

I-45 衝突波を受ける鋼構造物の過渡応力について.

九州大学工学部

正員 山崎徳也

" 応用力学研究所

梶原寿郎

" "

肥山 央

運輸省

正員 高力健次郎

1 ま え が き. 鋼管ト等の鋼製海岸構造物に碎波の衝突は場合、此構造物に生ずる過渡振動応力は、平均打ち波高、波の周期(T_g)、腰振部平均圧力(P_0)、作用時間(T_0)、および構造物の固有振動周期(T_s)によって決まる(T_g/T_0)がある特定値の時に最大なりである。一般に防波堤等のコンクリート構造物では(T_g/T_0)がこの特定値に比べはるかに小さいのでこの場合応力は、静的な圧力に等しい。然し、鋼管ト等の鋼製海岸構造物では(T_g/T_0)がこの特定値に近い値あるいはそれより大値をとる場合があるのでこの範囲では実際の波圧について衝撃係数を求める必要がある。本研究は波圧の突刺例について代表的と思われるものについて衝撃係数を求め、板および円弧形状の鋼管トの衝撃係数の略算式を導き示す。また、実際の衝突波による物体に加えられる水圧の時間的变化が碎波の衝突による水圧変化と類似した波形になることを利用して種々の剛性および振動質量の鋼管トが円弧形状の鋼管トの過渡応力と計測した記理論の定性的裏付けを行った。

2. 衝撃係数. 衝撃圧力を(1)式で近似する。⁽²⁾

$$P = P_0 \left\{ \frac{1}{K} e^{-rt} \sin st + C \sin mt \right\} \quad (1) \quad \frac{P}{P_{max}}$$

ただし P_0 , K , r , s , C , m は波圧時間曲線の初期値の定数であり

今 $K = 0.0556$ $C = 0.2785$ $r = 14.331$ $s = 21.66$

$m = 1.083$ とおいて実際の波圧⁽³⁾と比較すると約1倍の値になる。

板および円弧形状の鋼管トの振動は第一次振動のみを考慮することにし

エネルギー法を用いて解を求めると次の(2)(3)式となる。

$$\text{今撓みを } W \text{ とすると } W = U(x, y) \sin \omega t \quad (2)$$

ここに $U(x, y)$ は場所の函数、 $\sin \omega t$ は時間の函数である。

$$\text{また } \Phi_s = P_0 \left\{ \frac{1}{K} \Phi_1 + C \Phi_2 \right\} \quad (3)$$

ただし $\Phi_1 = \{ A_1 \sin n_1 t_1 + B_1 \cos n_1 t_1 + C_1 e^{-n_1 t_1} \sin n_1 t_1 + D_1 e^{-n_1 t_1} \cos n_1 t_1 \}$

$$A_1 = \frac{n_1 \gamma_1 - \alpha_1}{n_1 (\alpha_1^2 + \gamma_1^2)}, B_1 = -\frac{\gamma_1}{\alpha_1^2 + \gamma_1^2}, C_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \gamma_1^2}, D_1 = -E_1$$

$$\gamma_1 = \gamma_1^2 + n_1^2 - 1, \gamma_1 = 2\gamma_1$$

$$\Phi_2 = \{ E_1 \sin n_1 t_1 + F_1 \sin m_1 t_1 \}$$

$$E_1 = -\frac{m_1}{n_1 (m_1^2 - n_1^2)}, F_1 = \frac{1}{n_1^2 - m_1^2}$$

$$t_1 = St, n_1 = n/s, m_1 = m/s, \gamma_1 = \gamma/s$$

n : 構造物の自由振動の際の円振動数。

$$\text{衝撃係数 } \varphi \text{ は } \varphi = \frac{W_{max}}{W_{st}} = \left(\frac{M}{S} \right) \frac{\Phi_{smax}}{P_{max}} \quad (4)$$

で表わされる。 W_{st} : P_{max} が静的に加えられた時の撓みである。

φ を求め図示したものが図2図である。図中の曲線では $m_1 = 0.5$

近傍にありわたった凸型部は(1)式で(2)項に53となる。

また $n_1 = T_0/T_s$ で T_0 は平均打ち波の腰振部を含めた

波圧の全作用時間と表し T_s は構造物の固有振動周期である。

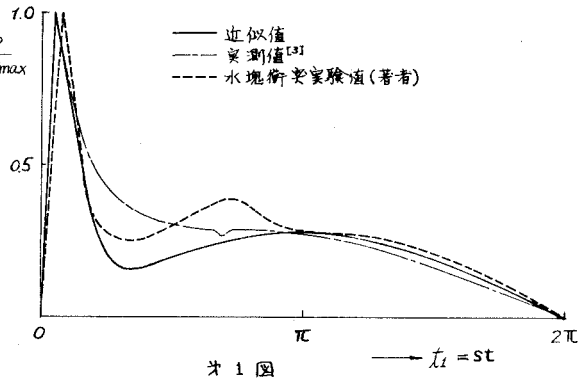


図 1

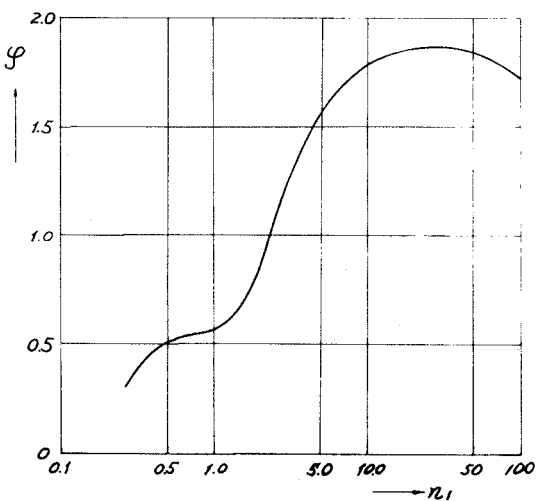


図 2

イ 表は板の円形孔形状の α を示す。式中で板が円形孔形状に適用する ρ_a および ρ_p は、それらの単位面積当たりの質量と水の慣性質量の和を表す。防浪堤はどのような構造に比べ、鋼構造の場合水の慣性質量の影響が著しくあらわれ、 α が $\frac{1}{2}$ に空の中における振動数のまじり $\frac{1}{2}$ になる。慣性質量に関しては α の(4)(5)の式が発表されており、現任の問題に対しては、 α の式によってその値を決定することが出来るが、特に衝突波とゆう特殊な場合については更に詳細な研究が必要であると思われる。

オ 1 表

主梁と持ち梁 ⁽⁴⁾	両端支持	$\eta = \frac{EI}{\rho_a R^4} \left[\left(1 - \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 \right) + 0.82 \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 \right]$
	両端固定	$\eta = \frac{EI}{\rho_a R^4} \left[\left(\frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 - 1 \right) + \frac{3}{2} \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 \right]$
円形板	周辺支持	$\eta = \frac{D}{R^2} \pi \left[\left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 + \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 \right]$
	周辺固定	$\eta = \frac{16}{9} \frac{D}{R^2} \pi \left[3 \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 + \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 \right]$

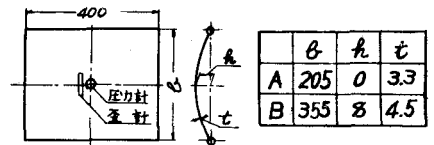
ここに α : 中心角 R : 断面二次矩
 R : 平均半径 EI : 曲げ剛性
 D : 板の撓み剛性 a, b : 板の辺長

実験 水塊を2~4.5mの種の高さから落下させ、図3のよう板の円形孔形状に衝突した時の衝撃水圧の経過を測定した。図(a)がその例を示す。これが明かされる。板の固有振動周期が短い時は、水圧に比して応力変化を示す(図4図a参照)。 (T_0/T_0) がある特定の値に近づくとき、連続振動を生ずる。(図4図b参照)

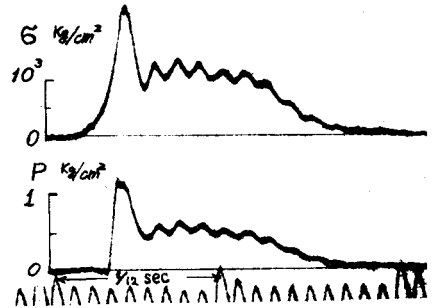
図5図は、平打最高圧力、腰掛部平均圧力の大きさを水塊の落下距離に対してプロットしたものである。この実験が平打最高圧力の大きさをそれを受ける構造物の剛性および振動質量によって変化するが、腰掛部平均圧力はほとんど変化しない事が判る。図中模型Cは400mm $\times$ 550mm $\times$ 12mmの矩形鋼板で長辺固定、短辺自由であり、模型Dは400mm $\times$ 355mm $\times$ 4.5mmで長辺単純支持、短辺自由である。平打ち最高圧力の変化する事は、特に鋼構造の耐波浪強度を論じて注目すべき問題であり、今後理論的および実験的研究を進めようとしている。

文献

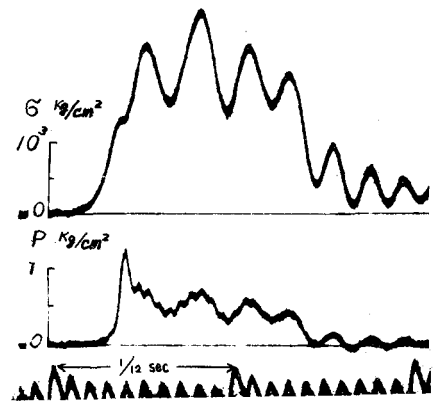
- (1) 林泰造 防浪堤の構造と設計の場合の波浪水圧の研究、日本港湾学会講演集昭和34年
- (2) 武藤清 波浪に及ぶ構造物の弾性振動について、建築学会講演集 昭和15年
- (3) 栗林隆一 防浪堤に及ぶ波浪水圧について、(オ1表) 日本港湾学会講演集昭和33年
- (4) 鬼頭文城 水中波の振動と鋼板の附加質量について、造船協会雑誌 昭和19年5月
- (5) 小坪清貞 筒形水中構造物の弾性振動、九大工学集 昭和39年11月
- (6) The Lowest Natural Frequency of Circular Arches by Don Hartog, Philosophical Magazine, Vol 5, 1925



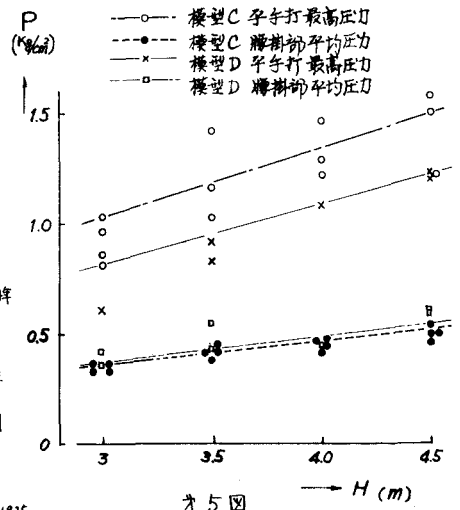
オ 3 図



オ 4 図 a 模型 A



オ 4 図 b 模型 B



オ 5 図