鉄筋腐食による上床版のはく落現象の簡易予測手法の検討

金沢工業大学大学院 (現,佐藤工業) 学生会員 乾川 尚隆

金沢工業大学 (現, 熊谷組) 福村 一樹

金沢工業大学 正会員 木村 定雄

1. はじめに

地下鉄トンネルでは,覆エコンクリートの設計耐 力の確保のみならず,はく落現象を防止することが 利用者の安全性を確保する観点から求められる.こ のため,鉄筋腐食により各種の性能が低下すること を簡易に精度良く予測する手法の確立が強く求めら れている.一方,はく落現象に関する目視点検規準 などが各事業者から個々に提案されている¹⁾.しか しながら,既設トンネルの将来の維持管理計画の意 思決定を行う上で,健全度低下の予測技術が定量的 に確立されているとは言い難い.

本報告は地下鉄開削トンネルの上床版を模擬した 供試体を用いた強制鉄筋腐食実験を行い,鉄筋腐食 による外観変化の進展を確認し,はく落現象を簡易 に予測する手法を検討したものである.

2. 実験概要

地下鉄開削トンネルの上床版を模擬した供試体を 作製した.実験ケースは図1に示す.コア部のコンク リートの面積(以下,Acと呼ぶ)とそれを囲んでいる 鉄筋表面積の半分(以下,Asと呼ぶ)がはく落現象に 影響すると考え,As/AcをD16は0.67とD13は0.3 と設定した.鉄筋表面積とコンクリートの面積の関 係を図2に示す.設計基準強度は24N/mm² (f'c28=27.8N/mm², Ec28=20900N/mm²)とした.主鉄筋の 純かぶりは設計値の52mmとした.

脱型後の供試体にひび割れの発生位置や長さを確認するため 50mm 間隔でメッシュを設けた.また, ひび割れ密度および腐食析出密度を算出するために エリアを設定した.図3にエリアの詳細を示す.

鉄筋腐食の方法は電食を採用した.強制的に鉄筋 を腐食させ,比較的短時間に鉄筋を効率よく腐食さ せるためである.直流安定化電源により鉄筋表面に 対して電流密度を 3.8A/m²,約 1.0A の電流を通電さ せた.図4に電食の概要を示す.



キーワード トンネル,覆工,はく落,目視点検,維持管理
連絡先 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1 TEL:076-248-8426 FAX:076-294-6713

3. 実験結果および考察

表2に目視点検基準を示す²⁾.強制鉄筋腐食実験か らひび割れの進展や腐食析出物の発生状況から、は く落現象を予測する目視点検基準を定めた .図5に外 観グレードの進展を示す.電食開始後,約13日で Grade まで早期に進展した.設計かぶりが確保され ている場合に,Grade 以降の外観の進展が遅くなる ことを確認した.また,D13とD16を比較すると,1 日程度の違いはあるものの外観グレードは同様な進 展を示す傾向にある.しかしながら,Grade 以降の 進展が遅いため,その後の進展を予測することが困 難である.そこで,簡易に測定できると考えた,ひ び割れ密度および腐食析出密度により Grade 以降 の外観の進展を評価することを試みた.その算出式 を式1³⁾および式2に示す.図6に外観グレードとひび 割れ密度および腐食析出密度の関係の一例を示す。 その結果,外観グレードがGrade 以降からひび割れ 密度および腐食析出密度の増加を確認した、ひび割 れ密度は約20日間増加し,その後の進展が一定値に 収束する傾向にある.腐食析出密度は,ひび割れ密 度の増加後に暫時的に増加する傾向にある.また, D13 と D16 を比較すると, D13 のひび割れ密度のバ ラツキが大きくなった.これは,配筋方法の違いが 腐食膨張圧の応力伝達に影響を及ぼしたためにバラ ツキが大きくなったと考えられる.設計かぶりが確 保され、ひび割れ密度の進展が一定値に収束し、腐 食析出密度が暫時的に増加する傾向にある場合に, かぶりコンクリートのはく離現象が発生している可 能性がある.しかしながら,かぶりやコンクリート の強度などの影響により,はく落現象が早期に発生 せず,鉄筋腐食が進行することで曲げ耐力やせん断 耐力などの構造安定性能が先に低下する可能性があ ると考えられる.

参考文献

- 1) 例えば,鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等維持 管理標準同解説(構造物編)トンネル,2007.1.
- 小田和伸,乾川尚隆,木村定雄:鉄筋腐食による RC 覆工におけるかぶりコンクリートのはく落現 象の目視点検評価手法の検討,トンネル工学報 告集, Vol.17, pp.343-348, 2007.11.
- 東日本道路株式会社,中日本道路株式会社,西日本道路株式会社:保全点検要領,p.150,2006.5.

表2 日倪点筷基凖	
Grade	外観の状態
Grade I	鉄筋(最もかぶりの小さい鉄筋,一般にスターラップ) に沿ったひび割れと腐食析出物が見られる
Grade II	鉄筋に沿ったひび割れが複数本確認でき, 腐食析出物が 拡大している
GradeⅢ	鉄筋に沿ったひび割れが進展しそれと交わる方向の 鉄筋に沿うひび割れと腐食析出物が見られる
GradeIV	鉄筋に沿ったひび割れとそれに交わる方向のひび割 れがつながる
Grade V	鉄筋に沿ったひび割れとそれに交わる方向のひび割 れがつながり,閉じている





ひび割れ密度 =
$$\frac{\Delta^{cm}}{A_n} (cm/m^2) \cdots 式 1$$

 l_{cm} :各エリアのひび割れ開口幅0.2mm以上のひび割れ長さ(cm) A_n :各エリアの面積(m^2)

腐食析出密度 =
$$\frac{\sum m_n}{A_n} (kg/m^2)$$
····式2

$$m_n$$
:各エリアの腐食析出物の質量(kg)

 A_n :各エリアの面積(A^2)

