

方塊積構造物の安定度に就て

(第 21 卷第 11 號及第 22 卷第 2 號所載)

會員 工学士 松 尾 春 雄

従來方塊積構造物は港灣河川等の工事には非常に多く用ひられてゐるに拘らず、之に對する計算は全体を一体とする以外には行はれず不完全な状態であつた。著者が之に對して行はれた計算は未開の境地を極めて手際よく開拓されたもので斯界を裨益するもの大なるを信じて疑はない。著者が指摘されてゐる通り此等構造物は殆ど常に滑出に對する安定度が支持力に比し不足してゐる爲に從來の崩壞の原因が滑出による事が多く幸か不幸か直接この支持力による崩壞が尠なかつた様に思はれる。然し近來滑出に對し注意を拂つて施工される様になりつゝあるから早晚兩者の安全率は略同一となり著者の示された計算が更に重要さを増す時が來ると思ふ。

原著を讀んで一二氣のついた點を次に述べて著者の御考慮を煩したい。

“構造物全系としての転倒限界”の項に於て計算値と實驗値とを比較されてゐるが計算式の M' はその第 1 項たる自重による項が第 2 項たる側面の摩擦による項に比し著しく大であつて計算式は傾斜が小なる間だけに適用されて第 6 図の如き状態になつた場合には適用されない様に思ふ。従つて兩者の比較によつて計算式を随ゆる事は無理ではあるまいか、この項の計算式は転倒の際の傾斜角 θ を考へに入れて解かなければならぬと思ふ。この転倒に就ての計算式が實際の場合——特に地震時の安定を論ずる場合に——にはその前項の (1) 及 (2) に述べられてゐる場合よりも一層重要な様に考へられるから θ を含めた場合に就て——特殊の場合だけでも——試みる必要がありはしまいか。

實驗値は計算値よりも小であつて然るべきと思ふが、第 7 図では多くの場合反對に大となつてゐる。實驗で $\mu' = 0.4$ といふやうに明確に定める事が困難な爲にかゝる結果を生じた様に思はれる。

尙實際の場合には多層塊の組合せによる事が多く最下層方塊の傾斜が上層の爲に抑制されて單一塊の割合に近い状態になり殊に地震時の如く瞬間的に水平力が働いた場合には側面摩擦も著しく大であつてこの現象が更に著しいと思ふ。

これ等に就て著者の御考へを聞く事を得れば幸である。

著者 會員 工学士 工 藤 久 夫

斯界に指導的な御研究を続々發表されて居る松尾技師から御懇切な御討議を得ましたことは著者の最も光榮とするところであります。以下御討議に對する所見を述べ御禮に代へ度いと存じます。

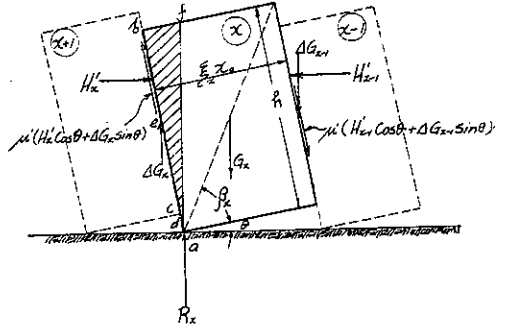
構造物全系としての転倒限界の項に於ける實驗中、横荷は、モルタルの抗張力試験に使用する小鉛球を徐々に加へる方法によりましたが、此の際横荷が或る程度迄増加せぬ内は傾斜角 θ を認められず、塊系が少し傾き初め出すと、横荷を増加せず急に転倒しましたから、その最大横荷重を転倒荷重 P として第 7 図に記載したものであります。従て第 6 図は転倒中の瞬間を撮影したもので、此の状態が永く続いたものではなく、斯くして求めた實驗値と計算値が比較的合致して居りました。

今転倒の際の傾斜角を考へ入れて転倒荷重を求むれば M' の側面摩擦による項の増加に比し、自重による項の

減少が大である爲に θ が大になる程転倒荷重は小になります。例として地盤が剛性である場合を取扱へば、塊系が横力 P を受けて θ 丈傾けば各塊の自重は、其の外趾と

剛性地盤上に塊系が θ 丈傾いた場合、 x 塊の平衡荷重

横荷と反対側の塊の接觸面に支えられる。
右図の x 塊と $x+1$ 塊の接觸面 cb 間に働く反力分布状態を決定するのは困難であるが、假りに ab の中點から引いた垂直線の左側の塊重量が cb 間に分布し、其の合力が簡單の爲に cb の中點にありとすれば、 $\theta < 90^\circ - \beta_{\min}$ の間は



$$\Delta G_x = \frac{\gamma}{2} \tan \theta \left(h - \frac{\xi_{x+1} x_0}{2} \tan \theta \right)^2$$

ΔG_{x-1} , ΔG_x 及 $G = \gamma \xi_x x_0 h$ の x 塊の外趾 a 點に對するモーメントの符は夫々 $\xi_x x_0 (\sec \theta - \tan \theta \sin \theta/2) -$

$h \sin \theta/2$, $(h + \tan \theta \xi_{x+1} x_0) \sin \theta/2$, 及び $\xi_x x_0 \sec \beta_x \cos (\beta_x + \theta)/2$ なるにより θ 丈傾いた時に、塊系の負擔し得る

$$\begin{aligned} \text{モーメントは} \quad \sum_{x=0}^{x=n} M_x' &= \frac{\gamma h x_0^2}{2} \sum_{x=0}^{x=n} \xi_x^2 \sec \beta_x \cos (\beta_x + \theta) + \frac{\sin \theta}{2} \sum_{x=0}^{x=n-1} \Delta G_x (h + \tan \theta \xi_{x+1} x_0) \\ &+ \sum_{x=1}^{x=n} \Delta G_{x-1} \left\{ \xi_x x_0 \left(\sec \theta - \frac{\tan \theta \sin \theta}{2} \right) - \frac{h}{2} \sin \theta \right\} \\ &+ \frac{\cos \theta \mu' x_n}{\eta h} \sum_{x=1}^{x=n} \left(M - \sum_{\gamma=0}^{\gamma=x-1} M_{\gamma}' \right) \xi_x + \mu' x_0 \sin \theta \sum_{x=0}^{x=n-1} \Delta G_{x-1} \xi_x \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

茲に $\frac{1}{\eta h} \left(M - \sum_{\gamma=0}^{\gamma=x} M_{\gamma}' \right) = H_x =$ 横荷重のみに對する塊 $(x+1) \sim n$ の負擔横合力

$$M = P \eta h \text{ を上式に等置すれば} \quad P = \frac{1}{\eta h} \sum_{x=0}^{x=n} M_x'$$

原文 (5) 式による転倒荷重と θ 丈傾いた場合の負擔荷重と比較する爲に、第 7 図 f の場合を (6) 式により計上すれば $\theta = 5^\circ$ では

$$\begin{aligned} \beta_0 = \beta_1 = \beta_{\min} &\doteq 80^\circ 33', & \beta_2 &\doteq 71^\circ 33', & \xi_0 = \xi_1 &= 1, & \xi_2 &= 2 \\ \therefore M_0' &= 15.73 \text{ gr. cm}, & \Delta G_1 &= 5.26 \text{ gr}, & \Delta G_0 &= 5.33 \text{ gr} \\ M_1' &= 24.72 + 0.083 M, & M_2' &= 92.78 + 0.152 M \\ \therefore \sum M_x' &= 133.23 + 0.235 M, \text{ i.e. } P_{\theta=5^\circ} &= 14.5 \text{ gr} < P_{\text{crit.}} &= 15.7 \text{ gr} \dots \dots (5 \text{ 式}) \end{aligned}$$

$\theta = 5^\circ$ の平衡荷重は転倒荷重 P の 92.4% である。

同様にして第 7 図 d の場合、 $\theta = 5^\circ$ では $P_{\theta=5^\circ} = 16.5 \text{ gr} < P_{\text{crit.}} = 18.9 \text{ gr}$ となり転倒荷重の 87.3% となり、 θ を生じた場合の平衡横荷は方塊の配置によつて程度は異なるが、(5) 式の特に転倒しようとする横荷に比して一般に小であります。

次に μ' の決定は御指示の様に朴材の各面共一様でなく、 $\mu' = 0.52 \sim 0.39$ の間に變化し、明確に定める事が困難な爲計算値にはその最下位に近い 0.4 を採用いたしました。其の他實測値には裝置の不備から生じて補正不能な誤差も含まれて居るものと考へられます。

尙ほ多層塊の場合に、最下層方塊の傾斜が上層の爲に抑制されて單一塊に割合に近い状態になるとのことは同感であります。下層塊を考へる時に頂部コンクリートの剛性を無視した原著の近似解でも、上層塊が大なるにつれて第 8 図 5a-c の如く安全率が増加しますので、上層塊の剛性を考慮に入れば之は更に大となり単一体に近付く

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