「地下鉄構造物のアセットマネジメントにおける具体的プロセスについて」

名古屋市交通局　技術本部施設部軌道事務所[1]　　伊藤正弘、木村幸貴
株式会社　復建エンジニヤリング[2]　　○荒　勲、渡邉浩三

1．はじめに

名古屋市営地下鉄は、昭和 32 年に営業を開始し、営業キロ 93.3km、路線数 6 路線、駅数 87 駅で営業を行っている。構造形式は、箱型トンネル、シールドトンネル、高架橋及び擁壁である。建設から 50 年以上経ている構造物もあり、今後、劣化進行を予測し、保全管理をする必要がある。営業線の保全においては、運行に支障するような大規模補修工事が実施できないことや、代替路線の確保が非常に困難であることから、従前の対症療法的保全ではなく、既存構造物の計画的な予防的保全が必要となる。このことから、ライフサイクルコストを把握してメンテナンスコストを平準化するため、アセットマネジメントを導入する。

本検討は、アセットマネジメントの導入にあたり、健全度評価、劣化予測及びシナリオを具体的に設定することにより、中長期（概ね 100 年間）における効果的な維持管理計画の策定を行ったものであり、そのプロセスを以下に示す。

2．アセットマネジメントの具体的プロセス

(1)健全度評価

地下鉄全線の構造状態を既存の点検結果から、20m 毎に単純な Good、Bad に分類した。さらに、劣化予測を行うため建設経年毎に中性化深さ、塩分量、圧縮強度等の各種試験を行い健全度を評価した（**図-1**）。

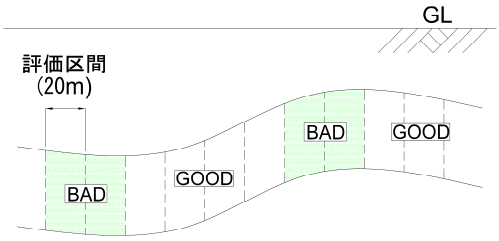

図-1　構造状態の分類（モデル化）

(2)劣化予測手法

コンクリート構造物の劣化予測は、現地調査の結果、塩害の影響が少ないことから、中性化の進行速度により判断することとした。なお、中性化による劣化予測についても単純に Good、Bad に分けて予測を行なった。中性化予測式については、一般的な予測式（岸谷式：$C = A\sqrt{t}$　C：中性化深さ、A：速度係数（3.72）、t：経過時間）を基に速度係数を求めた。

Good、Bad における中性化による劣化予測結果を**図-2(1)～(2)**に示す。一般的な予測式（岸谷式）と比較すると、Good 区間では概ね同様に、Bad 区間ではやや早期に鋼材腐食が開始する結果となった。

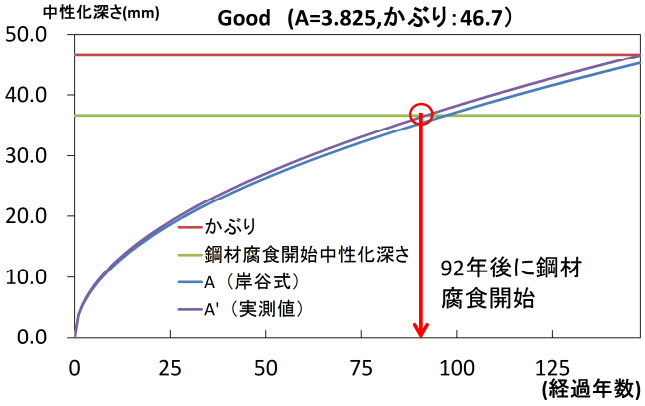

図-2(1)　劣化予測例（箱型トンネル・Good）

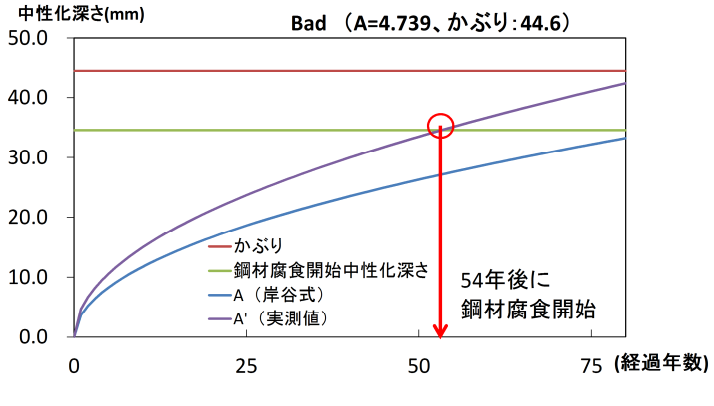

図-2(2)　劣化予測例（箱型トンネル・Bad）

また、鋼橋については、固有振動数等のモニタリングにより、劣化の予測を行っていく。

キーワード　アセットマネジメント、劣化予測、ライフサイクルコスト
連絡先　　1　〒464-0841　愛知県名古屋市千種区覚王山通 7-11　名古屋市交通局技術本部施設部軌道事務所　ＴＥＬ052-762-9446
2　〒103-0012　東京都中央区日本橋堀留町 1-11-12 保全技術部　ＴＥＬ03-5652-8571

参考文献　1)「鉄筋コンクリート構造物の劣化を予測する」(RRR, 2008.11)

(3) シナリオ設定

シナリオ設定の前提条件となる要求性能については、鉄道営業線であることから、「営業線に支障しない」こと及び「第三者被害の防止」を満足させることとした。この要求性能を満たすためには、コンクリートのはく離・はく落を防止する必要がある。

このため、鉄筋の腐食を管理指標とする。

コンクリートの中性化による劣化（進展期以降）の予測については、『鋼材腐食開始』から『ひび割れ開始』及び『はく離・はく落開始』する鋼材腐食深さを次式[1)]により算出し評価した。

ひび割れ発生鉄筋腐食深さ：Δr_{cr}

$$\Delta r_{cr} = 13(c/\phi) \times 10^{-3} (\mathrm{mm})$$

はく離・はく落発生鉄筋腐食深さ：Δr_{sp}

$$\Delta r_{sp} = 56(c/\phi) \times 10^{-3} (\mathrm{mm})$$

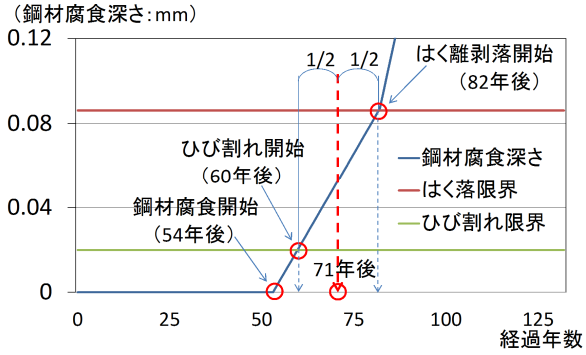

図-3 中性化による劣化（進展期以降）の予測結果

（Bad の例）

なお、補修を完了するタイミングは、要求性能を確実に満足するように『ひび割れ開始』から『はく離・はく落開始』の期間の 1/2 の時期までに行うこととした（図-3）。

3．検討結果

中性化対策として、前述の補修を完了するタイミングで補修費用を算出し、さらに補修材劣化周期により繰り返し補修する費用を計上した。その結果図-4 のとおり、高架橋、箱型トンネル、シールドトンネルの順に保全費用が発生する。これらを図-5 のように単純に平準化すると、補修するタイミングが相当早くなり、本来の補修を完了するタイミングまでに補修サイクルが複数回発生することになり、不経済な結果となる。本来の補修を完了するタイミングを考慮して経済的に平準化した費用を図-6 に示す。単純に平準化した費用と比べて、１割程度の費用が圧縮できる。

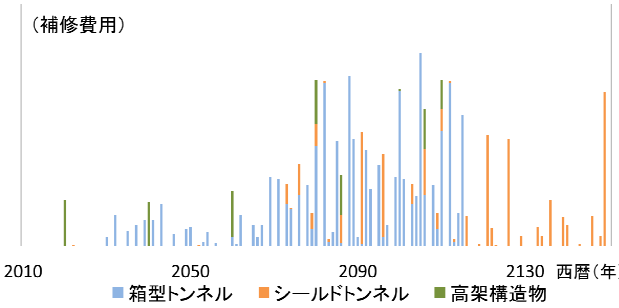

図-4 補修費用の推移

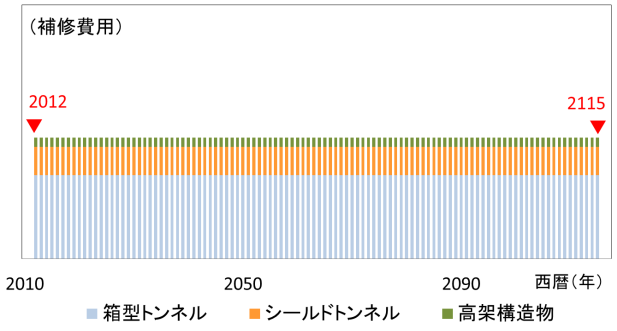

図-5 単純平準化費用

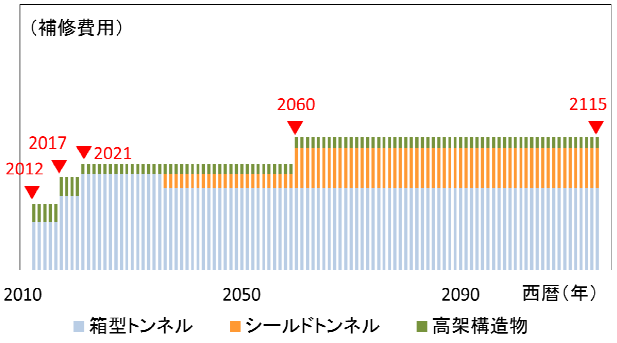

図-6 経済的平準化費用

4．今後の課題

(1) 含水率調査

最近の研究により、コンクリート中の含水率と鉄筋の腐食の進展との因果関係が明らかになりつつある。

このことから、含水率について詳細な調査を行ない、その結果によっては、補修を完了するタイミングを先送りでき、ライフサイクルコストの圧縮が期待できる。

(2) かぶり厚調査

詳細にかぶり厚を測定することにより、補修優先順位を設定できる。さらに、かぶり厚によっては、補修を完了するタイミングを先送りすることもでき、ライフサイクルコストの圧縮が期待できる。

(3) 鋼橋のモニタリング

鋼橋の健全度調査により基本的な性状は把握できたが、今後、定期的に固有振動数等の追跡調査を行うことにより、経年劣化の傾向を把握するとともに管理値を設定し、鋼橋の予防的保全計画の策定を行なう必要がある。