

23 海岸堤防設計上の問題矣

中部地方建設局長 中島 武

§ 1 前 書

構造物設計に當つて、一般的に調査、基本計画、細部設計の順序を踏まねばならないことは周知の通りである。

海岸堤防(広義)の設計に當つても、当然その順序に順ひ設計と行ふのであるが海岸は自然界の要素即ち陸圈、氣圈、水圈の極めて複雑な接合部であつて、その現象把握が困難であり、今後の調査研究に待つ所が大である。然し我々建設の任にたづさわるものとして、その困難性を克服し、いやしくも短期間に破壊されその機能と失ふことのない様に務めなければならぬ。以下我々が設計するに當つての問題矣を上げたい。

§ 2 調査について

自然界の運動に伴ひその各界の個々の運動個々について把握すると共にその相互の關係を求め構造物築造後の必ず起る変動を推定する様につとめなければならぬ。

風気圧及び雨量等の氣圈の調査は既往資料により(近年特に氣象資料の週期性が問題となつてゐる爲10年以上の資料)その地域の月別変化、経年的変化を明らかにする。

又、海岸調査において波浪発生の原因である風の資料が重要であり、この資料より波や漂砂の性質を推定することが多いが海岸における凡と海上風の相関が小さい時にはその推定が實際と異なる恐れがある爲この相関をよく調査しなければならぬ。氣象觀測所の位置が海岸近辺にある場合は、割合相関が求められるが、一般に海岸部に測候所があるとは限らない爲少しく平野部に入った場合、海風については減少した値を示し、又陸風ではその逆の傾向を示すため波浪及び漂砂等の推定に不適当となるから、その際には海岸地区に風向風速計を設置し、一年間位の觀測を實施し平地部の觀測記録と相関を求める必要がある。我々が富山県下新川海岸の調査に於ては、常願寺川河口の建設省觀測所と富山市内の富山測候所の間に海風については、次の關係があることが判つた。

$$y = 1.3x + 0.7$$

海上風の風速については、理論及び經驗法則により推定出来るが現在の狀態では天氣図が毎時作成されて居らず皆風時を対象とする地では進路図より吹続時間が分明するが季節風を対象とする場合は非常に困難である。

水圈の調査として、潮汐、波潮流及び海岸流が上げられるが、潮汐については凡ゆる地矣に檢潮所があるとは、かぎらず計画地矣の潮位推定にあつては潮位の地域的特性及び狭さく部であるか、否か、台風などの異常高潮の時の湾の向き、及び台風の進路等を留意して検討しなければならぬ。

又、檢潮所の基準面の高さ、指定港灣では運輸省港灣局指定に基き海図基準面となつて居り東京灣中等潮位との關係が必ずしもつけられていない爲、海岸堤防建設に當つて港灣という地矣を対象とせず海岸という線を対象とする場合には不都合な地が多いので必ず關係を

つけておかねばならない。又近來統計学が進歩し經濟効果との關係において潮位、偏差の確率が重要視されて來たので台風のみならず日々の潮位、偏差を檢潮資料整理の際に求めておくことが肝要と思われる。波浪については波高、週期、波向のみならず天気、風向、風力、潮位、碎波線の位置、碎波帶の濁度と併せて、調査するが、波の觀測は出来る限り沖波を対象とする。原則とするが、不能の場合も少くない。その時は屈折図、回折図を書いて波の変形状態を知る必要がある。

現在波高觀測には色々な觀測法があるが完全とは言ひ難く、夜間に於て又荒天時に於て充分破損なしに目記出来る器械の研究が望ましい。

全様に波圧測定については、直立壁にあつては実験又は実測に多くあるが傾斜壁については未知の分野であり、又碎波についても、実例が少い波圧を外圧として如何にとるべきか、細部設計に於て、直面する大きな問題があるので海岸堤防建設時に波圧計を同時に設置し、多くの実例を集める必要があろう。

潮流及び海岸流について浸蝕海岸に於て特にその流速流向を知る必要があるが靜穩時は可能であるが荒天時如何にして計るかが大きな問題である。

地図の調査については地盤沈下の問題、汀線変化、地敷地質調査が上げられる。

その他三圖運動の合成である流出土砂の推定は補給河川の掃流土砂、浮遊土砂量が明確でなく、又、生産土砂の推定も不確定な現在、河川工学からの立場でより検討を要する問題であらう。

又漂砂については海浜の平衡勾配、海浜勾配の季節的變化、砂の粒度と水深、海浜と直再方向の砂移動量、砂の推積量及び浸蝕量及び海岸流による砂の移動量について調査を行ふのであるが多くの浸蝕が荒天時に急激に起る爲その移動量が明確でなく、又河川の洪水時の洗掘と同様荒天可成りの浸蝕洗掘あり靜穩と共に、ある程度回復するとも考へられ如何に實測し、把握するかは今後の調査方法の發慮に待たねばならない。

§ 3 基本計画について

基本調査により海岸の現況特性と把握し同時に背後地の經濟効果、重要度を考慮し建設目的である高潮対策、浸蝕対策、津波防禦、波力減殺、漂砂の処理及び埋没対策等の諸計画に合致した耐久性のある經濟的な施設の種類と規模及びその配置構造を決定しなければならぬ。

次に於て大きく問題となるのは規模とは一体何であるかといふことである。

既念的に規模とは何年にし、偏程度の高潮を防ぐのか、又、越波も蹕波も完全に防止するかしないか、又工事期間を短期にするか、長期にするかといふ施設の大小であり背後地の重要度、經濟効果、既往の被災狀況、工事期間等により決定される防止率ともいえるものであるが海岸工事の規模は單に經濟効果として事業の投資効率といふ面からのみ定まるのではなく民生安定又は国土開発利用上、又は国土の消失といふ面からも定まる爲明確な算出方法がない。

形式的に表われて來る場合、オ1に法線、オ2に、計畫高潮位、計畫平均风速と吹続時間、計畫波高により支配される堤防護岸の高さ及び大きさ、オ3に諸施設の組合せ配置となら

う。

而して、一つの指数と考えられるのは堤防、護岸の高さであつて、これは高潮防禦、浸蝕対策等の諸計画にあつても一義的に扱われるの決定は極めて困難である。

現在その算出方法として次の方法がある。

オ1に既往災害の分明してゐる最大衝突高を聞き込み或は痕跡より調査し決定する。この方法は非常に不正確となり、又、過大に見積ることが多い。

オ2に既往の潮位記録を統計的処理を行い超過確率を求め計画高潮位を定め又、波浪観測記録より最大波高と波長と同様に超過確率を求め、それより計画波高を定め衝突波高を算出する。この方法は合理的であるが潮位記録はあつて永年の波浪観測を実施してゐる旧所は極めて少なく、又確率年と何年にするかは背後地の重要度によつて定まるとは言へ、その決定は非常に困難である。

オ3は既往最大偏差に朔望平均満潮位を加へたものを計画高潮位とし、それに既往最大の海風の平均风速吹続時間を求めS.M.B法等により計画波浪を求め衝突高を決定する。

この方法は如何なる地味にあつても衝突波頂高の規模は変りなく唯、跳波、溢波等を許すか許さないかの違ひが出る。

オ4は既往異常気象による異常高潮位を解析し、異常気象の頻度等により計画対象異常気象を定め、それをもつて計画高潮位計画波高を定める方法である。

何れの方法の場合であつても波の実質部分への侵入を防ぐのが標準とすべきように思われる。

前述の通り高さを決定し、その高さが極めて高く堤防安定上或は工費が嵩み或は美観上不適當とか、波力に対して、充分耐え得ない等の問題が生じた時、波力減殺の離岸堤、或は突堤の方法をとるべきであらう。

又、浸蝕対策の場合、高さは前述の如く定めるが同時に浸蝕を完全に防止するか浸蝕の速度を減少させるに留まるかの要素が加わり、これの決定は浸蝕速度から推定する経済効果では当然解決は出来なく、又、狭小な国土の維持といふ面から浸蝕対策事業実施は国策として強力に進め行くべきと思われる。

法線は陸地部を波浪の侵入を防禦する線であり、又、積極的に広げる線であり、この線の良否により波力を集中させたり、施工の難易はもとより堤防の断面形も自から定まり又堤防の高さも変化して来る。従来、海岸堤防は區々に実施され、法線としての意義より矢の感じが強かつたが、海岸保全区域の整備基本計画の樹立が法で定められなくては非常に意義がある。自然の平衡運動に対し、工作物を設置するため、海岸線に何等かの影響を及ぼすから堤防又は護岸に耐久性をもたせる様地盤良好にして充分波浪に抵抗力を、もたせる地味を選び屈折回折その他により波力の集中が起らない様な線形を選定すべきであらう。又、單に陸地部のみ建設するだけでなく凹部は地区は、堤防と前に出すとか、河口部の締切りも考慮し法線選定には、積極性をもたせること肝要と思われる。

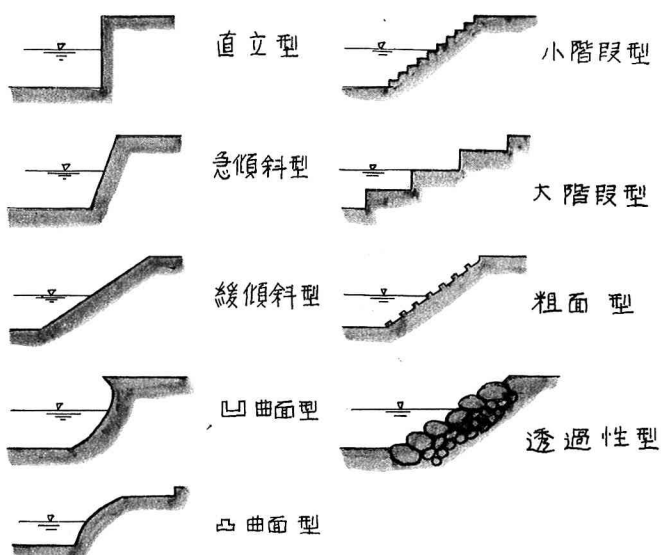
§4 波に対する表法被覆工の表面型選定

表法被覆工の表面型を選定する場合、現在の所定量的に適確に決定する要素は見当らな

いようである。

問題を波についてのみに限定した場合を考えると①波の衝突高を低くする。②波圧の受け方を少なくする。③洗堀を少なくする。の3点となるであろう。风速、吹送距離等から沖波の計画波型が決られた場合、計画地奥に到達する波のおよその波高、波長、等が推定される訳であるが、堤防、護岸の前面の水深と、到達する波の性質により①～③の目的のどれに重点を持たせ、その為にはどんな表面型とするかが波に対する表面型撰定の基本問題となる。

図 1. 被覆表面型分類



(1) 衝突高に対する表面型

衝突高については波の本質的部分、即ち波らしい形を保つて居る部分の打上げる高さに対して考へられる事で実際の颪風時には波の大量の部分が飛沫として天端上10数米に打上げられることを忘れる事が出来ない。

表面型を、最も普通に用いられる平面型とした場合、その勾配と打上高との関係は今迄に数々の実験が行われてゐるが、波の特性、前面水深により大きな影響を受け、更に表面の粗度、その時に吹いてゐる風等により大いに影響を受ける。土研の実験結果にも述べられてゐる通り結果は非常に散乱して居り大抵の傾向を知るに止まつて居る。

実際に築造される堤防に於ては、波返しの問題もからみ又前のように強風による大量の飛沫の浸入を避け得られない実情でもあり、今後大いに研究する可き問題ではあるが、むしろ堤防設定の位置即ち前面水深と限界波高の関係による衝突高の問題をより重要視することとし、表面勾配と衝突高との関係は表面型撰定要素からは、一応除外してもよいと思へる。

ちなみに大抵の傾向は、我々の普通に取扱う程度の特徴を有する波に於ては、波の特性、前面水深を一定とした場合、1:2 程度より緩い勾配では打上高は勾配の緩い方が低く、表面の粗度が大きく影響する様であり、1:1.5 程度より急な勾配では、勾配が急な方が打上高が低く、多少の凹凸は打上高を減らす役には立たないで、又つて波返しの状態を阻害する傾向があるやうである。しかも1:1.5 程度より急な勾配では殆ど勾配の影響が見られない程度の差違のやうである。

曲面を取つた場合、又は波返しを附した場合は同じ高さで直立面とした場合に比較して、打上高(又は衝突高)を減ずるといふより、打上がつた波の方向を変える更に意義がある、猶ほこれについては後述する。

又表面型の特殊な例として 透過性の表面即ち巨石又は、コンフリートブロック、テトラポッド等が表面を被覆し、割石、礫等を幅広に裏込したものを用いられるが、この型式である、打上高を普通の表面型の50%以下に下げることが出来る。又、入江部、河川部、前州が非常に高い場合等の波が小さい場合には30cm程度の小階段を附し又は表面に凸型の突起を多く附した表面型は打上高を下げ又は越波量を減ずる事が出来て有利である。

(2) 波圧に対する表面型

波圧の受け方と表面型の関係も現在の所、垂直面に受ける波圧については信頼するに足る算定式が求められて居るが、我々が海岸堤防或は護岸の設計に使用するには、はたは得心も無い現状である。

即ち、一つには、砕波の状態が堤防に衝突し強大な衝撃圧を及ぼさるような場合、堤防の表面型が、凹面か、垂直面か、傾斜面かにより、又、傾斜の度合により衝撃圧は、相当に差違があると思われるがこれが、足量的に解明されてない事、一つには表面が傾斜する版状構造物で被覆されている場合に、衝撃圧の如き不等分布の波圧が加えられた場合、相手が波の衝撃を受ける方の版は傾斜して居るから同じ衝撃でも各部分の受ける時間にずれがあり相当な範囲に亘り瞬間の間に荷重状態が変移して居るはずであり各部分の受けた最大圧を同時に考えるのも不適当で、この荷重状態を如何に取るかが解明されて居ない事、又一つには、この衝撃が繰返される場合、支圧を受ける土の态と、その繰返し及び振動により土圧及其分布がどう変るか明確でない事、等、不明確な問題が非常に多い為理論上、最も有利な又、確実性のある勾配が算定出来ない現状である。

然し乍ら、傾斜面は波圧の受け方がかなり小さいであろう事は、予想出来るから波圧以外の要素が、許すなら傾斜面を撰ぶ事を原則とし、波圧以外の要素が特に考へられる時は、重複波として衝突する場合の表面型は、波圧以外の要素から撰定し、砕波である場合は、前面の浜勾配等から考へて、かなり大きな波高で衝突する場合は傾斜表面型を、遠浅な海岸等で、波高が小さいなる場合、前州が高い場合等、波圧以外の撰定要素から表面型を撰定するのがよいであろう。

一般的に言へば、前面の水深が波高の2倍以上深い場合は、勾配を急にして、堤体積を小さくする方が経済的な場合が多く、前面水深が波高の1.5倍程度以下で、かなりの波高が予想される場合は勾配を1割程度の緩に、波高が小さい場合は施工其他から決定するがよい。猶、垂直面に対する最大波圧強度は重複波の場合、大きな場合で $15H \text{ ton/m}^2$ (H = 波高)、普通 $10H \text{ ton/m}^2$ 程度、砕波の場合は、 $100H \text{ ton/m}^2$ にも達する。

(3) 洗堀に対する表面型

洗堀に対しては、②の場合と同様に考へられる、特に前面水深の深い場合は洗堀に対しての考慮は少なくてよいであろう。

特殊の型式としてこれを越える幅の階段状とした型式は前州が豊富な場合、洗堀、掃流を減じこれを維持せんとする目的に使用され、有効であるが、構造上弱臭を除かんとすると工費が、かなり、かさむ。洗堀については堤防表面型と浜勾配、底質、波型、等から安定水深或は安定底面勾配等を推定する事が、今後の問題としてのこされている。

(4) 曲面型について

凹曲面型は波に対して適当な曲率が選ばれて居れば、理想的な形状であらうが、構造上無理がたいようにする為には工費が大きくなるので、堤防の低い場合に用いられる。

凸曲面型はミシシッポ州に護岸として用いられた例があり、波に対しては波圧の主要部分をかき除くような型であるが、越波を助長する缺點があり、波のおどやか所以外は用いられない。むしろ美観を主とした遊歩道と併用されたもので、高さも2m弱である。

§5 表被覆工並びに基礎工の構造撰定と設計上の注意

(1) 直立表面型に用いられる構造

直立表面型は前に述べた通り前面水深の深い場合に用いる事が多く、又施工上も前面水深が深い場合は直立型が容易で経済的である。堤防より護岸に多く用いられる。

構造は、矢板壁、井筒、函塊、方塊の積上げ、簡単なものでは、重力式の場所打擁壁、まれには、扶壁式、L型式等も用いられる。矢板壁は最も施工容易で、控杭、繫杭等が充分注意して設計され裏込が充分であれば、信頼出来る。

コンクリート矢板は水密性が悪く吸出しを受け易いから二重に打ち中間に充分目遣された碌を充填する等が必要で、又波圧による呑の繰返しについても考慮されなければならぬ。猶、鉄筋及びボルト等の腐蝕に対しても用心が要る。井筒、函塊等は互の間の継手に充分考慮を要する必要がある。猶、根入が浅い場合、特に水深が波高に比して浅い場合は洗堀防止を考へ、又擁壁下に通水しないようにしなければならぬ。場所打の自立擁壁とする場合は止水工、基礎工を充分にすると共に裏込碌の量をかたまり多く用い、或は裏土の土質によつては砂層、有孔ヒューム管等により水抜きを考慮する事もよい。

方塊を積上げる場合方塊の大きさは相当大きな寸法を必要とする。1.5m程度のものが波圧又は船舶等の衝撃により継手が損傷し、波圧の反動、土圧、揚圧等の相乗作用で海側に倒れた例がある。

(2) 急傾斜型に用いられる構造

表面勾配3分〜7分の傾斜を持つ型は次にのべる緩傾斜型と共に海岸堤防に於ては最も多く用いられる。多くの場合、コンクリート又は表面石積コンクリートのもたれかけ擁壁が用いられ、まれには完全自立の重力擁壁、或は鉄筋コンクリート扶壁式、L型式等が用いられる。もたれかけ擁壁は自重と裏の土圧と均合つて裏側に引張力が作用しない断面であれば一応よいのであるが、厚さが薄いと波圧を一樣に裏土に傳達せず吞を生じ衝撃を繰返すと裏土の土圧の分布も変化し、亀裂、滑動、轉倒等を起す。天端の厚さは40cm以上、被覆の表裏の勾配差1〜2分程度に下部を拡げる。

この型式の基礎工は普通大きなコンクリート方塊(プレキャストブロック又は場所打)が用いられ、寸法は幅1.5〜2m、高さ1m程度、基礎敷高は平均海面下1.5〜2mが必要である。

特に水深が深い場合は基礎に函塊又は井筒が用いられる。

この場合でも基礎の天端高は平均海面以下とした方がよい。

特に注意を要する事は基礎と被覆との継手である。基礎には大きな被覆の重量がかかるから、沈下を起さないようにすることは勿論であるが、例え多少の不等沈下を起して被覆

との間が隙いても吸出しを受けぬように切欠き部にエラストイト等を入れること。土圧による被覆の滑動を充分喰止めるように切欠きの前側の幅を大きくする事。被覆の多少の傾倒を束縛しぬように完全に絶縁すること等が大事である。

伸縮継手は10m程度毎に被覆、基礎、同一断面に設ける。

コンフリートの打設は表裏共型枠を使用し型枠を埋殺しとするときもあるが、硬練コンフリートで比較的低い打上高で裏埋を併行してゆくか、隔壁を設けて自立させ硬化をまつて埋土する方がよい。

いづれにしても裏土の締固めが不十分になりやすいから注意がいる。

猶、施工継手は、表裏面に直角に充分入念に行うよう厳重な監督がいる。これを、おこたると波圧を受け又は土圧に変化を生じた場合、致命的な弱点となる。

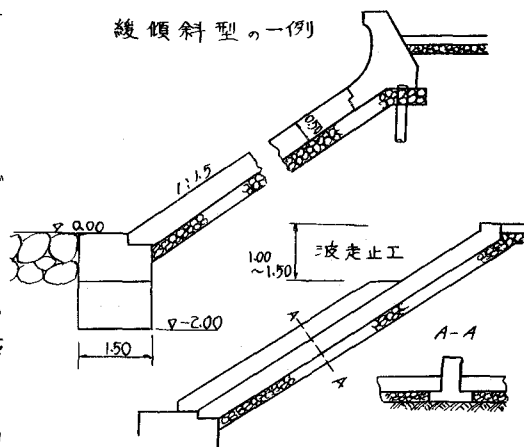
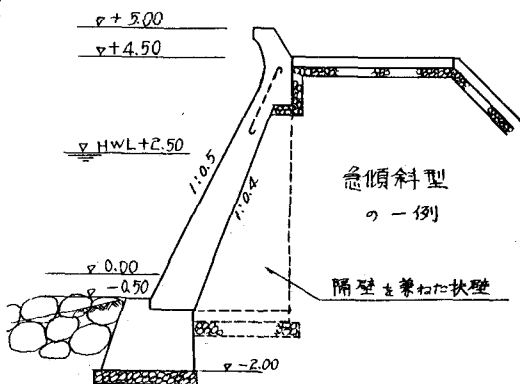
(3) 緩傾斜型に用いられる構造

この型式は最も普通に用いられるもので、コンフリート版又は石積、石張、ブロック張等が用いられる。

この中、石、ブロック等を使用したものは、胴込、裏込コンフリートが充分強度を有する場合の他は、比較的可撓性が大で、土圧に対しては相当切つめた設計にしても、一撃に破壊することは無いが、反面亀裂の発生は必至で、一体性にとぼしく、強大な波圧に対しては大きな石を使用し、かみあわせを餘程入念に施工されてないと破壊される。又吸出しも受け易い。従つて波の強い海岸ではあまり喜ばれない。

コンフリート版は普通50cm程度の等厚のものが用いられる。版厚と勾配とは土圧及び自重との間で引張力が発生しないように撰ぶのであるが、受動土圧(又は抵抗土圧)が缺けまじると上部の自重により表側に引張力が働く。又版厚は波圧を受けた時にこれに抗する抵抗土圧が得られるまでに生ずる歪を考慮しなくてはならない。傾斜した面に衝突した波の版に与える荷重は目下の所計算式も無く、実測値もないので実際の災害例を参考にしなくてはならない。

従来例では40cm以下の厚さでは不充分なようである。波の衝撃に対して被覆の剛性が小さいと、裏土にかかる圧力が集中し、歪が大きくなり、それだけで破壊する事もあり、又かりに微小な歪であっても、何度も繰返して衝撃を受ければ疲労は、破壊的に大きくなる。又版が衝撃によるバウンドを繰返す毎に裏の土圧の分布と裏土の勾配が次第に変化し、被覆が破壊して海側に押出さ



れることがある。

特に鉄筋コンクリート版の場合、版厚がうすいので、この傾向が強く、アメリカにはこの例が、と思われるものが数例見られる。

海側に倒れ又は移動した災害例は洗堀によるものとのぞいても、かなり多いからその原因については深く検討する可きである。版厚は50cm以上とし、特に裏土の締固めは充分にし且つ吸出しにより裏土がゆるみ争うのないようにしなければならぬ。被覆の裏側に吸出しの拡大防止の爲に凸型の隔壁を設ける事は剛性と重量を増す上からも有効であろう。

鉄筋コンクリート版による場合は、基礎と完全に剛結し法の中間及び肩に横桁を設け引抜にもたえる、ペデスタルパイル等を打ってこれ等と剛結するのが普通である。

版厚はアメリカの例だと非常にうすい単鉄筋であるがこれが破壊の一因にはなっているように思われる。勾配はコンクリートの打設も考慮してきめなければならぬ。

1割5分より緩になると型枠を使用しその打込みが、困難となり、1割より急であると、裏土の勾配を維持しなから締固め、又裏込礫を固定させる事が困難である。1割5分でも裏込礫の固定には捨コンクリート等の必要を生じ、コンクリートは、軟練になりがちである。コンクリートの強度からは、2割程度で、裏土の締固めを充分に行い、硬練コンクリートを充分搗き固めて打設し、養生をよく行うが、1割程度の勾配として隔壁等を用い一応自立させて打設し、裏土をあと埋とする方がよいようである。プレキャスト法等も検討されてよいと思われる。

猶、土圧のみを考えた場合は50mの版で高さ5m程度迄は6~7分の勾配で充分である。緩傾斜型の基礎工は普通コンクリート方塊(プレキャストブロック及び場所打)が用いられ、寸法は幅10~15m、高さ10~20m、天端高は平均海面程度とする。基礎と被覆との継手並びに伸縮継手は急傾斜型の場合に準ずるが、版厚がうすく、傾斜がゆるいから特に基礎工のみが単独で不等沈下し、被覆との間から吸出しを生じないよう又、被覆の勾配の多少の変化に対しこれを束縛して被覆の根部を破壊しないよう切欠きの寸法を決め、間隙部などの場合はラスタイト等を充填しておく必要がある。

破堤跡、滞止ヶ所等には、鋼矢板基礎が用いられるが、この場合は矢板の表裏は捨石等で充分保護し、矢板頭部には堅固なコンクリートを施して、基礎としなければならぬ。コンクリート詰杭等は止水性がはなはだ悪いから彼のあぐやのな所以外は用いられない。

(4) 浪止工

入江部、河川部、等狭さく部に波が浸入した場合、波が堤防、護岸に沿って進み次に波高を高め、法を斜にはい上り又は奥部の堤防、樋門等の構造物に衝突する傾向がある。この爲に波返し工を附してない堤防を越えて越浪の浸入を受けることがある。これを防止する爲、法に沿って厚さ50cm程度の凸起を50m程度の間隔で設ける、これを浪止工と言うが、法に沿って走る波の波型をこわし、波高の高くなるのを防ぐ爲にかなり有効である。但し注意を要する事は波走止工の天端は法肩まで施すと反って、これに沿って上昇し、越浪量を増すことになる。

(5) 隔壁工

樋門 其の他の構造物 構造の異なる堤防の接統部 旧堤との接統部 破堤した箇所等の弱点となりやすい箇所の附近には、表法被覆Ⅰの裏から、堤防中心よりやや長い程度に、又裏側に破損の恐れある場合は裏法被覆Ⅰまで、相当の高さにコンフリート又はコンフリート矢板等の隔壁を設けて、破壊の拡大を防止するようにしておく事が大事である。猶、この場合、隔壁に沿って水道が出来る等の事があると反って、これが弱点となるから注意しなければならぬ。

(6) コンフリートについて

海岸構造物では無筋コンフリートの場合、海砂を使用せざるを得ない場合や、止まなく海水を用いる場合が多い。又常時海水に接して居り、耐久性が一般の土木構造物より落ちるから、1/3.6級のコンフリートでは約1割単位セメント使用量を増して250%程度とするのがよく230%以下にはしてはいけない。

鉄筋コンフリートの場合は特に鉄筋の腐蝕を考へ400%程度の使用量とし、水密をはかりたい。350%を下つてはいけない。鉄筋のかぶりもなるべく取リ75mm以下にはしない。析、散等の接合を生ずるものは引張側の亀裂から、海水が浸透するから、なるべく剛性の強い構造とし、接合をへうす様に考へなければならぬ。

使用水は塩分の含有量0.3%以下にあきき井水を用いる場合でもこれを確認して使用し、海砂利、海砂は使用出来ない。

無筋、鉄筋共、水中コンフリートは耐久性をいかに高く減じさう、使用しないものと、相当硬化する前に、海水に接触しないように心がけ、養生期間が全過するまでは直接波に当たらない様にしなければならぬ。

§6 波返しⅠ

波返しⅠは前述の凹曲線壁と全く同様である。計画波高より低い、潜堤の如き堤防にあつては当然効果はないが、土木研究所の実験によれば波返しⅠの高さが冲波波高の2倍程度のもので、あれば波型勾配0.04より大きな波では衝突高を潮上高の1/2程度まで減少する、とが出来るといわれる。一般に越波量は傾斜壁の方が、直立壁に比して多いから、特に傾斜壁には、波返しⅠが必要である。その曲線の始点は、計画高潮位と潮望平均満潮位の中間より滑らかに立上るのが妥当と思われる。衝撃圧を一番受ける部分が、波返しⅠの部分であるから、施工継手なしに打設するが、出来得れば鉄筋を挿入し、法被覆と鉄筋を切離さず、断面的には施工地は相欠きとすることが肝要と思われる。波返し胸壁を不当に重くし堤上の圧密沈下等により継手部が切断されることのない様に堤上は充分掘固めると同時にコンフリート杭に支持させることが良いように思われる。

§7 天端被覆Ⅰ及び裏法被覆Ⅰ

天端及び裏法被覆Ⅰは海岸堤防のように大量の波しびきをかぶる場合は表法被覆Ⅰと同等に重要な部分である。従来、災害例を見ても天端或は裏法から破堤した例は、はたは少ない。従来、これ等の被覆は石張とされ、例が多く、波しびきに叩かれた場合非常に弱い。近來天端にコンフリートブロックを張った例が非常に多いが、これの災害例も多く、場所打コンフリートにすべきだという意見が強くなって来ている。

コンフリート張の採用された原因は施工が早い事、堤上の沈下により亀裂、空洞等を生じない事、トラップ等で材料運搬等を行う場合、亀裂の入り恐れが少い事等があげられると思う。コンフリート張とする場合反しに、これ等に対し或る程度の損傷は考えられるので、愛知、三重海岸工事においても施工に当り論議された所である。種々検討されたが明案のないまま、アスファルトを塗布して波返し、裏被覆工と絶縁する事に落つた。

結果は、材料運搬のトラップも随分通つたが多少の縦亀裂が入った所もあるが、全体的に見ると良好であつた。しかし至過年数が少いので、今後の観察が必要と思われる。

同工事の天端は幅員4m、厚さ20cmで10m間隔に横断面地が入れてある。

要は堤土の支持力を均等に充分に得るよう、堤土の沈下に対応させ、しかも天端に落ちた大量の海水が継手から堤体内に浸入する事なく速かに排水する事が出来、継手部に鋭角とのこさない事である。裏被覆工の厚さはその法長と勾配に非常に左右される。

普通の土質の場合計算上被覆に引張力を生じない為、所要最急勾配並びに厚さの関係は、

厚さ15cm、高さ5mまでの、約1割、厚さ20cmで8分厘程度とるが、表側からの波圧の傳達も考へられ振動もかなり大きいので厚さ20cmとし、1割より緩にした方がよい様である。しかも法長が長くになると土圧の分布も一樣になるとは考えられず、土圧そのものの計算上の假定に疑問も生ずるので、出来れば3m程度毎に小段を設け継手をおいて分割した方がよい。勾配をあまり緩とする事は受動土圧又は地盤支持力が不均等となりやすく、法面に落ちる水の荷重も大きくなり亀裂の発生を助長するから考へるものである。1割5分迄に取るのがよいようである。

8 結び

以上海岸堤防の設計上特に問題となる点について、現在考えられる要素を述べたが、言つておけば分らない事だらけである。海岸の保全施設の築造を目的として海岸関係の在来の公式等を考へるとき、これ等の公式類の多くが港湾の築造を主体として考へられ、又実験式が多い為、これをそのまま海岸堤防の設計に使用する事は不適当な場合が多い。現在土研、始め各関係機関で保全施設の築造を目的とした数式について研究され着々整備されつつあるが、これを使用して実際に設計施工する立場にあるものも、それ等の数式が出来た生立ちをよく考へて使用し、実際の災害例に遭遇した場合は特にその状況を記録に止めその原因を分析研究し又各関係機関に発表される事を望むものである。

アメリカに於ける護岸型の一例

