ハニカム複合構造の耐爆緩衝効果に関する研究

防衛大学校 学生会員 〇寺澤 拓真 学生会員 濵田 匠李 正会員 別府 万寿博 正会員 市野 宏嘉 昭和飛行機工業(株) 相澤 武揚

1. 緒言

近年,世界的に爆破テロや爆発事故が多発している.このような爆 発作用によって重要施設が被害を受けた場合,社会へ与える影響は極 めて大きく,爆発荷重に対する防護設計法を確立することは急務であ る.本研究は,爆発荷重に対する緩衝材の一つとしてアルミハニカム に着目し,近接爆発を受けるハニカム複合構造の緩衝効果およびハニ ハニカムコア-ム複合構造の上部シートについて検討を行ったものである.

2. 実験の概要

実験は、ハニカム複合構造を SS400 鋼板上に設置し、球形爆薬を用 いて行った. 図-1に, ハニカム複合構造と SS400 鋼板を示す. 図-1(a)に示すハニカムコアと上部シートからなるハニカム複合構造の寸 法は,縦400mm,横400mm,厚さ35mmである.上部シートには, アルミニウム,ガラス繊維強化プラスチック (GFRP),アラミド繊維 強化プラスチック(AFRP)およびポリビニルアルコール繊維強化プ ラスチック(VFRP)を用いた.ハニカムコアは箔の六角柱が多数集 まって構成された構造体であり、セルサイズは 3.2mm、箔厚は 0.061mm である. 上部シートとハニカムコアは, エポキシ系接着剤を 用いて接着した. SS400 鋼板の寸法は、縦 500mm、横 500mm および 厚さ 4.5mm である. 試験体の衝撃応答を調べるため, 図-1(b)に示す ように、鋼板の裏面にゲージ長 5mm のひずみゲージを中心から 50mm 間隔で4枚貼付してひずみ応答を計測した.表-1に、実験ケースを 示す. 試験体については、ハニカム複合構造を設置しないものを1体 および各上部シートに対してそれぞれ1体の、合計5体に対して実験 を行った.また、図-2に、試験体の設置状況を示す.爆薬について は,密度 1.4g/cm³の C4 爆薬 110g を用いて,直径 53mm の球形に成 形した. C4 爆薬を試験体の中央上部に爆薬中心から試験体上面まで の距離(離隔距離)が 106mm となるよう設置して, 6 号電気雷管により 起爆した.離隔距離 R(m)と爆薬量 W(kg)より換算距離 Z=R/W^{1/3}を求 めることができる.なお、ホプキンソン・クランツの相似則および文 献¹⁾を参照して,爆風圧の最大反射圧を求めると,本実験ケースにお ける最大反射圧は74.9MPaとなる.

3.実験結果および考察

図-3に、ハニカム複合構造の変形状況を示す.全ての実験ケース



No.	上部シート	接着剤
1	ハニカムなし	
2	A5052P-H34 (CL t5.0mm)	
3	GFPR(CL t5.4mm) 樹脂:エポキシ	~ # + > 7
4	AFRP(CL t5.0mm)	エルインネ
5	VFRP(CL t5.0mm)	



図-2 試験体の設置状況



図-3 ハニカム複合構造の変形状況

I -62

キーワード 爆発作用,近接爆発,ハニカム複合構造,緩衝効果 連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL046-841-3810 beppu@nda.ac.jp において、上部シートは中央部が大きく変形し凹みが生じている. ア ルミニウム、AFRPの上部シートは、爆薬の直下を中心に直径 220mm にわたって凹みが生じた. GFRP および VFRP は、アルミニウム、 AFRPよりも変形した面積が約 25%大きくなった.また、GFRP にお ける変形の最大深さは、VFRPより約 26%小さくなった.以上から、 GFRP および VFRP が爆発荷重を最も分散していると考えられる.ま た、アルミニウムシートは、ハニカム複合構造下面の変形が最も小さ く、直径約 120mm であり、その他の上部シートを用いたケースの 63%の面積でしか発生しておらず、最大深さも 25%程度しか生じな い. 一方で、それ以外の上部シートでは下面中央部に大きな凹みが生 じ、その周囲は隆起する変形を示した.

図-4に、鋼板の裏面におけるひずみ~時間関係を示す.また、ひ ずみ~時間関係における最も大きいひずみを最大ひずみとし、その 後、変形が収束した時のひずみの値を残留ひずみとした.ハニカム複 合構造を設置しなかった鋼板においては、爆発直後から時刻 1ms の 間で圧縮および引張ひずみが生じ、その後引張ひずみに転じ、約 2000 µの残留ひずみを示している.ハニカム複合構造を設置したケース は、全てのケースで初期の応答、爆発発生から時刻約 10.0ms までの 範囲において引張ひずみが生じ、ハニカム複合構造を設置しなかっ たケースと比較すると最大ひずみはやや遅れて生じる傾向を示し た.これは、ハニカム複合構造を設置することにより、鋼板の全体応 答が卓越するとともに、荷重が分散されることを示している.

図-5 に、各実験ケースの最大および残留ひずみを示す. ハニカム 複合構造を設置しないケースの最大ひずみおよび残留ひずみは、そ れぞれ 21000 µ および 3440 µ となった. 一方で、アルミニウムのケ ースにおける最大および残留ひずみはそれぞれ 3660 µ と 880 µ であ り、最も小さい値を示した. GFRP、AFRP および VFRP のケースで はいずれも同等の値を示し、最大および残留ひずみはそれぞれ平均

で 5370 µ および 1210 µ であった. このことから, ハニカム複合構造を用いた場合, 最大ひずみはハニカムを設置し ないケースと比べて 17~25%に低減し, 残留ひずみは 26~55%に低減した. 特に, アルミニウムを用いたケースは 最大ひずみが最も小さくなった. 一方で, VFRP のケースの最大ひずみは, GFRP および AFRP と同等であったが, 残留ひずみは 118%大きい結果となった.

以上から、本研究におけるハニカム複合構造に用いた上部シートは、アルミニウムシートが最も爆発荷重を緩衝 させる傾向を示した.

4. 結言

本研究は、近接爆発を受けるハニカム複合構造の緩衝効果について検討を行ったものである.その結果、ハニカム複合構造を設置することによって鋼板の最大ひずみは 17~25%、残留ひずみは 26~55%まで低減することがわかった.また、アルミニウムシートは、最大および残留ひずみのいずれにおいても最も小さくなる傾向を示した.

参考文献

 1) 永田 真:近接爆発を受ける RC 構造物の損傷評価法に関する研究,防衛大学校理工学研究科後期課程卒業論 文,2018.

第46回土木学会関東支部技術研究発表会

