

早稲田大学理工学部 学生会員 尾崎 精一
早稲田大学理工学部 正会員 清宮 理

1 前書き

港湾構造物に衝撃的な波圧が作用する場合がある。図-1に示すような港湾構造物の消波スリット部の柱、あるいは梁部分に衝撃波圧が作用したときの部材内に発生する応力度を有限要素法による解析を行い、衝撃波圧の伝播と過渡応答を考慮し、部材内に伝わる衝撃的な応力の性状を調べるとともに静的波圧との比較を行った。

2 解析モデル

今回、消波スリット部の解析に用いたモデルを図-2に示す。部材は鉄筋コンクリートを用い両端固定とした。梁の寸法は、高さ 30 cm、長さ 500 cm、幅 30 cm でヤング率は 2.0×10^5 (kgf/cm²)、ポアソン比は 0.167 を用いた。また引張鉄筋の断面積は 13.90 (cm²)、ヤング率は 2.1×10^6 (kgf/cm²)、降伏応力は 2000 (kgf/cm²) とした。図-3に梁の断面図、図-4、5に各材料の応力-ひずみ関係を示す。今回の解析では有限要素法汎用プログラム SOLVIA を用いて行った。その際、節点数は 808 個、要素数は 900 個設定した。また、構造物の減衰率は Rayleigh 減衰で与え、梁の固有円振動数は 1 次が 226.10 (Hz)、2 次が 623.23 (Hz)、3 次が 1221.84 (Hz) となった。積分時間間隔は 1.0×10^{-3} (s) で行った。次に与えた衝撃的な波圧モデルを図-6に示す。この波圧は合田式での砕波圧を想定している。ここで、この波圧を設定する際の波圧係数は図 7 に示すように $\alpha_1 = 0.6$ 、 $\alpha_2 = 0.6$ とし計算し、波圧は砕波圧が 0.6 (kgf/cm²)、重複波圧が 0.3 (kgf/cm²) となった。砕波圧での周波数は 20 Hz とし、波高は 5 m とし計算した。波圧のかかり方はモデルの上部全体に等分布荷重として作用させた。

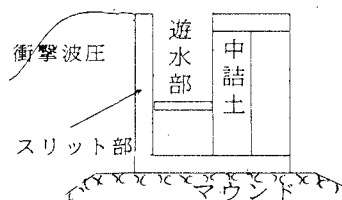


図1 防波堤の構造



図2 梁構造モデル

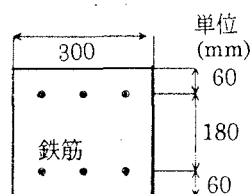


図3 配筋図

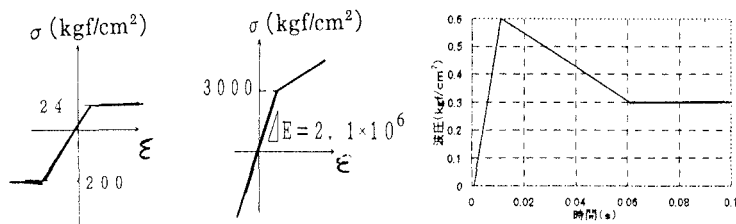


図4 コンクリートの材料特性

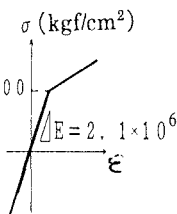


図5 鉄筋の材料特性

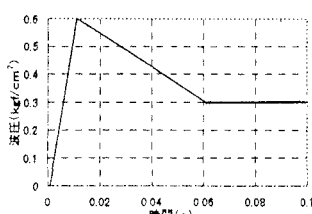


図6 衝撃的な波圧の時刻歴

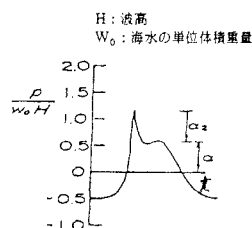


図7 砕波圧モデル

3 解析結果

解析結果を図-8、図-9及び表1に示す。今回の解析ではコンクリートにひびわれが入らないと仮定し全断面有効でコンクリートと鉄筋の応力を計算した。

キーワード： 衝撃波圧、有限要素法、消波スリット部材

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館 16F-01 TEL. FAX 03-5286-3852

梁の中央部における最大軸応力は、砕波圧の時に静的解析で 26.2(kgf/cm²)、動的解析で 40.3(kgf/cm²)となり動的解析の方が 1.5 倍大きな値となった。また重複波圧の時は、静的解析で 13.1(kgf/cm²)、動的解析で 12.9(kgf/cm²)となりほぼ同値となった。同様に下側鉄筋の中央部における最大軸応力は、砕波圧の時に静的解析で 194.2(kgf/cm²)、動的解析で 300(kgf/cm²)となりコンクリートと同様に動的解析の方が 1.5 倍大きな値となった。また重複波圧の時は、静的解析で 97.1(kgf/cm²)、動的解析で 95.7(kgf/cm²)となりコンクリートと同様にほぼ同値となった。また、砕波圧の周波数によるコンクリート、鉄筋の応力の比較したものをそれぞれ図-10 及び図-11 に示す。周波数が 1 (Hz)の時、梁の最大軸応力は 41.6(kgf/cm²)、鉄筋の最大軸応力は 309(kgf/cm²)となり周波数が大きくなるに従ってコンクリート、鉄筋の応力がやや小さくなっていく結果となった。

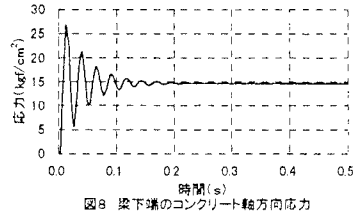


図8 梁下側のコンクリート軸方向応力

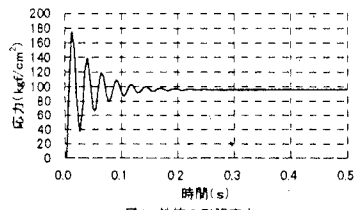


図9 鉄筋の引張応力

表 1 静的波圧と動的波圧による最大変位と最大応力度の比較

		軸応力(kgf/cm ²)		動的解析値/静的解析値
		静的解析	動的解析	
砕波圧成分	コンクリート	26.2	40.3	1.54
	鉄筋	194.2	300	1.54
重複波圧成分	コンクリート	13.1	12.9	0.98
	鉄筋	97.1	95.7	0.99

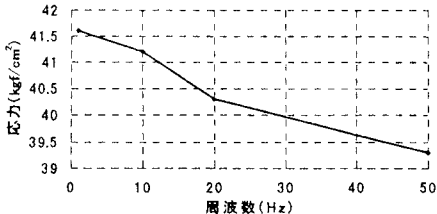


図 10 周波数による梁中央部のコンクリート軸応力

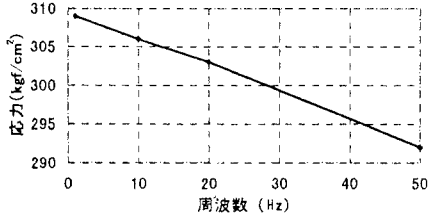


図 11 周波数による鉄筋の引張応力

4 結論

衝撃波圧は動的に解析した場合、砕波圧部では静的に解析した場合よりも 1.5 倍の波圧がかかり動的応答の影響が出ているが、重複波部では静的解析とほぼ同一の波圧となり動的応答の影響がなくなっている。また、周波数 1~50(Hz)において周波数が大きくなるほど衝撃波圧は小さくなるが、それによる影響は比較的小さい。

5 後書き

今回は衝撃的な波圧分布で簡単な形状を取り上げて部材に伝わる応力状況を調べたが、今後は作用範囲、いろいろと波圧を変えてさらに、部材のもつ特性や波圧のかかりうる様々な条件を考慮しながら部材内における応力の伝播状況を解析していきたいと思う。また、歪み速度による材料の強度特性依存度も検討したい。

6 参考文献

1) 高橋重雄他：衝撃波力によるケーソン壁の土圧とひずみに関する実験、海岸工学論文集、Vol.42,pp.906－910
 2) 田台良実：防波堤の設計波圧に関する研究、港湾技術研究所報告、第12巻、第3号、pp.31－70