

II-22

衝撃波力による直立壁のたわみ振動

中央大学大学院 学生員 辻岡 伸昭
中央大学理工学部 正 員 服部昌太郎

1. はじめに 巨大な衝撃波力が作用すると、直立壁構造物が局所破壊される恐れがある。そこで、本実験では、発生頻度の高い波力振動数、約100Hzに近い固有振動数を持つ壁体の衝撃波力に対する壁体の、動的応答特性の検討を行った。

2. 実験装置と測定方法 二次元波動水槽(0.3m×0.55m×20m)内に設置した1/20勾配斜面上に直立壁を固定して実験を行った。直立壁は、剛壁体部(10mm厚鉄板)と弾性壁体部(塩化ビニール板、板厚0.5mm, 100mm×100mm, 四辺固定)とに分け、剛壁体部で測定した波力に対する弾性板の挙動を、検討する。波圧は、剛壁体部に、8測点に設置した半導体型波圧計で検出し、同時波圧の鉛直分布から全波力を算出した。また、壁体たわみ加速度を、弾性壁中心に設置した加速度計により検出し、線形加速度法により壁体たわみ変位に変換した。波圧と加速度の検出出力は増幅後、サンプリグ周波数5KHzで収録した。衝突状況は、高速ビデオ(400コマ/s)で撮影し、静止画像から読みとった。弾性板の動的応答特性を代表する壁体の固有振動数と壁面前面水位との関係は、振り子実験により検定した。

3. 全波力と弾性板たわみの時間記録とそのスペクトル

単位幅当たりの全波力 F^* ($=F/\gamma_0 H_0^2$, γ_0 :水の単位体積重量, H_0 :碎波波高)と弾性板中央たわみ δ^* ($=\delta/\delta_0$: δ_0 は最大波力 F_M が静的に集中荷重として板中央に作用した場合のたわみ)の F^*_M 発生時刻を $t^*=0$ とした時間記録 $t^* (=t/(H_0/C_s))$, C_s :水中音速1500m/s)とそれらのスペクトル解析結果の代表例を、図-1~3に示す。

図-1は、単発型波圧に対する実験結果で、静水面下($z/h_w = -0.3$)の測点に最大ピーク波圧 $p_M = 421 \text{ gf/cm}^2$ が発生した。変位スペクトルには、明瞭なスペクトルピーク(73Hz)が見られるが、変位スペクトルには存在しない。すなわち弾性板は、波力変動と関係なく固有振動数で振動している。また、衝突後の水面の上昇による、付加質量の増加により、固有振動数が低下するため、弾性板たわみの振動周期は、時間経過と共に長くなる。

図-2は、高周波減衰振動型($f_F > f_w$, f_F :波力振動数, f_w :衝突時前面水深の固有振動数)に対する実験結果である。

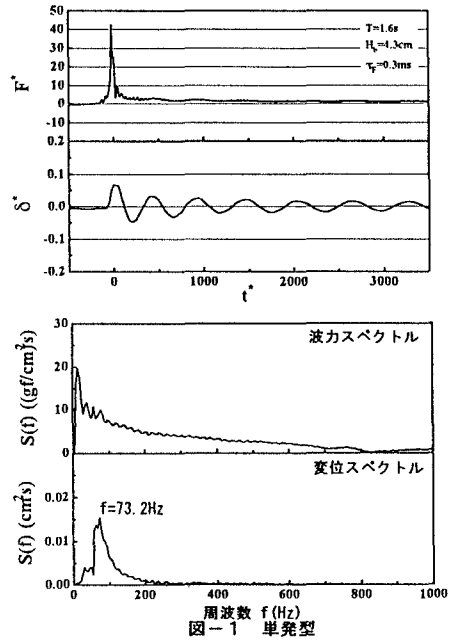
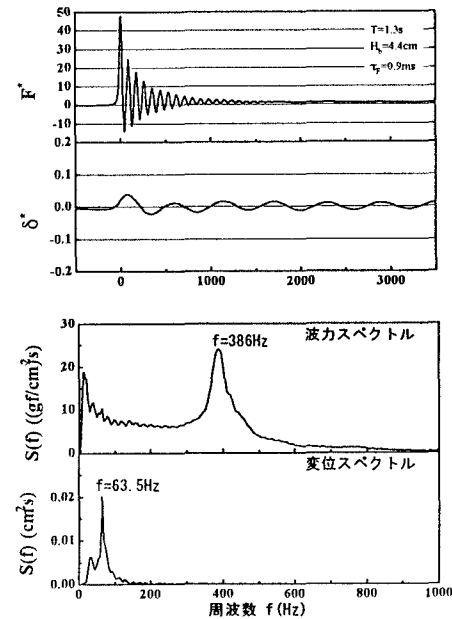
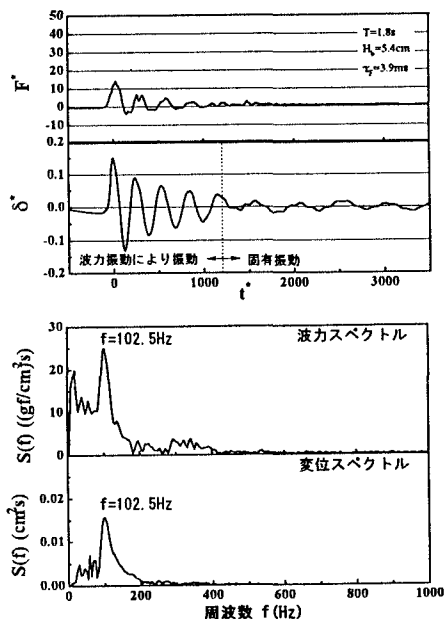


図-1 単発型

図-2 高周波減衰振動型 ($f_F > f_w$)

最大波圧が $p_m=260\text{gf/cm}^2$ と単発型に比べて小さいが、単発型より大きな最大波力 $F_m=926\text{gf/cm}$ が作用する。封入空気塊が少ないため、波力スペクトルには、386Hzにピークがある。変位スペクトルには、波力振動に相当するピークはなく、完全水没時の固有振動数に相当する64Hzにピークが認められる。すなわち、弾性板の固有振動数に比べて、強制力としての波力の振動数が非常に高いため、弾性板は波力振動に追従することが出来ず、波力振動に関係なく完全水没時の固有振動数で振動し、板たわみ振幅は小さい。

次に立ち上がり時間が長く、小さな波力が、水面下に一樣に作用する低周波減衰振動型($f_F \approx f_w$)の実験結果を、図-3に示す。波力と変位のスペクトルには、壁体固有振動数に近い102Hzにピークがあり、板たわみ振幅は大きい。衝突直後では、強制力である波力振動により弾性板もほぼ同一周波数で振動している。壁体前面水深の上昇に伴う、封入空気塊の崩壊と離脱により弾性板は、壁面前面水深に相当する固有振動数で振動し、完全水没時の固有振動数に近づく。

図-3 低周波減衰振動型($f_F \approx f_w$)

4. 立ち上がり時間と最大たわみ振幅 図-4は、波力の立ち上がり時間 τ_F^* ($=\tau_F \cdot f_w$, τ_F :波力の立ち上がり時間)と最大たわみ振幅 δ_{Amax} ($\delta_{Amax}/2\delta_0$)との関係で、前出の代表例に対応する実験点を、図中の矢印で示す。波力が衝撃力であるため、波力の立ち上がり時間と壁体固有振動周期とが、壁体の動的応答に重要な関わりを持ち、波力の立ち上がり時間と壁体の固有振動周期とがほぼ一致する条件で、壁体たわみが最大となることが確認された(著者ら, 1995)。

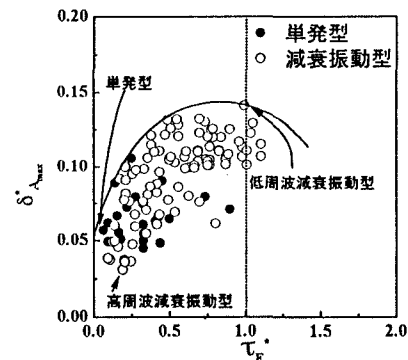


図-4 立ち上がり時間と最大たわみ振幅

5. おわりに 局所的に巨大な波圧が作用する単発型波圧により、直立壁のせん断破壊の発生する可能性は高い。しかし、すでに指摘されているように、最大たわみ振幅は、波力の立ち上がり時間と壁体固有振動周期とが、ほぼ一致する条件下で、最大となることから、固有振動数の低い壁体では、巨大な波圧が作用する単発型より、立ち上がり時間が長く、小さい波力の減衰振動型が作用する方が、壁体たわみは大きくなることが確認された。また、立ち上がり時間が長く、小さい波力の減衰振動型波力荷重の発生頻度が高い。

以上のことより、局所せん断破壊により、壁体の固有振動数が低下すると、発生頻度の高い減衰振動型波力による疲労破壊が急速に進行する恐れがある。

6. 参考文献 1)辻岡伸昭・大森創一・服部昌太郎(1995):衝撃波力による直立壁の局所破壊機構 海岸工学論文集、第42巻, pp916-920 2)Kirkgoz, M.S. (1990):An experimental investigation of a vertical wall response to breaking wave impact, Ocean Engng, Vol. 17, No. 4 pp379-391 3)Witte, H. H. (1988):Wave-induced impact loading in deterministic and stochastic reflection Mitteilungen, Leichtweiss Inst Wasserbau, Tech. Univ. Braunschweig, 102, pp1-227