

(V-26) 塩害を受ける道路橋のライフサイクルコストにおける水セメント比とかぶりの最適化

早稲田大学 学生会員 ○高橋 稔明
早稲田大学大学院 学生会員 酒井 通孝
早稲田大学 正会員 関 博

1. 目的

塩害を受けるコンクリート構造物において、かぶりが多いほどコンクリート中鉄筋の腐食開始を遅らせることができる。また、水セメント比が小さくなればコンクリートの品質が向上し、腐食に対する有害な物質の侵入は少なくなる。しかしその半面で投資コストは増加する。そこで、ある道路橋を対象とし補修工法として断面修復としたときの最適な水セメント比とかぶりを、期待費用最小の法則を用いてライフサイクルコストを (Life Cycle Cost: 以下 LCC) 求めることにより算出した。

2. 対象モデル

対象とした道路橋の構造は図1に示す通りで鉄筋コンクリートのT形断面4主けたから成っている。

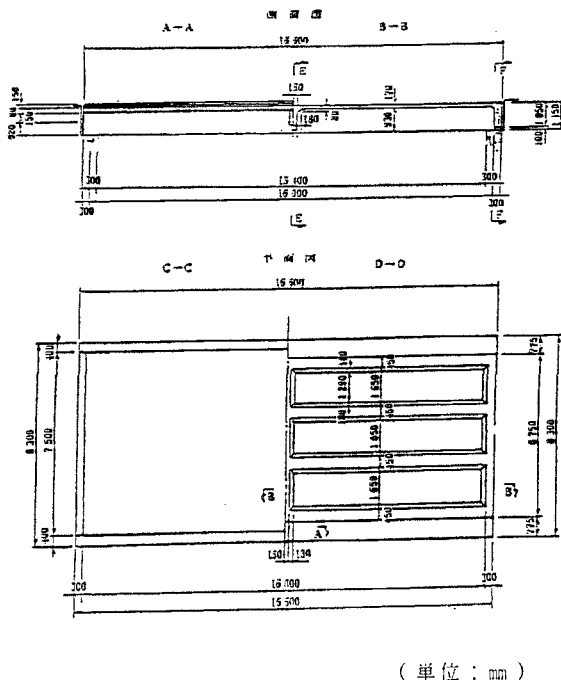


図1 対象橋梁構造図

本文では中央側の主けた1本の中央断面を取り出し図2に示すようにモデル化し、これを調査断面とした。

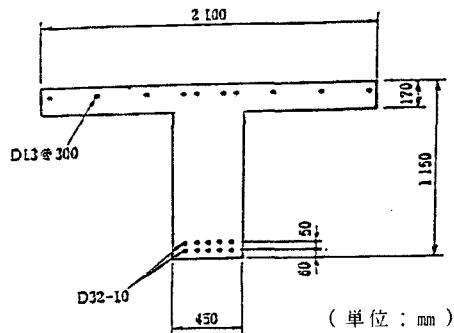


図2 調査断面モデル

3. 解析方法

塩害の劣化関数における塩化物イオンの浸透はFickの第二法則より式(1)のように表せる。

$$C = C_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) \right] \quad (1)$$

ここに、 x : コンクリート表面からの距離 [cm], C_0 : 見かけの表面塩化物量 [kg/m^3], t : 経過時間 [s], D : 見かけの拡散係数 [cm^2/s], erf 誤差関数, C : 時間 t および距離 x における塩化物量 [kg/m^3]

見かけの拡散係数 D は水セメント比 $[W/C]$ を要因とする経験式 (2) を用いて表した。¹⁾

$$D = 10^{4.5x(w/c)^2 + 0.14x(w/c) - 8.47} \quad (2)$$

鉄筋周囲の塩化物が許容値に達すると腐食が開始し腐食による鉄筋膨張ひび割れがある値に達したときを補修年数とした。耐用期間 100 年を想定し総期待費用は式 (3) で求めた。ここでひび割れ幅の許容値と補修年数を勘案し、信頼性理論に基づき期待費用最小の理論を適用した。

キーワード: 塩害、水セメント比、かぶり、LCC、期待費用最小

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部51-1 関研究室 TEL:03-5286-3407
FAX:03-3208-8749

$$LCC = C_i(W/C, c) + Cr \times \frac{1}{(1+r)^t} + Cr \times \frac{1}{(1+r)^{2t}} + \dots \quad (3)$$

ここに $C_i(W/C, c)$: 初期投資費用, Cr : 補修費用, W/C : 水セメント比, c : かぶり, r : 割引率, t : 補修年数

今回の最適値算出では $C_i(W/C, c)$ を式(4), Cr を式(5)と仮定した。材工費係数は建設時における材工費込みのコストを考えた係数であり、補修費係数は初期投資費用に対する断面修復工法による費用を考えたものであり今回は 0.5 と仮定した。

$$C_i(W/C, c) = \text{材料コスト}(W/C, c) \times \text{材工費係数} \quad (4)$$

$$Cr = C_i(W/C, c) \times \text{補修費係数} + Crisk \quad (5)$$

ここに $Crisk$: 補修時期におけるリスクコスト

環境条件については腐食性環境とした。また、水セメント比、かぶりの変化によるコンクリートの性能の変化については、安全性に関しては、曲げ耐力およびせん断耐力を、使用性に関しては、ひび割れ幅について照査を行った。

4. 解析結果

コンクリート構造物の水セメント比とかぶりの解析範囲は、文献2)および3)を参考にして水セメント比については50%を基準にして40%から65%、かぶりについては70mmを基準として50mmから80mmとした。この範囲についての安全性の照査を行った結果、すべて安全性を満たしていた。そこで、材料コストを求め、水セメント比、かぶりと期待費用最小の法則により LCC を求め、図3、図4に示した。

図3は材工費係数を2.0とし、図4は3.0とした場合である。材工費係数によって初期投資費用と補修費用が変化した場合、水セメント比やかぶりが LCC に及ぼす影響を比較した図であるが、材工費係数の大きさに関わらず水セメント比が40%でかぶりが80mmのときに LCC が最小になった。また水セメント比については減少するほど、かぶりについては増加するほど LCC が大幅に減少する結果となった。

5. まとめ

腐食性環境下に設置されるコンクリート構造物に関してコンクリートの品質の相違によるライフサイクルコストを計算した。今回の計算では、低品質の

コンクリートを使用して初期投資費用、補修費用を低下させるよりは、高品質のコンクリートを使用した方が、総期待費用が減少し有利な結果となった。

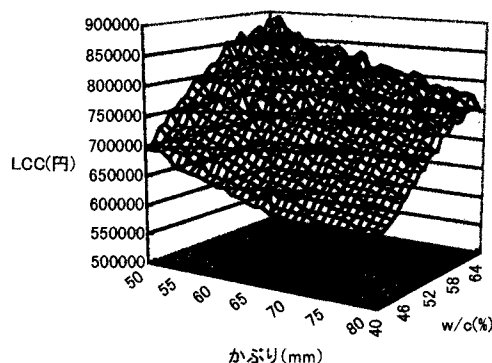


図3 かぶりおよび水セメント比とLCCの関係 (材工費係数2.0)

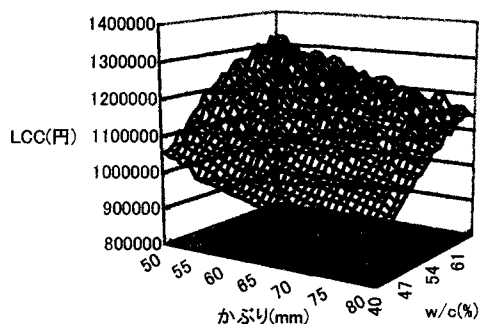


図4 かぶりおよび水セメント比とLCCの関係 (人件費係数3.0)

6. 参考文献

- 1) 永田 茂、村山 八洲雄、須田 久美子、溝淵 利明、増川 淳二：材料・配合の地域特性を考慮した確率論的劣化評価手法の研究、複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画に関するシンポジウム、pp39、2001.05.29
- 2) 土木学会：平成8年度制定コンクリート標準示方書【施工編】、土木学会、1996.3
- 3) 土木学会：平成8年度制定コンクリート標準示方書【設計編】、土木学会、1996.3
- 4) 建設物価調査会積算委員会：土木工事積算標準単価（平成13年度版）、財団法人建設物価調査会2001.08.25