結果を活用させていただき、考察する。

6.1 愛知県の海岸堤防と海岸堤防調査の概要

(1) 愛知県の海岸堤防の概況

昭和28年に13号台風、昭和34年に伊勢湾台風の来襲を受けた愛知県下の海岸は、天端高もT.P.5m以上のものがほとんどで、構造断面が大きなことはもちろん、構造も三面被覆の強固な堤防でかまれている。13号台風以前の海岸堤防は大体どこの海岸においても図-6.1に示されるような構造、規模であった。

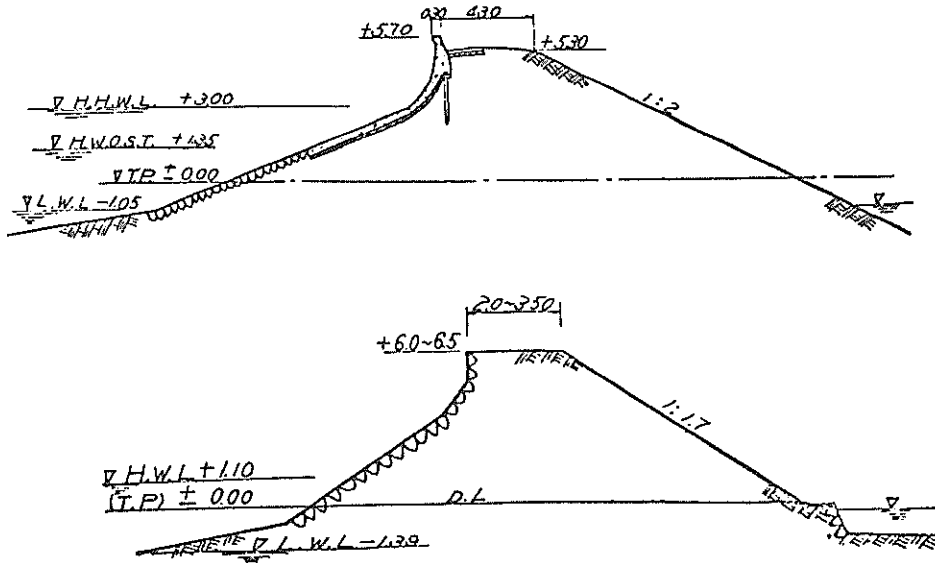


図-6.1 13号台風以前の海岸堤防の断面

13号台風は愛知県の海岸部に多大の被害をもたらし、海岸堤防は各所で欠壊したが、とくに三河湾沿岸に被害が大きかった。復興に際しては、過大な越波による、裏のりの洗掘によって、堤防の倒壊、堤体のすい出しを防ぐため、三面コンクリート被覆の断面が採用され、伊勢湾台風時点までには、衣浦湾、三河湾地区の堤防はほとんどが、表のり被覆が終っていた。このため伊勢湾台風ではこの地区の堤防の被災は少なかった。一般的な断面を図-6.2に示す。

伊勢湾台風では13号台風での被害が軽く、改良事業

が十分に進んでいなかった伊勢湾沿岸の、特に北部海岸の堤防が全面的に破壊された。伊勢湾台風後の復旧では構造的には図-6.2のものと同じであるが、高潮に備えて、天端高が高くされるとともに、断面が大きくされた。この結果、伊勢湾沿岸は伊勢湾台風後に建設された堤防で比較的新しい施設であるとともに護岸形式のものが多く、三河湾沿岸は伊勢湾台風以前に建設され、その後一部改良されたものでそのほとんどが自立式の堤防である。

(2) 愛知県海岸堤防調査のうち空洞調査の概要
調査報告書からの抜すいは以下の通りである。

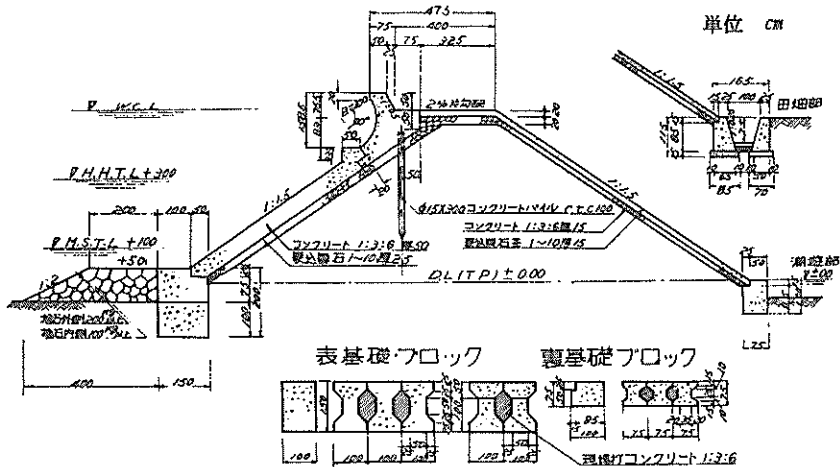


図-6.2 13号台風後の海岸堤防

「海岸堤防の外形に現われない所、堤体内部に発生する空洞は、最も危険であり堤防の安全性より見て、一つの大きなポイントとなるので県下全線に亘って調査することとしたのである。調査方法としては、種々検討をした結果法張コンクリートに穴をあけ(0.50m×1.00mの穴)堤体土砂の状態を直接確認する方法を主な調査とし、一部にコンクリート覆工の除去を行わずノノタイマーにより、弾性波の伝播時間(走時)より判断する方法とによりおこない、調査箇所を選定には、次の要領によりおこなった。

- ア 堤防横断面が、堤防方式で基礎地盤が軟弱である箇所。
- イ 横断面が護岸方式ではあるが、背後地に人家道路等があり、経済効果が大きく、かつ吸出しの予想される区域。
- ウ 調査様式は、表-6.1の方法によりおこない地区海岸毎に法張コンクリート表面に亀裂の表われている箇所と、ない箇所との2か所以上を調査し、両者の関係も調査する。

このように要領により総数445か所について調査をおこなった。その結果より見ると総数に比し6.1%にあたる、27か所の空洞が三河湾沿岸に見受けられた。今回の調査により空洞が三河湾沿岸のみに見られたのは箇所を選定にあたり、伊勢湾沿岸は、堤防完成後、埋立事業の進展による堤防機能の変化を考慮して調査箇所の少なかったためでもあると考えられる。

空洞の見受けられた、27か所については表-6.1に示すとおりであるが、その原因については名古屋産業科学研究所において、調査、研究され、おおむね、次のように考えられている。

- ア) 堤体重量による、地盤沈下により、法張コンクリートと堤体内部土砂の不等沈下、ならびに堤体土質の収縮による空けき。
- イ) 潮汐の変動による、水の動きにより、堤体土砂の洗出し、ならびに、吸出し現象による空洞。
- ウ) 堤防法覆工の伸縮目地に、雨水等が侵入し堤体土砂を移動させた空けき。

以上のことが考えられ、ア)については20か所、イ)については5か所、ウ)については2か所となっている。その他のか所についても現地の調査穴を見たところによると、はっきりとした空洞ではないが施工上の理由により裏込め層が二段積となっている関係上、上側は法張コンクリートにつき、下側は堤体土砂についており、その空間が元来礫のもっている空けき率より、大きくなっている所が全般的に見受けられ、その傾向は、法張コンクリートの下に、アスファルト基礎が施工されている所にも1~2cm程度の空けきが見られる。

このように、全般的に空洞とまではいえないが1~2cm程度の空けきが発生しており、特に堤防表面のコンクリートに亀裂等、変化のない箇所によく見られる。この空けきが堤防機能上直ちに危険なものとは考えられないが、今後検討をしてゆく必要がある。」

表-6.1 空げき・空洞調査結果一覧表

番号	空げき・ 空洞の 位置	空げき・ 空洞の深 さ (cm)	空げき・ 空洞の大 きさ (推定)(m ²)	原 因	完成時 からの 沈下量 (cm)	地 盤 状 況
1	裏	1	20	圧密または圧縮沈下		N値10以下のCL層が9m推積している。(CL=粘性土)
2	表	50	0.02	建設当時より?		軟弱な粘土層はない。
3	表	1	1	堤体と地盤の圧密	4	N値6以下のゆるい砂層が8m程度あるが粘土層はない。
4	表	3	50	地盤の圧密沈下 堤体の圧縮	2	N値0~1のCL層3.5m N値4のSF層3m(SF=砂質土)
5	天端	10~15	-	地盤の圧密沈下		N値7以上の固いCH層が15m存在する。
6	表	3~4	25	地盤の圧密沈下		6mのCH層がある。(CH=粘土)
7	裏	2~3	30	地盤の圧密沈下, 吸出し		6mのCH層がある。
8	裏	50	0.78	建設当時より?		砂レキ層のみで軟弱粘土層はない。
9	表	1		堤体の圧縮		全体としては砂レキ層が発達している。 -10m付近にN値3のCH層が6mある。
10	表	1	600	堤体の圧縮, 浸透水 による土の流出		"
11	表	3	260	堤体の圧縮	13	
12	表	1	340	背面の盛土のスベリ 目地から水が入る	16	N値0~1のCL層が5m, この層の 下にN値3程度のS.CL全層が5m ある。(S=砂)
13	表	2	1,300	"		N値0~1のCL層が5m, この層の 下にN値3程度のS.CL全層が5m ある。(S=砂)
14	裏	2	1,500	"		"
15	表	30	2	吸出し		N値10~20の砂層が10mあり, その 下にN値7~9の固いCH層がある。
16	表	5	200	浸透水による土の流出		軟弱な粘土層は全然ない。
17	表	5	600	"		軟弱な粘土層は全くない。
18	裏	2~3	-	堤体と地盤の圧縮	5	砂層および風化花崗岩層
19	天端	5	550	吸出し		N値10以上の砂レキ層が発達
20	天端	8	550	"		"
21	天端	5	3	堤体中の浸透流によ る土の流出	4	砂層のみが発達している。N値7の 砂層が4mあり, それより下はN値 20以上
22	天端	5~15	15	"		"

表-6.1 空げき・空洞調査結果一覧表(つづき)

番号	空げき・ 空洞の 位置	空げき・ 空洞の深 さ(cm)	空げき・ 空洞の大 きさ (推定)(m ²)	原 因	完成時 からの 沈下量 (cm)	地 盤 状 況
23	表	2	25	地盤の圧密沈下	3	N値0のCL層が2m程度あり、その下はN値20以上の砂層
24	天端	5	30	#		N値0~1のCL層が6~10m程度存在する。
25	#	5	20	#		#
26	表	3	15	#		#
27	裏	7	20	#		#

6.2 空洞・空げきと劣化指標との関係を明らかにするための海岸調査

愛知県海岸堤防調査では、堤防内の空洞、空げきの有無を被覆工をはがし、直接観察する方法をとっているため、その信頼性は高く、海岸の現地調査で求めてきた堤防の外見にあらわれる変化と、空洞・空げきとの関係が、愛知県調査の空洞あるいは空げきが存在した位置の

堤防の外見を観察することによって得られるものと考えられ、愛知県の協力を得て現地調査を行なった。

調査地点は空洞、空げき存在箇所27地点の内8地点を含む13地点である。調査堤防の標準断面図を図-6.3~6.13に示し、調査結果を写真-6.1~6.51に、外見にみられる変化の一覧を表-6.2に示す。

① 海岸堤防A-1(図-6.3, 写真-6.1~6.4参照)

衣浦湾奥の中央ふ頭よりさらに奥にあり, 付近は埋立地の造成が進み, 大きな波の作用はほとんど考えられない。現在の堤防は13号台風被災後, 石積堤をかかえ込むように三面コンクリート巻の堤防として建設された。表のりは波返しとの施工目地付近に横一直線のクラック(これは表のり被覆工に比してバラベツト断面が過大であるためであろう)や表のりに斜めのクラックを生じて

いるが, クラックは比較的少なく, はらみ出しもみられない。背のり被覆工はのり肩の出入との面にはらみがみられる(施工の不良と考えられなくもない), さらに横方向のクラックがのり面中央およびのり尻近くに生じている。空洞調査の結果によれば, 背のり被覆工と堤体との間は約1cmの間隙があった。この間隙は背のり被覆工下面一面にあるものと考えられ, 空げき対策としてグラウト注入が実施された。

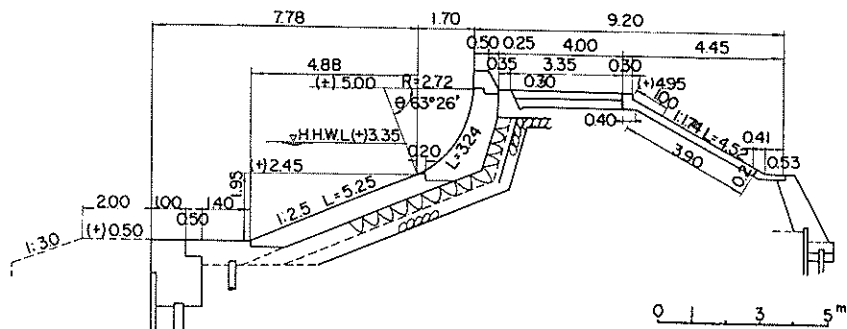


図-6.3 海岸堤防A-1標準断面図



写真-6.1 表のり工法線方向のクラック



写真-6.2 天ば工と裏のり工との目地の段差



写真-6.3 裏のり工のはらみ

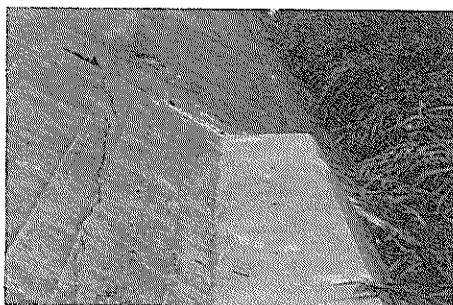


写真-6.4 裏のり工法線方向のクラック

② 海岸堤防A-2(図-6.4, 写真-6.5~6.9参照)

海岸堤防A-1よりさらに湾奥に位置するため作用する波は小さいものと考えられる。堤防全体の外見はかなりしっかりしたものとみられるが、表のりおよび裏のり被覆工の下に空けきがあると推定され、モルタル注入が予定されている。外見にあらわれた変化としては写真に示

されるように表のりのり戻およびのり面中央部の摩耗あるいは角かけ(これは材料の不良と考えられる)と、表のりおよびバラベツトに連続したクラックが生じていること、裏のり被覆工の縦目地に上下ずれがみられることである。空洞調査の結果は約3cmの空隙が存在することが報告されている。

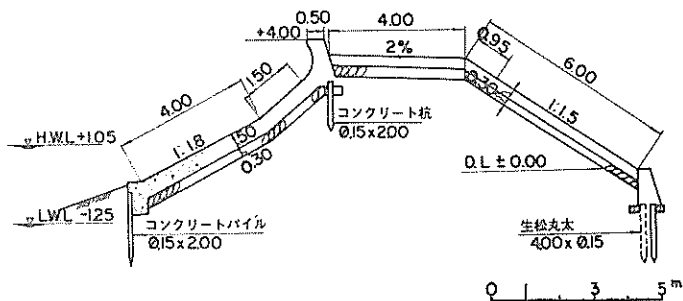


図-6.4 海岸堤防A-2標準断面図



写真-6.5 全景



写真-6.6 表のり工下部の打継目に生じた角欠け

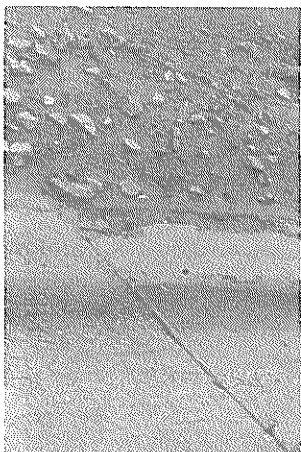


写真-6.7
感潮部コンクリートの劣化

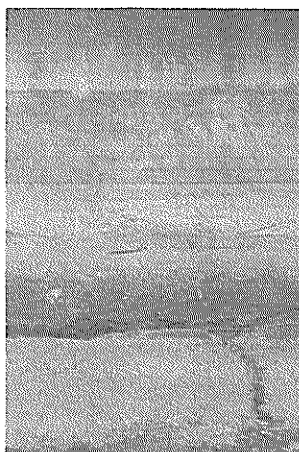


写真-6.8 表のり工全面にわたる
断面方向クラック

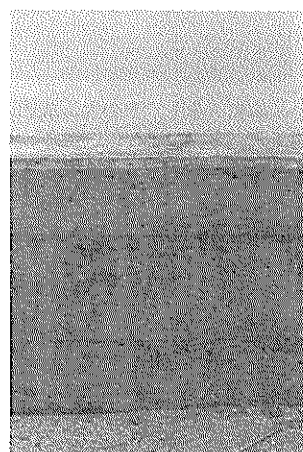


写真-6.9 波返し工のクラック

③ 海岸堤防A-3(図-6.5,写真-6.10~6.13参照)

表のりおよび基礎小段はコンクリート、天ばおよび裏のりはアスファルトコンクリート被覆で、アスコン表面に一部、ひびわれが生じているほかは、はらみ、へこみ等はみられない。表のり被覆およびパラペット部分は、かぶり不足による鉄筋露出がみられ、基礎小段の天ばコンクリート版は沈下している。この堤防は矢作川河口に

位置し、前浜は存在するが、波の作用はかなりのものが考えられ、根固は捨コンクリートで間隙は充填されている。

空洞は根留工近くに局所的な穴として発見され、モルタル注入と根留工補強がなされている。これは、雨水の浸透による堤体土の移動、あるいは背後の汐あそびの水位変化による吸出しによるものと考えられる。

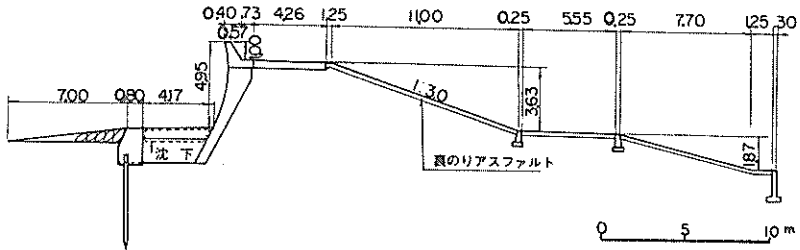


図-6.5 海岸堤防A-3標準断面図

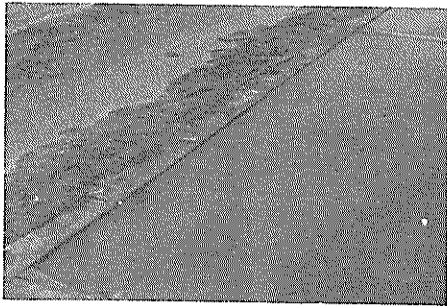


写真-6.10 根固部の小段スラブの沈下

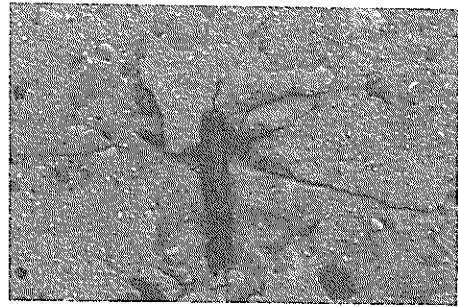


写真-6.11 波返し工の鉄筋の露出

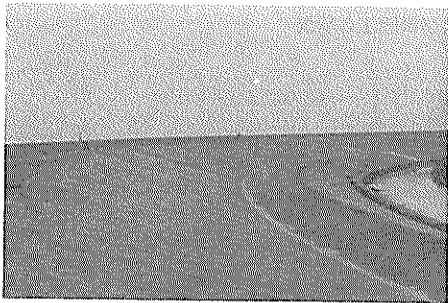


写真-6.12 裏のり工(アスファルトコンクリート被覆)

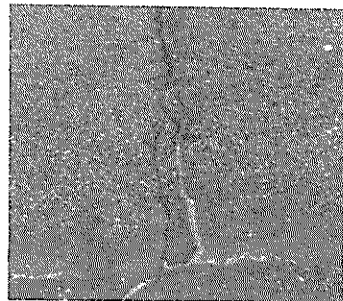


写真-6.13 裏のり工のクラック

④ 海岸堤防A-4 (図-6.16, 写真-6.14参照)

堤防は寺津港に通ずる水路に面しているため直接大きな波の作用をうけることはなく、堤体は石積捨石の旧堤の上に13号台風のあと建設されたもので、表のりは小段を有し、前面には根固工がもうけられ、天ばはアスファルトコンクリート被覆となっている。

表のり小段部分のコンクリート版におち込みがみられ、目地には草がはえている。裏のりは一様勾配のコンクリート被覆であるが縦目地には約2cmの上下ずれがみられ、根留工との打継目には開きがみられ、草がはえている。背後は汐あそびとなっている。空洞調査の結果は表のり被覆下約1cmの空隙があると報告されている。

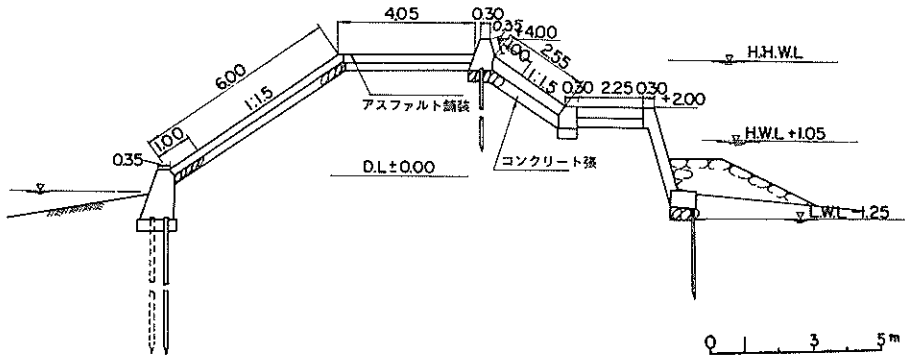


図-6.6 海岸堤防A-4標準断面図

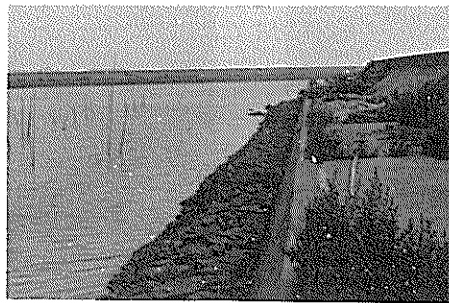


写真-6.14 表のり工および根固工の状況

⑤ 海岸堤防A-5 (図-6.7, 写真6.15~6.18)

海岸堤防A-4よりさらに奥に位置しているが、ほぼ同じような構造断面を有している。ここも同じく、表のり小段の上部コンクリート版が陥没し、裏のり被覆工の

縦目地は5cm以上の上下ずれをみせている。空洞調査結果にみれば、表のり被覆工下面に約3cmの空隙が存在すると報告されている。堤防背後は沙あそびである。

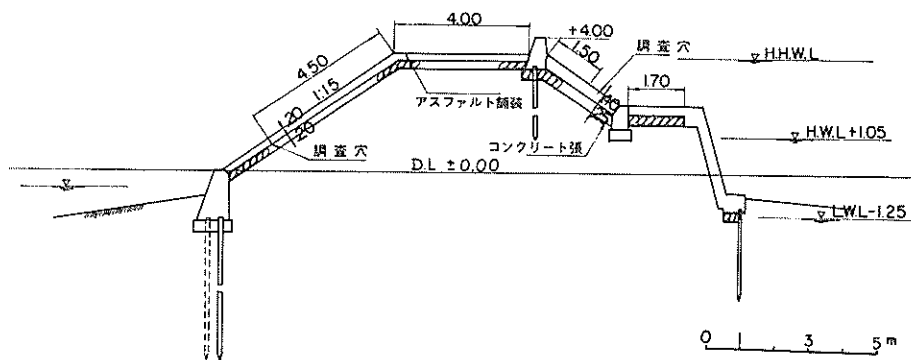


図-6.7 海岸堤防A-5標準断面図

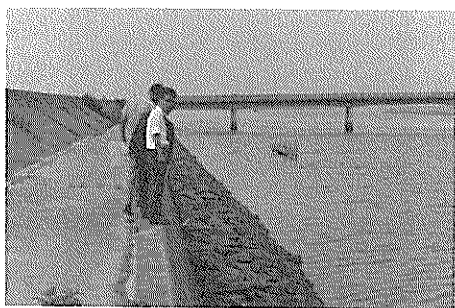


写真-6.15 表のり工および根固工の状況



写真-6.16 裏のり工のはらみ



写真-6.17 波返し工法線の変形

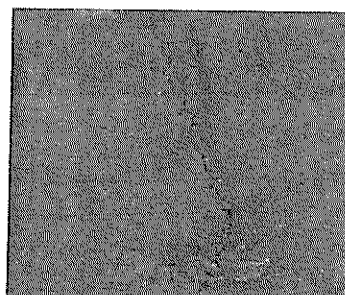


写真-6.18
表のり工に生じた法線直角方向クラック

⑥ 海岸堤防A-6 (図-6.8 写真-6.19～6.22 参照)

奥田新田と水路をはさんで対しているこの地区の堤防には強い波の作用は考えられない、断面は表のりは小段を有し、前面には根固がほどこされている。外見観察によれば、表のり部分はほとんど異常がみられない。天ば

はアスコン舗装が施されているがこれにも異常がみられない。裏のりはコンクリート被覆工であるがわずかにほらみ出しがみられ、根留工との打継目には草がはえ、クラックが少々みられる。空洞調査では表のり被覆下面に約1cmの空隙がみられたと報告されている。

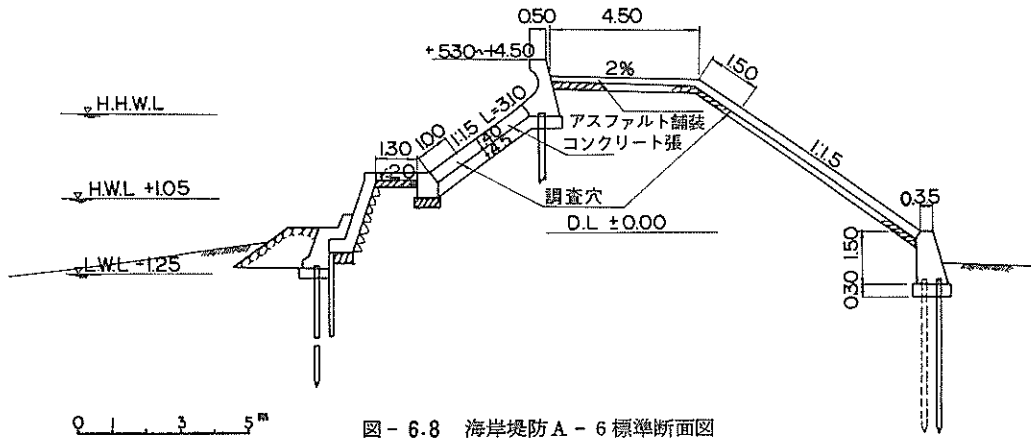


図-6.8 海岸堤防A-6標準断面図



写真-6.19 表のり工および波返し工

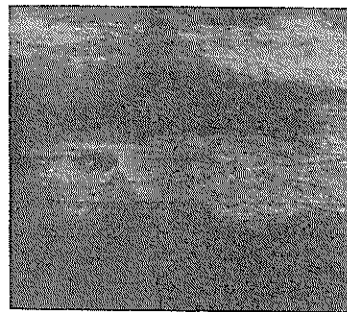


写真-6.20 裏のり工の法線直角方向のクラック

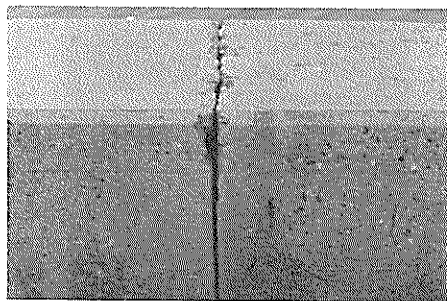


写真-6.21
波返し工の目地の間隙(目地板が脱けたもの)

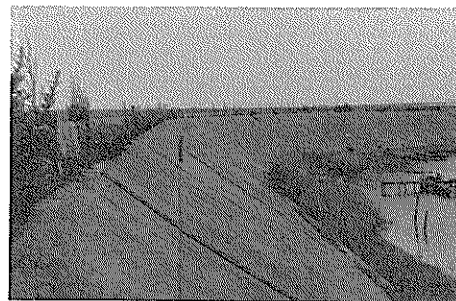


写真-6.22 裏のり工および根留工の状況

⑦ 海岸堤防A-7(図-6.9,写真-6.23~6.28参照)

⑥とほぼ同じ断面であるが,表のり小段にはコンクリート版の陥没がみられ,前面の根固工は,樋門付近では散乱している。これは樋門の西側におかれた,突堤の影

響で波の収れんがおこったためであろう。裏のり被覆工の縦目地,横目地とも大きなひらきと上下ずれを生じ,根留工および,天ば工との打継目には草がおい繁っている。空洞調査結果は表のり被覆下に2cmの空隙となっている。

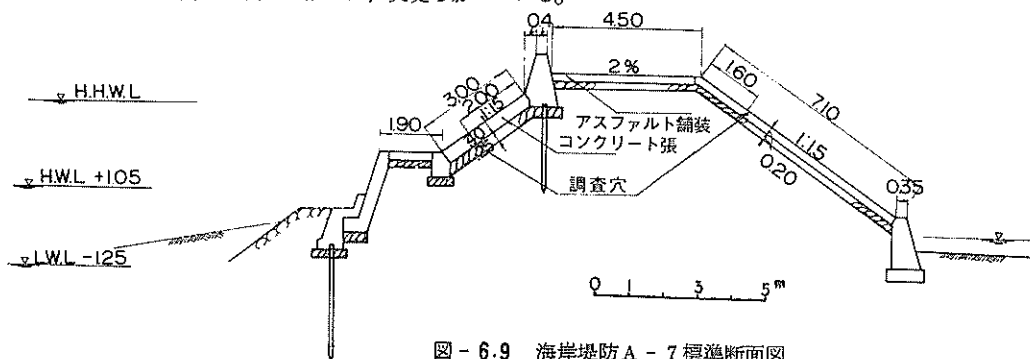


図-6.9 海岸堤防A-7標準断面図



写真-6.23 表のり工および波返し工

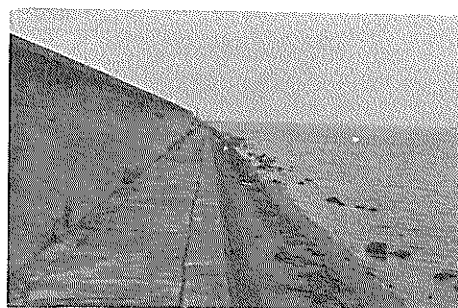


写真-6.24 根固工の状況

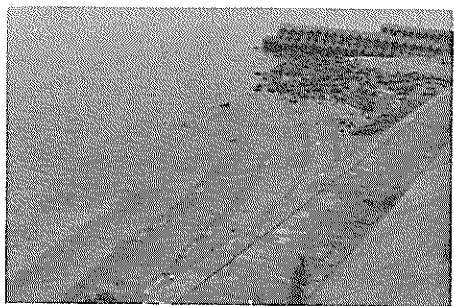


写真-6.25 樋門付近の汀線の後退

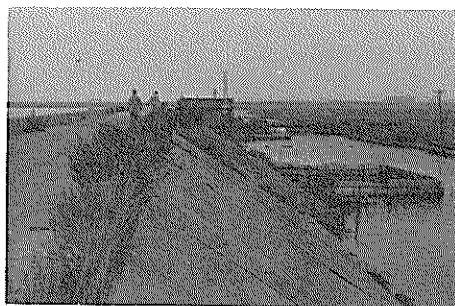


写真-6.26 裏のり工と天ば工の目地にはえた雑草



写真-6.27 裏のり工のスラブの折れ



写真-6.28 裏のり工スラブの移動による段差

⑧ 海岸堤防A-8 (図-6.10, 写真-6.29~6.32参照)

構造はブロック三段積の上にパラペットを設けた護岸で背後は埋立地になっており、水叩はアスコン舗装され、道路として利用されていた。舗装面が5~10cm下がっていたため舗装をはがすと大きな空洞が生じていた。これは、前面のブロックの目地部分から土砂の吸出しをう

けたものと考えられ、舗装全体をはがし、中詰をし、再舗装するとともに、ブロック前面には、なわをつめ、コンクリートのふきつけをおこなったが、1年後には吹付けコンクリートははげ落ちており、さらに舗装の沈下もみられている。今後は前面に矢板をうち、コンクリートの巻立てをおこなうとのことである。前面の根固工は施工後約10年を経過しても移動はみられない。

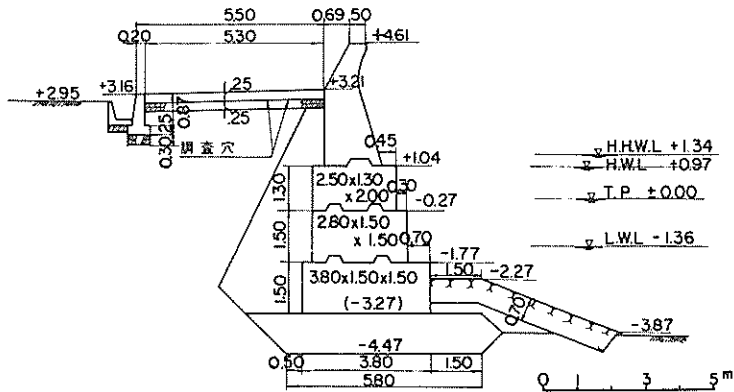


図-6.10 海岸堤防A-8標準断面図



写真-6.29 波返し工と表のり工の状況



写真-6.30 天ば工および堤内の状況



写真-6.31 護岸前面および根固工の状況

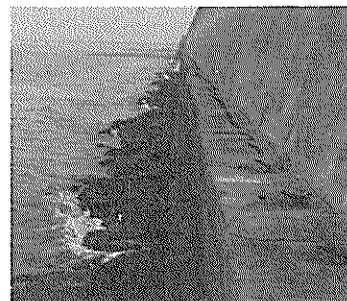


写真-6.32 表のり下部の鉄筋の露出

⑨ 海岸堤防A-9 (図-6.11, 写真-6.33～6.37参照)

三河湾奥に位置し、波の作用を受けにくい地形にあり、現在、前面に埋立地が造成されているため今後は静水地域になるであろう。建設以来の根固工にほとんど乱れがみられない。しかし表のり被覆工のり灰付近に横方向のコンクリート摩耗および角かけ個所があり、クラックの

発生もみられる(一部のり先のかげの大きな部分はコンクリート巻立て施工済)。裏のり被覆工も縦目地にひらきがみられ、根留工との打継目にひらき、肩の部分に不陸がみられ、クラックがかなり多い。この位置は空洞調査位置ではなかったが、空洞の存在が予想されたので、グラウト注入を施工された。

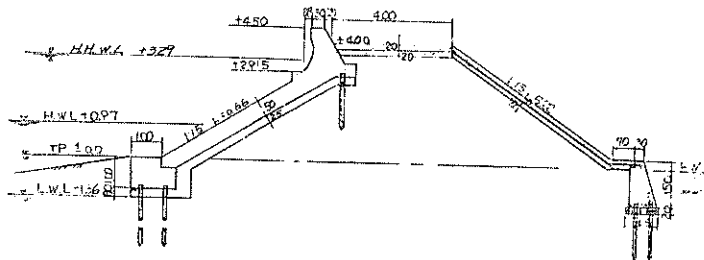


図-6.11 海岸堤防A-9標準断面図



写真-6.33 全景

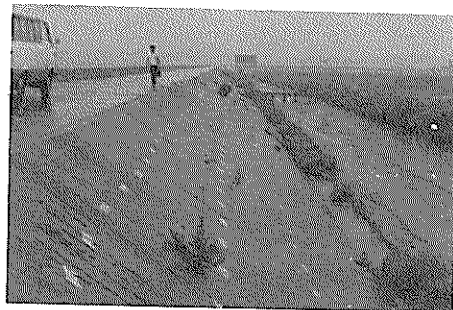


写真-6.34 裏のり被覆工(天ば工との目地の段差)

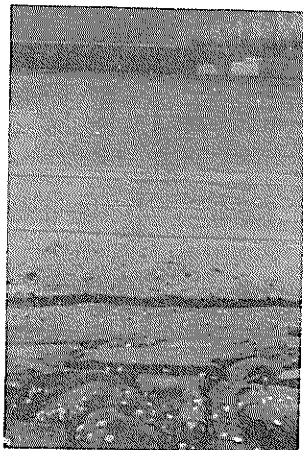


写真-6.35 表のり工下部
コンクリート打継目の角かけ



写真-6.36 表のり施工
目地近くの法線直角方向クラック

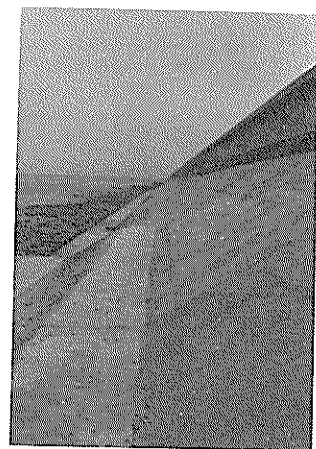


写真-6.37
表のり下部の腹付けコンクリート

⑩ 海岸堤防A-10 (図-6.12, 写真-6.38～6.43参照)

13号台風で被災した石積堤の上に、三面コンクリート被覆の堤防である。表のり部分はクラックが少しある

程度でほとんど異常はないが、裏のりには肩の不陸、根留工との打継目のひらきや被覆工中央部にクラックがみられる。

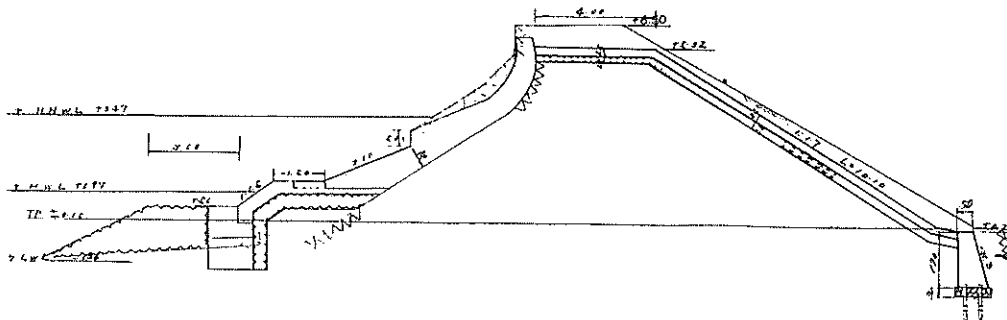


図-6.12 海岸堤防A-10標準断面図



写真-6.38 表のりおよび波返し工



写真-6.39 裏のりおよび潮遊び



写真-6.40 波返し工のクラック

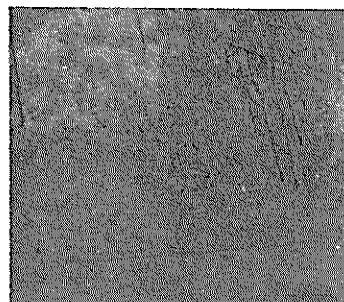


写真-6.41 表のりの法線直角方向クラック



写真-6.42 天ば工の沈下による段差

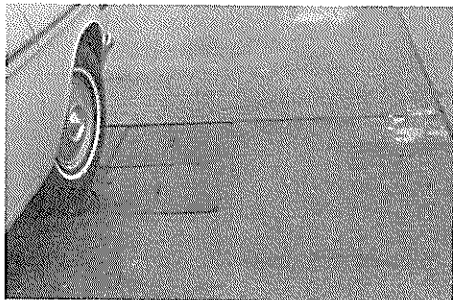


写真-6.43 天ば工のマンホール

⑩ 海岸堤防A-11 (図-6.13, 写真-6.44~6.48参照)

衣浦港の防波堤の外側に位置し、伊勢湾台風後の設計潮位は+7.50であるが、波の強い時は天端がしぶきをこえる。しかし前面の砂は季節的な移動はあるが、洗掘されていない。

表のり被覆には施工目地周辺に角かけ、摩耗がみられる。付近でのり先の角かけのはげしかったところはコンクリートの腹付けがおこなわれていた。一般にコンクリ

ートは貧配合とみられるが、その他には特に異常はみとめられない。裏のり面は背後地盤が高いため、比較的短かく、わずかなはらみはみられるが、クラックや目地の異常はなかった。この地区の海岸で空洞調査の結果空洞は発見されなかったが、表のりにクラックが多い区間については、上部は張コンクリート、下部はグラウト注入が施工されていた。この断面は13号台風復旧当時のもので、表のり被覆厚が30cmとうすいためであった。

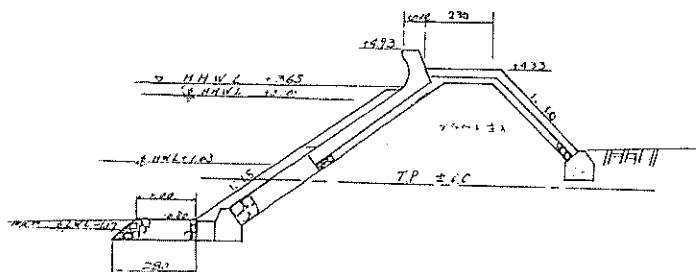


図-6.13 海岸堤防A-11標準断面図

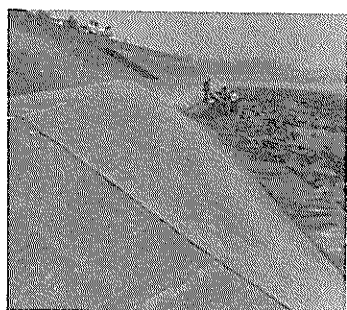


写真-6.44 全景(腹付けコンクリート)



写真-6.45 表のり下部のコンクリート打継目の角欠け



写真-6.46
表のり下部の目地部の角欠け



写真-6.47 波返し工
の目地の不陸と表面の摩耗



写真-6.48
裏のり被覆コンクリートの摩耗

三河湾の一色海岸堤防は天端高 TP+5.20 m, 根留工の上端は±0.0~ -0.50 m で, 裏のりは単断面, 複断面にかかわらず, 1:1.5 のり勾配である。複断面の場合, のり面の中央部分で 2.0~4.0 m の水平部分をもっている。根留工は高さ約 1.0 m のコンクリートブロックで基礎杭をもつものか, 高さ 1 m 程度のコンクリートブロック二段積のものからなっており, 被覆厚は基礎捨石 15 cm, コンクリート厚 15 cm の合計 30 cm からなっている。この地区でも空洞調査を実施したが, 空洞が発見されなかったのは, 空洞発見以前の被覆工の破損の程度がひどかったためであろう。詳細は観察はしていないが,

上の程度の裏のり被覆と根留では, このような高い堤防の土圧をうけるに十分でなく, 根留工が前にせり出し, そのために裏のり被覆がすべり, 版厚のうすいこともあって, 目地にひらきや, ずれ, 版にクラックや折れが生じたのであろう。それにとまって, 天ば工との打継目にずれやひらきが生ずるし, さらに雨水や越波によって堤体の移動がおこり, 天ば工にクラックが生ずるといった状態が生ずるのであろう。事実, 特に単断面の区間では, 天ば工の法線方向のクラックがはげしく, 裏のり上端および下端の雑草の繁殖はいちじるしいものがあった。

表 - 6.3 堤防の高さと裏のりの状態

海岸堤防	天ば工高 (A)	根留工高 (B)	差 (A)-(B)	勾配 (平均)	裏のり工 長さ m	厚さ 版厚 路盤厚	根留工	裏のりの状態
A	+5.00	+2.6	2.60	1:1.57	4.36	20 30	2 m の上部工に 基礎矢板	○
B	+4.0	+0.0	4.00	1:1.5	6.00	20 20	1 m の上部工に 基礎丸太	△ 縦目地ずれ
C	+3.5	+0.2	3.3	1:1.5	6.00	20 20	1.5 m の上部工 基礎杭あり	△ 縦目地ずれ
D	+3.5	+0.0	3.5	1:1.5	6.00	20 20	1.5 m の上部工 基礎杭あり	△ 縦目地ずれ
E	+5.3	+0.0	5.3	1:1.5	8.00	20 20	1.5 m の上部工 基礎杭あり	× 縦横目地 ずれ, ひらき
F	+4.0	+0.2	3.8	1:1.5	6.22	15 15	1.5 m の上部工 基礎杭	○
G	+5.32	+0.2	5.12	1:1.7	10.10 (25)	25	1.7 m の上部工 基礎杭	△
H	+5.22	+0.0	5.22	1:1.5 (1:1.9)	8.8 (9.5)	15 15	ブロック 0.75 二段積 1.00	×
I	+5.22	-0.5	5.72	1:1.5	9.5	15 15	1 m の上部工 基礎杭	×
J	+5.20	-0.5	5.70	1:1.5	10.3	15 15	1 m の上部工 基礎杭 (深)	×
K	+5.22	+0.0	5.22	1:1.5 (1:1.9)	9.5 (10.0)	15 15	ブロック 1.00 二段積 1.00	×

堤防の外見にみられる変化と空洞調査（および堤防外見調査）結果をとりまとめると表-6.2になる。

調査した堤防は三谷漁港の護岸1例をのぞいて全部、かなりの裏のり面を有する自立式の堤防である。位置的にも衣浦、三河湾岸のもので、ほとんどが伊勢湾台風前の基本的な部分を終了させていたものである。

外見にあらわれる変化を各部分についてながめてみる。

基礎工では200～300kgの根固張石が一般でそのほとんどに散乱のようすはみられなかったし、前面の洗掘もみられなかった。これはいずれも湾内で比較的波の作用が小さなためであろうと考えられる。

表のり被覆工は一般に被覆厚50cmの無筋コンクリートであるが、旧堤の石積の上に重ねて施工されたものも多く、はらみ出し、へこみなどの形状変化はみられず、目地にも開き、ずれなどはほとんどみられない。開きがあってもこれは目地板（木板）の腐敗によってその厚みだけ開いているもので、堤体上のすい出しをうけるおそれのあるのり先付近ではみられなかった。もちろん、吸出しのおそれのある箇所では腹付け等の対策がとられるはずである。しかし、施工目地にそってあるいは偶角部に角かけ等がみられた。これは施工の不良あるいは材料の不良によるものか明らかでないが、原因はともあれ、堤体上の吸い出し現象が存在するか、現在はなくとも近い将来吸い出しを受けるおそれがある。



写真-6.49

調査対象堤防のうち半数近くが表のり面は小段で分けられ基礎工とつながっている構造をとっているが（図-6.6～6.9参照）これらのものに特徴的にあらわれた変化に、小段天ばコンクリート版の陥没である。これは基礎工からの堤体土のすい出しによるものか、締固めが十分でない小段の堤体土の圧密沈下によるものか明らかでないが、すい出しをうけ空洞が存在するのであれば、波の作用をうけるところだけに何らかの対策を速かにとる必要があり、圧密沈下によるものとしても、雨水の浸透、草がはえるなどのために本来の強さを徐々に弱めることは明らかである。

表のり被覆工のクラックは法線方向のものは比較的少なく、これは被覆厚が50cmと大であること、波返し工が過大な頭の重い構造でないこと、作用する波力が大きくないことなどによるのであろう。法線直角方向のクラックはかなりみられバラベツまで連続しているものが多かった。これは堤防の不等沈下によるものと考えられる。比較的小規模のすい出しでは、被覆厚が大きいことから、クラックが発生しないものと考えられる。

波返し工の法線の出入り、不陸はほとんどなく、一部コンクリート材料の不良を思わせる表面の摩耗がみられるが、目地のずれ、ひらきはわずかにみられる程度で、軟弱地盤上の干拓堤防でみられたような（写真-6.49、6.50）波返し工の破損はなかった。クラックも少なかった。

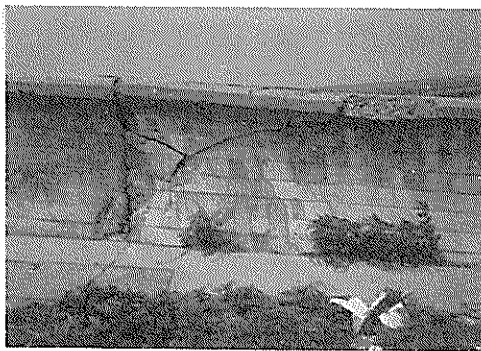


写真-6.50

天ば工は半数近くのものアスファルトコンクリート舗装であるため、目地の欠陥およびクラックはほとんどなかったが、天ば工がコンクリートで施工されているうちで、裏のり被覆工の破損の著しい堤防では天ば工のほぼ中央部に法線に沿ったクラックが連続して入っており（写真-6.20）、裏のり被覆工との打継目のずれ、ひらきなどが特徴的に見られた。コンクリート版は堤体土のすい出し、移動などの影響を直接しうけるため、コンクリート舗装の場合は天ば工のクラックが天ば工の老朽化の目安として重要であると考えられる。

裏のり被覆工については、施工目地一縦目地、横目地とも上下ずれや開きが見られるものも多く、中には裏のり被覆工が折れているものもある。表-6.3に裏のり被覆工の比較を行なったが、版の折れを示しているものは、のり長さが長く（のり勾配は1:1.5でほぼ一定であるため、天ば高が高く）、根留工が重力式のものか、根留工の基礎ぐいの根入れが浅いもので、被覆厚が15cm程度のものである。このことから、根留工が前にのり出ししたか、前傾したために、雨水の浸透などによって堤体土が移動しやすくなり、堤体内に空隙が生じ、比較的コンクリート版厚がうすいため、折れを生じていると考えられる。

したがって、根留工および、裏のり被覆工を強固なものにする必要があると考えられる。

以上のような堤防各部にあらわれる変化と、空洞調査の結果についての関係について以下に述べる。

愛知県の空洞調査は調査の概要の項でものべているが、説明を追加すると、一般に愛知県の堤防は江戸時代以来の新田開発によって干拓、埋立地を防護すべく建設されたものが多く、1~5km程度の区画で1つの新田を囲んでいる。このため海岸堤防もこの区画ではほぼ同一断面を有しているものが多い、空洞調査はこの1堤防ブロックと呼ぶ区画の中で各2地点、それぞれクラックの多いところ、あるいは少ないところで、天ば、表のり、裏のり適宜調査地点を選び被覆工をはがし、空洞、空隙の有無を調査した。調査箇所を選定および空洞あるいは空隙の有無の判定は現場担当者の判断にまかされていた（一般に被覆工が折れているような箇所は対象とされなかったようである）。したがって、一応の基準はあるとしても、調査箇所を選定は全堤防延長から無作為的に抽出されたものと考えられるべきである。

空洞、空隙の有無とその量の判定については、1cm内外の空隙の有無の判定はコンクリート下面には捨石の層が存在し、しかも、それがかなりの空隙（空隙率30%程度であるが、一つ一つの空隙の容積が大である）をも

つこと、被覆版をはがす作業の方法や判定者の主観によって大いに影響されるものと考えられるので、調査箇所の中にはやむを得ず見落された、あるいは判断が他と異なっていた箇所もかなりあると考えられる。このため調査総数の6.1%、27ヶ所しか空洞が発見されなかったのではなく27ヶ所もあったと判定すべきである。したがって愛知県が、この調査後、空洞箇所グラウト注入等の補修工事を行なったが、空洞調査の対象とならなかった箇所でも、被覆工にあらわれたクラックが多い箇所等にもグラウト注入等の工法を適用しているのは卓見といふべきであろう。

空洞調査の結果、発見された空洞のほとんどが数cmオーダーの空隙とよばれるようなものであり、その発生原因も主として堤体土の圧密沈下によるものと考察されている。したがって同様の地盤条件の付近の堤防にも広く空洞は分布しているものと考えられる。しかし、前述したように、このような空隙の判定には困難がつきまとうとともに、他の調査箇所にも見落し箇所があるのではないかと考えられる。さらにこのような堤体土の収縮あるいは圧密沈下または堤防の重量による不等沈下等の原因で発生する空隙は堤防の全延長にわたって存在する可能性は建設時点で十分に予測されうることであるが、その規模（深さおよび分布広さ）は被覆工をはがす以外に現状では確認の方法がない。またグラウト注入によって空隙をなくす対処工法が採用されるが、実際問題として基礎捨石中の空隙をも充填することになるので、注入量によって空隙、空洞が充填されたかどうかを確認することは困難である。ただこの場合、この工法を採用すると、コンクリート下面の捨石が一体の版状にコンクリート版に接合されることになり被覆厚は飛躍的に大きくなるため、小規模な空洞の存在は問題でなくなるかもしれない。

調査結果をみると、空洞箇所に見られる変化にクラックがあり裏のり被覆工では天ば工との打継目のずれがみられるようである。のり面にクラックがなく打継目等にもずれや開きがない堤防内に空洞や空隙が存在しても外見からは判定不可能であり（ただ基礎工等に明らかに堤体土の、すい出しが予測される場合などを除いて）特に強大な波力などの外力が作用する場合以外は空洞はその時点では問題なしと考えられるべきであろう。

7. 海岸堤防の劣化指標の評価と対処工法

海岸堤防の破壊過程の考察と建設後の経過年数の増大とともに堤防各部の劣化を示すものとしてあらわれる変

化(劣化指標)を選び出し、現存の海岸堤防の現況調査および愛知県の実施した海岸堤防調査の結果を総合して海岸堤防の劣化指標の評価を行なった。

海岸堤防の劣化の程度は外見にあらわれる劣化指標によって評価されるものとする。すなわち、堤防の破壊過程(劣化)には各段階において特徴的な劣化指標がみられるものとし、外見にあらわれる劣化指標を破壊への距離の近さからA、B、Cと評価を与えた。Aは堤防の被災状態であらわれる外見の劣化指標に与えられ、この評価の与えられる場合堤防は劣化といった段階でなく破壊の状態にあり、直ちに補修工事が実施されるべきである。

Bは堤防の劣化と強い関係を有する外見にみられる変化(劣化指標)に与えられた評価で、この評価を有する堤防は劣化していると考えられ、適切な補強工事によって、次の破壊階段に至るのを防ぐべきであると考えられる。

Cは堤防の劣化と弱い関係を有する外見にみられる変化(劣化指標)に与えられた評価で、この評価を有する堤防は劣化しているとはいえないが、Cの評価の外見が多く

にのぼる場合は何らかの対策が必要であると考えられる。

以上のような外見にみられる変化つまり劣化指標による劣化の判定を現存の海岸堤防に適用すると海岸堤防の設計、施工および管理の現況からかなりの堤防が劣化していると判定されるのではないと思われる。

これはこの劣化の程度の評価方法が過大であるのではなく、海岸堤防の劣化に対する問題意識が低く、過小評価があるためであろう。もちろん、このような評価基準に対する信頼性を十分に確認するための調査研究、実験工事などが必要であるし、堤防等の被災例からの裏付けあるいは修正を行なうことは重要である。

劣化を示す外見にあらわれる変化一劣化指標に対する評価は単一の変化に対しても与えられるが、変化が単独であらわれることは少なく、そのほとんどが複合してみられるので、関連した変化との組合せに対しても評価が与えられ、さらにこれらの劣化に対する対策を対処工法の例を上げ述べた。

劣化指標（外見にあらわれる変化）とその対処工法の例

- 評 価
- A 堤防の現状状態であらわれる外見にあらわれる劣化（堤防の劣化の程度を基準とする）に延長堤防状態にあるとみなされる直ちに改善を要するもの
 - B 堤防の劣化と強い関係を持つ外見にあらわれる劣化
 - C 堤防の劣化と強い関係を持つ外見にあらわれる劣化

工 種	劣 化 指 標 (外見にあらわれる変化)	評 価	同時に生ずる劣化指標(外見にあらわれる変化)	対 策 (対 処 工 法 の 例)
堤 防	岩盤との接触部の侵食	A	・岩のり被覆工：へこみ(折れ)、目地のくいちがい ・基礎工の打設目のずれ ・法線直方方向のクラック	基礎工前面に既付けコンクリート工施工 ・堤体土の吸い出しがあり、堤体内に空所があるため、空所の埋積に応じて、既設工、表のり被覆工を一部または全部がし、堤体土の埋積あるいはモルタル注入、空所の埋積の確認にもついで工法選択
	堤脚張石の埋没、散乱	A	天 ば 工：不陸と法線方向のクラック、施工目地の閉き、崩落	以閉防石の積るいは増築または取戻、覆岸固などの併設
	消波ブロックの埋没、転倒、転位、法線	A	・基礎工部が露出し ・基礎工と表のりとの打設目に閉き、ずれ、基礎工の不陸、はらみ出し 天ば工の低下あるいは法線方向のクラック	消波ブロックの積るいは増築または取戻、覆岸固などの併設 前面土留の積込、堤脚工の新増設、突脚、覆岸固の新増設、覆岸さらに基礎工前面に止水板設置なども、基礎工との間にコンクリートを入り、堤体土の吸い出しが予想されるため、グラウト注入、基礎工の積込(基礎工を併くする、前堤板取付けコンクリートなど)
	はらみ出し	A	・表のり被覆にクラック	グラウト注入
	不 陸	A	・法線、表のりとの打設目に閉き	基礎工の支持力不足と考えられ、基礎工積込(基礎工を大きくする、前堤板取付け)堤体土の吸い出しが予想されるためグラウト注入
取 扱 工	コンクリート 損傷、摩耗	B		基礎の出入れ不足について、出入口増設(矢張りなど)
	基礎板(止水板)の折れ欠け	C		程度に応じて、既付けコンクリートなどを施工
	法線直方方向のはらみ出し	A		前面に矢張り、取付けコンクリート、グラウト注入
	法線直方方向のはらみ出し	A	・取目地の欠け、閉き、表のり面に法線直方方向のクラック ・基礎工および基礎工との打設目にわずかなずれ、閉き ・基礎工の欠け、はらみ出し 表のり積込の欠け、閉き、ずれ	・堤防の不陸低下によるものと考えられる。空所埋積が予想されるのでグラウト注入(施工不良によるものは特に対策不要なし)
	法線直方方向のはらみ出し	A	・表のり被覆の一部欠け、摩耗は、基礎工の増設 (このような場合、堤防は欠けの状況、堤防全体の取付とともである)	
取 扱 工	法線直方方向のへこみ	A	・法線直方方向のクラック、折れ 前面脱離、基礎工の取替、表のり打設目の閉き	・堤体中に空所に大きな空所が生じたために表のりコンクリート取が折れた、あるいは空所が低下した場合であり、表のり被覆工の積込(施工不良によるへこみは特に対策不要なし)
	材料 角が欠けている	B		・他の変化によっておこされる、断崖的な外見にあらわれる劣化とみなされるが、閉きが大きくなり、堤体土の吸い出し、劣化される場合は既付けコンクリートなどを施工
	腐 蝕	C		小規模でも表は特に対策はいらぬ。ただし、不陸がある。表面防でなく、表の腐蝕から角欠けの状況になると、取出しのほそれが生じてくるため対策が必要となる。
取 扱 工	損 傷	C		小規模なものは問題はない。 大規模なものは場合別で、増設の取付け等の工事が必要である。

工 程	劣 化 損 傷 (外見にあらわれる変化)	評 価	急に因する劣化損傷(外見にあらわれる変化)と対策工法の例	
			同様に生ずる劣化損傷(外見にあらわれる劣化)	対 策 (対 処 工 法 の 例)
	表面の劣化	C		<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋の露出が不足あるいはコンクリートの腐蝕、損傷と鉄筋の腐蝕によって生じたもの、特に対策を必要としない(有効で適切な対策なし)
表 の り 損 傷	法線方向 目地の開き	A	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎工の沈下、はらみ出し、表のり面のかん破 	<ul style="list-style-type: none"> ・表のり基礎工の修繕、基礎工修繕、周囲のり面に空荷が多く周辺部クラック注入
	法線方向 目地の角欠け	B		<ul style="list-style-type: none"> ・施工不良(目地面のり面に空荷でなく、角向になるように施工した)あるいは材料の腐蝕、損傷が考えられるが、大規模なもののみ修繕(コンクリート)などの対策必要
	法線方向 目地の上下ずれ	A	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート版のかん破、はらみ出し基礎工の沈下、はらみ出し 	<ul style="list-style-type: none"> ・のり基礎工の修繕、空荷は躯体内にあったら周辺部コンクリート注入
	法線方向 目地の面内ずれ	A	(ほとんど起り得ないし、他に調査を必要とあり)	ほとんど起り得ない。起ったとしても、次第状態で他に調査を必要と変化があるため、例えば他の変化によって可成り
	法線方向 目地の開き	B		<ul style="list-style-type: none"> ・施工不良、あるいは目地面の腐蝕その他による開きである場合、目地面にクラック注入、周辺部にも躯体土の喰い出しがある可能性があるのでクラック注入、特に隣接したコンクリート版にクラックがある場合は十分な空荷があるものと考えられる。
	法線方向 目地の開き	A	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート版の陥没、目地の角欠け 	表のり基礎工としての一体性が失われたため、表のり基礎工の張り替りと基礎工の陥没、周辺部に生じている空荷に対する対策としてクラック注入工が必要
	法線方向 目地の角欠け	B	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎工あるいは基礎工の打設時に腐蝕 	材料の腐蝕、施工不良による小規模な角欠けで、表のり基礎工の打設時の深さで周辺部にクラックがなければ、現状では特に対策を必要としない。深さが基礎工の外にあれば修繕(コンクリート)工が必要
	法線方向 目地の上下ずれ	A	目地の開き、打設時の上下ずれ開き	基礎工の張り替えが必要
	法線方向 目地の上下ずれ	B		目地が合っており、上下ずれがある場合は、目地の開き、腐のずれなどを生じていないければ、十舟のクラック注入
	法線方向 目地の面内ずれ	A		ずれの開きが大きくなり、他に調査を必要とする場合は基礎工の張り替えが必要
基 礎 工 の 損 傷	基礎工の打設時の開き	A		ほとんど起り得ないし、この変化がみられる時は、要部は確認の状態にあると考えられる。
	基礎工の打設時の開き	B	(表のり基礎工にクラックや目地のずれがない場合)	開きの程度とその原因によって、基礎工の修繕が必要なければ、のり先からの躯体土の喰い出しの程度を調べ、表のりにはクラック注入、基礎工の打設目にもクラック注入する。
	基礎工の打設時の開き	A		基礎工の修繕が必要であれば、基礎工の修繕と修繕(コンクリート)工が必要
	基礎工の打設時の開き	B		目地のずれ、クラックの程度が小規模であれば基礎工の修繕とクラック注入
基 礎 工 の 角 欠 け	基礎工の打設時の角欠け	A	表のり基礎工にクラックや目地のずれ	表のり基礎工の劣化が調査できれば、その劣化に対して修繕工事の対策をとる。
	基礎工の打設時の角欠け	B		材料の腐蝕、施工の不良によると推測され、その規模がかなりのもので、今後角欠けがさらに進行し、その部分から躯体土の喰い出しが生ずる場合は、基礎工の修繕、修繕(コンクリート)工

工 程	劣 化 損 傷 (外見にあらわれる変化)	環 境	他に因する劣化損傷(外見にあらわれる変化)		対 策 (対 応 工 法 の 例)
			回響に因する劣化損傷(外見にあらわれる変化)	(表のり外取の場合)	
装 の り 装 置 工	装設工との打設手の上下ずれ	B		他に因する劣化損傷(外見にあらわれる変化) 小段の水平な装設工がずれている場合、グラウト注入で装設床石との一体性を増す。	
	装設工との打設目の間隙	A	装設し工、との打設目にずれがあるいは明途	装設工の底高不足によって、装のり装設工を交れし隙ないからで装設工の隙装と共に、装のり下面にグラウト注入すると共に閉じも理る。	
	装設し工との打設手のずれ	A	装設工との打設手の上下ずれ	同上の対策をとる。	
	装設し工との打設手の角欠け	A	装設し工の隙装、又は工の装設し工直ぐにグラウト	装設し工が自重あるいは耐力によって変位したもので装設し工に差嵌り、の隙装とし、又は工の打設えあるいはグラウト注入などが必要。	
	装設し工との打設目のずれ	A		一般的な取付では装設し工と表のり工は水平な打設目をしているため、ずれは装設し工に強い耐力が作用したため生じたものと考えられるが、このためずれだけにとどまらず、装設し工の隙装、打設目の間きあるいは転倒を生じている。	
	装設し工との打設手の角欠け	C		装設し工の初期による場合も考えられるが、このような場合は少ない。	
	装設し工との打設目のずれ	B		材料の厚さ、根留の場合、小根留である場合、特に対策必要なし	
	装設し工との打設手の角欠け	B		装設し工が過大、又は重量差が通行する場合、装設工が耐力不足などの場合が考えられ、他の変化とも組み合わせ総合的に原因を想定し対策をとるが、数が少なければ、グラウト注入	
	装設し工との打設目のずれ	B		数が多くて、装設工の一体性に疑念をもてば、表のりの取付け、張替え	
	装設し工との打設手の角欠け	B		躯体の不守り下、躯体内に空洞が生じたためと考えられるが、数が少なければグラウト注入、数が多ければ、装設工からの躯体上の吸出し等の検討とともに表のりの取付け、張替え	
装 の り 装 置 工	装設し工の不陸	B		建物の不守り下によるもので、他に色々の変化があらわれるから、それによって対策をとる。	
	装設し工の打設目の出入り	C	物に直し	装設し工によるものと考えられる。特に対策必要なし	
	材料の角欠け	C	物に直し	装設し工によるものと考えられる。特に対策必要なし	
	材料の剥落	C	装設し工の前、後または工おえび装のり工との打設目のずれ	装のり作用等の耐力や装設し工の自重によって変形したもので、表のり装設工の層参照	
	材料の隙装	C		特に対策なし	
	表面のかさび	C		物に対策なし、真鍮を問題とするならモルタル吹付け	
		C		物に対策なし、根留が大きければ打ち替え	
		B		モルタル吹付け、装設し工が作用する箇所では取付けも考慮する	

工 程	劣 化 損 傷 (外見にあらわれる劣化)	評 価	劣化原因(外見にあらわれる劣化)		対策(対策工法の例)
			劣化原因(外見にあらわれる劣化)	劣化原因(外見にあらわれる劣化)	
敷 込 し 工	目地の開き	B	劣化する劣化損傷(外見にあらわれる劣化)	同様に劣化する劣化損傷(外見にあらわれる劣化)	根防の不平等下によるもので、防凍機能を十分に確保されていない場合は、放置しておくかあるいはグラウト注入
	目地の上下ずれ	B	凍結し工の目地の開き	凍結し工の目地の上下ずれ、又は工の目地の開き	周囲部に凍結の空間が生じている。グラウト注入
	目地の前後ずれ	B	天は土、表のり	天は土、表のり	根防の不平等下によるもので、周囲に凍結の発生が予想されるためグラウト注入 (工事不良による場合もある)
	法線直方向他のクラック	B	表のり、又は工の打設時に開き	表のり、又は工の打設時に開き	古い切り欠きの作用が凍結の不平等下、空気の発生が考えられ、グラウト注入
	法線方向水平クラック	B	目地、クラックに開き、表のりに連続してクラック	目地、クラックに開き、表のりに連続してクラック	根防の不平等下によるもので、グラウト注入 1. エンパンによる現象であれば、特に対策不要なし
天	不 整	C	法線直方向のクラックがほとんどない。	法線直方向のクラックがほとんどない。	根防が入っておれば、ほげしい不平等下は原因は考えられないが、根防の発生が原因が原因となる場合は 補修が必要 不平等下によるものと考えられる箇所では、空気の発生が予想されるので他の変化によって判断し対策をとる。
	材料の欠け	B	法線直方向のクラックが多く、法線方向のクラックもある	法線直方向のクラックが多く、法線方向のクラックもある	根工不良によるものであるかあるいは、根防の不平等下はあったが、空気の発生がほとんどなかった場合で、竹 に対策不要なし 根材の劣化の発生が予想され、グラウト注入
	材料の浮れ	A	天はコンクリート版の折れ、沈下、裏のり上、凍結し工の打設時にずれあるいは開き、	天はコンクリート版の折れ、沈下、裏のり上、凍結し工の打設時にずれあるいは開き、	根体内の空気がなくなり根防で、裏のり根防にも欠陥があるものと考えられ、根防工、裏のり工の改良を 含めた対策が必要、グラウト注入、打替え、根防補修
	材料の根高	B	周囲にクラック	周囲にクラック	重車輻の通行によって周囲部に欠けが生じたものであり、根体内への雨水や凍結の浸透を促進させるため、 アスコン層修繕が必要 重車輻の通行のない箇所ではほとんどないものと考えられる。
	施工目地の開き	B	周囲のクラック	周囲のクラック	交通量の少ない箇所では対策不要ない、しかし天は工に凍結箇所があるようでは根防に根工や材料が不 良であると考えられ、他に欠陥があるものと考えられる。
工	目地の開き	B	天は工にクラック	天は工にクラック	空気を発生させるため、打替えも考慮
	法線直方向のクラック	B	法線直方向のクラック	法線直方向のクラック	雨水や凍結水の浸透によって根防の劣化が予想されるため、目地をふさぐとともに、グラウト注入 空気が発生する場合はグラウト注入

工 程	劣化 形 態 (外見にあらわられる変化)	評 価	劣化 形 態 (外見にあらわられる変化)		対 策 (劣 工 法 の 例)
			同時に生ずる劣化指標(外見にあらわられる変化)	劣化に関する劣化指標(外見にあらわられる変化)	
天	施工目地の上下ずれ	B	仕面の原にクラック	空間の存在が予想されたグラウト注入 (ほとんど考えられない)	
	施工目地の面内ずれ	B	周辺にクラック	(材料の肉欠けの参照)	
	施工目地の肉欠け	B		一般には、天は工の仕下の場合であり、この場合、天は工と共通し、裏の工と同一の一体性は失われ、空間が生じていることが多いためグラウト注入	
	鉄筋工との打設目の開き	A	塔脚工のはらみ、庇下	鉄筋工のはらみ出し、庇下などによって裏の工がすべり鉄筋工が前にのめった場合も考えられるがこの場合は鉄筋工の調整	
	鉄筋工との打設目の上下ずれ	B	天は工にクラック、折れ、裏のり工との打設目にずれ、開き	天は工の庇下による場合が多く、この場合天は工と鉄筋工、裏のり工との一体性は失われ、空間が生じていることが多いためグラウト注入	
	鉄筋工との打設目の肉欠け	B		天は工の破損が著しい場合は打替え	
	裏のり工との打設目の開き	A	鉄筋工のはらみ出し、裏のり面のはらみ出し、裏のり目地の上下ずれ、のり面の折れ	鉄筋工の破損によるもので、鉄筋工の破損によって判断を下すべきである。	
	裏のり工との打設目の上下ずれ	A	鉄筋工のはらみ出し、裏のり面のはらみ出し、裏のり面のクラック	鉄筋工の低減不足によるものとみえられ、鉄筋工の低減を維持するともに裏のり面の密着の程度に応じて、のり面の一部は打替え、クラウト注入	
	裏のり工との打設目の肉欠け	B		打設目の開きが生ずることも生ずるが、この場合は鉄筋工としての一体性はかろうじて保たれていると考えられ、鉄筋工の補強とともに、裏のり下面に空間が生じていることが予想されるのでグラウト注入	
	法線風方向のクラック	B	裏のり工との打設目の肉欠け	施工時に天は工の上端を裏のり面の上部よりも高く施工されることもあるので判断には注意を要する。	
I	法線風方向のクラック	B		ほとんど生じないが、重車輻の通行によって生じた場合は、その箇所を直ちに修繕するとともに、その周辺に空間が生ずればグラウト注入	
	法線風方向のクラック	B		このクラックのみで少ない場合、空間の存在は予想されるのでグラウト注入が望ましい。多い場合、空間が存在するのでクラウトを注入	
	法線風方向のクラック	A	鉄筋工のはらみ出し、裏のり面のはらみ出し、裏のり鉄筋の破損	重車輻は一般の風防上を通行することは望ましくなく、重車輻によってクラックが生じた場合、鉄筋工のはらみなどについても注冊する必要がある。	
裏のり鉄筋工	法線風方向のクラック	A	鉄筋工のはらみ出し、裏のり面のはらみ出し、裏のり鉄筋の破損	裏のり面が破損したために入ったクラックである。このため鉄筋工の修繕 裏のり面の改修のあと、クラックの周囲に応じて修繕あるいはグラウト注入	
	法線風方向のクラック	A	天は工との打設目に上下ずれ、 法線風方向のクラック	裏のり鉄筋工が印刷的に斜め(うすい)たのであり、時間の経過とともに自然に開きやずれなどが生じる。このため、裏のり面にグラウトを注入し、鉄筋工を修繕するが重りコンクリート工。 施工不良の場合もある	

工 程	変 化 損 傷 (外見にあらわされる変化)	環 境	他に關する劣化損傷(外見にあらわされる変化)と劣化工法の例	
			同様に生ずる劣化損傷(外見にあらわされる変化)	対 策 工 法 の 例
	法線直角方向のへこみ出し	A	他に關する劣化損傷(外見にあらわされる変化) 同様に生ずる劣化損傷(外見にあらわされる変化)	対策工法の例 根留工がはらみだしたため、露のり先が土圧に押しきれなくなり、根留工の経路および露のり接面の打替えるいは復付付
裏	法線直角方向のへこみ	A	のり面の折れ、自地の開き上下ずれ のり面にクラック	のり面下に大きな空部が生じたため露のりコンクリート版が落ち込んだためである。のり面の打替えるいはグラウト注入 露工不良の開きもある。
の	材料の角欠け	C		ほとんどないと思われる。
	材料の露れ	C		用途のばげしいところ以外には特に問題ないが、表面が滑い場合は露のり面の強度として問題がある。モルタル吹付け、グラウト注入
り	材料の損傷	C		ほとんど例はない。露れの露れ
	表面の赤さび	C		露のり接露工には鉄筋は一般に入っていないが、露れなどの場合はモルタル吹付けなどを行なう。
装	法線直角方向の開き	A	根留工のはらみ出し	根留工を補強し、のり面の状態に応じてグラウト注入、復付付コンクリート
	法線直角方向の上下ずれ	A	根留工のはらみ出し	根留工を補強し、のり面の状態に応じてグラウト注入、復付付コンクリート
壁	法線直角方向の露れ	C		(このような露れは前二つの変化で判定する)
	法線直角方向の角欠け	C		ほとんど例なし、小規模なものは対策不要なし
工	法線直角方向の自地の開き	B	法線直角方向クラック、折れ 根留工のはらみ出し	つぎの面下に空部が生じ、のり面が折れたため、折れの凹部、すなわち露れの根筋に応じて、グラウト注入か、のり面の強度を のり面の強度、開き部クラック注入
	法線直角方向の自地の上下ずれ	B	法線直角方向クラック	グラウト注入
	法線直角方向の自地の面内ずれ	C		ほとんど例なし
	法線直角方向の自地の角欠け	C		ほとんど例なし
	根留工との打替手の開き	B	天板工との打替手の上下ずれ、クラック	数メートルは、のり先にグラウト注入、根留工補強、それ以上の場合は交換復付付コンクリートなどで修復 露のり下面にグラウト注入
	根留工との打替手の上下ずれ	B	根留工との打替手の開き	打替手の開きの露れ
	法線直角方向のクラック	B	根留工のはらみ出し	根留工の補強、クラックの閉塞に応じて、開きを生じていなければモルタル注入、開きのある場合は根留工の打替えるも考慮する
	法線直角方向のクラック	B		クラックが折れれば根留工の打替えるも考慮するが、露れ開きのグラウト注入

工 種	劣化指標 (外見にあらわされる変化)	評 定	同様に生ずる劣化指標(外見にあらわされる変化)	劣化指標(外見にあらわされる変化)と対照工法の例
	法線方向のはらみ出し はね出し 法線方向の不陸 縦工目地の傾き 縦工目地の上下ずれ 縦工目地の面内ずれ	A B B B B	又は工の法線方向クラック、又は工と裏のり工の打継ぎに傾き、上下ずれ、 裏のりにクラック、目地の傾き、折れ 又は工と裏のり工の打継ぎの上下ずれ 裏のり工との打継ぎの上下ずれ 縦工目地のはらみ出し 裏のり工との打継ぎにずれ、裏のり工にクラック目地の傾き	対 照 工 法 (例) 傾は抵抗力不足によるもので、矢張り杭などによって埋入れを大きくするときに断面を大きくする。裏のり工は、基礎の断面に 応じ、張拉え、クラック注入 縦工目地が特に軟弱な箇所等で矢張りくい埋入不足によって不平等化したもの、縦工目地の傾きともしば、上下ずれの程度に 応じて、クラック注入 (法線方向の不陸、傾 はらみ出し) 法線方向の不陸部周 縦工目地の傾き不足、傾きの増強

8. 海岸堤防の設計・施工について

調査の結果明らかになった海岸堤防の設計・施工について注意すべき二、三の事項について述べる。

(1) 堤防の設計について

最近建設された海岸堤防はそのほとんどが表、裏のりおよび天ばの三面をコンクリート、アスファルトあるいはブロックで被覆された三面被覆堤であり、今後もよほど波が小さく、越波が考えられないか、完全に越波を許さない堤防以外は三面被覆堤となることは明らかである。しかしながら、その被覆材料、被覆工の構造についての研究は十分とはいえない。例えば、堤防前面の表のり被覆工の石張り施工がかなりあったが、強い波力の作用による破損のため、堤防の倒壊をまねき、甚大な被害を生じさせた被災例の教訓から、現在では無筋コンクリートでは被覆厚は50cm程度のもが普通である。さらに特に波当りの強いところでは、越波量を減じさせる意味からも消波工がもうけられることが多い。しかし、この厚さの決定は、作用波力を外力としたコンクリート版の計算にもとづいてはいない。経験的に50cm程度の厚さがあればほぼ十分であることが分っているだけである。このため、波当りの大小にかかわらずこの厚さが適用されることになる。本来は実情に合った支持機構をもつ版として、外力として波力を静的あるいは動的に作用させた応力計算を行なう必要がある。基礎工についても、同様のことが指摘される。基礎工の断面の決定は通常経験的に行なわれている。さらに進んで基礎工の基礎としてあるいは止水矢板として鋼矢板やコンクリート矢板が用いられるが、この矢板の断面、根入長についても経験的に求められる。すべての技術は経験によって高められるので、経験的に求められることが決して誤りであるというわけではない。しかし、この基礎矢板は、基礎工の支持矢板としての役割をはたしているが、止水矢板としての役割については、被災例の中に矢板のグリップのはずれがかなりみられるというから、施工法あるいは矢板の種類によって疑問とされる。現実には、グリップが突合せのコンクリート矢板が用いられることが多く、このグリップからの堤体土砂の吸出しも考えられる。このため、海岸堤防の基礎工の基礎矢板として必要な断面、根入長、グリップ等についての検討が必要である。

天ば工についても、コンクリート被覆されたものにクラックが入っているものが多い。堤防が単に工事用の道路としてだけでなく、観光あるいはレジャー道路としての役割を要求されることが多く、自動車の通行量の増大とともに、被覆厚、路盤工等を堤体内の空洞の発生状況等を十分考慮した上に決定する必要がある。

裏のり被覆工については表のりのそれと比較して大きな外力が作用しないことからその被覆厚も一般に15~20cm程度である。しかし堤防は岩盤上に建設されるほかは一般にある程度の沈下あるいは、堤体土の圧密等による変形をうけることは避け得ず、これらの変形に対して十分な強さを有することは最低必要である。さらに、天ば高が高くなると、表のり被覆工との厚さの差が問題となり、被覆厚をうすくするためには、小段をのり面中央あるいはのり尻につける必要がある。被覆厚としては無筋コンクリートでは最低20cm程度が必要と思われる、鉄筋コンクリートの枠工とブロック被覆による裏のり工法などが有効であると考えられる。この工法は波当りの小さな表のり被覆にも用いられる。

根留工については、基礎工に比して十分な断面を有していないように思われる。特に天ばが高い堤防では根留工のはらみ出しが観察されるのではないかと予想される。特に背後が汐あそびなどの場合では、堤体内の水の流通により根留工からの堤体土のすい出しも考えられる。強化する必要がある。

以上、設計に関して注意すべきであろうと考えられる事項を思いつくまま述べたが、何ら解析の結果に基づいたものでなく、後、何らかの形で具体的な設計法を見つけた必要があると考えられる。

(2) 堤防内の空洞、空隙

わが国の堤防あるいは護岸は一般に軟弱な地盤上に建設されることが多く、沈下は避け得ない。この沈下が等沈下であれば問題はないが、一般に不等沈下であり、堤防には各所に歪を生じている。

さらに、堤防の堤体はその容積の大きさ、あるいは施工の容易さ等から、手近かに存在する砂を材料とすることが多く、浚渫砂をポンプで吹いて堤体を形成することが多い。施工についても、施工の機械化はほとんどなされておらず、締固めも十分でない。道路盛土が最適含水比にもとづいた施工管理と機械による十分な締固めを行なっているのと対照的である。

また、堤防の建設は透水性の基礎上であることが多いが、透水性の基礎上に設置された堤体（これまた透水性の砂）への潮汐等による水の浸透は著しいものがあり、堤体内にはかなりの水の流通があるものと考えられる。このため、特に細粒の砂の移動が考えられる。加えて、一般にのり被覆工の下部は割ぐり石あるいは玉石等の基礎がつけられその上に被覆工が施工されるが、この基礎の捨石の径は20~30cm程度であり、空隙率も大きく、堤体土が、潮汐や雨水の浸透によってこれらの空隙内に移動することは十分考えられる。

以上のような原因のもとに、大部分の堤防、護岸はその堤体内に空隙、空洞を保有しているものと考えられる。これが堤防にクラックや目地のずれや開きなどの変化を生じさせており、堤防の劣化を進めている。これらの空隙、空洞の大きさ、主として発生する位置、その防御策等についての具体的な例にほしいが、天ば工下部をはじめ、表、裏のり面下部にも存在するものと考えられる、ただクラック等の発生をみると、天ばに多く、裏のりに多く、表のりには比較的少い。表、裏のりのクラックの多少は単にのり被覆厚の違いによるものと考えられる堤体内の空隙、空隙の堤防の破壊あるいは劣化に与える影響については今後十分な調査、研究によって明らかにすることが必要であるが、空隙、空隙を少なくする方法あるいは対処工法については次のような方法が考えられる。これももちろん調査、研究によって確認する必要がある。

- i) 堤体土の締固めを十分にす。機械化をはかる。締固めについての施工指針をつくり、どこでもある一定の締固めを可能にする。例えば、堤体土のまき出し厚は何cmで、何トンプルドーザで何回往復するか等の簡便な方法を示すことが必要である。
- ii) 堤体土は浚渫土をポンプで吹いたものを直接用いるのではなく、適当な粒度配合を行なうあるいはアスファルトやセメントの安定処理を行なう。これには、河川の堤防、道路舗装などの技術が有効であろう。
- iii) 天ば工はアスファルト被覆する。コンクリート被覆工はクラックや目地の開きが生じやすい。さらに、自動車の通行等なるべく外力の作用しないようにする。
- iv) 裏のりは鉄筋コンクリートの枠工を施しその枠内はブロックを張る工法等の可撓性の構造にする。この工法の場合ブロックの目地の施工には十分な注意が必要となる。
- v) 基礎工、根留工の下部からの堤体土の吸い出しを防ぐように矢板上の施工は十分の注意を払い、グリップのずれを防ぐようにする。止水矢板としてコンクリート矢板を使用することには問題があると考えられる。
- vi) 空洞、あるいは空隙が発見されれば直ちにグラウト注入を行なう。空洞、空隙の発見は、先に示した劣化指標を利用できるが、空洞、空隙の存在が予想されれば、積極的に被覆工をはがすなどの調査によって確認することが必要である。

グラウトの注入についても、必要な機械、注入圧力、グラウトの材質（セメント、混和材量、水

量など）、グラウト注入孔間隔などについて、具体的な指針を与えて、補修工事の用に供することが必要である。

- vii) グラウト注入で対処できない規模の空洞に対しては改造等の措置がとられるが、これについても復旧工法の具体的な例示とともにその採用についての一般的基準が必要であろう。

さらに、これらの対策が容易な予算措置が必要であろう。

(3) 堤防および護岸の維持、管理

近年の臨海工業地帯の造成をはじめとして、海岸線付近の土地利用の高度化にもなって、高潮対策事業によって建設された堤防、護岸はいうに及ばず、堤防、護岸の背後の防護区域の保全にもつ役割は重い。したがって、道路や航路、けい船岸などの機能施設の維持、管理の重要性が、その施設の利用のたびに不利益が蓄積していくが、その施設だけに限定されているという特徴をもっているのに対し、堤防や護岸の維持、管理は背後の防護区域のあらゆる資産、施設およびその機能の保全に重大な影響を有するという特色をもっていることである。しかしながら、“ど元すぎれば熱さを忘れる”のたとえどおり、堤防や護岸などの海岸保全施設の維持管理の状態は今回の調査の過程で見聞きした範囲では十分とはいえないのではないかと思われる。これは上に述べたように、災害がなければ、ともすれば堤防や護岸の役割を認識することがなく、その認識も被災した時点でそれらの施設の不備を痛感し、新たな施設の要求として考えられるのであり、現有の施設がどれほど背後を防護しているか、つまりもし今の施設がなければ、どの程度くりかえし被災しているかについて、認識はほとんどないものと思われる。したがって、現有の施設をたんねんに維持、管理し、その機能を保全していくということよりも、新しい施設の建設を過度に重要視し、心情的には、老朽施設の被災を待って、改修するということを希望するといった傾向があるのではないかと思われる。

もし、このような風潮があるとするならば、それは、維持管理に対する一般の認識の低さが、予算や組織面の不備として反映されているためであり、国土保全や土地利用の高度化の必要性が痛感される現在、行政的にその裏付けを行なわねばならないのではないかと思われる。一方、行政的な組織づくりや予算措置とは別に、技術的な問題としては、維持、補修の基準の問題である。つまり、どの程度の水準で維持、補修にあたるかであり、この水準が不明確であると維持の投資を最大化、合理化できないであろう。さらに、もしこの水準を明確にしたと

しても、その水準に適合しているかどうかを判定する手段に多大の労力を要しては、実際はカンに頼って適当に処理したことになるであろう。また、維持、補修は小規模な工事であるが、現場技術者の経験とカンに頼ることが非常に大きいため、未経験の技術者でも容易に維持補修に従事できるような補修マニュアルといったものが必要であろう。

以上のような現状に鑑みて、ここに報告する調査研究結果がさらに新たな調査と結びついて、堤防、護岸等の維持管理に役立つことを期待する次第です。

9. ま と め

本資料の各章の概要とその結論をまとめる。

2 では海岸堤防の劣化はその機能および構造に関する劣化の二つに大別され、その各々について劣化を考察した。構造的な劣化は堤防の破壊過程の各段階をさすものとして定義された。

3 では伊勢湾台風による海岸堤防の被災例などをもちに海岸堤防の被災原因を、海岸堤防の破壊過程について考察し、破壊過程に堤防各部の外見にみられる劣化を示す変化—劣化指標を求めた。

4 では今回実施した海岸調査のすすめ方について述べた。

5 では昭和45、46年にわたって実施した海岸堤防にみられる劣化指標の現況調査結果を示した。この現況調査は、求めた劣化を示す外見にみられる変化（劣化指標）をチェックリストとして堤防各部について調べたものである。

6 は堤防の劣化に重大な関係をもつ堤防内の空洞あるいは空隙について、愛知県海岸調査の結果を参考に考察した。

7 では海岸堤防の劣化の指標として劣化指標（外見にみられる変化）に各々評価を与えることによって求める方法を示した。

8 は調査結果をもとに海岸堤防の設計上の注意事項、空洞の発生機構とその対策堤防、護岸の維持、管理について述べた。

10. あと が き

今回の調査結果は以上に述べたが、何分、海岸堤防等に関する研究が十分行なわれておらず、多くの施工例があるにもかかわらず施工時のデータの保存は十分でなく、全国的には海岸保全事業はかなりの金額を持つが、各建設単位はかなり小さくなり、そのため、設計、施工等、の基準化が十分でないため、施工例にも技術的に大きな差があるようである。さらに問題なのは海岸堤防の被災例に関するデータは、伊勢湾台風等の大災害の場合には被災側も十分な体制をくんで被災時および復旧時のデータが収集、まとめられているが、毎年発生するかなりの数の被災についてはほとんど資料の集積がない。例えば、堤防の空洞の有無が、波の作用といかなる関係をもつかについてはむしろ日常的に毎年発生する多くの被災例についての十分なデータがあれば、多くの事が明らかになるであろう。今後、施工時および被災を受ければ被災時のさらには復旧時の自然条件、構造についての資料の保存につとめる必要がある。

最後にこの調査にあたり終始絶大な御協力をいただいた三重県、石川県、富山県、山口県、大分県の港湾課、土木事務所の関係各位、有意義な海岸調査の結果を心よく提供下さり、現地調査にも御協力いただいた愛知県河川課、港湾課、農地課および土木事務所の関係各位と第4、第5港湾建設局の関係各位に深甚の謝意を捧げます。

(1972年9月30日 受付)

港湾技研資料 No.149

1972・12

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日青工業株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.