

ことと存じますが、其の程度は此後の研究に俟たねばなりません。

最後に方塊積が地震力を受けて傾斜角 θ を生じ、次の瞬間に横力の方向が反対になる場合には地震力の他に θ 丈傾いた方塊が原位置に復起しようとする塊自重による運動量が加算されて極めて危険な状態になる事があるのを認められます。

會員 松 田 健 作

著者工学士工藤久夫氏の方塊積構造物を単一体とせず、方塊各個に就ての安定度の研究発表は、斯界に極めて重要な指針を提供せられたのであつて、茲に同氏の御努力に對し満腔の敬意を表するものである。以下方塊積防波堤につき所感の一端を述べ御教示を仰ぎたいのである。

方塊積防波堤の安定度について之を単一体とのみ取扱はず、方塊各個の安定度をも検することは、防波堤計畫上頗る重要なことで、此種工事に従事する者の是非共心得ふべき事である。而して一般に防波堤を計畫するに當り、波力は水平に働くものと取扱はれて居るが、實際の場合波浪が防波堤に撃突する際、波力は水平に對し或角度を有し幾分上方に向つて働き、爲に直接波浪に面する方塊の前端は、海水の浮力と相俟つて一浪毎に上下運動をなし且つ其度毎に少しづつ後退し遂に転落するに至るのである。従つて波浪に面する方塊丈は摩擦抵抗も一般の假定と違つた働き方をするものと考へるのが實際に近い考へ方と思ふ。孰れにするも吾人の目的は方塊が転落せざる防波堤を築造するにあつて、之に適合する工法の一として方塊相互間を柄にて噛合はしめ、噛合部分をして方塊各個の受くる最大波力に對し、充分の抵抗を有せしむれば、方塊積も単一体に近づき且つ前述の上下運動に對しても相當効果あるものと信ずるものである。

以上の如く方塊を互に噛合せたる場合と然らざる場合と同一の波力に對し同じ安定度を得せしむる爲には方塊積断面積に於て幾何の差異あるかを比較御研究の上御發表願へば望外の仕合せとするのである。

著者 會員 工学士 工 藤 久 夫

海中工事に御造詣深く、常に指導的な工法を實施されて居る、先輩松田健作氏の御討議を得て、方塊積防波堤に對する所見を述べさせて頂く機会を與へられましたことは誠に幸福に存じます。

防波堤に作用する波力の推定は御説の通り困難至極のもので、水理学の波浪に關する所謂理論式は、海況、防波堤構造様式によつて著しく変化する複雑極まりない波力の種々層を現はすには隔靴搔痒の感があり、又實驗を以てしても、怒濤が防波堤に激突する性質の總てを量的には到底確的には求め得られぬ現状であります。

著者が上司の御指導により、廣井式最高波力計 1 個を函塊防波堤の平均海面近くに取り付けて波力の觀測中、其の示度は必ずしも波浪に相當したものを現はさず時として遊標が scale out いたしました。そこで波力計を萬力に挟んでケーシングを木槌で連打しますと、スプリングは別に力を加へなくても遊標が微動するのを認めましたから遊標を押し、指先では動かしにくい程度に匡正し、圧力ポンプを以てカリプレートし現地に取付けて暴風に遭はせましたが、矢張り前記の様な結果を繰返しました。更に製作所に之を送付し遊標の整正をいたしました處、該所では信頼すべき試験室に之を依頼し、充分目的に伴ふものとして出来上りましたが良い結果は得られませんでしたし

た。之は静圧で遊標は標尺上を規則正しく移動して正しい圧力を示しても、波浪の反復撃突に合つては波力計の振動(防波堤の振動と共に働いて)の爲に、遊標が標尺上を微動し乍ら波力計のスプリングに連絡ある遊標を動かすレバーに無關係に移動する結果に外ならぬものと判断いたしました。若し或る工夫によつて其の示度が正しくなつたとしても波力の一般性質全部を正しく實測することは非常に困難なことに存じます。

波力を數値で求めるのは困難不可能であつても、荷重を簡單化して量的には判然しないまでも、性質丈でも研究したならばと存じ、方塊積構造物の得失を吟味致そうと試みたものが原文であります。従て此後波力の性質が一要素丈宛でも明かになれば、次第に方塊各個に就ての計算法が必要になつて来るものと信じ又其の方法の實用的な發達を望んで止みません。

御教示の様に波力が幾分上方に向つても働くことは全く同感であります。防波堤の前面が捨石、根固方塊等の爲に水深が急に減ずる所では、深海波は遷波に変じて堤体に衝突し受波面の切線方向に波高に數倍する水幕となつて飛ぶ上るのを觀る時には誠に其の感を深くいたします。

著者は波力が幾分上向きに働くばかりでなく、海底を吸ひ上げる働きもあるのを経験いたしました。假堤頭保護の爲に水深約 4 m の所に置いた 12 t 根固方塊の中央部に在るものが、3 m 級の波浪によつて抜け出し、暴風の後に塊を其の儘元の位置に釣り戻したことがあります。

又一般には餘り考へられて居りませんが、波浪によつて圧縮された空氣と波水が、方塊地間に突込んで、丁度楔の様な働きもいたします。この爲に方塊積防波堤の内て一番接觸面の少い、堤頭の隅角部に使用した 18 t 塊を押し出されたことがあります。

此の外御例示の様に方塊が波の反對方向にも転落するといふ事實から、嚴密には計算の困難な諸作用を受くる防波堤に對して簡単な試算で片付けることは一面から見れば無意味のことで、技術的計算を放棄してむしろ港況の類似した、災害を受けつゝ改造補強した防波堤の實例を熟慮參考して断面を設計した方が無難であるとさへいふ結果すら生ずる様になつて参ります。

兎もあれ、御説の通り我々の目的とする所は、方塊積を採用した時は方塊が転落せざる防波堤を築造すれば事足りるのであります。これに對して稍々単一体と同様に取扱ふ事が出来る様に噛合せを頑丈にし、方塊を個々に働かせぬ方が有效であることは同感であります。

柄による噛合せを吟味いたしますに、幅の等しい凹凸を方塊の水平層に造れば表の様に噛合せの數の増加によつて ϵ は増加しますが、方塊釣孔等の關係から柄數をそう増加されませんし、又數を増せば 1 本の柄はそれ丈細弱となり、各柄が波力に對し同時に同程度に働くことが困難であるから、柄數は方塊 1 個に 2 個位が適當して居ると思はれます。例へ之を 4 個にしても強度は 10% より増加せぬし、實例からも其の程度が多い様であります。

コンクリートの傾斜龜裂を生ずる剪応力が 1:3:6 では 8 kg/cm^2 とし、塊間の摩擦係數を 0.7、海水中の重さを 1.3 t/m^3 とすれば、水平層に $\epsilon=0.4$ 及 0.2 の柄を付けますと波力によつて塊が浮き上げ氣味となり底部摩擦力を失つても柄噛合せ間の抗剪力は、それぞれ $h=35.2 \text{ m}$, 17.6 m の塊が水平摩擦力のみで滑り出しに抵抗するのと等しくなります。之の噛合せ部分の受くる力を、例として、 $b=3 \text{ m}$, $h=2 \text{ m}$ の方塊が 10 t/m^2 の水平波力を受けた場合に求むれば、柄の破壊抗力は塊体の不同沈下等による噛合せ部分の元応力をも考慮に入れて安全率を勤くとも 2 とすれば、 $\epsilon=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ に對し 12, 24, 36 及 48 t となり 20 t の波力では總柄幅が 50 cm 以下

1 塊の柄數	總柄幅と塊幅の比 ϵ	柄幅 50 cm とせる方塊幅 b_{min}
1	0.33	1.5 m
2	0.4	2.5
3	0.43	3.5
4	0.44	4.5

では転落せぬとも限りませぬ。

著者が 12, 18 及 24t 塊 3 列幅員約 8.0m 4 段積、之の高約 6.0m の方塊積防波堤を施工中、最上段迄積上げ、15kg 軌條を以て上部を連結し、頂部コンクリートを施工前に防波堤の落付を待つて居る間に波高約 5m の暴風に遭ひ、幅 35cm、高 15cm の柄 4 個を配置してあつたにも拘らず転落した辛い体験から見て噛合せは充分強力なものに致す必要があります。その他噛合せ朝顔には、實際問題として据付に對する餘裕が入要で、それ丈変位に對する餘地を有し、安全率が低下いたします。

一般に防波堤は、堤脚でも浚はれない限り、地盤の良好の時は原文結言にも述べました様に、方塊積でも単一体でも、滑動に比して転倒の安全率が多いものですから、災害を受くるとなれば多くの場合函塊は基礎面で滑動し、方塊積は波力の大なる上層で滑動崩壊いたします。御提案の水平噛合せが餘程頑丈でなければ、何段も積置した防波堤では上層崩壊の災害の度が単一体の亡り出しに比して起き易いものと考へられます。

方塊積の転落した方塊は再使用し得ると申されて居りますが、波浪に撃たれて転落した方塊は稜角がとれて丸くなり、堤体には殆んど使用に耐へませんし、柄噛合せを付したものでは全く堤体には再使用し得られなくなります。

前述の波力による水喫作用を受けた時は方塊積は、塊間の隙間の爲に波のエネルギーを一部吸収して、函塊の持たぬ捨て難い長所を持つて居りますが、其の程度は不明で結局、個々の方塊が波で動かされる様な海の荒い所の防波堤は単一体にするのが最も好ましい工法ではないかと考へられます。然し數段の方塊積を採用し得る様な場所では、波力の特異性から考へて、基礎捨石の直上から単一体にすることが絶對的に必要であるとは考へられませぬ。換言すれば荒天多く外海工事期間の極めて渺い港の防波堤工事では、基礎に使用する石材が波で飛散せぬ水深迄、充分に捨石天端を下げて捨石均を行つた上に、方塊一段を直ちに沈設し、工事中途に時化が來ても床均面を破壊されぬ様に心掛け、其の上に単一体を沈置する方法、即原文第 8 図 5a を変形した工法が場所によつては手戻工事を少くし、安定度も全部単一体としたものと餘り変らずに、比較的安價に築造し得られるものと信じます。

以上失禮をも省ず、冗長な卑見を申し述べましたが幸に御寛容を得て御指導を頂ければと存じます。