

空港施設のLCC評価の試みについて

シー・エス研究所 フェロー会員 泉 博允
 日本空港コンサルタンツ 非会員 福田啓志
 日本空港コンサルタンツ 正会員 石井 毅
 日本空港コンサルタンツ 非会員 廣田道紀

1. 概要 近年における大規模空港は滑走路等の基本施設の他に、共同溝・トンネル・橋梁・擁壁等、多くの異なる施設から構成されている。これらの施設を限られた予算の中で合理的に維持管理するために、長期的に捕らえるライフサイクルコスト（LCC）評価手法に着目し、このLCCに「リスク」を取り入れて補修費用の最適化を検討している。

本稿では「段差」の大きい代表ルートの13箇の共同溝における「目地」「可撓継手」「躯体」の各部位に着目したLCC評価を実施したのでその結果について報告する。

共同溝の各部位は地盤沈下が主な損傷要因で、「目地」「可撓継手」の損傷形態としては「段差」と「目開」のそれぞれの量の増大による止水板の破断があげられる。さらに「段差」に関しては、スリップバーが継手部に設置されているために、その影響により、継手部近傍にクラックが発生して躯体本体の主鉄筋の錆びを誘発し、長期的な錆びの進行で断面崩壊や土砂流入が想定される。一方、「躯体」における損傷形態としては「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」があげられる。

LCC評価における劣化予測の手法としては最新の代表的手法である「物理モデル」と「統計モデル」の2手法を適用した。「目地」と「可撓継手」には時系列的に段差と目開の量や鉄筋の錆び量の増大を取り扱う「物理モデル」と呼ぶ手法を適用し、一方、「躯体」には時系列的に1例として、5段階で表示する「劣化度」の推移を取り扱う「統計モデル」と呼ぶ手法を適用した。

2. 「物理モデル」での「目地」「可撓継手」の劣化予測

「目地」「可撓継手」の「目開」「段差」量の増大は地盤沈下に依存しているので、この地盤沈下と関係付けて50年後における地盤沈下予測から「段差」の最大は71mm、「目開」の最大は78mmになると推定している。これらの71mm、78mmの最大値は、この部分に設置されている「止水板」の破断限界100mmに至らないために破断することはないが、バラツキを考慮しているために「リスク」は発生することになる。

一方、「段差」が50mm程度になると、スリップバーの影響で、継手部近傍にクラックが発生する。この現象を3次元FEM解析によりシミュレーションし、クラックの発生する「段差」の50mmを求めている。このクラックの発生により、

キーワード: LCC 最適維持管理 リスク

〒東京都中央区銀座2-5-16 銀富ビル

躯体本体の主鉄筋の錆びを誘発するが、この錆びの発生をむかえる「目地」が建設後14年で1箇所見られる状況である。この錆びの発生から錆びが進行して、鉄筋の断面欠損により、1例として「剥離剥落」を示す鉄筋応力240N/mm²に至るのに22年、「中破」を示す降伏応力300N/mm²に至るのに35年、「大破」を示す鉄筋応力450N/mm²に至るのに59年かかると推定している。

3. 「統計モデル」での「躯体」の劣化予測

共同溝の「躯体」における損傷形態として「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」があげられるが、これは時系列的に劣化の進展状況を示しているものと想定した。すなわち、地盤沈下や温度応力や乾燥収縮等で「ひび割れ」が発生し、貫通ひび割れに進行した段階で「漏水」を誘発し、この状態から「錆汁」が生じ、鉄筋の錆びの体積膨張で「剥離剥落」に至るといった劣化進展を想定している。この「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」を5段階の劣化度(Ⅳ,Ⅲ,Ⅱ,Ⅰ)に対応させた。健全は劣化度Ⅴとしている。建設後11年経過した時点の点検結果から「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」の箇所は13箇の共同溝において、それぞれ20箇所、1箇所、2箇所、0箇所であった。このひび割れ等の1箇所あたり、長さ2m幅0.2mの面積0.4m²と設定することにより、共同溝の全内空面積との比率を劣化度ごとに表示することが可能となる。

建設時点の劣化度Ⅴの「健全」が100%の状態から11年後における上記の結果に至るまでの1年ごとの変遷を下記のように「遷移マトリックス」{R}を用いて表示することにより、{R}を逆算して求めることができる。

$$\{\text{劣化度}(T=11)\} = \{R\} \cdot \{11\} \cdot \{\text{劣化度}(T=0)\}$$

劣化度(T=11): T=11年経過の劣化度分布

劣化度(T=0): T=0年(建設時)の劣化度分布

この「遷移マトリックス」{R}を用いて、将来の劣化度の分布を予測している。

4. LCC試算結果

「物理モデル」を用いた「目地」E5-E6の「段差」により「クラック」「錆び」が発生するケースについてのLCC結果の例を図-1に示す。検討対象はE5とE6の共同溝の目地で、図-1の赤線は「無対策」のLCCの結果を示している。

最適補修計画 コストダウン 危機管理

T:03-3563-8986 F:03-3563-8988

初期建設費0.68億円から建設後14年で段差が50mmとなり、クラックが発生し、鉄筋の錆びの進行により、剥離剥落等のリスクはわずかに発生し始める。建設後19年程度からリスクは増大し始め、建設後50年で1.51億円を示す。「目地」E5-E6における最適補修計画は建設後19年に「目地修復工法」を適用する補修案で、50年後のLCCが0.727億円と最小となった。この補修対策後のリスクの増大が見られないが、この理由として、補修後の50年までの地盤沈下の増分による「段差」が再びクラックを発生させる50mmに至らないことによる。目地造替え工法や底板改良工法はいずれも費用的に高い工法となった。

図-2に「物理モデル」による「可撓継手」G2-G3の「目開」の増大に伴う「補修費用」と「リスク」の結果について示す。「無対策」の場合、G2とG3の共同溝の「可撓継手」の「目開」は50年後に78mmを示し、止水板の破断限界100mmより少ないが、バラツキを考慮することにより「リスク」が0.026億円発生する。その他の「可撓継手」も含めると全体の「リスク」の合計は0.035億円となるが、1箇所の「可撓継手止水板修復工法」の0.040億円より安価である。

図-3に「統計モデル」による13函の共同溝の「躯体」の「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」に対するLCCの試算結果を示す。LCCが0.252億円の「代替案3」が最適補修計画となった。この0.252億円の内容は補修費用が0.202億円、5年に1回の点検費用0.026億円、「リスク」0.024億円が含まれている。「代替案3」は「漏水」「錆汁」の見られる劣化度Ⅲと劣化度Ⅱの段階で「漏水防水工法」を適用し、「剥離剥落」の見られる劣化度Ⅰの段階で「断面修復工法」を適用する補修案である。

5. まとめ

代表ルートの13函の共同溝の「目地」「可撓継手」「躯体」のそれぞれの損傷形態の「段差」「目開」「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」に着目したLCC評価を「物理モデル」と「統計モデル」を用いて試算した。

この結果、13函の共同溝でのLCC(補修費用+点検費用+リスク)の合計は、図-1の試算結果の0.047億円、図-2の0.035億円、図-3の0.252億円と未表示分の0.111億円を加えて0.445億円となった。13函の共同溝の50年間のLCCが0.445億円より1年あたり、1共同溝あたり、7万円の維持管理費用がかかる結果となった。また、50年間の長期にわたる共同溝の劣化進展に対して十分に維持管理ができることも把握できた。

今回、共同溝に関して試算的にLCC評価を実施した結果を示したが、設定条件や数値的な精度等の種々の課題はあるものの、今後のLCC評価の方向性や問題点等を検討する上での参考になればと考えている。

参考文献：

1. 泉博允：土木構造物のLCC(ライフサイクルコスト)評価について、平成12年農業土木技術研究会研修資料、2001.1.24.

て、平成12年農業土木技術研究会研修資料、2001.1.24.

2. 泉博允、武田均、鶴澤哲史他：リスクを考慮したRC構造物のLCC評価手法、土木学会年次講演会、2001.10.
3. 泉博允、福田啓志、石井毅、廣田道紀：LCCにおけるリスクについて、土木学会年次講演会、2003.09.

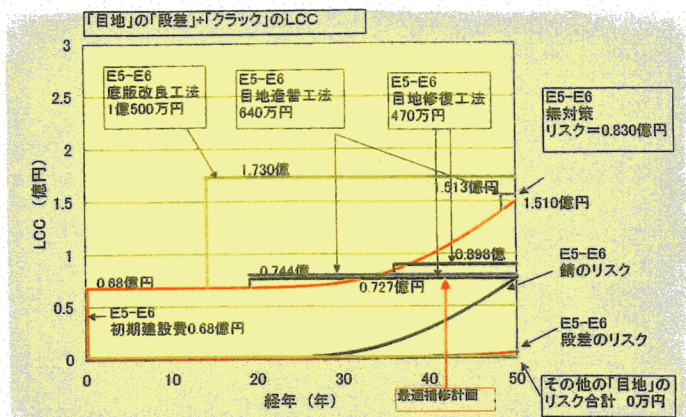


図-1 E5-E6「目地」の「段差+クラック」のLCC結果

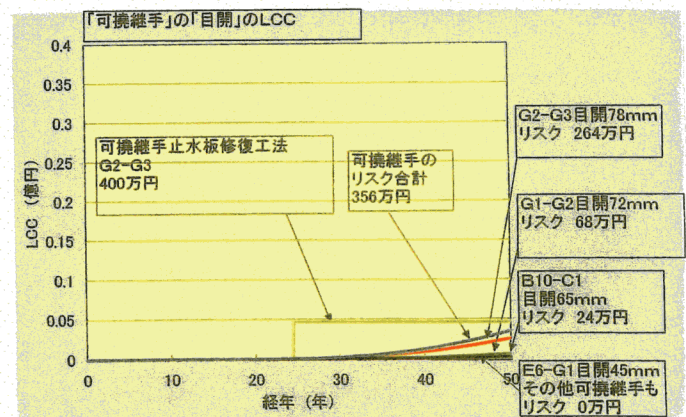


図-2 G2-G3「可撓継手」の「目開」のLCC結果

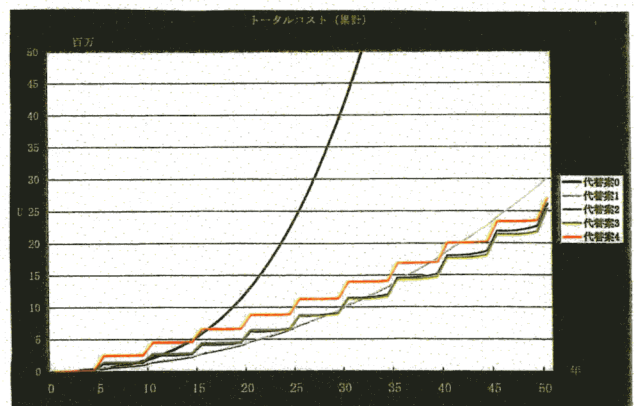


図-3 13 函の共同溝の「躯体」の「ひび割れ」「漏水」「錆汁」「剥離剥落」のLCC結果