

### 鉄筋モルタルはりの剛性・耐力が裏面剥離性状に与える影響に関する一考察

防衛大学校 学生会員 ○岩根 利浩 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部材に速度 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<sup>1)</sup>。柴尾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ている<sup>2)</sup>。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性状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

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。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、図-2 に示すように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 3 種類の試験体を作製した。試験体 I, 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<sup>2</sup>、試験体 III が 321N/mm<sup>2</sup> 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 2.6 倍、1.2 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、3 種類の試験体に対して側面を板厚 6mm の鋼板(SS400)で補強することにより、曲げ剛性、せん断剛性、曲げ耐力およびせん断耐力をそれぞれ 100kN・mm<sup>2</sup>、92.3MN, 39.2kN, 294.0kN 増加させた試験体を作製した。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。

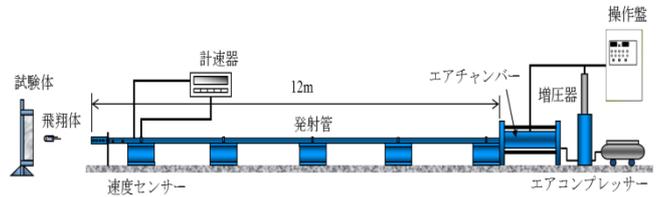


図-1 高圧空気式飛翔体発射装置

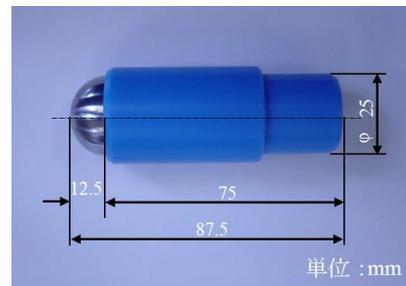
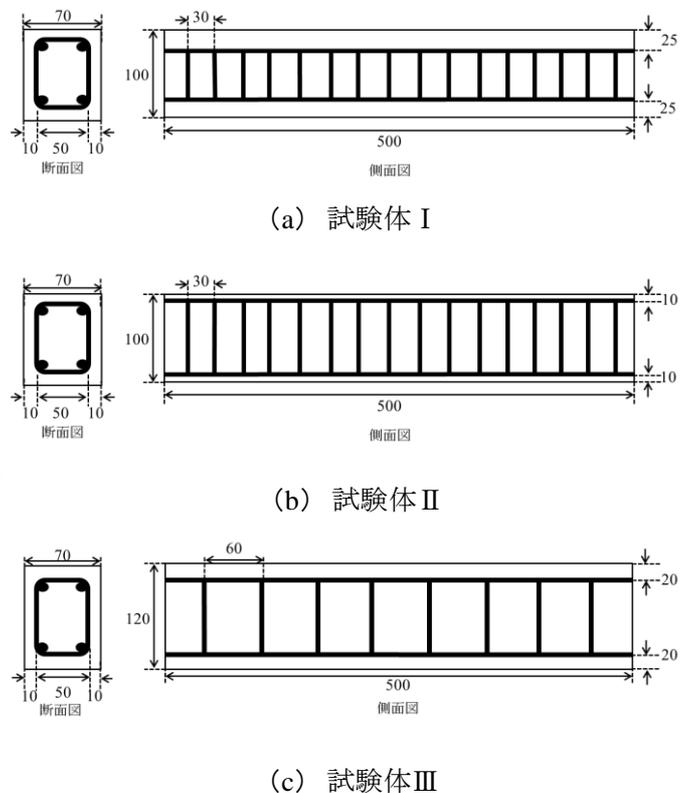


写真-1 飛翔体



(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. 0468-41-381

表-1 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	23N/mm <sup>2</sup>	19.4kN/mm <sup>2</sup>	2.05g/cm <sup>3</sup>	0.23
モルタル II	23.4N/mm <sup>2</sup>	25kN/mm <sup>2</sup>	2.17g/cm <sup>3</sup>	0.23
モルタル III	27.4N/mm <sup>2</sup>	22.9kN/mm <sup>2</sup>	2.2g/cm <sup>3</sup>	0.21

表-2 試験体の力学特性

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・mm <sup>2</sup>	51.7MN	13.4kN	55kN
試験体 II	147.4kN・mm <sup>2</sup>	74.3MN	14.4kN	65kN
試験体 III	176kN・mm <sup>2</sup>	77MN	13kN	35.1kN
試験体 I (鋼板)	166.7kN・mm <sup>2</sup>	144MN	52.6kN	349kN
試験体 II (鋼板)	247.4kN・mm <sup>2</sup>	166.6MN	53.6kN	359kN
試験体 III (鋼板)	276kN・mm <sup>2</sup>	169.3MN	52.2kN	329.1kN

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。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 には衝突部反対側のかぶりコンクリート部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、曲げおよびせん断剛性が最も高い試験体 III には裏面剥離や斜めひび割れが発生せず、曲げひび割れに類似した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た。図-3 に、試験体 I, II, III およびそれぞれを鋼板補強した試験体の破壊モードと曲げ剛性の関係を示す。図から、同じ衝突速度に対して試験体の曲げ剛性を向上させることで裏面剥離が抑制されることがわかる。

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考察したものである。実験の結果、鉄筋モルタルはりの剛性および耐力の増大にともなって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

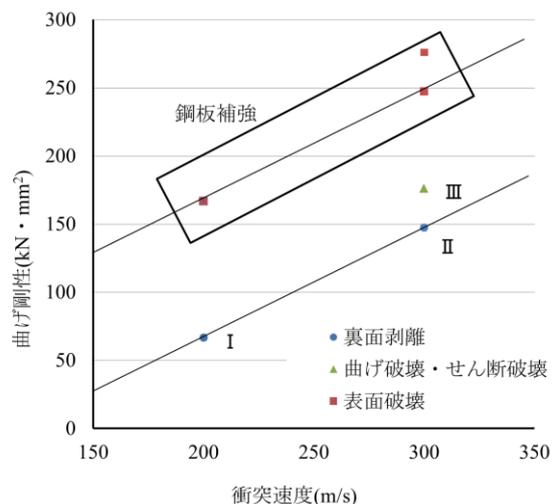


図-3 曲げ剛性の向上による破壊モードの推移