

接触爆発を受ける繊維補強セメント複合材料板の耐爆性能に関する実験的検討

防衛大学校 学生会員 ○長谷川 大 正会員 別府 万寿博
株式会社クラレ 正会員 小川 敦久

1. 緒言

近年、世界各国において爆発テロや爆発事故が多発している。爆発災害によって重要構造物が被害を受けると、社会へ与える影響が甚大であるため、爆発荷重に対する防護設計法を確立することが必要である。本研究は、接触爆発を受ける繊維補強セメント複合材料（以下、FRCC）板の耐爆性能について実験的な検討を行ったものである。

2. 実験の概要

図-1 に、実験の概要を示す。試験体の寸法は縦 500mm×横 500mm×厚さ 80mm であり、鋼製支持具を用いて四辺を 50mm 幅で支持した。試験体の中央部に C4 爆薬を設置して、6 号電気雷管により起爆した。C4 爆薬の寸法は写真-1 に示すように、直径と高さが 1:1、密度が 1.4g/cm³ となるように成型した。爆薬の質量は 50g、65g および 80g の 3 種類である。表-1 に、FRCC の作製に使用した 3 種の繊維の外観および寸法を示す。ポリプロピレン(PP)繊維は表面に凹凸の加工がなされており、機械的付着が高い特徴がある。ポリビニルアルコール(PVA)繊維は親水性が非常に高いため、コンクリートとの化学付着が高い特徴がある。表-2 に、実験ケースを示す。試験体はプレーンコンクリート板、モルタル板、PPFRC 板、VFRC 板および DFRM 板の 5 種類作製した。PPFRC 板および VFRC 板は、それぞれ PP および PVA-1 繊維をコンクリートに混入したものである。DFRM 板は、PVA-2 をモルタルに混入したものである。繊維の混入率については全て 2%とした。実験は各条件で 1 回ずつ行った。

接触爆発による試験体の損傷評価を行うため、表面破壊の直径および深さ、裏面剥離の直径および深さを計測した。図-2 に、計測位置および計測要領を示す。表面破壊および裏面剥離の直径については、破壊部の 4 か所を計測した平均値とした。表面破壊および裏面剥離の深さは 3 か所を測定し、最も深い値を採用した。なお、貫通が生じた場合の貫入深さは、貫通孔の左右 2 か所を計測した平均値とした。

3. 実験結果および考察

図-3 に、破壊性状を示す。爆薬量 50g における破壊性状は、プレーンコンクリート板およびモルタル板には貫通が生じたが、PPFRC 板および VFRC には裏面剥離が生じた。爆薬量 65g における破壊性状は、VFRC 板

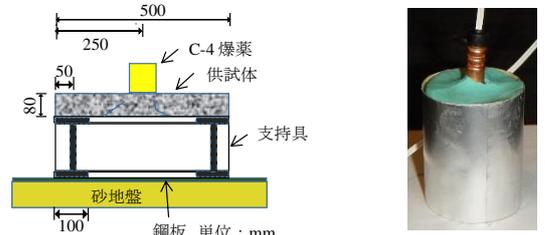


図-1 実験の概要 写真-1 爆薬の外観

表-1 繊維の寸法

種類	ポリプロピレン (PP)	ポリビニルアルコール (PVA)	
	PP	PVA-1	PVA-2
外観			
直径	0.7mm	0.66mm	0.1mm
長さ	30mm	30mm	12mm
マトリクス	コンクリート	コンクリート	モルタル
FRCC名称	PPFRC	VFRC	DFRM

表-2 実験ケース

種類	厚さ (cm)	薬量 (g)	換算薬量	換算版厚	換算距離
プレーン	8	50	68.5	1.96	0
モルタル	8	50	68.5	1.96	0
PPFRC	8	50	68.5	1.96	0
VFRC	8	50	68.5	1.96	0
	8	65	89.05	1.79	0
	8	80	109.6	1.67	0
DFRM	8	50	68.5	1.96	0
	8	65	89.05	1.79	0
	8	80	109.6	1.67	0

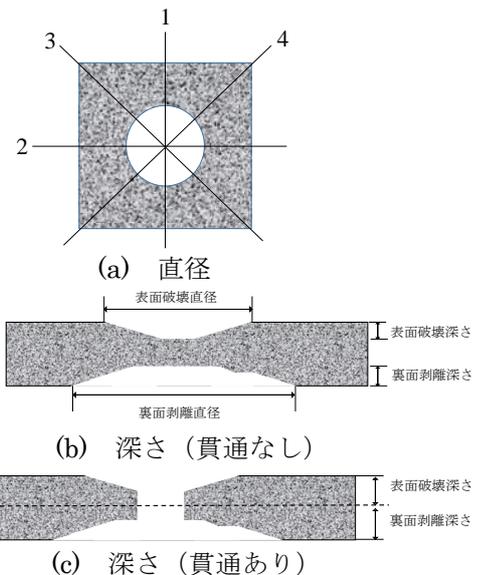


図-2 計測要領

キーワード 接触爆発, 耐爆性能, PPFRC, VFRC, DFRM

連絡先 〒239-0811 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL: 046-841-3810 E-mail: beppu@nda.ac.jp

には貫通が生じたが、DFRM 板には裏面剥離が生じた。VFRC 板およびDFRM 板は爆薬量 80g で貫通が生じた。断面に着目すると、特に、DFRM 板の中に微細なひび割れが多数生じていた。以上から、本実験条件に対する破壊の抑制効果はDFRM 板が最も高いと言える。

表-3 に、実験後の計測結果を示す。全てのFRCC 板において、表面破壊直径・深さおよび裏面剥離直径・深さがプレーンコンクリート板よりも低減した。爆薬量 50g のケースにおいて、プレーンコンクリート板の表面破壊直径と比較すると、PPFRC 板およびVFRC 板の表面破壊直径はそれぞれ 43.7%および 39.5%であった。また、モルタル板の表面破壊直径を基準とすると、DFRM 板の表面破壊直径は 28.8%であった。プレーンコンクリート板の裏面剥離直径を基準とすると、PPFRC 板およびVFRC 板の裏面剥離直径はそれぞれ 34.0%および 14.5%であった。爆薬量 80g の場合、VFRC 板と DFRM 板の裏面剥離直径および深さはほぼ等しくなった。PPFRC 板と VFRC 板を比較すると、PPFRC 板の方が損傷抑制効果は高いことがわかる。

図-4 に、森下らの損傷評価式¹⁾と実験結果の比較を示す。図は、表面破壊および裏面剥離の深さとそれぞれの直径関係を板厚で無次元化したものである。図-4の実線は、RC 版に対する損傷評価式である。図-4(a)から、プレーンコンクリート板およびモルタル板は損傷評価式よりも表面破壊深さがやや大きくなった。FRCC 板は、プレーンコンクリート板およびモルタル板と比較して、表面破壊深さが 14.0%程度小さくなった。図-5(b)から、プレーンコンクリート板およびモルタル板は損傷評価式よりも裏面剥離深さが 7.7%小さくなった。以上から、FRCC 板は接触爆発に対する損傷抑制効果を示すが、裏面剥離深さ～裏面剥離直径関係は、森下らの損傷評価式とある程度整合することがわかる。

4. 結言

本研究は、接触爆発を受けるFRCC 板の耐爆性能について実験的検討を行ったものである。実験結果から、FRCC 板は耐爆性能が向上することがわかった。特に、細径繊維を混入したDFRM 板はひび割れ分散効果が大きく、FRCC 板の中で最も損傷、破壊を抑制した。また、PPFRC 板、VFRC 板の順に損傷抑制効果が高いことがわかった。

参考文献

1) 森下政浩, 田中秀明, 伊藤孝, 山口弘: 接触爆発を受ける鉄筋コンクリート版の損傷, 構造工学論文集, Vol.46A, 2000.3, pp.1787-1797

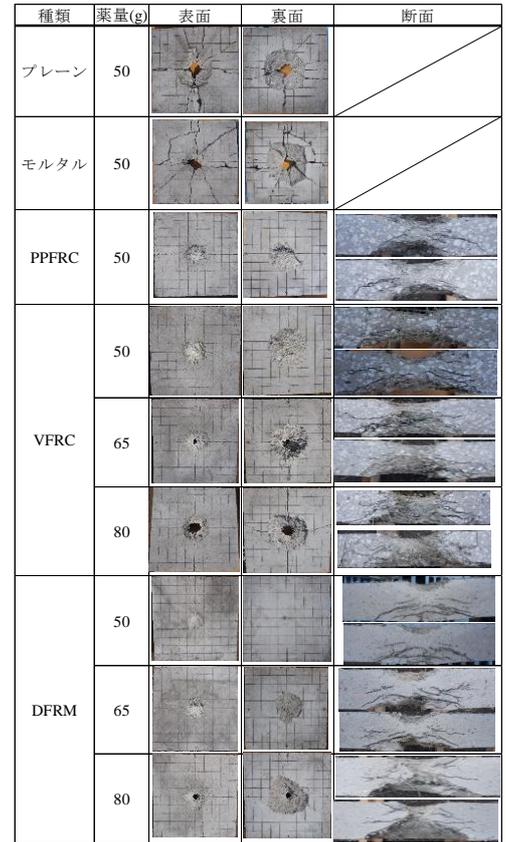
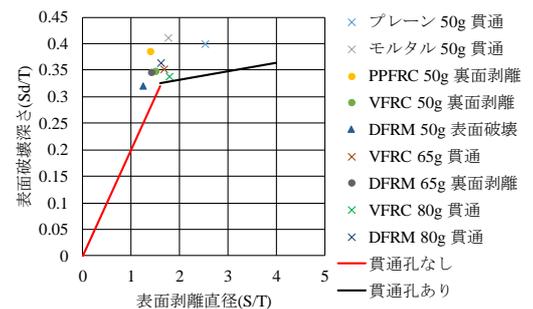
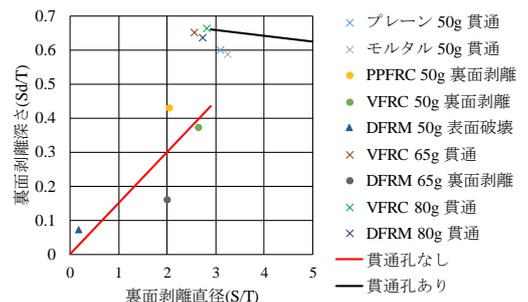


図-3 破壊性状
表-3 計測結果

版の種類	薬量(g)	表面破壊		裏面剥離		全損傷深さ(mm)	破壊性状
		直径(mm)	深さ(mm)	直径(mm)	深さ(mm)		
プレーン	50	201.25	32	247.25	48	80	貫通
モルタル	50	140.75	33	259.25	47	80	貫通
PPFRC	50	113.25	30.75	163.25	34.35	65.1	裏面剥離
VFRC	50	121.75	27.75	211.5	29.7	57.45	裏面剥離
	65	135.5	28	204	52	80	貫通
	80	144.25	27	224.75	53	80	貫通
DFRM	50	100.25	25.5	13.5	5.7	31.2	表面破壊
	65	113.75	27.6	159.25	12.8	40.4	裏面剥離
	80	129.5	29	218.75	51	80	貫通



(a) 表面破壊深さ～直径関係



(b) 裏面剥離深さ～直径関係

図-4 損傷評価式との比較