先端形状が異なる衝突体の水平衝突を受ける RC 版の局部損傷に関する実験的検討

防衛大学校	学生会員	宮司	康行	学生会員	三輪	幸治
	正会員	別府	万寿博	正会員	大野	友則

1. 緒言

火薬類や高圧ガス貯蔵施設等において爆発事故が生じると,爆発に伴って発生した飛散物によって,現場の周辺の構造物は被害を受けることが報告されている.したがって,このような被害を受ける可能性がある構造物に対しては,様々な大きさ,速度,形状を有する飛散物の衝突を想定して,構造物の局部的損傷を防ぐための耐衝撃設計を行う必要がある.本研究は,先端形状が異なる衝突体が比較的低速度で鉄筋コンクリート版(以下,RC版)に衝突した際の局部損傷の相違について調べるための実験的検討を行ったものである.

2.実験の概要

図-1 に,水平衝撃荷重載荷装置を示す.本装置は,本体フレーム,ゴム棒,油圧ジャッキ,反力壁および衝突体から構成されている.衝突体は,ゴム棒を油圧ジャッキによって所定の長さだけ伸張させ,ゴム棒の弾性エネルギーを利用して速度を得る.衝突体の速度は,装置のガイド上に設置されているレーザー式速度計によって測定される.RC版は,反力壁に固定した支持梁に4辺をクランプで固定して設置した.衝突体には上下8個のペアリングローラーが付属しており,装置の4本のガイドに沿って移動して,衝突体を所定の位置に衝突させることができる.衝突体の先端部分は交換可能である.写真-1に,実験に用いた衝突体の先端部分を示す.実験に用いた先端部分の形状は,半球型,円錐型,平坦型の3種類であり,すべて直径10cm(鋼製:S45C)である.図-2(a)に,RC版の概要を示す.RC版の寸法は,縦110cm×横110cm×厚7cmである.コンクリートの圧縮強度は33.5N/mm²である.鉄筋は直径3.2mmであり,間隔5cmで複配筋した.コンクリートのかぶり厚さは1.5cmである.実験では衝突体の各先端形状についてそれぞれ速度3m/sおよび5m/sでRC版の中央に衝突させた.衝突時のRC版裏面のコンクリートのひずみ応答を調べるため,図-2(b)に示すように版裏面の中心から5cm,15cmの位置にひずみゲージを貼付した.衝突体には加速度センサを設置して,加速度を計測した.また,高速度ビデオカメラを用いて衝突の瞬間を撮影した.

3.実験結果および考察

(1) 局部破壊の状況

図-3 に、衝突速度 5m/s の場合に生じた RC 版の破壊 状況について示す.衝突速度 5m/s の場合は、版表面に、 半球型:1.1cm,円錐型:3.5cm の深さを有する凹み変形 が生じた.平坦型では、衝突部分のコンクリートが円形 に陥没し 表面側の鉄筋も切断されていた.版の裏面は、 半球型は直径数 cm,円錐型は直径 10cm 程度の剥離片が 発生した.これらの破壊は、貫通していないが、版内部 までひび割れが進展して、ともに裏面剥離が生じたもの である.平坦型では、表面側のコンクリートの陥没によ



表面

裏面



キーワード: 先端状, RC版, 局潤傷, 衝突荷重

連結: 〒239-8686 横賀市走水1-10-20 防緯大学校建現意工学科 Tel: 046-841-3810(ex3521) E-mail: s53501@ed.nda.ac.jp

って生じたひび割れが裏面まで達して押抜きせん断型の破壊性状となり,版には貫通口が生じた.すなわち,先 端形状の相違により貫入深さや裏面の損傷の程度が異なった.なお,衝突速度3m/sの場合の裏面の損傷は,いず れの先端形状の場合も放射状のひび割れが生じたものの,損傷の差異は認められなかった.

(2)破壊メカニズムの相違

図-4 に衝突速度 5m/s の場合に計測された衝突荷重を,図-5 に裏面のひずみを示す.衝突荷重 F(=ma)は, 衝突体の質量 mに加速度 a を乗じて求めている.図-6 に衝突体の変位(移動量)の比較について示す.変位は, 高速度カメラにより飛翔体の先端部分の変位を追跡して求めている.

図-4から,先端が半球型の場合は,衝突体が RC版に衝突した直後に衝突荷重は急増して,t=0.08ms で最大値約 180kN となった.このとき,裏面の中央から 15cm の位置では 300~400µ の圧縮ひずみが生じており,その後,引張ひずみに転じて破断した.これは衝突によって生じた応力波が裏面に到達して自由端反射し,引張波に転じたことが一つの要因として考えられる.また,引張ひずみが生じた直後から,衝突荷重は急激に約 50kN まで低下し,その後,衝突荷重は一定値約 60kN を示している.図-6より衝突体の変位は最大約 22mm であり,版に生じた貫入量は約 11mm であったので,版中央は約 11mm 後方に変形したと考えられる.円錐型の場合は、衝突直後から RC版に徐々に貫入し,t=2.0ms で最大値約 90kN を示した.衝突体の最大変位と,先端の貫入量が同じ値であったので円錐型の場合は版が後方に変形していないといえる.このとき裏面のひずみは,版裏面から 15 cmの位置では,衝突後から引張ひずみが増加した後,t=2.0ms で圧縮ひずみ,その後引張ひずみに転じている.平坦型の場合は、衝突直後(t=0.05ms)に最大衝突荷重約 200kN を示している.このとき,裏面の中央から 15cmの位置では 400µ の圧縮ひずみが生じた後,引張ひずみに転じた.以上より,各形状の場合とも,応力波の反射による裏面の損傷に加えて,1)半球型は,衝突体が貫入するとともに版が変形することにより版内部から裏面に剥離が生じている,2)円錐型は,先端部分の貫入量は大きいが版はほとんど変形せず,版内部から斜め方向にひび割れが発生して裏面剥離が生じている,3)平坦型は,版表面から破壊が生じ,押抜きせん断状の破壊となる,と考えられる.



4. 結言

本研究の成果を要約すると,以下のとおりである.

- 1) 先端形状の相違により裏面の損傷の程度は異なり,平坦型の衝突によ る版の破壊が最も大きい.
- 2) 先端形状の相違により RC 版の損傷メカニズムが異なり、半球型の場合は先端の貫入と版自体を変形させ、円錐型の場合は貫入と衝突により、版内部から斜め方向にひび割れが発生する.平坦型の場合は版表面から裏面にかけて押抜きせん断性状の破壊を生じて貫通しやすい.

