

劣化反映を前提とした鉄筋コンクリートマンホールの構造解析

NTT アクセスサービスシステム研究所

正会員 ○竹内陽祐

非会員 田端みずき

非会員 牧野良

非会員 玉松潤一郎

1. 背景

高度経済成長期に建設された国内の構造物の多くが建設後 50 年を超えることもあり、維持管理の必要性が高まっている。また、インフラを担う人材の不足も深刻であり、構造物の老朽化対策には、点検の効率化やデータの整備・利活用、修繕における新技術・新材料の活用が必要と指摘されている¹⁾。NTT が保有する約 65 万個の鉄筋コンクリートマンホール (MH) についても、建設後 50 年を超える設備が増加しているため、老朽化対策として補修基準の最適化による維持管理効率化を進めている。現在、MH の補修・補強は、コンクリートのひび割れや剥離等の劣化が確認され次第速やかに実施されている。しかし、今後、老朽設備の増加と人材不足の進行により、補修対応に猶予期間を設ける必要性が生じる可能性がある。その場合、コンクリートのひび割れ・剥離や鉄筋の腐食減肉が生じた状態で一定期間運用することとなるため、劣化を有する状態での安全性を確認する必要がある。従来、鉄筋腐食のような材料劣化と耐荷性能に関する多くの研究があるが、断面欠損のモデル、定着効果、ひび割れ幅や範囲等様々な影響を受け、特に腐食ひび割れ性情の考慮について個別の検討を要することが示されている²⁾。そこで本研究では、個々の MH で生じる劣化の程度・範囲・位置等を精度高く再現し、構造解析する手法の構築を目指し、まず、劣化反映を前提とした解析モデルの構築と解析モデルの妥当性検証のための載荷試験を実施することとした。

2. 構造解析モデルの構築

2. 1 構造解析モデルの構築

不特定の位置に生じる鉄筋コンクリートの劣化を反映することを想定し、3次元非線形有限要素解析を検討した。解析モデルは MH の全構造で構築することとし、コンクリートはソリッド要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素とし、コンクリートと鉄筋は完全付着としてモデル化した。図-1 に解析モデル (鉄筋) を例示する。モデル化した MH は、内空寸法 3000 mm×1400 mm×1700mm、上床版・側壁厚さ 200 mm、下床版厚さ 250 mm である。コンクリートのソリッド要素のメッシュ

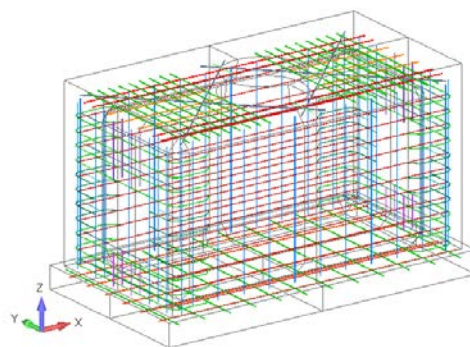


図-1 解析モデル全体図 (鉄筋)

サイズは 75 mm を基本とした。ただし、コンクリートかぶりの剥離を想定し、コンクリート表面から深さ方向 2 要素目に鉄筋が埋め込まれるよう設定した。ひび割れモデルはひび割れの影響を、要素の平均的なひずみとして扱う分散ひび割れモデルのうち、直行固定ひび割れモデルを適用した。コンクリートの設計基準強度は 14.7 N/mm²、引張強度は 1.38 N/mm² とした。また、鉄筋は SR235 を想定し、降伏強度は JIS 規格下限値の 235 N/mm²、ヤング係数は 200 kN/mm² とした。載荷条件は、躯体自重、鉛直土圧、水平土圧、路面活荷重を考慮し、路面活荷重は上床版上面の等分布荷重とし、Push Over 解析により載荷時の挙動を評価した。

キーワード 有限要素法、鉄筋コンクリート、マンホール、腐食、ひび割れ

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL029-868-6222

2. 2 解析結果

Push Over 解析により、圧壊に至った際のコンター図を図-2に示す。最大主ひずみが大きく生じている位置でひび割れが生じ、ひび割れは、上床版の内空側開口部周辺および地山側端部、側壁の地山側上部、下床版の内空側中央に発生した。また、荷重－変位関係を図-3に示す。縦軸は常時荷重を除いた活荷重による増分荷重、横軸は下床版下面の節点を基準とした上床版上面の節点の鉛直下向きの相対変位である。設計荷重である 472 kN に対し、鉄筋降伏に至るには 4 倍の荷重を要するという解析結果となったことから、劣化がない条件であれば十分な耐力を有しており、軽微な劣化を反映させた場合でも安全率の範囲内で運用可能なことが推測できる。

3. 載荷試験による検証

3. 1 載荷試験方法

載荷試験用に解析モデルと同サイズ、同物性値の試験体を作製し上床版地山側にひずみゲージを貼付した。ただしコンクリートの圧縮強度は作製都合により 17.5 N/mm² となった。試験体への載荷は、10 MN 級試験機を用い、大面積載荷版および EPS 板を用いて等分布荷重とした。荷重は 0.02 mm/sec の速度制御により圧縮荷重を負荷し、荷重が 2800 kN に到達した時点で除荷し、ひび割れ発生状況を確認した。

3. 2 載荷試験結果と解析モデルの比較

圧縮荷重負荷後のひび割れ発生状況を図-4に、ひずみゲージの測定値を図-5に示す。ひび割れ発生位置は図-2の解析結果と同様の位置に発生した。またひずみについては、載荷版や側方土圧の有無の影響を受けているものの、オーダーレベルでは一致した。

4. まとめ

劣化を反映することを前提に 3 次元非線形有限要素解析モデルを構築し、実構造物の載荷試験と同様の荷重応答を示したことから、モデルの妥当性を確認した。今後、MH 個別のひび割れ等の劣化を反映させた解析のためのモデル改良を進める。

参考文献

- 1) 国土交通省, 令和 2 年版国土交通白書, pp.114-115, 2020.
- 2) 村上ら: 鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の残存曲げ耐力性状に関する研究, コンクリート工学論文集, vol. 17, No. 1, pp.61-74, 2006.

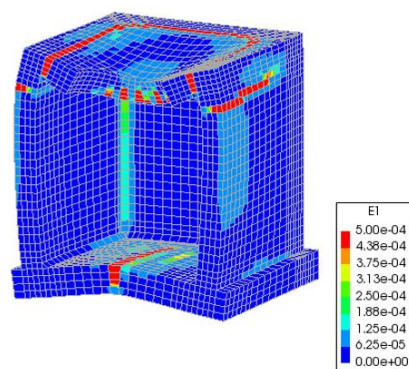


図-2 最大主ひずみコンター図 (圧壊時)

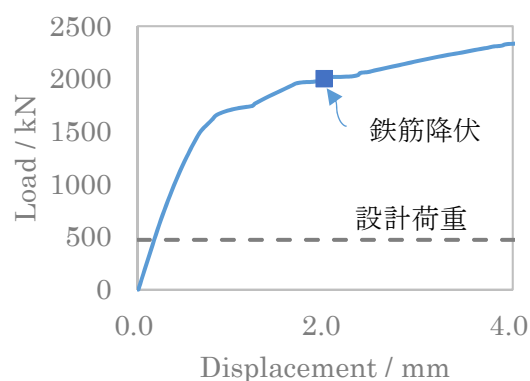


図-3 荷重－変位関係

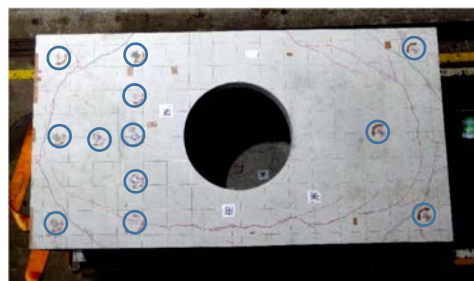


図-4 載荷試験後のひび割れ状況
※青丸はひずみゲージ添付位置

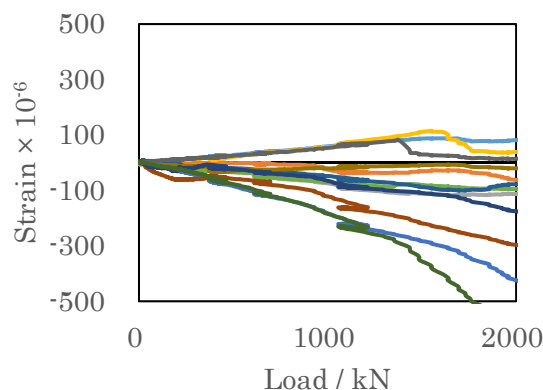


図-5 上床版地山側のひずみ測定結果