

SVMによる橋梁健全度の総合評価とその利用について

(株)竹中土木 正会員 ○一岡 恵伍, 北海学園大学 正会員 杉本 博之
山口大学 フェロー会員 古川 浩平

1. 研究目的 2007年8月に米国のミネソタで起きた落橋事故の最終報告書¹⁾が公表された。複数の原因が指摘されているが、特に落橋の原因となったガセットの以前からのゆがみに言及されている。これは事故以前の点検では確認されているものであり、その後の照査のプロセスの中で見落とされていたことが指摘されている。やはり点検の積み重ねの重要性が再確認されたものと考えられる。米国においては該当する橋梁の再照査が推奨されている。国内においても、設計ミスが発生している可能性は0ではなく、劣化が進行している橋梁の再照査は必要と思われる。

筆者らは、部材点検の結果から公共構造物の総合的な健全度を判定する技術として Support Vector Machine (以下 SVM)²⁾を利用する方法を提案し、現在北海道で行われている目視点検結果に応用した³⁾。そこでは、基本的に構造物間の順位付けに重点を置いて説明されたが、実際の構造物の維持管理では、劣化の程度と同時に劣化が進行する速度も重要な要因となる。また部材の点検結果は一つの部材でも複数の要因を評価しその中で最悪の値を用いるのが一般である。例えば3径間の主桁の評価であれば、各主桁の評価が2, 5, 5でも2, 2, 2でも2と評価される。最悪値を使う場合と平均値を使う場合との差も今後検討が必要と思われる。ここでは、それらに対して SVM による解析結果が有効に用いることを説明する。

2. F 値について 本研究においては、橋梁の健全度の総合評価は SVM 解析より得られる F 値で表される。F 値は図-1のように、赤線で示した識別面からの距離を表し、その値がプラス側に大きければ構造としての劣化が相対的に進行しており、マイナス側にその絶対値が大きければより健全であることを表す。詳細は³⁾、ここでは省略する。

3. 供用年数と F 値の関係 本研究の SVM 解析においては、供用年数を教師値(20年を閾値とし、以上の橋梁+1, 以下の橋梁に-1を与える)に入れている。得られた結果は供用年数が少ない橋梁でも健全度を低く判定する場合もあるし逆もある。人間の寿命が年齢ではなく諸器官の性能に依存するのと同じである。得られた結果を基にして F 値と供用年数との散布図を描くと図-2に見られるような傾向を得ることが出来る。図-2は横軸に供用年数(右が古い)を、縦軸が総合評価である F 値(上が悪く、下が良い)をとっている。SVM 解析の結果得られる識別関数に全ての橋梁の点検結果を代入することにより F 値が得られる。一般的な傾向は図に示されているが、特に第 象限にプロットされた場合は、供用年数の割りに劣化が進行していることを意味する。その中でも、原点から遠いところにプロットされる場合は、「異常に劣化が早い」とみなさざるを得ず、要注意という判定が得られる。第 象限で原点から遠くプロットされる場合は、記録されていない補修・補強工事が入ったかあるいは何らかの人為的ミスが点検記録に発生している可能性があり、再検討が必要な場合が多い。

北海道建設部が管理する橋梁群の実際の点検結果から得られる F 値と供用年数の関係を示したのが図-3である。一つ一つの点が実在の橋梁に対応しており、各橋梁の構造としての健全度の相対的な関係を見ることが出来る。現段階で F 値が 1.5 を超えるのは、ほとんどの部材の点検結果が 5 段階評価の 2 の状態であり、良い状態とはいえない。

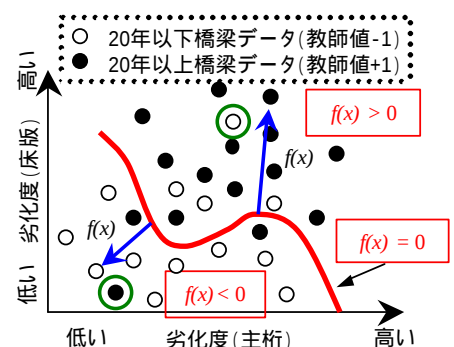


図-1 SVMによる橋梁評価の概念図

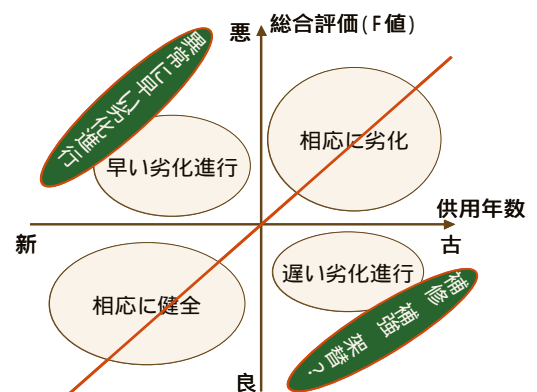


図-2 橋梁評価の一般的関係

北海道建設部が管理する橋梁群の実際の点検結果から得られる F 値と供用年数の関係を示したのが図-3である。一つ一つの点が実在の橋梁に対応しており、各橋梁の構造としての健全度の相対的な関係を見ることが出来る。現段階で F 値が 1.5 を超えるのは、ほとんどの部材の点検結果が 5 段階評価の 2 の状態であり、良い状態とはいえない。

キーワード SVM, 橋梁健全度, 総合評価, 劣化速度, 点検平均値

連絡先 〒064-0913 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 北海学園大学工学部 TEL(011)841-1161

い橋梁も複数存在することがわかる。また、上記のように第 象限の原点(20,0.0)から遠いところにいくつかの橋梁が存在し、何らかの理由により状態の悪い橋の存在が確認できる。これらの橋梁の点検結果は記録から確認され、必要があればより詳細な点検の指示に用いることが出来る。図に表わされている橋梁の総数は2959であり、部材総ての点検結果が揃っている橋梁である。

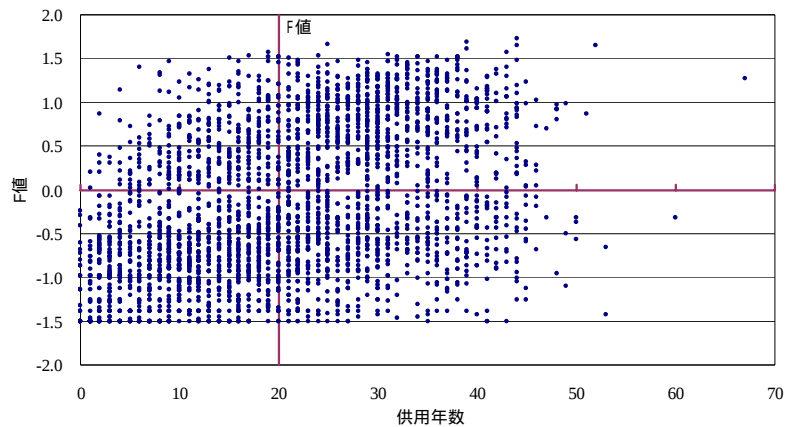


図 - 3 全橋梁の供用年数と F 値の関係

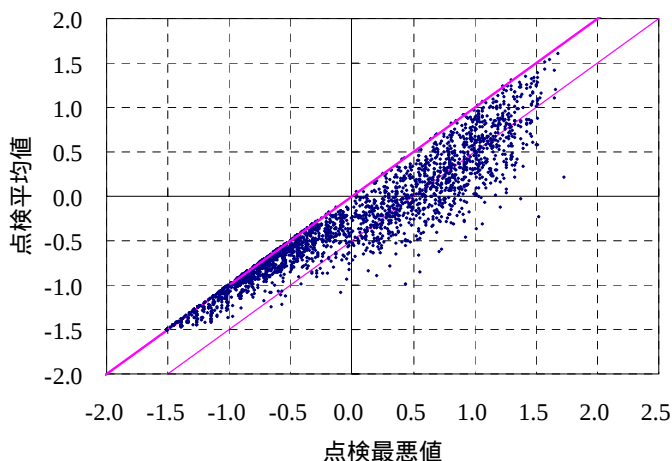


図 - 4 点検最悪値と平均値を用いた場合の F 値の関係

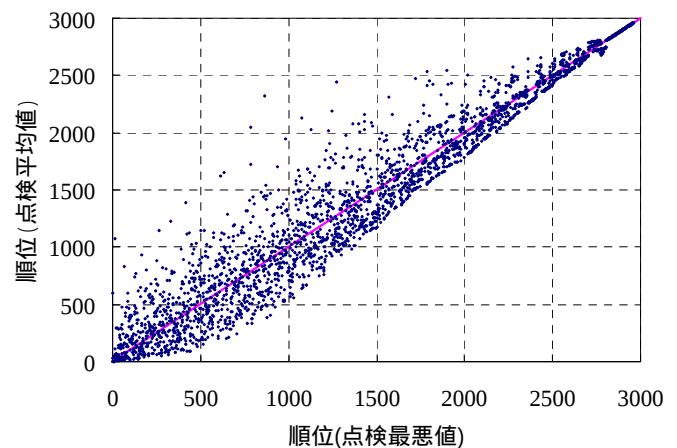


図 - 5 点検最悪値と平均値を用いた場合の順位の関係

前書きにも書いたように、部材点検は一つの部材を構成する複数の要素の点検を行いその中の最も悪い値を代表値として扱うことが多い。例えば支承であれば、本体、モルタル、アンカーの3要素の点検評価を行い、その中の最悪値を支承の評価とする等である。前書きにも書いたように、これは平均値を取った方が劣化の実態をより正確に表わすという議論もある。そこで、SVM の解析において、最悪値ではなく平均値を取って計算を試み最悪値の場合と結果を比較した。F 値の比較が図 - 4 であり、F 値による順位付けをした場合の順位の変化を図 - 5 に表した。図 - 4 は点検最悪値を用いた F 値と点検平均値を用いた F 値の関係を表す散布図である。点検平均値を用いた F 値は当然点検最悪値を用いた F 値より小さくなる。図では、原点を通る赤線より必ず右に来るという意味である。さらに、原点を通る赤線より右にある細線よりさらに右にある橋梁は、F 値が 0.5 以上下がる(健全度は良くなる)橋梁であり、全部で 601 橋あり全体の 20% である。F 値は相対的な順位付けに用いられるが、図 - 5 は用いる点検値の差による順位の散布図を表しているが、F 値の差からも予想されるように順位も評価に用いる点検値により変動している。最悪値、平均値どちらをとるかは管理者の判断であるが、少なからず影響を与えることがわかる。

5. まとめ 筆者らは、現在行われている部材点検の結果から、構造物の総合的評価を行うパラメータ依存性の少ない手法として SVM を用いる手法を提案している。この手法は単に構造物の相対的な順位付けだけでなく、全体橋梁の中における劣化の程度あるいは劣化進行の速度、さらには過去の補修・補強の推測などにも用いること、および、部材点検の評価を最悪値ではなく平均値とした場合の結果などを示した。

参考文献 1) National Transportation Safety Board: Highway Accident Report - Collapse of I-35W Highway Bridge Minneapolis Minnesota, 2008. 2) N. Cristianini & J. Shawe-Taylor (訳 大北剛): サポートベクターマシン入門, 共立出版, 2005. 3) 一関恵伍: SVM による公共構造物の総合的健全度評価に関する基礎的研究, 北海学園大学大学院工学研究科, 平成 20 年度修士論文, 2009.