生存時間解析を用いた北陸三県の橋梁における早期劣化傾向に関する一考察

金沢大学大学院　正会員　○牧　祐之　　金沢大学　正会員　近田 康夫
金沢大学　正会員　鳥居 和之　　金沢大学　正会員　深田 宰史

１．はじめに

老朽化に伴う安全性低下，少子高齢化や税収減に伴う維持修繕費の減少は，維持管理を取り巻く全国的な課題であるが，日本海側の厳しい環境下におかれている北陸地方では，塩害・ASR・凍害（以下，「早期劣化」という），および，それらの複合劣化が数多く発生しており，橋梁維持管理上の課題となっている．

金沢大学 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）では，北陸地方の自治体が管理するコンクリート構造物の早期劣化機構の解明，及び，早期劣化を含む橋梁群に対するマネジメントシステムの開発に取り組んでおり，本研究はその一環として，医療統計分野で用いられることが多い「生存時間解析(survival analysis)」を北陸三県の橋梁に対して適用し，早期劣化が発生，又は疑いのある橋梁の劣化傾向を比較検討することにした．

２．検討概要

山崎ら[1]が用いたカプラン･マイヤー法による生存時間解析を参考に，北陸三県（富山県，石川県，福井県）のコンクリート下部構造に対する橋梁点検結果を用い，早期劣化が発生，又は疑いがある「該当群」と「非該当群」に対する生存曲線を作成した．なお，生存時間解析とは，事象（イベント）が起きるまでの時間とイベントとの間の関係に焦点を当てた分析方法である．各県の橋梁台帳や点検台帳から早期劣化を有する橋梁を抽出し，イベントとみなす事象を**表-1** のとおり設定した．健全度評価方法や記録方法が異なるため，県ごとの絶対比較はできないが，同じ手法で分析したデータを横並びで評価することに意義があると考える．

表-1 北陸三県の橋梁管理手法の特徴[2]，及び，本検討に用いたイベント一覧

	富山県	石川県	福井県
特定損傷抽出	橋梁点検時に亀甲状のひび割れなどASRの疑いがある症状を記録.	塩害やASRなどによる劣化が顕著な橋梁を「グループS」として管理.	特定損傷(塩害,ASR,凍害)の疑いのある橋梁を備考欄に記載.
部材損傷評価	A,B,C,D,E	a,b,d,d,e	なし･軽度･重度(Lv2点検)
健全度評価	累積点数評価	5段階(5,4,3,2,1)	3段階(5,3,1)
イベントとみなす事象	損傷評価：E	健全度評価：３以下	健全度評価：１（重度）

３．劣化傾向の比較

（１）富山県

富山県の下部構造に対する生存曲線を**図-1** に示す．ボックスカルバート形式，及び，架設年が不明な橋梁は除外した結果，サンプル数は全 1,490 橋となり，それらの橋梁の点検記録をもとにして損傷評価 E 判定の場合をイベント発生とみなした．ここで，「橋齢」は架設年から点検までの経過年を示している．

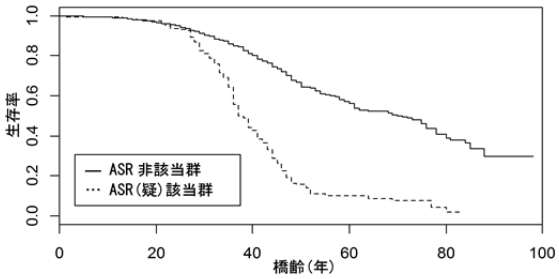

図-1 生存曲線（富山県）

図-1 より，橋齢 30 年あたりまでは，ほぼ同じ曲線を描くが，30 年を過ぎたあたりから ASR(疑)「該当群」の生存曲線の低下が顕著にみられるようになった．

両データとも補修等による回復の影響は考慮しておらず，また，**図-2** の箱ひげ図に示すように，橋齢分布が異なることに留意が必要であるが，「該当群」の生存率低下は明らかである．なお，箱ひげ図の箱下端は第 1 四分位数，中央太線は中央値，箱上端は第 3 四分位数を示す．

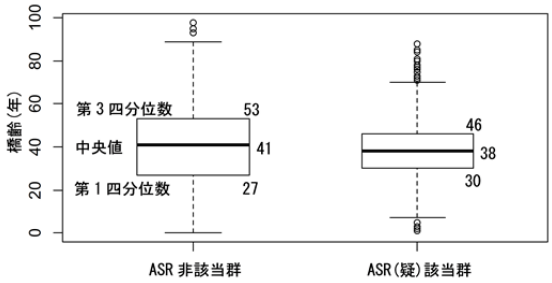

図-2 橋齢分布（富山県）

キーワード　橋梁維持管理，生存時間解析，早期劣化，塩害，ASR，凍害
連絡先　〒920-1192 金沢市角間町 TEL 076-234-4605　金沢大学 理工学域 環境デザイン学類

（２）石川県

石川県の下部構造に対する生存曲線を図-3 に示す．サンプル数は全 1,877 橋，橋梁点検の健全度評価で 3,2,1 が記録されている場合をイベント発生とみなした．

「S グループ非該当群」の生存曲線は橋齢 10 年前後から徐々に下降していくが，「S グループ該当群」は橋齢 30 年から急激な下降をたどり，富山県と同様な傾向を示すことがわかった（図-3）．ただし，図-4 の箱ひげ図より，「該当群」の橋齢は狭い範囲に集中しているため，生存曲線に影響していることが想定された．そこで，両者とも橋齢 60 年を超えるデータを棄却した検討を実施したところ，図-5 に示すように，棄却の影響により「非該当群」の曲線に変化が見られたものの，「該当群」の生存率が相対的に低いことが確認できた（サンプル数 1,725 橋）．

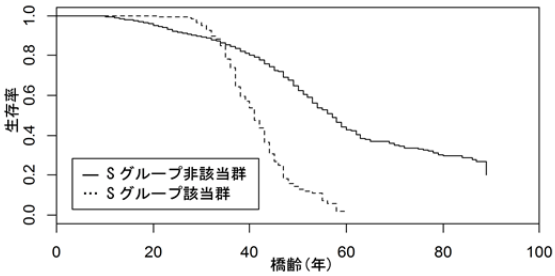

図-3 生存曲線（石川県）

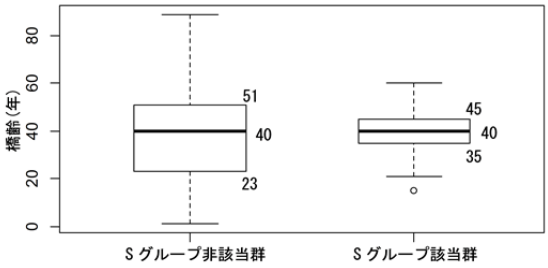

図-4 橋齢分布（石川県）

（３）福井県

福井県の下部構造に対する生存曲線を図-6 に示す．サンプル数は全 1,201 橋，橋梁点検の損傷評価で重度が記録されている場合をイベント発生とみなした．福井県では，早期劣化の疑いがある場合，点検調書の備考欄に記録される．

橋齢 35 年あたりまでは両者で同じような傾向を示すのに対し，「該当群」は橋齢 35 年あたりから急激に下降し，他県との類似性が見られた．また，箱ひげ図より，「非該当群」と「該当群」の橋齢分布に差は見られなかった（図-7）．

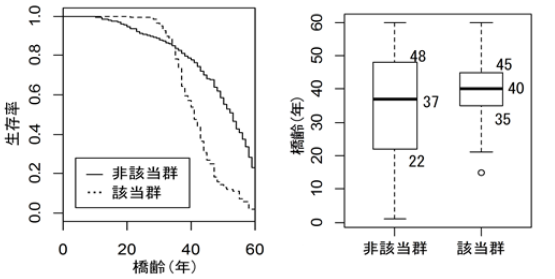

図-5 橋齢 60 年超データ棄却後(石川県)

４．まとめ

1) 北陸三県の検討結果を横並びで比較すると，「早期劣化(疑)該当群」の生存率が一様に低いことがわかる．「該当群」に対する早期の補修対策や予防保全措置が今後の橋梁長寿命化において重要である．

2) 「早期劣化(疑)該当群」は橋齢 30～35 年付近から生存率が急激に低下していた．1984 年「道路橋の塩害対策指針（案)・同解説」や 1986 年通達「アルカリ骨材反応暫定対策について」等により，早期劣化への規制が開始された時期とほぼ合致していた．

3) 生存時間解析はサンプリング同士の相対比較には有効な手法であることが確認できた．しかし，石川県のように，橋齢分布が大きく異なる場合は留意が必要である．

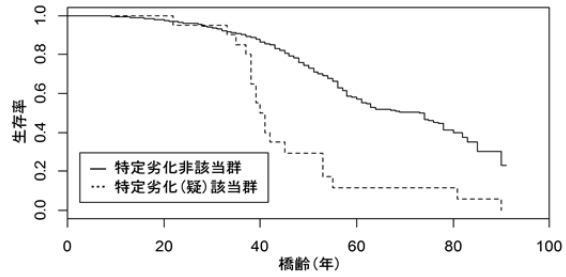

図-6 生存率曲線（福井県）

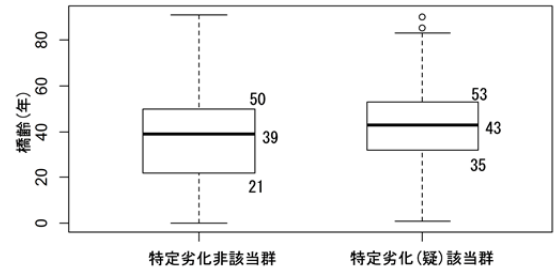

図-7 橋齢分布（福井県）

4) 本研究では，橋梁点検記録から「早期劣化(疑)該当群」を個別に抽出したが，データベースとして管理されていれば，維持管理計画への反映が容易となる．

謝辞 本論文は SIP の一環として研究しており，各種データをご提供頂いた関係自治体に感謝申し上げます．

参考文献 1) 山崎崇央，石田哲也：生存時間解析を用いた東北地方における橋梁コンクリート部材の劣化定量分析，土木学会論文集 F4，Vol.71，No.4，I_11-I_22，2015. 2) 富山県，石川県，福井県：橋梁長寿命化修繕計画 HP 参照