

## II-46 護岸に作用する波力に関する実験

東京大学工学部 正員 工博 本間 仁

“ “ “ 堀川清司

“ “ “ ○長谷直樹

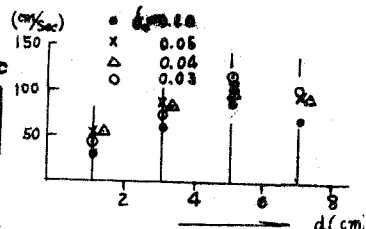
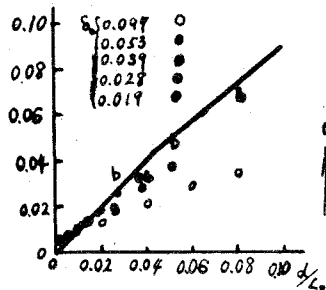
要 旨 水深の浅い海岸護岸とか、波あたりの小さい海岸堤防に作用する波力については、さきに B. E. B. <sup>1)</sup> によって算式が提示されてをり、また海岸堤防および護岸におよぼす波圧に関する研究として 2, 3 の研究がみられる。<sup>2), 3), 4)</sup> しかし碎波したあとの諸種の条件における波の作用については、現地の複雑な地形にもより、構造物の設計に際して、未解析な問題が残っている。この報告は碎波したあとの波力について、構造物の堤脚水深と法面の勾配を数種類に変化させてその性質を実験により調べたものであり、とくに鉛直方向の圧力の分布状況について詳細に検討を加えた。

実験の条件 実験に使用した水路は長さ 17m, 高さ 0.6m, 巾 0.7m の二次元水路で、一端に波起こし機を他端には 1/15 勾配の斜面を設けた。実験は始めに、碎波後の波高変化を一樣水深部の水深  $d = 35\text{cm}$  として、1/15 斜路上の水深  $d' = 0, 2, 4, 6, 8\text{cm}$  の位置の波高を同時に測定した。実験波は周期  $T = (0.8), (1.0), (1.2), (1.4), 1.6, (1.8), 2.0, 2.2\text{Sec.}$ 、波高は  $H_0 = 8.5$  から 9.5cm の値のものである。

波の圧力実験は所定の位置に勾配 1 : 0, 1 : 0.3, 1 : 0.55, 1 : 1, 1 : 2 の模型護岸を設け、堤脚水深が  $d' = 0, 2, 4, 6, 8\text{cm}$  になるように  $d$  を 31cm から 39cm に変化させた。使用した波は上の( )内の周期のもので、 $H_0/L_0$  は 0.097, 0.053, 0.039, 0.028, 0.019 である。波圧計は半導体式 (M.P.C. 型) 変換器 5 台および磁歪式波圧計 1 台で、模型護岸の前面 0cm から 14cm の高さに取り付け電磁オシログラフにより記録するとともに、一樣水深部の波高  $H$  を測定した。法面傾斜 1 : 0, 1 : 0.55 のものについては、さらに法面およびその前面 5cm と、堤脚部沖側 10cm に波高計を設けて波圧計と同時に作動させるようにした。

碎波後の波高の変化 波が浅い所に進行すると次第に波高を増し、沖波の 10~15 倍の波高で碎波する。その後は水深の減少に伴って急速に波高を減ずる。図はその状況と沖波波長との比にとつて示したものである。

ので、 $H_0/L_0 = 0.097$  の不安定な波を除いては波高の減少は水深に比例しており、 $H = d$  の限界線に収斂する。また相隣る波高の記録から位相の差をとってその間の距離 30cm の波速として整理すると同じように水深に応じて順次減少している。



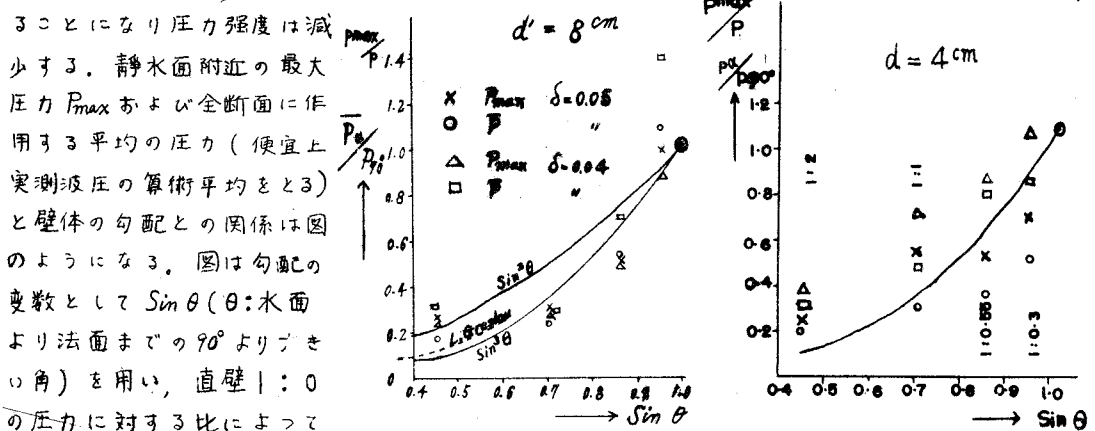
この場合波高、波速とも  $H_0/L_0$  の小さな波が幾分大きい値を示している。

碎波後の波圧 堤脚水深の変化に伴う波圧の変化を、直立壁の場合について見

ると図のようになる。  $d' = 8$ ,  $6 \text{ cm}$  においては碎波による衝撃的な圧力波形を呈し、  $H_0/L_0$  の小さい波の圧力ではそれによる値の変動も大きくなっている。全般に水深に比例して圧力も減少しており、  $H_0/L_0$  によって階差があるのが認められる。これは  $1/15$  斜路上での碎波後の波高、波速の変化と同じ傾向のもので、それぞれの値も堤脚部ならびに静水面(最大波圧を與える点)の波圧  $P_d$ ,  $P_{max}$  に見合う模様である。

### 法面が傾斜したときの波圧

作用する波圧は壁体の傾斜によつて力学的に当然変化することが考えられるが、さらに反射波の過程が勾配によつて異なりその影響をうけて波の性質が変ることにより圧力も変化するものと見られる。勾配  $1:0$ ,  $1:0.3$  の直立壁では衝突する現象に本質的な違いはなく、水深の大きいとその衝撃圧は  $1:0.3$  のときも生じていて  $H_0/L_0 = 0.039$  の波は  $1:0$  より強い波圧を與える。勾配が  $1:0.5$  になると衝撃圧が減少して勾配による効果があられてくる。さらに勾配が緩かな傾斜堤では、次オに波の勢力が岸側に移り衝撃圧が消えて斜面の広い範囲に作用することになり圧力強度は減少する。静水面附近の最大圧力  $P_{max}$  および全断面に作用する平均の圧力(便宜上実測波圧の算術平均をとる)と壁体の勾配との関係は図のようになる。図は勾配の変数として  $\sin \theta$  ( $\theta$ : 水面より法面までの  $90^\circ$  より小さい角)を用い、直壁  $1:0$  の圧力に対する比によつて



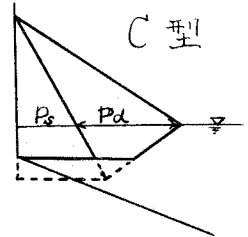
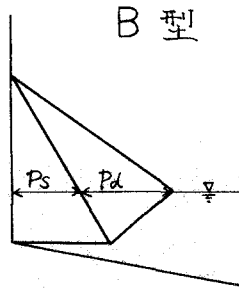
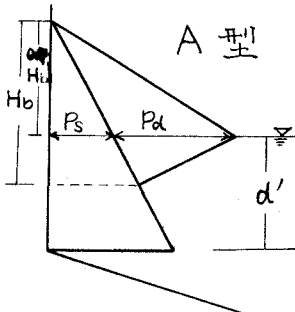
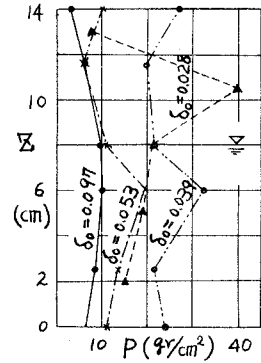
表わした。図中の実線および  $\sin^2 \theta$  の実線は L. GRESLOU<sup>6)</sup>、光易<sup>5)</sup> によつて実験的に検討されたものである。今回の実験によると圧力の減少率はほぼ  $\sin^2 \theta$  から  $\sin \theta$  の間に分布するものと思われる。しかし実験値は、堤脚水深および  $H_0/L_0$  により可成りの変動が見られており、これの解析は実験精度およびデータ不足のため不充分であるので、さらに今後の研究に待つこととする。

一連の波の圧力のばらつきは、勾配が減じて衝撃圧が消えることによつて非常に少くなり、堤脚水深が浅くなるとさらに一様化される。また、 $1:1$ ,  $1:2$  勾配の  $d = 6, 8 \text{ cm}$  の堤脚部に、引波による急激な減圧波形が発生するのが見られ、それが衝撃的な波形を呈して堤脚水深に相当する値になることがある。これは、同部分が軽妙な構造のもので、堤全体の弱点となるものとして指摘される。

## 波圧の分布

波圧の作用する限界高さについては、B. E. B. の式は一律に静水面上の  $0.7H_b$  をとるものであるが、筆者等の実験では堤脚水深によつて壁前の波高および受感した波圧計の限界高さが違つてゐる。直立壁に対する衝突高  $R$  は、対称地床における進行波の  $1.05H$  から  $1.25H$  になることが知られてゐり、これは海底の勾配によつても異つて来るものであるが、 $1/15$  勾配のこの実験では静水面上に堤脚水深の  $1/3$  倍をとることにした。堤体前面の波圧の分布は、前述のように波の性質、堤脚水深、壁面の傾斜度によつて多様に变化することが解つた。

次に直立壁の圧力分布について B. E. B. の公式に準じて分類して見ると図のようになる。同式では波圧を静圧  $P_s$  と動圧  $P_d$  とに分けて



で與えられるものであり、 $H_b$  と  $d'$  との相対関係から上図の A, B, C 型の 3 種類に分類した。こゝには  $P_d$  最大の位置を静水面に一致させてあるが、図に見るように実験値は  $d'$ ,  $H_b/3$  によつてその附近に可成り変動するもようである。また  $P_d$  の最大点から上の圧力分布は、元公式は一樣に加えてあるが、圧力の作用上限まで直線的に減少させるのが適當と思はれる。傾斜堤の分布は壱上高  $R$  の上限から堤脚部の最大静圧  $P_s = d' + \delta = d' + 0.7H_{bed}$  を一樣に結ぶ静水圧の分布が基本となり、その上に諸種の條件に応じた  $P_d$  が作用する形を示している。しかし測定値の微小による精度の不備もあるので、詳細な検討は今後の研究にまづことにしたい。

以上、砕波後の構造物におよぼす波圧について、検討した結果の 2, 3 を記した。本実験は新潟県土木部から依頼を受けて実施してゐる一連のものであり、東京大学大学院修士 高岡征二郎君の協力によつて実施した。

## 参考文献

- 1) B. E. B.: Shore Protection Planning and Design, Technical Report No. 4, 1961
- 2) 永井莊七郎: 防波堤に働く砕波の圧力に関する研究 論文集 65号別冊
- 3) 加藤重一: 干拓堤防断面決定に関する研究・農林省, 1958.
- 4) 本岡・堀川: 護岸に働く波力について・才9回海岸工学講演会集.
- 5) 光易: 壁体に作用する砕波の圧力に関する研究・運研報告 8巻2号
- 6) Greslou, L. etc.: Pressure Measurements on an Embankment. Bulletin of PIAN, Vol. No. 5