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研究

防衛大学校 学生会員 〇柴尾 隼斗 柴田 大希 正会員 別府 万寿博

1. 緒言

近年,爆発により生じた飛散物による建物の被害が増加し ており,重要施設に対しては高速衝突に対する合理的な耐衝 撃設計法を確立する必要がある.高速衝突を受けるコンクリ ート構造物の破壊は,全体破壊と局部破壊に区分できるが, 局部破壊の中でも特に裏面剥離のメカニズムについては未 だ不明な点が多い.一般に,裏面剥離の原因は応力波に起因 する内部ひび割れと考えられているが,その発生メカニズム を詳細に検討した例はない.本研究は,鉄筋モルタル梁に対 する高速衝突実験を行い,裏面剥離の発生メカニズムについ て検討を行ったものである.

2. 実験の概要

(1) 実験装置

図-1 および写真-1 に,実験に用いた高圧空気式飛翔体発 射装置および飛翔体(SS400,直径 25mm,質量 50g,先端形 状半球)をそれぞれ示す.実験では専用の固定具を用いて飛 翔体を発射し,速度約 200m/s で鉄筋モルタル梁に衝突させ た.

(2)供試体および計測項目

図-2 および図-3 に,鉄筋モルタル梁を示す.実験では, 梁型の供試体を作製した.寸法は長さ500×高さ100×幅 70mm であり,直径 6mm の鉄筋を用いて主鉄筋及びスタ ーラップを配筋した.また,側面全体に鋼板を貼付した供 試体,貼付していない供試体,さらに,側面の半分のみに 鋼板を貼付した供試体を作製した.供試体への鋼板の貼付 した理由は,裏面における応力波の伝播や反射条件を変化 させることなく供試体のせん断耐力を向上させるためで ある.さらに,供試体には図-2 に示すようにロゼットゲー ジを側面に7箇所,ひずみゲージを衝突面1箇所,裏面5 箇所の計6箇所に貼付した.衝突時間については,衝突面 に貼り付けたひずみゲージにより衝突時間を検知した.ま



写真-1 飛翔体の概要



た,側面のロゼットゲージによりそれぞれの位置における最大せん断ひずみを求め,裏面に貼り付けたひずみゲージにより裏面におけるひずみの値を測定した.ロードセルを用いて支点反力を計測し,高速ビデオカメラにより供 試体側面の破壊性状を撮影した.なお,高速ビデオカメラのコマ数は1秒間に15,000 コマであり,0.067ms間隔で 画像を撮影した.

キーワード:高速衝突,鉄筋モルタル梁,裏面剥離 連絡先:〒239-8686 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:em53048@nda.ac.jp

3. 実験結果および考察

(1)破壊性状

写真-2に、側面に鋼板を貼付しないケース、半分のみ貼付し たケース、全面貼付したケースの破壊性状を示す.鋼板なしの ケースでは裏面剥離が生じ、中央部付近のモルタルだけが残っ た.鋼板を半分だけ貼付したケースは、鋼板がない部分では裏 面剥離が生じ、鋼板貼付部には裏面剥離は生じなかった.供試 体の側面全体に鋼板を付けた供試体は、裏面剥離が発生しなか った.これは、せん断剛性が高い部位では裏面剥離が生じない ことを示しており、裏面における応力波の反射の影響は小さい と言える.次に、鋼板なしのケースにおける高速ビデオカメラ の映像を写真-3に示す.衝突後 t=0.13ms で供試体内部に斜め ひび割れの発生が確認できる.t=0.20ms では内部の斜めひび割 れが裏面に到達するとともに、裏面には垂直に進展するひび割 れが確認できる.t=0.27ms では、斜めひび割れがより明瞭に確 認できる.以上より、斜めひび割れは衝突後約0.13ms で発生し、 0.27ms までに裏面剥離へと進展することがわかる.

(2)ひずみ~時間関係

図-4に、鋼板なしのケースにおける側面の最大せん断ひずみ、 支点反力~時間関係を示す.また図-5に、裏面のひずみ分布を 示す.図-4から、t=0.13ms前後において最大せん断ひずみの発 生を確認することができるが、支点反力は発生していない.こ の時刻は、高速ビデオカメラの映像で示したように斜めひび割れ が発生した時間であることから、支点反力は斜めひび割れ発生に 影響してないことがわかる.また、斜めひび割れの進展に伴って、 最大せん断ひずみが次々と増加することがわかる.次に、図-5か ら、衝突後 t=0.164ms で裏面中央部の引張ひずみの値が大きくな っていることが確認できる.高速ビデオカメラの映像ではこの時 刻以降において曲げひび割れに類似したひび割れが発生していた. すなわち、このような局所的な曲げやせん断変形に起因して、梁 内部に斜めひび割れや曲げひび割れが生じて裏面剥離を形成した ものと考えられる.

4.結言

本研究は鉄筋補強モルタル梁に対する高速衝突実験を行い,裏 面剥離発生メカニズムの検討を行ったものである.裏面剥離は, 鋼板貼付によってせん断剛性を増加させた部位には生じないこと がわかった.また,裏面剥離は,梁の局部的な曲げやせん断変形 によって生じていることがわかった.

参考文献

1) 三輪幸治:剛飛翔体の高速衝突を受けるコンクリート板の裏面剥離発生メカニズムと耐衝撃補強に関する研究, 防衛大学校理工学研究科後期(博士)課程論文, 2010.3.





図-4 最大せん断ひずみおよび支点反力~時間関係



図-5 裏面のひずみ分布