

高速衝突を受ける鉄筋モルタル梁の局部破壊メカニズムに関する一考察

防衛大学校 学生会員 ○柴田 大希 正会員 別府 万寿博

1. 緒言

コンクリート構造物が高速衝突を受けると、構造物には衝突部の近傍が破壊する局部破壊が発生する。局部破壊が発生すると、室内機器や人命等に損失が生じる可能性が高いため、防護設計法を確立する必要がある。局部破壊は、衝突によって構造物内部を伝播する応力波の作用によって生じると説明されている¹⁾が、これまでにコンクリート系材料の局部破壊を詳細に分析した例は少ない。本研究は、鉄筋モルタル梁に対する高速衝突実験を行い、局部破壊の発生メカニズムについて検討したものである。

2. 高速衝突実験の概要

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。飛翔体は質量 46g、材質は鋼材 (SS400)、先端形状は半球型、直径 25mm である。また、飛翔体の衝突速度は 200m/s に設定した。供試体は発射口から約 1m の位置に設置した鋼製支持具に、上下 2 辺をクランプにより固定した。図-2 に、実験で使用した鉄筋モルタル梁の概要を示す。供試体は、骨材を含まず比較的均質な材料であるモルタルを用いて梁を作成した。モルタルの圧縮強度は 23.0N/mm²、ヤング率は 19.4kN/mm² である。寸法については高さ 100mm×長さ 500mm×幅 70mm であり、内部をスターラップ(D6)で補強している。写真-2 に、実験で使用した鋼板 (SS400、厚さ 6mm) を示す。供試体の剛性や応力波の伝播と局部破壊との関係性を考察するため、裏面には鋼板を補強せず、側面全面を鋼板により補強した供試体も作成した。すなわち、裏面における応力波の反射条件を変化させることなく、せん断剛性を向上させた。鋼板は、アクリル樹脂系の接着剤を用いて接着した。図-3 に、供試体に貼付たひずみゲージの概要を示す。飛翔体の衝突時間を計測するために供試体の表面に貼付たひずみゲージを A、側面に貼付したひずみゲージを B~H とし、ロゼット解析²⁾により最大せん断ひずみを、裏面に貼付したひずみゲージを I₂~I₄ とし、裏面のひずみを計測している。

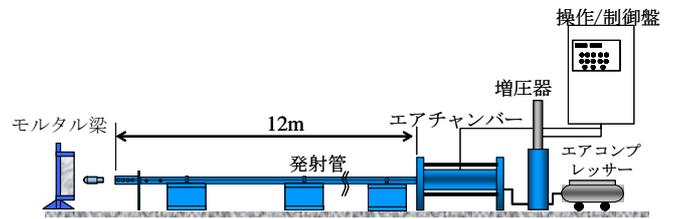


図-1 高圧空気式飛翔体発射装置

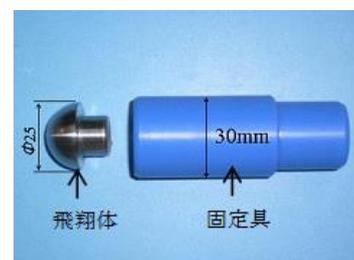


写真-1 鋼製飛翔体

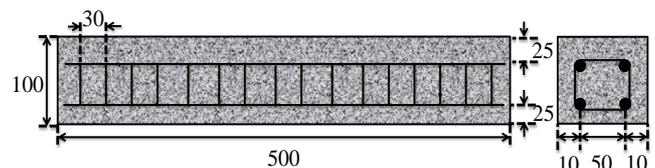


図-2 鉄筋モルタル梁の概要

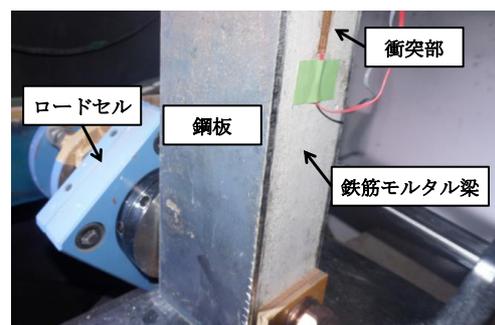


写真-2 鋼板によるモルタル梁側面の補強

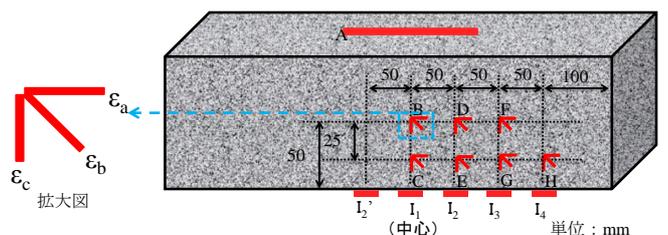


図-3 ひずみゲージ貼付位置

キーワード 高速衝突, 鉄筋モルタル梁, 局部破壊, メカニズム

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL. 046-841-3810 E-mail : em53048@nda.ac.jp

ひずみゲージの長さはAのみが60mmで、他は5mmである。実験の計測項目は、支点反力、ひずみ、高速度ビデオカメラにより撮影した破壊挙動である。

3. 実験結果および考察

写真-3に、破壊性状を示す。写真-3(a)に示す鋼板で補強していないケースを見ると、ひずみゲージB、EおよびGの方向に沿って裏面剥離が発生していることがわかる。しかし、写真-3(b)に示す鋼板で補強したケースでは裏面剥離が発生せず、内部にもひび割れは生じていなかった。両ケースとも裏面における応力波の反射条件に変化はないことから、裏面剥離の発生におよぼす応力波の影響は小さいものと考えられる。

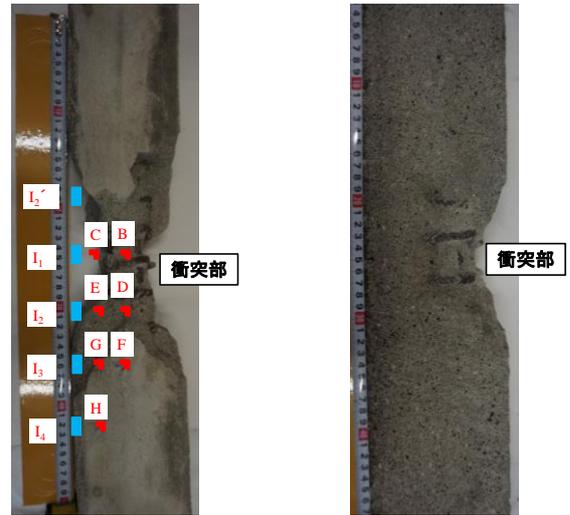
写真-4に、高速度ビデオカメラにより撮影した、鋼板で補強していないケースの破壊挙動を示す。衝突後 $t=0.067\text{ms}$ では衝突部付近にひび割れが発生し、 $t=0.134\text{ms}$ では、赤枠部分に斜めひび割れが発生した。その後、ひび割れが進展して裏面剥離が形成されることがわかった。図-4および図-5に、供試体側面の最大せん断ひずみ～時間関係および供試体裏面のひずみ分布をそれぞれ示す。なお、ひずみゲージI4、I5は計測不良であった。図-4から、支点反力が発生する前に、ひずみゲージBおよびEには最大約 $10,000\mu$ のせん断ひずみが発生した。ひずみゲージEは、約 0.13ms 頃から応答を開始しており、これは高速度ビデオカメラの映像から判明した斜めひび割れが発生した時刻である。また裏面のひずみ分布についても、斜めひび割れが発生、進展した $t=0.13\text{ms}\sim 0.164\text{ms}$ で供試体中央部には、最大約 $10,000\mu$ の引張ひずみが発生していることがわかる。以上より、供試体に局所的な変形が生じて、斜めひび割れや裏面剥離が生じたものと考えられる。

4. 結言

- (1)鋼板補強していない供試体には裏面剥離が発生したが、鋼板補強した供試体には裏面剥離が発生しないことがわかった。
- (2)両ケースの裏面における応力波の伝播条件は等しいため、応力波の影響は小さく、裏面剥離は供試体の変形によって発生したものと考えられる。

参考文献

- 1)廣江哲幸, 松尾日出男, 藤原和人, 宮田政信, 松本繁, 安部尊之: 爆発衝撃による金属のスポール破壊と防止に関する研究, 日本機械学界論文集, Vol62, No.95-1857, 1996.
- 2)渡部理: ひずみゲージとその応用, pp259-260, 1968.



(a) 鋼板補強なし (b) 鋼板補強あり
写真-3 破壊性状

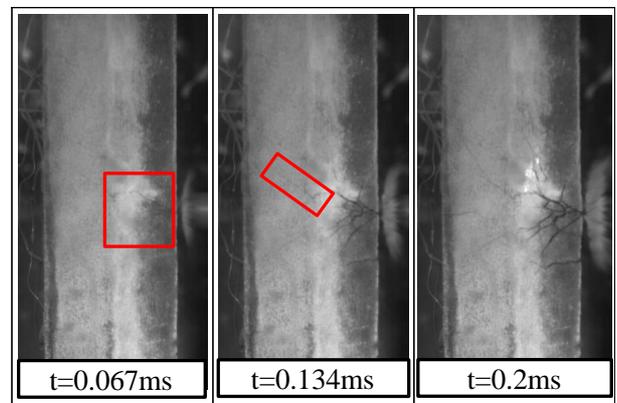


写真-4 高速度ビデオカメラによる側面の画像

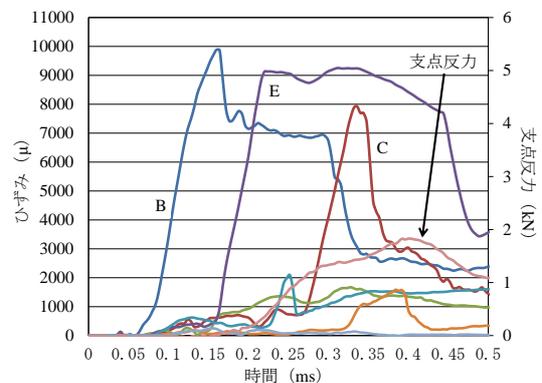


図-4 側面の最大せん断ひずみ～時間関係

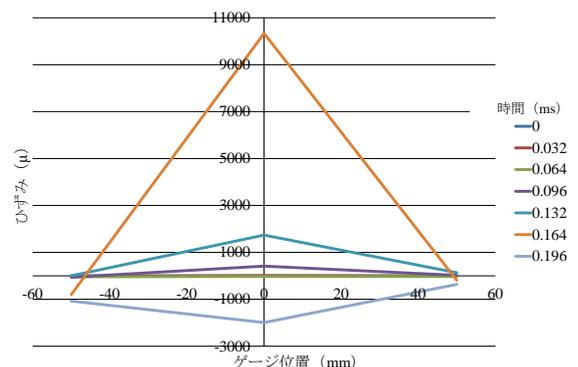


図-5 裏面のひずみ分布