

衝撃的な波圧を受けるコンクリート部材の動的応答

早稲田大学大学院理工学部 正会員 尾崎精一
 早稲田大学理工学部 フェロー 清宮 理
 運輸省 港湾技術研究所 正会員 高橋 重雄

1. 前書き

衝撃的な波力は、主に波浪や津波によって引き起こされ、波面と海洋構造物の衝突によって発生する。この衝撃的な波圧が繰り返し作用すると、部材内に動的な応力応答が発生し、構造物の破壊につながる事が知られている。しかしこの衝撃波力は、各種の条件下で性状が異なり、かつ非常に短い時間作用するため現象の把握が困難である。このため構造設計で、どの程度まで衝撃波圧を考慮する必要があるか十分な知見がない。鉄筋コンクリート製(RC)の単位梁を対象とした波圧実験実施し、実際にどの程度のひずみが生じるのかを調べた。また波圧実験モデルに用いた試験体を対象に有限要素法プログラム(SOLVIA)を用いて動的応答解析を行い実験結果との比較を行った。その結果、衝撃波圧が作用する時には、局所的に大きな衝撃波圧が発生するものの、RC 部材への影響があるのは全体波力であることが判明した。以下衝撃波圧実験と有限要素法の結果について述べる。

2. 実験概要

図-1 に示すように全長 105m, 内幅 3m, 深さ 2.2m の大型造波水路に、造波機から 42m 地点に反射壁を設置して重複波を発生させて、反射壁の直前に水平に設置した RC 梁に衝撃揚圧力を作用させた。水深 h は 130cm で、実験波は規則波(波高 $H=30$ と 40 cm, 周期 $T=2$ s, 波長 $L=560$ cm と 1349 cm)であり、設置高さ(水面とのクリアランス $s=0$ と 30 cm)を変化させた。RC 各々部材実験において図 2 に RC 部材の上面を示す。梁中央部に D10 鉄筋を 3 本, D6 鉄筋を 4 本 5cm 間隔で配置した。この RC 部材は厚さ $d=10$ cm, 幅 $L_w=40$ cm, 長さ $L_B=240$ cm(固定部を含め 298cm)で RC 部材に作用する波の波高, 波圧, 波圧合力を, また部材の応答として加速度を 3 箇所, コンクリート表面に生じたひずみを 5 箇所計測した。図 3, 図 4 に波圧計, コンクリートひずみゲージを示す。また、以下において、波高が 40cm でクリアランスが 30cm の波を B43 と表す。

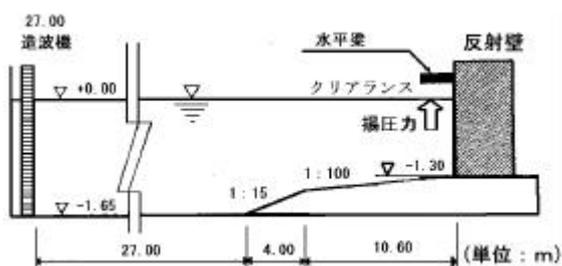


図 1 水路実験とモデル概要

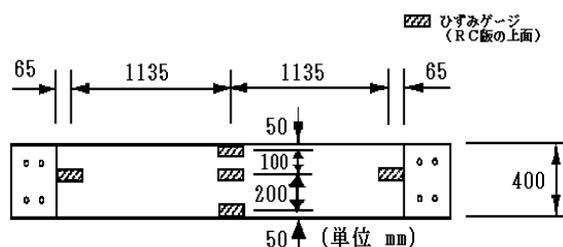


図 2 RC 部材平面図

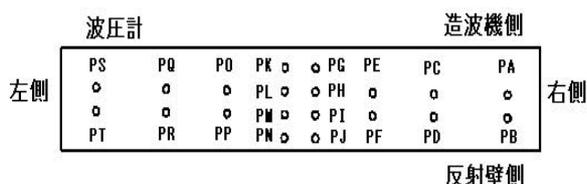


図 3 波圧測定位置

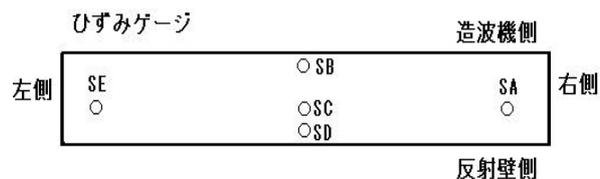


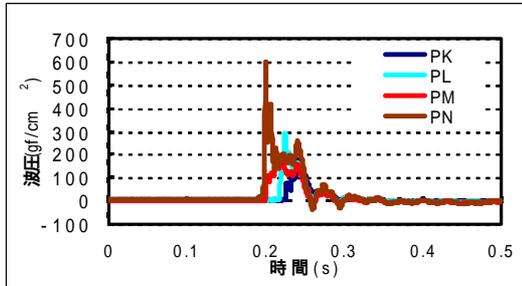
図 4 コンクリートのひずみ測定地点

キーワード： 有限要素法, 衝撃波圧, 動的解析, 波圧実験

連絡先： 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 51 号館 16F-01 TEL&FAX03-5286-3852

3. 実験結果

波は初めに RC 梁の奥に当って反射し，造波機側に波峰が走った．RC 梁の奥から造波機までは，B43 の実験波において共に 0.08 (s) とかなり短い時間で走った．図 5，図 6 に実験波とその合波力の一例を示す．実験波では，一番立ちあがりの鋭いものでは，立ちあがり時間は 0.05(s) であり，波圧のピーク値は 600(gf/cm²) であった．図 7 に B 4 3 の実験波によるひずみの分布状況の一例を示す．RC 梁裏面のコンクリートのひずみは値，位相とも同じで一断面内同一に挙動している．また，梁中央部と端部で符号が逆転していた．ひずみの波形は一波が卓越し合波力と類似している．また，周波数の高成分には応答していなかった．



波における P K，図 5 B 4 3 の実験 P L，
P M，P N 地点の波圧の計測結果

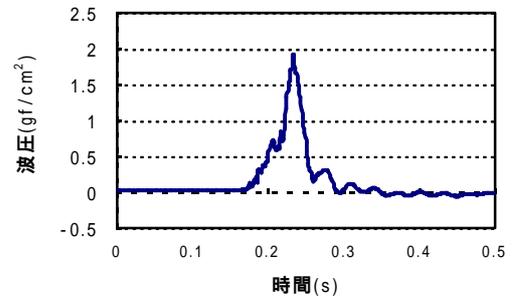


図 6 B43 の合波力の波圧測定

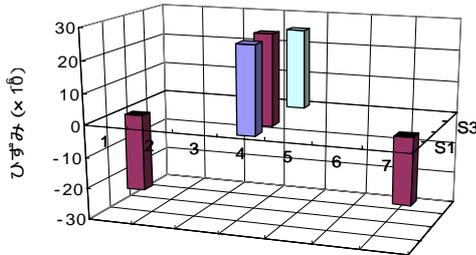


図 7 B43 の実験波によるひずみ分布

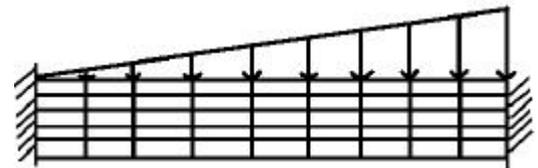


図 8 解析モデル概要

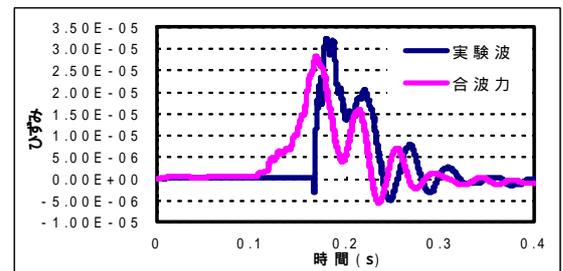


図 9 実験波と合波力による梁中央部のひずみ

3. 解析概要

実験結果を検証する目的で，動的と静的の二通りの解析を行った．動的解析では有限要素法汎用プログラム SOLVIA を用いて解析を行い荷重として図 5 に示す各測定地点の波圧計で得られた実験波と図 6 に示す波圧計の合力である合波力の 2

つを用いた．静的解析では図 6 に示す合波力を用いて実験模型を両端固定の単純梁として弾性解を求めた．有限要素法解析モデルで合波力を用いたケースを図 8 に示す．この場合，合波力の梁の分布形は実験結果より三角形状にした．寸法は，長さ 200cm，高さ 10cm，奥行き 40cm とした．実験では梁が一波では破壊しなかったことから線形解析で行い，平面ひずみ要素を用いた．

4. 解析結果

図 9 に梁の中央部におけるひずみの比較を示す．ここで，図 5 および図 6 に示す各測定地点の波圧計から得られた実験波と波圧計の合力である合波力による梁中央部の最大ひずみ値はそれぞれ 32.8 μ ，28.2 μ となった．合波力を用いた静的解析では 30.0 μ だった．実験値では 34.4 μ であり解析結果と実験値はほぼ等しい値であった．また解析結果では個々の実験波を入力した方が合波力よりも約 1.2 倍大きな値となった．

5. 結論 今回の実験結果と解析結果を比較すると，梁のひずみは衝撃波圧の合波力がわかるとそれを静的にほぼ載荷することによってほぼ精度よく算出できた．また，衝撃波圧は，砕波部と重複波部に分かれるが，一般的には，構造物に大きな影響を及ぼすのは重複波部分であって，砕波部分ではなかった．

参考文献：高橋重雄，他：衝撃波力による RC 版の破壊メカニズムに関する基礎実験，海岸工学論文集 Vol.46. pp.812-pp.817, 1999