損傷を有する実規模 RC ロックシェッドの AFRP シートによる補修効果

The repair effects of AFRP sheet bonding of RC rock-shed with damage

土木研究所寒地土木研究所○正会土木研究所寒地土木研究所正会室蘭工業大学大学院正会三井住友建設(株)フェ室蘭工業大学学生釧路工業高等専門学校フェ

| 正会員 山澤文雄 | (Fumio Yamasawa) |
|-----------|--------------------|
| 正会員 今野久志 | (Hisashi Konno) |
| 正会員 栗橋祐介 | (Yusuke Kurihashi) |
| フェロー 三上 浩 | (Hiroshi Mikami) |
| 学生員 船木隆史 | (Takashi Funaki) |
| フェロー 岸 徳光 | (Norimitsu Kishi) |

1. はじめに

大規模地震あるいはその後の降雨等の影響により多く の落石災害が発生し、道路網が寸断されるなど地域生活 に大きな影響を与えている。今後、既往の道路防災総点 検結果や震後点検結果を受け、防災対策工検討が実施さ れることになる。また、設計想定最大荷重に満たない落 石等により損傷した RC ロックシェッドの補修・補強法 が確立されていない状況にあり、既存ストックを有効活 用しつつ、効率的・効果的に安全性向上を図り、落石災 害に対する減災・防災強化事業を着実に推進していくこ とが求められている。

このような背景のもと、損傷を受けた RC 製ロックシ エッドの耐衝撃補強設計法を確立することを最終的な目 的に、頂版部・柱部・壁部の補修・補強工法として、ア ラミド繊維(AFRP)シート接着工法の適用性を検討す るため、緩衝材に敷砂を使用した実物大 RC ロックシェ ッドに対する重錘落下衝撃実験を実施し、その補修効果 について実験結果を整理し考察を行った。

2. 実験概要

2.1試験体概要

実験に使用した試験体は、過年度において塑性領域ま での衝撃実験を実施した実規模 RC 製ロックシェッド模 型である。図-1には、試験体の形状寸法を、写真-1 には、AFRP シートを補修した後の外観を示している。 試験体は、道路軸方向長さが 12m、外幅 9.4m、壁高さ 6.4m の箱型構造である。柱の道路軸方向長さは 1.5m、 部材厚さは、頂版、底盤、柱および壁共に 0.7m である。 鉄筋比については一般的なロックシェッドと同程度とし ており、鉄筋の材質はいずれも SD345 である。また、 コンクリートの設計基準強度は 24N/mm² であり、過年 度の実験時の底盤、柱/壁、頂版コンクリートの圧縮強 度はそれぞれ、30.68N/mm²、30.19N/mm²、37.87 N/mm² であった。

実験に使用した RC 製ロックシェッド模型の設計は、 落石対策便覧¹⁾を基本として行っている。本ロックシェ ッドは、緩衝材として 90 cm 厚の敷砂を用いることを 前提に、設計落石条件を質量 2 ton,落下高さ5 m の入 力エネルギー100 kJ を基に,許容応力度法に基づいて設 計を行っている。

過年度の実験としては、同一の実規模 RC 製ロック

シェッド模型に対して、緩衝材の種類、載荷位置、入力 エネルギーを変化させた実験を 23 ケース行い、弾性領 域から終局に近い塑性領域までの耐衝撃挙動データを取 得している²⁾³⁾。

図-2に AFRP シート補修前の試験体ひび割れ分布と AFRP シートによる補修状況を示している。ひび割れ注 入を行わず AFRP シートのみの補修としている。頂版下 面は柱 A 側の端部より 8m の範囲で幅 50cm の AFRP シ ート1層を道路軸直角方向に連続的に接着をしている。 側壁外縁は縦方向に1層とし頂版下面と同様に補修をし ている。柱部は AERP シートを柱外縁に縦方向 1 層と 横方向に1層を巻き付けて補修を行っている。



図-1 RC 製ロックシェッド模型の形状寸法



写真-1 RC 製ロックシェッド模型の外観



図-2 補修前の試験体ひび割れ分布および AFRP シートによる補修状況

表-1 比較ケース一覧

| 比較ケース | 緩衝材 | AFRP補修 | 重錘質量 (t) | 落下高さ (m) | 入力エネルギー (kJ) |
|--------------|-----|--------|-------------|-------------|-----------------|
| S-BC-E1500 | 砂 | 無 | 10 | 15 | 1,500 |
| S-BC-E1500-A | 砂 | 有 | 10 | 15 | 1,500 |
| S-BC-E3000-A | 砂 | 有 | 10 | 30 | 3,000 |

表-2 AFRP シートの力学的特性値(公称値)

| 目付量 (g/m ²) | 保証耐力 (kN/m) | 設計厚 (mm) | 引張強度 (Gna) | 弾性係数 (Gna) | 破断ひずみ (%) |
|----------------------------|----------------|-------------|---------------|---------------|--------------|
| (g/ III / | | (1111) | | | (, , , , |
| 830 | 1,176 | 0.5/2 | 2.06 | 118 | 1./5 |

2. 2実験方法

実験は、10t 重錘をトラッククレーンにより所定の高 さに吊り上げ、着脱装置により所定の位置に自由落下さ せることにより行っている。使用した鋼製重錘の写真を 写真-2に示す。重錘は直径 1.25m、高さが 95cm で、 底部より高さ 30cm の範囲が半径 1m の球状となってい る。今回比較するケースについて、表-1に示す。敷砂 を緩衝材とし中央載荷を行ったシート補修前の1ケース とシート補修後の入力エネルギーを変えた2ケースにつ いて比較した。実験ケース名は、第一項目に緩衝材の種 類を表す記号(S:敷砂)、第二項目には載荷位置 (BC:中央)、第三項目には入力エネルギー表す記号 を第4項目にはAFRP 補修の有無をそれぞれ表している。

また、補修材として使用した AFRP の物性を表-2に示 す。AFRP シートは既往の梁の実験⁴⁾等に使用している ものと同様な材料を使用している。

今回、緩衝材として使用した敷砂はこれまでの実験²⁾ と同一とし、石狩市厚田の知津狩産の細砂を使用した。 粒度試験結果は、0.6, 0.3, 0.15, 0.075 mm のふるい通過 率がそれぞれ 98, 60, 5, 1 % であり、最大乾燥密度が 1.516g/cm3、最適含水比が 18.8%である。敷砂は厚さ 30cm 毎に敷均し、タンピングランマー等を使用して転 圧を行うことで所定の厚さである 90cm に形成した。締 固めの管理としては、これまでの実験での管理²⁾と同様 に、シンウォールチューブ、衝撃加速度計及び RI(ラ



写真-2 実験に使用した鋼製重錘

ジオアイストープ)測定器を使用した。実験時の敷砂の 湿潤密度は平均で 1.547g/cm3、含水比は 8.4%、締固め 密度は 94%前後、衝撃加速度 37G とこれまでの実験時 とほぼ近い値であった。

2.3計測方法

本実験における測定項目は、重錘の頂部表面に設置し たひずみゲージ式加速度計による衝突加速度、非接触レ ーザー変位計による内空変位、鉄筋および AFRP シート に貼付したひずみゲージによるひずみである。また、高 速度カメラによる重錘貫入量計測も行っている。衝撃実 験時の各種応答波形については、サンプリングタイム 0.1ms でデジタルデータレコーダにて一括収録を行って いる。また、各波形の高周波成分については 1ms の矩 形移動平均法により処理を行っている。

3.実験結果および考察

3. 1時刻歴応答波形

図-3には、重錘衝撃力、重錘貫入量および載荷点直 下における頂版変位に関する応答波形を示している。 (a)図の重錘衝撃波形は、いずれのケースも重錘衝突後 に急激に立ち上がり最大値を迎える正弦半波状の波形性 状を示している。入力エネルギーが同じである S-BC-E1500 と S-BC-E1500-A を比較すると、最大重錘衝撃力



図-4 道路軸直角方向変位の時刻歴分布図

および到達時間がほぼ同じとなっており、AFRP シート で補修した S-BC-E1500-A の第 2 波は明瞭ではないが若 干早く生じており大きい値を示している。また、S-BC-E3000-A では、最大衝撃力は他のものより大きく、第 2 波、第 3 波のピークも明瞭で重錘衝撃力も大きいが波形 継続時間は S-BC-E1500A とほぼ同じである。(b)図の重 錘貫入量波形性状は、緩衝材として敷砂を使用する場合 は補修の有無に関係なく、重錘衝突直後は貫入量が急激 に増え、その後緩やかに変化しながら最大貫入量に達し ている。S-BC-E1500 と S-BC-E1500-A では最大重錘貫 入量がほぼ同じ 600mm 程度となっている。また、S-BC-E3000-A ではさらに貫入量は大きくなり、最大貫入 量が 860mm と敷砂厚 900mm に対し、ほとんど貫入を している状態であった。

(c)図の頂版変位は、重錘衝突時より若干遅れて増加 しており、33ms 程度で最大変位を示した後、リバウン ドするように負側へ変位し、減衰自動振動状態に移行し ている。最大変位は S-BC-E3000-A で 21.8mm、S-BC-E1500-A が 15.3mm、S-BC-E1500 で 12.1mm となってい る。

3. 2 頂版変位時刻歷分布

図-4には、載荷断面における道路軸直角方向変位の 時刻歴分布図を重錘衝突後から 10ms から 10ms 刻みで 60ms まで示している。頂版部に着目すると、いずれの ケースにおいても時間の経過とともに載荷点直下を中心 として二次放物線状に滑らかに変位が増加し、30ms~ 40ms で最大値に達した後、減衰状態に移行している。 柱部は、上端部の変位が大きく頂版の変位と同様の時刻 において最大値を示した後、減衰状態に移行している。 入力エネルギーが同じである S-BC-E1500 と S-BC-1500A では、ほぼ同じ様な形状を示しているが、S-BC-3000-A では、より大きい曲げモーメントが作用してい ると考えられる。また、載荷点を含む頂版スパン中央の 道路軸方向変位の時刻歴分布図においても道路軸直角方 向断面における変位分布と同様に 30ms~40ms で最大値 に達した後、減衰状態に移行している。

3.3鉄筋ひずみ波形

図-5には、頂版中央部、柱/側壁上部断面の鉄筋ひ ずみ波形を示している。いずれの場合にも頂版部は上・ 下縁、柱および側壁は内・外縁の鉄筋ひずみが最大振幅 を示した後、減衰する波形形状を示している。いずれの 箇所においても、重錘衝突後引張側のひずみが圧縮側よ りも大きく示されている。また、S-BC-E3000-A では、 シートひずみが鉄筋ひずみに比べ大きな値となっている。

3.4実験終了後の損傷状況

実験終了後、AFRP シートの損傷状態を確認したが、 ひび割れおよび目立った浮き等の変状は見られなかった。 このことから AFRP シートで補修することにより、損傷 した RC ロックシェッドの剥落防止効果が確認された。 また、実 RC 製ロックシェッド試験体の設計落石エネル

平成27年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第72号



ギーが 30 倍である 3,000kJ に対しても損傷等が発生し なかったことを確認できた。

4. まとめ

本研究では損傷を受けたロックシェッドの耐衝撃補強 設計法を確立することを目的に、衝撃実験により損傷を 与えた実規模 RC ロックシェッドに AFRP シートにて補 修し重錘落下衝撃実験を実施した。緩衝材として敷砂を 使用した場合の実験結果より、以下のことが明らかにな った。

1) 損傷した RC ロックシェッドに目付量 810g/m² の AFRP シートにて補修した場合には、設計落石エネルギ ーの 30 倍である 3,000kJ に対しても損傷等が発生しな かったことが確認できた。

2) 緩衝材として敷砂を使用し入力エネルギーが同じ 1,500kJ の場合には、最大重錘衝撃力や最大重錘貫入量 は同様になるが、頂版変位量等波形に違いが見られる。 3) 緩衝材に敷砂を用いる場合、3,000kJ よりも大きな 入力エネルギーが作用する場合には緩衝機能が十分に発 揮されない可能性があることを留意する必要がある。

参考文献

1)日本道路協会:落石対策便覧, 2000.6.

 山口悟、小室雅人、栗橋祐介、今野久志、岸徳光: 敷砂または砕石緩衝材を用いた落石防護覆道の実規模衝 撃載荷実験、構造工学論文集 Vol.61A.2015.3

3) 今野久志,山口悟,栗橋祐介,岸徳光:三層緩衝構 造を設置した実規模 RC 製ロックシェッドの耐衝撃挙 動,コンクリート工学年次論文集,Vol. 36,No. 2, 2014.7. 4) 三上浩,栗橋祐介,今野久志,岸徳光:衝撃載荷に よって損傷を受けた RC 梁の AFRP シート曲げ補強に よる耐衝撃性向上効果,構造工学論文集 Vol.61A,2015.3