

海岸堤防におけるパラペットの曲度の一計算例について

渡 部 儀 三 郎*

1. 緒 言

海岸堤防におけるパラペット（胸壁）の主目的は、波が堤防護岸に衝突して跳飛する海水を、海側に反射せしめることにある。

無風時、または陸地より海側に風速を生じた場合には、パラペットの曲度について考慮しなくとも、波が護岸に衝突して生ずる海水の飛沫を反射しようが、海側から陸地に向つて風速のある場合には、パラペットの目的を達するためには、その曲度、すなわちパラペット曲面上端部における傾斜角が、重要な因子となるものと考えられる。

堤防護岸に衝突した波は、衝突後、護岸面に沿つて上向きまたは下向きの流れとなり、この上向きの流れはパラペット部に流入すると、遠心力によつてパラペットの曲面に沿つて流れ、ついに空中に跳飛する。以下、パラペット上端における跳水の流速と、空中に飛散する水塊の運動について検討し、パラペットが、その目的を達するために適当な曲度について述べるものとする。これらの検討にあつては、次の仮定を設けるものとする。

2. 仮 定

(1) 堤防に打寄せる波の水分子は、円またはダ円運動等が考えられ、この水分子が護岸と衝突し、護岸面に平行かつ上向きの分速度をもつて上昇しようとするが、後続する水分子の衝突による波圧のため、加速せられて跳飛する。

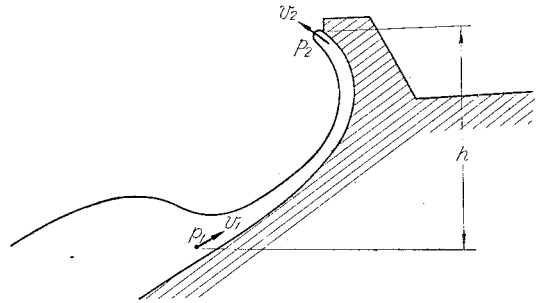
(2) 波が護岸に衝突するために生ずる流れは、不定流であるが、これを定流とする。

(3) 風向は、堤防法線に垂直かつ水平方向とし、風速は、飛沫が空中を上昇して落下し終るまで、一定とする。

(4) パラペットの曲線半径は、跳水に慣性を与えるに十分な大きさのものとする。

図-1 において、波の回転分子が護岸と衝突し、護岸面と平行かつ上向きの分速度を v_1 とする。この分速度の最大値は、その分子の運動経路において、その運動方向が護岸面と平行となるとき分子の速度としてよいものとする。波圧を p_w とし、パラペット上端部の流速を v_2 とし、その

図-1



圧力を p_2 とする。波の中心Aよりパラペット上端Bまでの高さ h とすれば、仮定にもとずき、A, B 2点につきベルヌーイの定理を適用すれば

$$z_1 + p_1/w_0 + v_1^2/2g = z_2 + p_2/w_0 + v_2^2/2g$$

ただし、A, B 間の損失水頭は無視するものとする。

$$v_2^2 = -2g(z_2 - z_1) + \frac{2g}{w_0}(p_1 - p_2) + v_1^2$$

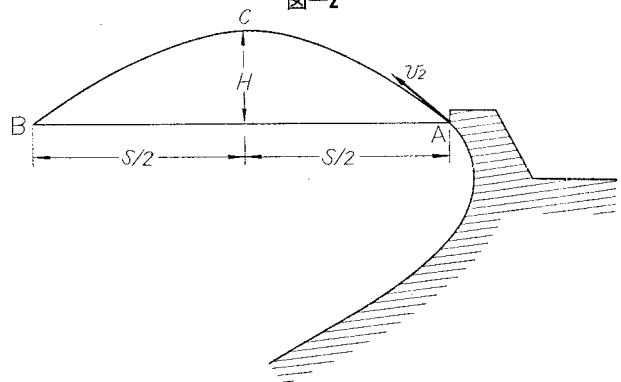
$$= -2gh + \frac{2g}{w_0}p_w + v_1^2$$

$$v_2 = \left(-2gh + \frac{2g}{w_0}p_w + v_1^2 \right)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

この流速 v_2 に対する海水の跳飛高を求め、海側から陸地に向い送風せられる場合において、風速、パラペット上端の傾斜角および跳飛した水塊がパラペット前面に落下するための粒径三者相互の関係を求めるものとする。

図-2 において、波が護岸に衝突して、その壁面に沿つて上昇し、水塊となつて空中に飛散する運動経路は、無風時に空気の抵抗を無視すれば、ABCのように放物線をえがくものとする。水塊がパラペットを離れると

図-2



* 正員 愛媛県北温海岸復旧工事々務所長

きの初速度を v_2 とし、パラペット曲面の上端における切線と水平角とのなす角を θ とする。Aより海側水平線を (+) x 軸とし、鉛直上方を (+) y 軸にとり、海水が A を通過してからの時間 t とすれば、任意の時刻における水塊の位置は

$$x = v_2 t \cos \theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$y = v_2 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

(2), (3) より t を消去すれば、無風時における水塊の運動式をうる。すなわち

$$y = x \tan \theta - \frac{g}{2 v_2^2 \cos^2 \theta} x^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Aより水塊が、Aと同一水平線上のBに達するまでの時間 $2t_c$ は、(3)において $y=0$ のときに生じ、 $2t_c = 2v_2 \sin \theta / g$ となる。Aより水塊の運動経路の最高点Cに達するまでの時間 t_c は

$$t_c = v_2 \sin \theta / g \quad \dots\dots\dots (5)$$

水塊の最大上昇高 H は (5) と (3) より

$$H = v_2^2 \sin^2 \theta / 2g \quad \dots\dots\dots (6)$$

水塊の水平飛散距離 S は (4) において $y=0$ とおき

$$S = 2 v_2^2 \sin \theta \cos \theta / g$$

これに (6) を代入して

$$S = 4 H \cot \theta \quad \dots\dots\dots (7)$$

パラペットより空中に飛散する水塊は、半径 r の球体と仮定するものとする。

風速 V のときの風圧強度を次式のとおき仮定する。すなわち

$$p = k V^2$$

従つて、球体に作用する風圧力 f は

$$f = k g V^2 \pi r^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

水塊の質量 M は

$$M = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \dots\dots\dots (9)$$

風圧のために、水塊が時間 $2t_c$ 間に後方に押し流される距離 S_w は

$$S_w = \frac{1}{2} \frac{f}{M} (2t_c)^2$$

(5), (6) より $t_c^2 = 2H/g$ となるから、これと (8), (9) を上式に代入して

$$S_w = 3 k V^2 H / r \quad \dots\dots\dots (10)$$

$S_w \geq S$ のとき、パラペットより空中に飛散した水塊は、風圧によつて後方に押し流され、水塊はパラペットの背後に落下する。すなわち (7), (10) より

$$\tan \theta \geq \frac{4}{3k} \frac{r}{V^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Aに落下する水塊の粒径を限界粒径と呼ぶものとすれば限界粒径 r_0 は、

$$r_0 = \frac{3k}{4} \tan \theta V^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

(12)は水塊を球形と仮定したものであるが、鉛直方向に長軸をもち、長径 a 、短径 b の回転円錐体と仮定すれば同様に次式をうる。

$$\tan \theta \geq \frac{4}{3k} \frac{b}{V^2} \quad \dots\dots\dots (13)$$

従つて限界粒径 b_0 は

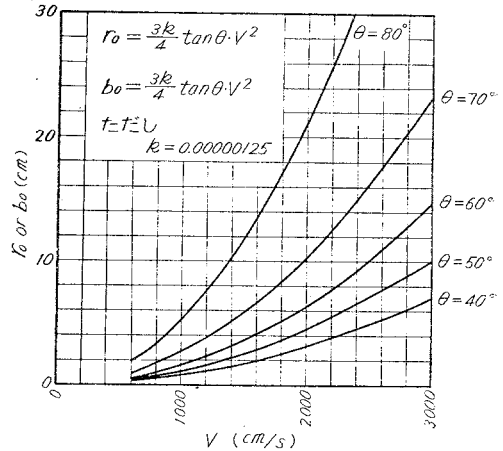
$$b_0 = \frac{3k}{4} \tan \theta V^2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

風速 V m/s のときの風圧 p kg/m² を、 $p=0.125 V^2$ とし、これを CGS 単位にすれば $p=0.00000125 V^2$ となり $k=0.00000125$ となる。従つて (12), (14) 両式より、限界粒径 r_0, b_0 は

$$r_0 \text{ or } b_0 = 0.00000938 \tan \theta V^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

(15) より、 $\theta=40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ の各傾斜角に対する、風速 V と限界粒径 r_0, b_0 の関係を示せば 図-3 のとおりである。

図-3



(12), (14) 両式において、風速 V を一定とすれば、任意の傾斜角 θ に対する限界粒径と $\theta=45^\circ$ に対するそれとの比 ($r_0/r_{45}, b_0/b_{45}$) は、 $\tan \theta$ に一致し、図-4 のとおりである。

図-4

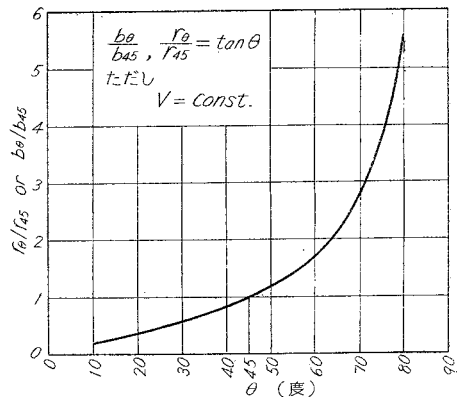
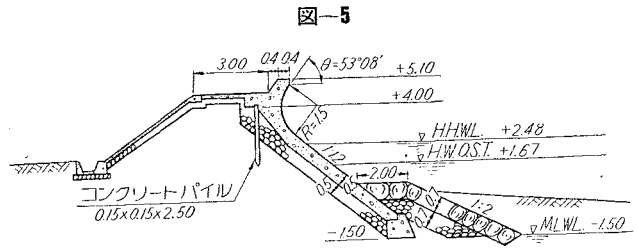


図-3 および 図-4より明らかとなり、一定の風速のもとにおいては、パラペット上端の傾斜角 θ が小さければ小さいほど、限界粒径が小となる。 $\theta=50^\circ\sim 60^\circ$ を境界として傾斜角 θ の増大にともなう限界粒径は、いちじるしくその増大率を増し、これ以上の傾斜角においては、パラペットが、その効用を極度に減ずることとなる。傾斜角は極力小さくすることが好ましいが、設計・施工の両面を勘案すれば $\theta=50^\circ\sim 60^\circ$ が適当でないかと考える。

石原、岩垣、鈴木の諸氏および、佐藤、岸両氏の実験より、波が護岸に衝突して生ずる遡上高は、波長を λ_0 、堤脚水深を h_0 、波高を H_0 とすれば、 H_0/λ_0 および h_0/λ_0 によつて、いちじるしく変化している。これは波圧を決定する因子が、波高 H_0 だけでなく、 H_0/λ_0 および h_0/λ_0 をも考慮すべきでないかと考える。跳波の形態として次の2つの場合が考えられる。すなわち、波の前端が壁面によつて順次折り曲げられ、壁面に沿つて上昇してゆき、水柱に発達する、はい上り型跳波と、砕波の波頭が壁面に衝突して、爆発的に水柱を生ずる爆発型とがある。前者は回転水分子が壁面に衝突して波力を生じ、後者は水分子の衝突のほか、砕波と壁面の間に空気層を生じ、この空気層が水の衝撃のため爆発的波圧を発生するものとする。いずれの場合も回転水分子の速度と波圧により跳波を生ずるものとし、(1)の略近似式を提案した。

愛媛県北温海岸は災害復旧助成事業として、建設省河



川局防災課の指導のもとに昭和 29 年度より着工し改修中であるが、図-5 にその標準断面を示すものとする。

3. 結 言

従来、海岸堤防は越波を防ぐため、その上部に曲面よりなるパラペットを設けるのを通例とするが、越波による堤防背後の洗掘には、越波の量と同時に水塊の大きさが、重要な因子になるものとする。

パラペット曲面上端の傾斜角が、パラペットの効用におよぼす影響について、目安がとぼしかつたので、非常に大胆な仮定のもとにおいて、検討することとした。パラペットの設計にあつて、わずかでも参考となれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 佐藤清一・岸 力：海岸堤防の形状特性ならびに波の陸岸への遡上，土木学会海岸工学講演会（1956）
- 2) 石原藤次郎・岩垣雄一・鈴木雄太：海岸堤防の設計，特にその有効高について，土木学会海岸工学講習会（1955）
- 3) 田中 清：波力について，全国防災協会，災害原因之研究

論 文 要 旨

土木学会論文集第 58 号 別刷第 1 号 要旨

鉄道橋梁下部構造の運動性状について

正 員 国鉄盛岡工事局 堀 松 和 夫

鉄道橋梁下部構造の運動性状を知ること、橋梁下部構造の合理的設計、施工および保守に対して必要であるばかりでなく、下部構造物の健全度判定のためにも必要である。これに関する試験は 1951 年に始めたもので、このうち沈下試験では橋台、橋脚数 1000 基以上、また振動試験では 800 基以上を行なつた。

在来使用中の橋梁について試験をすることは、困難とされているものであり、また新設構造物の資料はきわめて少なかつた。この運動性状は、上部構造、下部構造、列車荷重、基礎土質、洗掘および下部構造の材質等によつて大きく変るものである。それゆゑに運動性状は一定の試験方法によつて各種の条件下において相当数の鉄道橋梁の試験を通して、それらの運動性状の一貫した共通性および相関関係を見出さなければ求められないものである。この点に留意し、求めた資料を解析し、この報告資料を得たものである。

【発売中】 B 5 判 38 ページ 頒価 200 円 (〒 10 円) 入金次第送本します

土木学会誌 "合本用ファイル" 頒布

体 裁： B5 判 学会誌 12 冊綴用、薄グリーン・クロス装、金文字入り
頒 価： 1 部 140 円 (〒 30 円) 申込方法：入金次第発送します

別子建設株式会社

取締役社長 齊藤 武幸

本社 東京都新宿区荒木町13番地 TEL (35) 5111~5
支店 東京・大阪・四国・九州・北海道
P.C.工場 相模原・新居浜

世界に誇る ProteX

空気連行杖 フロテックス

▼御一報次第説明書贈呈

★ 米国オートレン・ラブリカンツ会社極東総代理店

日本海外商事 K.K. は朝日物産 K.K.
に合併致しました

朝日物産 K.K.

東京都中央区京橋3-5 TEL (56) 代 3,151・8,811
支店 札幌・名古屋・大阪・福岡

コンクリートパンフレット

新刊

56号 **コンクリートくい** 66ページ

設計・製作・打込み

大同コンクリート工業KK 綾 亀一氏 訳

米国 P.C.A. 発行の「Concrete Piles, Design, Manufacture, Driving」の翻訳書

目次 1. 序論 2. 基礎地盤の特性の決定 3. 動力学的くい打ち公式 4. くい打ち基礎の支持力 5. 既成くい 6. 現場打ちくい 7. 矢板 8. 仕様書 9. 文献

57号 **遠心力鉄筋コンクリート管** 60ページ

(ヒューム管)

国鉄・鉄道技術研究所 杉木六郎氏 執筆

本書はヒューム管をもとに、特殊な方法である遠心力締固めや、コンクリート製品には格別重要な高温蒸気養生についても詳述されており、これ等問題に関する参考書は比較的少ないので製造者にも使用者にも役立つ点が多いである。

目次 1. 管とその設計 2. 管の製造 3. 管の布設

各号共A・5判 1部 60円 ㊦ 10円
他号は省略 御一報次第図書目録進呈
全国丸善書店などでも販売中

月刊

セメントコンクリート No. 129

コンクリート骨材特集

B・5版 166ページ

1部 150円 ㊦ 20円

各地方に生産される骨材分布と品質を始め
その他骨材のあらゆる問題を集大成した決定
版

東京都港区赤坂台町1番地の2

社団法人 **日本セメント技術協会**

振替 東京 196803 電話 (48) 8541~3