繰り返し衝突を受ける RC 板の損傷度評価に関する基礎的研究

九州大学大学院	学生会員	玉井 宏樹	九州大学大学院	正会員	園田	佳巨
防衛大学校	正会員	別府 万寿博	防衛大学校	正会員	大野	友則

1. 緒言

現在,衝撃砕波力によってケーソン壁前面に敷設された消波ブロ ックが動揺または移動し,ケーソン壁に繰り返し衝突して,壁に穴 があくという被害が問題になっている.写真-1にその破壊事例を示 すが,ケーソン壁に穴があいた後,中詰め砂が流出するといった二 次災害も起こっている.そのような状況の中,ケーソン式消波ブロ ック被覆堤の耐衝撃設計の観点から,その破壊メカニズムや衝撃挙 動を把握することが重要視されている.これまでに,波の作用によ る消波ブロックの衝突挙動や衝突力などについての水理模型実験に よる検討¹⁾や RC 板試験体に対する水平衝撃実験による破壊の状況,



写真-1 ケーソン壁の破壊事例

RC 板の損傷や破壊に及ぼす衝突体の速度や衝突回数の影響についての検討²⁾など実験的な研究がなされている.そこで,本研究では,RC 板に対する水平衝撃実験をシミュレートし,繰り返し衝突を受ける RC 板の損 傷度評価に関する考察を行い,ケーソン壁の破壊メカニズムを解明することを目的としている.

2.解析手法の概要

本研究では,衝突による部材内部に蓄えられる損傷の程度を簡易なスカラー量である損傷変数を用いて表 すことにより,繰り返し衝突にともない RC 板に蓄積される損傷を容易に評価できると考えて,損傷力学理論 を導入した三次元有限要素法により作成した自作の衝撃応答解析手法を用いて解析を行った.

また,本研究における衝撃応答解析は時間積分として中央差分法による陽解法を用いた.そのため,時間 刻みの制約条件として Courant 条件を用いている.衝突部の取り扱いに関しては,衝突体を質点として捉え て,その質点と接触判定点との距離で接触判定を行い,衝撃力を算出するといった簡易なモデルを採用して いる.本解析に用いた有限要素は,全て8節点のアイソパラメトリック6面体要素で,数値積分に用いる Gauss 点の数は8である.

3.数值計算

3.1 解析対象

解析対象は図-1 に示すような実際のケーソン壁を模擬して縮小 した寸法 1100mm×1100mm×70mmの複鉄筋断面 RC 板であり,コ ンクリートの圧縮強度は 60.5N/mm²で,鉄筋には 3.2mmの普通鉄 線(JIS SWM-B)を用いて鉄筋比 0.25%,配筋間隔 5cm である.衝 突体は,鋼製衝突体の先端に4脚ブロック(テトラポッド)の一脚 先端部を模擬したコンクリート塊(112.8N)を取り付けたものであ り,全重量は 1.74kN である.実現象では,衝突体である4脚ブロッ クがあらゆる角度をもって衝突することが考えられるが,今回の解 析では,4脚ブロックの一脚がケーソン壁に垂直に衝突するものと 想定している.



キーワード 繰り返し衝突,RC板,衝撃応答解析
連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1 092-642-3262

1-157

3.2 解析モデル

本解析では,図-1 に示す解析対象を図-2 に示すような2方向の対称性を考慮した総節点数576,総要素数363の1/4 モデルを用いて表現した.境界条件は,RC 板裏面を四辺支持とし,1/4 に切断した面をそれぞれy方向固定及びz方向固定とした.

また,**図-3**にコンクリート要素の構成則モデルを示すが,圧縮 域においては,損傷発生相当歪みである。に達するまで線形弾性 のラインを描き,。に達したら非線形的に剛性を下げながら,最 終的に損傷変数の上限値を0.99とおくことにより,歪み硬化係数 1/100 で硬化を示すような構成則を仮定した.また,引張域にお いては,引張強度が圧縮強度の1/10であること以外,圧縮域と同 様な挙動を示すものを仮定した.

3.3 解析結果及び考察

衝突速度と衝突回数をパラメータとし,解析を行ったが,その 結果として,ここでは V=4.0m/s の時の結果を示す.衝突回数によ る衝撃力波形の違いを図-4に示す.この図より,衝突回数を重ね るごとに,最大衝撃力が小さくなり,またその発生時間も遅くな っていることがわかる.また,図-5に最大衝撃力と残留変位と衝 突回数の関係 (P_{max}- -N の関係) を示すが, この図より, 衝突回 数にともない,RC板の残留変位がほぼ線形的に大きくなっている ことがわかり 衝突回数を重ねるに連れて RC 板の剛性が低下して いる傾向が伺える.これらの傾向は,水平衝撃実験結果の傾向と 同様であり本解析により繰り返し衝突による RC 板の損傷状態を 定性的に表現可能であることが言える.表-1には, RC板が全体 的に破壊したか否かを示したものである.本解析では,載荷点に おける残留変位がスパン長(1000mm)の1/200に達したものを破 壊に至ったものと仮定した.この表より,各衝突速度において破 壊に至るまでの衝突回数は実験結果と等しく、V=4.0m/sでは4回, V=7.0m/s では1回となった.

4.結論

本研究により,繰り返し衝突を受けた際のRC板は,損傷が蓄積 されることで部材の剛性が低下していき,衝撃力は低減され,残 留変位が大きくなる傾向になると言える.また,定性的ではある が,繰り返し衝突を受けたRC板の破壊挙動を確認できた.

実験においては,衝突速度が大きい場合,破壊状況として局部



的に押し抜きせん断破壊が生じることが確認されており,今後,定量的な検討も含め,破壊挙動の詳細なシ ミュレートを行う必要性がある.

参考文献

- 1) 山口貴之,別府万寿博,大野友則:衝撃砕波を受ける消波ブロックの直立壁への衝突現象に関する実験 的研究,海岸工学論文集,第50巻,pp.711-715,2003.
- 2) 山口貴之,別府万寿博,大野友則:消波ブロックの繰返し衝突により防波堤ケーソン壁に生じる局部破 壊と防護対策に関する実験的研究,土木学会論文集,No.759/I-67,pp.381-396,2004.4.