地中ボックスカルバートへのひび割れ評価技術の適用例

(株)大林組 正会員○米田 昂司 正会員 永井 秀樹 正会員 佐々木 智大 米澤 健次 東北電力(株) 正会員 山口 和英

1. はじめに

東日本大震災以降,原子力施設では地震後の耐漏洩機能等の詳細な把握が求められ,水密性・気密性の評価指標として最大残留ひび割れ幅等が用いられている.近年,非線形 FEM 解析は,構造物の安全性評価に多く活用されているが,従来の分散ひび割れモデルでは,ひび割れ幅や間隔などの詳細な評価は難しく,RC構造物に生じるひび割れ性状を精度よく再現できないのが現状であった.そこで,佐藤・長沼は,鉄筋とコンクリート間の付着応力分布を考慮した分散ひび割れモデルによりRC構造物に生じるひび割れ性状を詳細に再現できる疑似離散型ひび割れモデル¹⁾²を提案した.本報では,断層変位の影響による地中カルバートの損傷状況の確認を目的とした静的載荷実験に対して,この疑似離散型ひび割れモデルを適用した事例を報告する.

2.載荷実験の概要³⁾

載荷実験は,鉄筋コンクリート製2連ボックスカルバートの1ブロックを対象に,断層変位を模擬する載荷実験を実施した.試験体はモデルとした構造物の1/4縮小モデルとし,直下の断層に縦ずれが生じた時の構造物の状態を模擬し,載荷点ジャッキ2台と固定点ジャッキ2台により,その損傷・破壊モードを確認した(図-1,図-2).試験体は,高さ1.25m,幅2.50m,奥行3.75mで,壁厚は0.25mであり,接合部にはハン

チを設けた.横断面に沿った主筋にはD13を150mmピッチで,水路軸方向に沿った配力筋にはD10を125mm ピッチで,せん断補強筋はD6を用いた(図-3).断層線を模擬した底版支持点が構造物に対して斜め45度に 設置されているため,頂版中央部には,斜め45度のひび割れが生じた.

3. 疑似離散型ひび割れモデルの概要

佐藤・長沼による疑似離散型ひび割れモデル¹⁾²は,鉄筋とコ ンクリート間の付着〜すべり挙動とひび割れによる応力再配分 を,分散ひび割れモデルを用いた FEM により直接計算し,ひ び割れ幅やひび割れ間隔を求めるひび割れ離散化処理手法であ る.本モデルにより,RC構造物に生じるひび割れの幅や間隔な どが定量的に評価でき,より現実的にひび割れ性状を再現でき る.詳細は文献¹⁾²⁾を参照されたい.なお,解析ソフトはFINAL を用いた.





図-2 実験載荷ジャッキおよび支承配置図

図-1 試験体と載荷装置 (固定点側より撮影)



図-3 試験体断面配筋図

キーワード 地中ボックスカルバート,三次元非線形有限要素法,載荷実験,ひび割れ評価 連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 TEL 03-5769-1307 FAX 03-5769-1972

I-264

4. 評価結果

頂版と側壁のひび割れについて,実験終了後に詳細に実施したひび割れスケッチと解析終了時のひび割れ図の比較を図-4に示す.ひび割れの分布状況について両方を比較した結果を表-1示す.解析と実験のひび割れ分布状況は概ね一致し、解析により実験のひび割れ性状を精度良く再現できていることがわかる.

ジャッキ荷重~隅部鉛直変位の関係を図-5 に示す.従来の分散ひび割れモデルの結果(事後解析の結果) と比較して,鉛直変位 20mm までの荷重が小さいが,両者の傾向に大きな相違はなく,概ね実験結果と良好 に対応している.実験において側壁(西側)で画像計測を実施したため,その結果よりひび割れ幅を算出し, 解析結果と比較した.隅部鉛直変位が 40mm 時点の比較を図-6 に示す.側壁上部の頂版に繋がるひび割れの 本数は一致し,主要なひび割れ線のひび割れ幅も 2mm~2.5mm で概ね一致することが確認できた.

項目	比較結果
分布範囲	側壁で少し解析の方が広く分布したが、 頂版は概ね一致した.
ひび割れ方向	頂版の配筋に対して断層線が 45 度に配置されているため,頂版中央部で断層線と同じ方向にひび割れが
	発生した.一方で頂版端部では、コンクリート応力が解放されるため、鉛直方向(主筋方向)にひび割れ
	が発生しており,実験および解析で一致した傾向を示した.
ひび割れ本数	頂版端部(東側)で主となるひび割れの本数は7本であり、実験と解析で一致した.





5. おわりに

本手法において適切にひび割れが再現できていることが確認できた.今後,ひび割れ性状(ひび割れ幅,ひ び割れ範囲,ひび割れ本数)に対する本手法の評価精度を多くの事例を通して検証する必要がある.原子力分 野に対して,本手法の耐震バックチェックや新築設計等への適用を始め,原子力施設における耐漏洩機能等評 価,RC構造物の耐久性評価,RC構造物の被災後補修シミュレーションへの活用等が期待される.

参考文献

- 1) 佐藤裕一,長沼一洋:分散ひび割れモデルによる鉄筋コンクリートのひび割れ幅の予測,構造工学論文集, Vol.61B, 2015. 2) Yuichi Sato, Kazuhiro Naganuma: Discrete-Like Crack Simulation of Reinforced Concrete Incorporated with Analytical
- Solution of Cyclic Bond Model, Journal of Structural Engineering, ASCE, 2013.
- 3)山口和英,伊藤悟郎,肥田幸賢:断層変位が作用するボックスカルバートの載荷実験,土木学会第9回インフラ・ライフラ イン減災対策シンポジウム,2019.