

V-179 大きな波力を受ける鉄筋コンクリート隔壁構造物 外壁の設計法に関する研究

○ 運輸省第二港湾建設局 竹田英章
在 インドネシア 柳生忠彦
在 マレーシア大使館 蓮見 隆

1. 大波浪のもとにおかれた鉄筋コンクリート外壁

鉄筋コンクリートで製作された函体の中に砂を填充して波浪を阻止する防波堤は、大波浪下においては写真-1のような強大な波力を受ける。このような防波堤に作用する波力の典型的な圧力-時間曲線は、たとえば林等の実験¹⁾によれば図-1のようであり、鉄筋コンクリート外壁に作用する波圧は、波浪が外壁に衝突する瞬間に発生する衝撃圧力とそれに続く腰掛部圧力とから成り立っている。筆者等が渚石基礎上に据付ける函体の安定を検討するとき、その波圧を

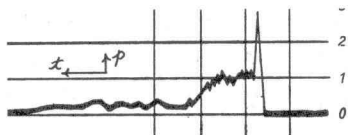


図-1 砕波の波圧-時間曲線



写真-1 大波浪を阻止する防波堤の模型実験例

$p = \alpha \omega H$ として $\alpha = 1.5$ を用いている。 $\alpha = 1.5$ は99年の建設実績に支えられた値で、函体の中詰がコンクリートから砂に変わってもそのまま使用されてきた。そして、鉄筋コンクリート函体の外壁は、中詰砂があるために一般に波力は考慮されず、むしろ引き波時における中詰砂の上圧力増大を考慮した設計がなされてきた。しかし、林等の実験では、衝撃圧における α は、通常の砕波で $\alpha = 1.5 \sim 3$ 、衝撃性の顕著なもので $\alpha = 2 \sim 9$ が得られている。

羽幌港における波圧の現地観測²⁾では、衝撃圧力 11 t/m^2 、腰掛部圧力 3.2 t/m^2 が得られており、波高として $H = 4.8 \text{ m}$ を考えると、衝撃圧で $\alpha = 2.2$ 、腰掛部で $\alpha = 0.65$ となる。なお、衝撃圧のピークに達するまでの時間 0.07 sec も得られている。

2. 鉄筋コンクリート外壁の衝撃圧に対する応答

瞬間的な圧力による構造物の弾性振動の研究としては武藤による爆圧の研究³⁾があり、爆圧曲線に対する衝撃係数は図-2のように計算されている。衝撃係数 ϕ は爆圧継続時間 $T_s/2$ と構造物の固有振動周期 T_0 との比によって定まり、 T_0 が十分に小さいとき $\phi = 1$ になる。いま羽幌港の衝撃圧を爆圧におきかえると $T_s = 0.91 \text{ sec}$ となる。

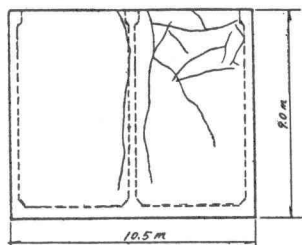


図-3 ハ戸港八太郎北防波堤

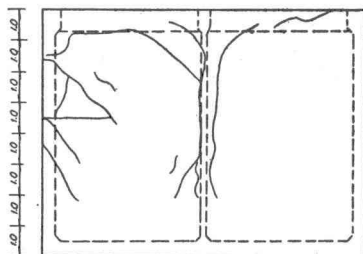


図-4 ハ戸港河原木東防波堤

(鉄筋コンクリート函体の波浪による破壊)

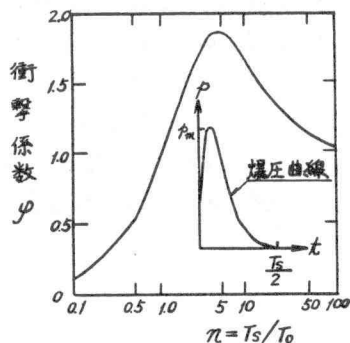


図-2 爆圧における衝撃応答係数

函体外壁の破壊例⁴⁾である図-3および図-4について周辺固定版として背後の砂を考へない壁体の固有周期を計算⁵⁾すると、図-3で $T_{00}=0.0094 \text{ sec}$ ($a=4.35 \text{ m}$, $b=7.5 \text{ m}$, $h=40 \text{ cm}$, $\gamma=2.4 \text{ t/m}^3$, $E_c=3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, $\nu=0.17$), 図-4で $T_{00}=0.0088 \text{ sec}$ ($a=4.35 \text{ m}$, $b=6.5 \text{ m}$, $h=40 \text{ cm}$, $E_c=3.25 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$) である。実際には背後に砂があるので、それを考慮した固有周期 T_0 を $1/T_0^2 = 1/T_{00}^2 + gR/4\pi^2 \gamma h$ で計算⁶⁾すると(中詰砂の $N=20$, $R=3 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$) 図-3で $T_0=0.0091 \text{ sec}$, 図-4で $T_0=0.0085 \text{ sec}$ となり、中詰砂により固有周期がやや小さくなる。したがって、 $n=T_0/T_0$ は100前後で $\varphi=1$ となって、函体外壁には衝撃圧力、そのままを静的に作用させたときと同じ応力が発生する。

3. 函体外壁の波力に対する抵抗力

Yield line theory より求めた外壁の耐荷重は、図-3で 17.4 t/m^2 , 図-4で 12.8 t/m^2 であった⁷⁾。中詰砂の受動土圧は外壁の破壊時に有効と考えられるので ($N=20$, $\phi=35^\circ$, $\rho=0$, $K_p=3.75$) その平均強度を考慮すると、外壁の耐圧力は図-3で 31.5 t/m^2 , 図-4で 25.0 t/m^2 となる。外壁破壊時の波浪は図-3で $H_w=8 \text{ m}$, 図-4で $H_w=7 \text{ m}$ と考えられるから、外壁の耐圧力より逆算される α の値は、それぞれ $\alpha=3.8$ あるいは $\alpha=3.5$ となる。

以上により、従来の設計のままでは鉄筋コンクリート函体の外壁は大波浪のもとでは破壊される危険性が多分に考えられること、ならびにここで研究の対象にした函体構造物および波浪と類似の条件下における鉄筋コンクリート外壁は $p=4\omega H$ で設計する必要があるだろう。なお、それに要する鉄筋はそれほど多くはならない。

【謝辞】

本研究は昭和49年度吉田研究奨励金研究として遂行したもので、研究の成果は私達の上司である赤塚雄三博士の指導の賜物である。また、研究の過程においては北海道大学の藤田教授ならびに角田助教授の示唆に負うところ大であった。今後において建設が期待される海洋構造物は、波浪によって誘起される自励振動応力が重要課題になるものと思われ、それを克服できるのはプレストレストコンクリートにおいて他に考えられない。私達は、此度の研究をその方向で今後とも継続していく心機であることを付記して謝意を表する次第である。

【文献】

- 1) 林・服部; 波浪の波圧について, 第4回海岸工学講演会講演集, p15~p24, (1957)
- 2) 栗林・宇田居・村木・高橋・石田; 防波堤に働く波圧について(第1報) - 羽幌港における測定 -, 第5回同上, p41~p51, (1958)
- 3) 武藤 清; 構造物の動的解析, 丸善, (1966)
- 4) 竹田・柳生・蓮見; 大きな波力を受ける鉄筋コンクリート隔壁構造物外壁の設計法に関する研究(第1報), 第30回年次学術講演会, (1975)
- 5) R.S. Ayre; Transient Response to Step and Pulse Functions, Shock and Vibration Handbook, Vol. 1, Mc Graw-Hill, (1961)
- 6) 伊藤・藤島・北谷; 防波堤の安定性に関する研究, 港研報告, 第5巻14号, (1966)