

メンテナンスコストを考慮したコンクリート構造物の設計手法の一提案

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 伊東 佑香

1. 背景

従来メンテナンスフリーと考えられてきたコンクリート構造物においても、昨今は剥離剥落などの経年劣化による変状が多発している。今後、供用期間の経過とともに構造物の維持管理費用は増大、メンテナンスの重要性も増すと考えられる。当社においても合成短繊維補強コンクリートの導入など、建設時点から維持管理を考慮した構造物の設計及び施工を進めている。しかし、このような建設段階での維持管理対策の費用対効果については明確になっていないのが現状である。そこで本稿では、合成短繊維補強コンクリートの導入を例にとり、ライフサイクルコスト（以下 LCC ）を指標に新設時点で維持管理を考慮することの有効性を検証した。

2. ライフサイクルコストの算定

LCC は、一般的に初期建設費用、維持管理費用及び撤去費用の総和である。本稿では初期建設費用 C_i 及び維持管理費用 C_m の關係に着目し、式(1)より LCC を算定する。

$$LCC = C_i + C_m = C_i + \left[\sum_{t=a_1}^A C_{ins} \frac{1}{(1+k)^t} + \sum_{t=b_1}^B C_{rep} \frac{1}{(1+k)^t} \right] \quad (1)$$

維持管理費用 C_m は検査費用 C_{ins} と、修繕費用 C_{rep} に大別した。ここで、 A は検査実施年数、 B は修繕実施年数、 k は実質利子率である。

LCC の算定対象路線は東北新幹線のうち大宮から新白河までの範囲とする。当該路線は全延長に占めるコンクリート高架橋の割合が他路線より高いため、経年劣化の影響を把握するのに有効であると考えた。

(1) 初期建設費用 C_i

まず初期建設費用について検討を行った。初期建設費用は構造物を建設する際の企画、基本設計、実施設計及び建設費用の総額である。対象区間の施工延長と請負金額より、単位延長当りの初期建設費用を求めた。その結果、対象路線の各駅部で建設費用が大きくなっていることが確認できた。

(2) 検査費用 C_{ins}

続いて検査費用について検討を行った。ここで、検査費用の内訳は一般的な直轄検査業務の歩掛のみを対象としている。当社の実施する検査は、実施細目に定められている定期検査と必要の都度行う不定期及び個別検査に分けられる。このうち定期検査は周期的に行う検査であり、施工時の努力により低減させることは出来ない。一方、不定期及び個別検査に関しては、変状検査及び災害・事故対応が主となっているため、このうち変状検査については設計・施工時の留意により削減が可能であると思われる。不定期検査及び個別検査の実施回数に関して、当社の構造物管理システムより2000年度から2005年度までの検査データを調査した結果、検査日数は平均11日/年であった。検査内容としてはコンクリート構造物のスラブ面の亀裂・ひびわれ(27.0%)、剥離剥落(17.0%)に関する検査が多くを占めた。ここから、対象路線においては現時点で構造物の耐力低下に直結するような変状は見られなかったが、ひびわれや剥離剥落といった現段階では第三者被害の原因となり、将来的には構造物の耐力に影響を与えると予測される変状の発生が確認された。

(3) 修繕費用 C_{rep}

最後に修繕費用について検討を行う。 LCC を算定する際には、供用開始から現時点(または供用終了)までの各年度の修繕費用の総和を取る必要がある。本稿では過去18年間(1987~2004年度)のデータを調査し、その結果から経年とともに修繕費用が増加すると仮定して対数近似により近似曲線を算定した。なお修繕箇所としては全体の92.0%を上部工が占めており、そのうち地覆の割合が79.0%、防音壁の割合が10.0%であった。また修繕内容は前述の検査内容を受けて剥離剥落対策が中心であった。

キーワード ライフサイクルコスト、初期建設費用、維持管理費用、合成短繊維補強コンクリート

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 東日本旅客鉄道(株) TEL 03-3370-6137

(4) ライフサイクルコスト LCC

以上、初期建設費用、検査費用及び修繕費用の供用開始から現時点(または供用終了)までの総和より LCC を算定した。式(1)の実質利子率は既往の研究¹⁾より 1.0%を仮定している。本稿では供用開始から 23 年の 2005 年度時点及び供用期間 50 年に対応する 2032 年度に対して LCC の算定を行った。その結果、建設時点での LCC (初期建設費用と同額) を 100%とした場合、2005 年度の LCC は 102.0%、2032 年度の LCC は 165.1% となった。ここから、2005 年度時点では LCC が依然初期建設費用で決定されているのに対し、供用 50 年の LCC では初期建設費用に対して維持管理費用の割合が 65.0%と増加しているのが確認できた。以上より、実質利子率 1.0%を考慮した場合でも LCC に占める維持管理費用の割合が供用年数に応じて増加することが確認された。

3. 合成短繊維補強コンクリート導入の有効性の検証

前述したように、コンクリート構造物における維持管理費用の大部分を占めているのは地覆、高欄及び防音壁等上部工の亀裂・ひびわれ、剥離剥落である。これらの変状はコンクリート構造物内部の鉄筋を腐食させ構造物の耐力を低下させるだけでなく、コンクリート片の落下を誘発する。特に都市部では、コンクリート片の落下による第三者被害への対策が急務となっている。現在、このようなコンクリートの亀裂・ひびわれ、剥離剥落対策として注目されているのが合成短繊維補強コンクリートである。実際に当社でも新設時のかぶり厚の増加、非破壊検査及び打音検査の実施に加えて、合成短繊維補強コンクリートの導入を進めている。一般的に合成短繊維補強コンクリートは剥離剥落対策に有効であると言われているが、実際に導入により供用期間中の費用対便益がどの程度変化するのは明確でない。そこで、本稿では LCC を指標として、合成短繊維補強コンクリートの有効性について検証することにした。

まず、合成短繊維補強コンクリートの採用による生コン単価の増加について検討する。ここで、対象路線の高架橋の単位延長当りの体積より合成短繊維補強コンクリートの初期建設費用の増分を算定した結果、初期建設費用は約 1.0%の増加することがわかった。

続いて、検査費用及び修繕費用に関しては、既往の調査より合成短繊維の混入率が 0.1Vol%以上であれば、普通コンクリートと比較して打撃試験の性能が 8.0 倍増加することが確認されていることから、検査費用及び修繕費用のうち亀裂・ひびわれ、剥離剥落によって生じた費用分を、それぞれ 1/8 倍した費用を混入時の検査費用及び修繕費用として算定した。

以上の仮定に基づき LCC の再計算を行った結果、合成短繊維補強コンクリートとした場合の LCC は、各供用年度における普通コンクリートの LCC を基準とすると、2005 年度の段階では 99.5%、供用から 50 年経過した 2032 年度の段階では 70.0%となった。ここから、合成短繊維補強コンクリートの採用により、供用年数の経過とともに LCC の低減効果が見られることが確認できた。

4. 結果の考察と今後の展望

本稿では、土木構造物を新設する際、いかに維持管理の視点を取り入れるかについて合成短繊維補強コンクリートを例に LCC を指標として検討を行った。その結果、導入の有効性について具体的に実証することができた。本稿の手法は、建設から供用終了までの様々なデータを収集・分析する必要があり、若干の煩雑さは否めない。しかし、建設工事は一般的に設備投資費用が大きく、事業実施の効果に対するアカウンタビリティとして今後はこのような検証の重要性がより高まると考えられる。

<参考文献>

- 1) 塩害環境下における RC 構造物の LCC 算定と補修工法選定システムの開発：2005 年 9 月、高橋稔明・酒井通孝・関博・松島学、コンクリート工学論文集第 16 巻第 3 号

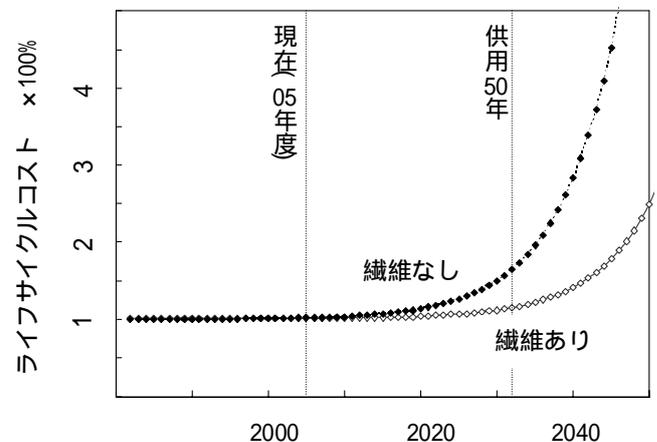


図-1 供用年数-LCC関係