

鉄筋モルタルはりの剛性および耐力が裏面剥離に与える影響に関する実験的検討

防衛大学校 学生会員 ○柴田 大希 正会員 市野 宏嘉 別府 万寿博

1. 緒言

爆破テロや爆発事故により発生した破片等の飛散物がコンクリート構造物に速度 100m/s～500m/s で衝突すると、構造物には表面破壊・貫入、裏面剥離および貫通などの局部破壊が発生する¹⁾。著者らは鉄筋モルタルはりに対して衝突速度 200m/s～300m/s の衝突実験を行い、衝突部近傍に生じる局所的な変形により裏面剥離が発生することを報告した²⁾。本研究は、鉄筋モルタルはりの剛性および耐力が裏面剥離に及ぼす影響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

実験は、鉄筋モルタルはりの剛性および耐力が裏面剥離に与える影響を考察するため、鉄筋モルタルはりの高さやスターラップ間隔を変化させた試験体に対する高速衝突実験を行った。図-1 および写真-1 に、実験で使用した高圧空気式飛翔体発射装置および飛翔体をそれぞれ示す。飛翔体の先端形状は半球型であり、質量 46g、直径 25mm である。図-2 に、鉄筋モルタルはりの概要を示す。はりの寸法は、試験体 I および II は高さ 100mm、長さ 500mm、幅 70mm であり、試験体 III は高さ 120mm、長さ 500mm、幅 70mm である。主鉄筋およびせん断補強筋には異形棒鋼 D6 を使用した。鉄筋の降伏強度は試験体 I、II が 356N/mm^2 、試験体 III が 321N/mm^2 である。表-1 および表-2 に、モルタルの材料特性および試験体の力学的特性を示す。曲げおよびせん断剛性については試験体 III が最も高く、特に曲げ剛性は試験体 I、II に対して約 1.2 倍、2.6 倍である。せん断耐力は試験体 II が最も高く、試験体 I、III に対して 1.2、1.9 倍である。曲げ耐力については全ての試験体で概ね同程度である。さらに、試験体 I に対して側面を板厚 6mm の鋼板(SS400)で補強することで、剛性および耐力をより増加させた試験体を作成した。衝突速度は試験体 I に対しては 200m/s、試験体 II および III は 300m/s とした。

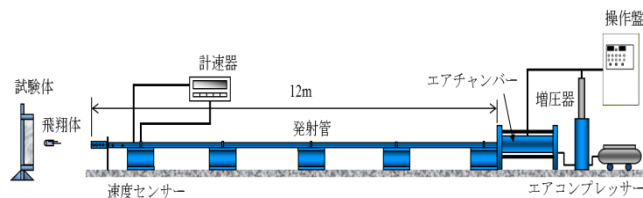


図-1 高圧空気式飛翔体発射装置

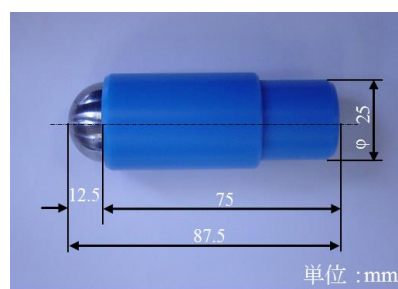
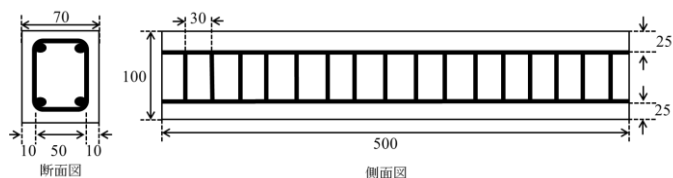
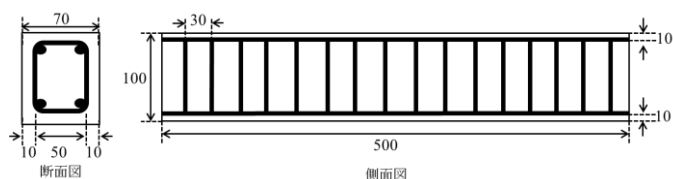


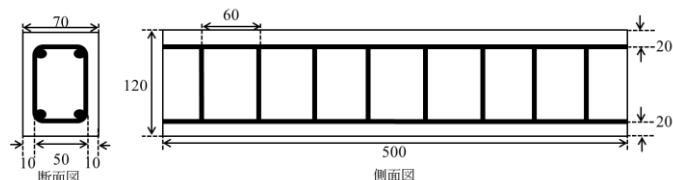
写真-1 飛翔体



(a) 試験体 I



(b) 試験体 II



(c) 試験体 III

図-2 試験体の概要

キーワード 高速衝突, 鉄筋モルタルはり, 曲げおよびせん断剛性, 曲げおよびせん断耐力

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL. 0468-41-3810 E-mail : beppu@nda.ac.jp

表一 モルタルの材料特性

マトリックス	圧縮強度	ヤング係数	密度	ポアソン比
モルタルⅠ	23.0N/mm ²	19.4kN/mm ²	2.05kN/mm ²	0.23
モルタルⅡ	23.4N/mm ²	25.0kN/mm ²	2.17kN/mm ²	0.23
モルタルⅢ	27.4N/mm ²	22.9kN/mm ²	2.20kN/mm ²	0.21

表二 試験体の力学的特性

試験体	曲げ剛性	せん断剛性	曲げ耐力	せん断耐力
試験体Ⅰ	66.7kN・m ²	51.7MN	13.4kN	55.0kN
試験体Ⅱ	147.4kN・m ²	74.3MN	14.4kN	65.0kN
試験体Ⅲ	176.0kN・m ²	77.0MN	13.0kN	35.1kN
試験体Ⅰ（鋼板）	166.7kN・m ²	144.0MN	52.6kN	349.0kN

3. 実験結果および考察

写真-2 に、鉄筋モルタルはりの破壊状況を示す。写真は、中央上部が飛翔体との衝突部である。写真は試験体Ⅱ、Ⅲについては切断面も示しており、ひび割れが生じている部分に赤破線を記載している。写真から、試験体Ⅰには衝突部の反対面に裏面剥離が生じていることがわかる。試験体Ⅱはかぶりコンクリートが剥離し、内部には斜めひび割れが生じている。しかし、剛性が最も高い試験体Ⅲには裏面剥離や明瞭な斜めひび割れが発生せず、曲げひび割れのみが発生している。すなわち、剛性が高い試験体ほど斜めひび割れの発生が抑制されることがわかる。写真-3 には、試験体Ⅰを鋼板で補強し、曲げおよびせん断剛性や耐力を向上させた試験体の破壊状況を示す。鋼板で補強した試験体には表面破壊が発生したが、裏面剥離は発生しなかった。また内部にもひび割れが全く発生していない。すなわち、側面を鋼板で補強することにより、剛性や耐力が増大して、裏面剥離に対する抵抗が増加し、裏面剥離が抑制されたと考えられる。

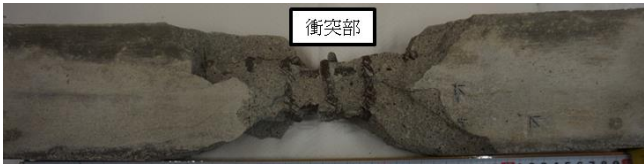
4. 結言

本研究は、鉄筋モルタルはりに対する高速衝突実験を行い、試験体の剛性および耐力が裏面剥離に与える影響について検討した。その結果、剛性および耐力の増大により裏面剥離が抑制されることがわかった。

参考文献

1) Kennedy, R. P.: A review of procedures for the analysis and design of concrete structures to resist missile impact effects, Nuclear Engineering and Design, 37, pp.183-203, 1976.

2) 柴尾隼斗, 柴田大希, 別府万寿博：高速衝突を受ける鉄筋モルタル梁の裏面剥離発生メカニズムに関する実験的検討, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 2015.



(a) 試験体Ⅰ



側面



切断面

(b) 試験体Ⅱ



側面



切断面

(c) 試験体Ⅲ

写真-2 鉄筋モルタルはりの破壊状況



側面



切断面

写真-3 試験体Ⅰを鋼板補強した鉄筋モルタルはりの破壊状況