

I-B284

衝撃的な波圧を受ける柱・梁部材の有限要素解析

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 フェロー 清宮 理
港湾技術研究所 正会員 高橋 重雄

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を用い両端固定とした．図-3に梁の断面を示す．梁の寸法は，長さ500cm，高さ30cm，幅30cmである．引張鉄筋の断面積は13.90 (cm²)，降伏応力は2000 (kgf/cm²)とした．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個に設定した．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．数値積分の時間間隔は 1.0×10^{-3} (s)で行った．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 $\alpha_1=0.6$ ， $\alpha_2=0.6$ として計算し，波圧は砕波圧が0.6 (kgf/cm²)，重複波圧が0.3 (kgf/cm²)となった．砕波圧の継続時間を0.06(s)とし見かけ上の周波数は10Hzとし，波高は5mとして計算した．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．

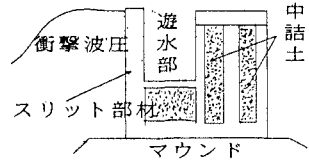


図1 防波堤の構造

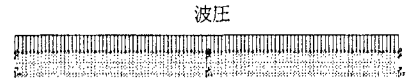


図2 構造モデル

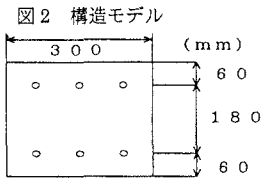


図3 配筋図

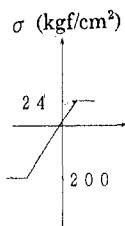


図4 コンクリートの材料特性

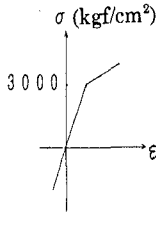


図5 鉄筋の材料特性

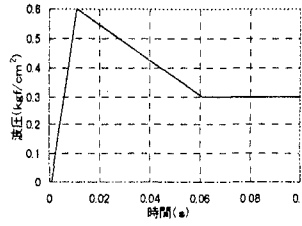


図6 衝撃的な波圧の材料特性

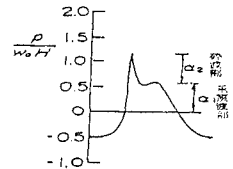


図7 砕波圧モデル

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．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46.3(kgf/cm²)となり動的解析の方が1.8倍大きな値となった．また重複波圧の時は，

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

静的解析で $13.1(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、動的解析で $14.7(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 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、碎波圧の時に静的解析で $194.2(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、動的解析で $302(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 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 $97.1(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、動的解析で $95.7(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ となりコンクリートと同様にほぼ同値となった。碎波圧の継続時間と鉄筋の応力の関係を図-10 に示す。この時の立ち上げ時間は $0.05(\text{s})$ とした。継続時間が $0.02(\text{s})$ の時、鉄筋の最大軸応力は $292(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ となり継続時間が大きくなるに従って鉄筋の応力が大きくなった。また、継続時間が $0.05(\text{s})$ 以上の時は応力の上昇率が緩やかになった。碎波圧の立ち上がり時間と応力の関係を図-11 に示す。立ち上げ時間が $0.005(\text{s})$ の時、鉄筋の最大軸応力は $311(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ となり立ち上げ時間が大きくなるに従って鉄筋の応力が小さくなっていった。また、立ち上がり時間が $0.025(\text{s})$ 以上になるとほぼ一定の応力値となった。

表1 静的波圧と動的波圧による最大応力度の比較

		軸応力 (kgf/cm^2)		
		静的波圧	動的波圧	動的解析値/静的解析値
碎波圧成分	コンクリート	26.2	46.5	1.76
	鉄筋	194.2	302.0	1.54
重複波圧成分	コンクリート	13.1	14.7	1.10
	鉄筋	97.1	95.7	0.98

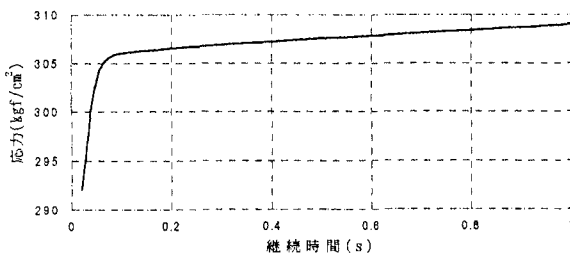


図10 立ち上がり時間間隔(0.05(s))一定とした時の継続時間による応力の比較

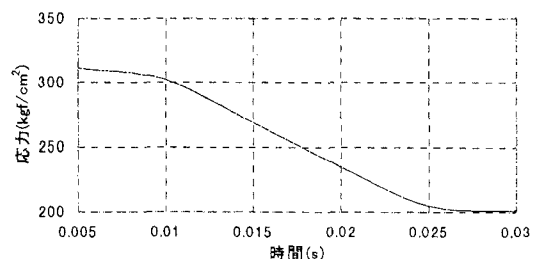


図11 碎波圧の立ち上がり時間による応力の比較(鉄筋)

図8 梁下端のコンクリートの軸方向応力

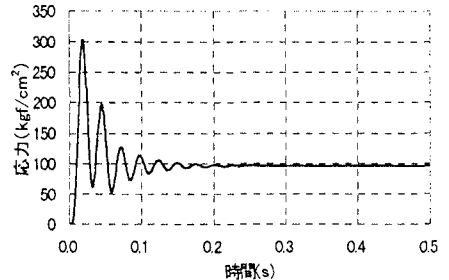


図9 鉄筋の軸方向応力

4 結論

梁部材の発生応力は碎波圧部では動的に解析した場合、静的に解析した場合よりも 1.5 倍から 1.8 倍とな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発生応力となり動的応答の影響がなかった。また、碎波圧部の立ち上がり時間が長くなるほど発生応力は小さくなった。衝撃波圧の継続時間が長くなるにつれ発生応力は大きくなったが $0.1(\text{s})$ を超えるとほぼ一定値となった。

5 参考文献

- 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
- 合田良実：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