

ロックシェッド用 SRC 床版の静的載荷実験と FEM 解析

金沢大学大学院博士前期課程 学生会員 ○松田 隆志
 金沢大学大学院博士後期課程 正会員 北島 幹士
 金沢大学理工研究域 正会員 前川 幸次

1. はじめに

ロックシェッド(落石覆工)は、一般的に道路の側方に余裕がなく落石の発生しやすい急斜面がある場合で、落石の規模が大きい場合あるいは落石防護柵等ではその上を飛び越すおそれがある場合等に使用される[1]。ロックシェッドは、最も信頼性の高い落石対策工であるが、多用されている RC や PC 構造では落石衝撃力を受けてコンクリートが圧壊し、続いて圧縮鉄筋の座屈が生じると急激に耐力を失う。一方、H 形鋼と鉄筋コンクリートから成る SRC 部材は高い靱性が期待できることから、本研究ではロックシェッドに SRC 部材を適用するための基礎研究として SRC 製の主桁と床版のそれぞれについて静的載荷実験を行った。主桁の実験結果と FEM 解析については既に報告した[2]。ここでは床版の実験結果と FEM 解析モデルについて報告する。

2. 試験体の概要

図-1 は静的載荷試験に使用した床版試験体の断面図である。板厚 4.5mm の外鋼板内に H 形鋼(H-200×150×6×9)および引張鉄筋(2-D16)を配置した後、プレキャストコンクリート(圧縮強度 57.0MPa)を打設した。外鋼板と H 形鋼にそれぞれ 2 本ずつ頭付きスタッド(φ13×50)を 0.8~1m ピッチで溶植している。試験体は全長 4909mm および支間長 3550mm であり、プレキャストコンクリート上に現場打ちコンクリート(29.4MPa)を打設した。コンクリート材料(プレキャストコンクリートと現場打ちコンクリート)間の打継目の付着を高めるために、H 形鋼には等辺山形鋼 L50×50×6($l=250\text{mm}$)を溶接したアングルジベルおよび差筋アンカー(D13)が 1m ピッチで配置されている。現場打ちコンクリート内には主鉄筋(D19×4840)が 200mm ピッチで 4 本、配力筋(D13×740)が 200mm ピッチで 25 本配置されている。また、プレキャストコンクリート内には引張鉄筋(D16×4800)が H 形鋼下フランジ上面に 90mm ピッチで 2 本配置されている。写真-1 は床版の曲げ載荷時を表しており、スパン中央部の外鋼板はコンクリートから剥離・座屈しており、コンクリート材料間にはズレが生じている。

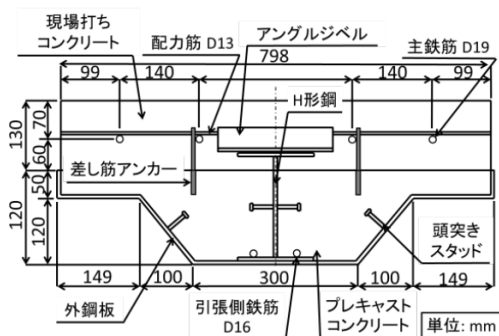


図-1 床版断面図

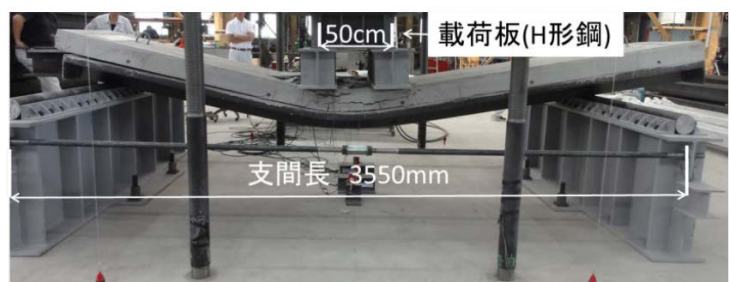


写真-1 床版の載荷実験

3. 解析モデル

図-2 は床版試験体の解析モデルの断面図である。桁長方向の要素長は約 25mm、総節点数約 89000 節点および要素数約 65000 要素である。それぞれの物性モデルを表-1 に示す。載荷板の変位制御により静的載荷試験を表現した。鋼材とコンクリート材料との剥離を表現するため、接触面のせん断応力が指定したせん断強度に達するまでは接触面は固着状態を保ち、それ以後は剥離を生じるような接触条件を適用した。そのせん断強度には 0.5MPa を用いた[3]。また、コンクリート材料間については、同様の接触条件(せん断強度 1.0MPa)を適用し

キーワード ロックシェッド, 静的載荷実験, FEM 解析, 接触条件, LS-DYNA, せん断付着強度

連絡先 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理工学域環境デザイン学系 TEL076-234-4602

た[4]. H 形鋼とコンクリート材料間の接触条件の影響を確認するため, H 形鋼とコンクリート材料間にせん断強度を適用したモデル S (Shear), 固着させたモデル T (Tied), 通常の接触モデル N (Normal, 摩擦ゼロ), および全ての接触面(外鋼板, H 形鋼, コンクリート材料)を固着させたモデル A (All)の 4 種類について検討し実験値と比較した. また, 補強鋼材(アングルジベルと差筋アンカー)の効果を確認するため, モデル S から補強鋼材を取ったモデル S-without との比較も行った. 解析は, 非線形解析コード LS-DYNA の陰解法を使用した.

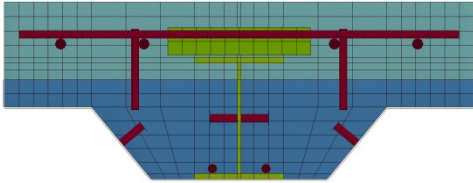


図-2 解析モデル断面図

表-1 物性モデル

材料	物性モデル	圧縮強度 f _c (MPa)	降伏強度 f _y (MPa)	ヤング率 E (MPa)	ポアソン比 ν (-)	密度 ρ (ton/mm ³)
現場打ちコンクリート	圧壊・軟化挙動 を表現できるモデル	29.4	13.2	2.56E+04	0.167	2.35E-09
プレキャストコンクリート		57.0	25.6	3.57E+04	0.167	2.35E-09
鋼材 (SS400)	完全弾塑性体		245	2.00E+05	0.3	7.86E-09
鉄筋 (SD345)			345	2.00E+05	0.3	7.86E-09
頭付きスタッド			235	2.00E+05	0.3	7.86E-09
支点	弾性体			1.00E+08	0.3	1.00E-08
載荷板	剛体			2.00E+05	0.3	7.86E-09

4. 解析結果

床版試験体の荷重とスパン中央の変位の関係を図-3 に示す. 図-3 より, モデル S, T, および N は実験値に比較的近い最大耐荷力を示した. 最大耐荷力の差はモデル S を基準として 2.8%のみである. これは, コンクリート材料間のズレ留めを期待して配置した補強鋼材の効果により, 接触条件の影響が小さくなったためだと考えられる. したがって, 本試験体において, H 形鋼とコンクリート材料間の接触条件

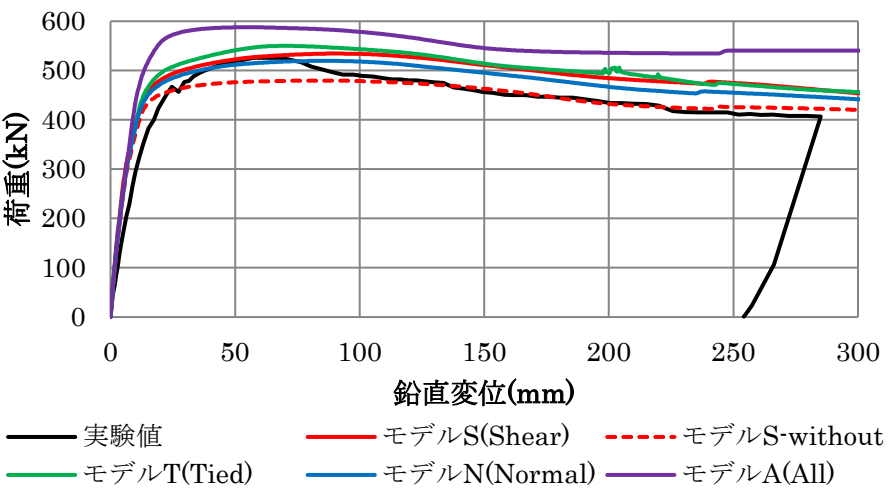


図-3 荷重-変位関係

に通常の接触条件を適用したモデル N を用いることで力学的挙動を十分表現可能であることが考えられる. また, モデル S とモデル S-without に着目すると, 実験値はピークまでは補強鋼材を考慮したモデル S に近く, ピーク後は補強鋼材を考慮していないモデル S-without に近い結果を示していることが分かる. また, 解析結果より補強鋼材を配置することで最大耐荷力が 11%増加している. したがって, 補強鋼材を配置することで最大耐荷力の増加が期待できるが, その効果はピーク後に小さくなることが分かる.

5. まとめ

本研究では, SRC 製ロックシェッドを構成する床版の有効な解析モデル作成のため, 静的曲げ試験を行うとともに 4 種類の接触条件について解析を行った. その結果, 補強鋼材の効果により H 形鋼とコンクリート材料間に通常の接触条件を適用することで力学的挙動を十分表現可能であることが確認できた. また, モデル S とモデル S-without の解析結果より, 補強鋼材はコンクリート材料間のズレ抑制だけでなく最大耐荷力増加に対しても効果があることが確認できた. 今後は, 本解析手法の SRC 製ロックシェッドの衝撃応答解析に対する適用性も検討していく.

参考文献

[1] 日本道路協会: 落石対策便覧, 丸善印刷株式会社, 2000.
[2] 松田, 他 2: ロックシェッド用 SRC 主桁の静的載荷実験と FEM 解析, H28 年度中部支部研究発表会, 2017
[3] 複合構造標準方書小委員会: 2014 年制定 複合構造標準方書 原則編・設計編, 土木学会, 2015
[4] 安井一貴: 自己充填モルタルのせん断付着強度, 高知工科大学大学院修士論文, 2009