

耐候性橋梁の状態調査と分析に関する研究

建設構造研究室 加賀谷 悦子
指導教官 長井 正嗣
岩崎 英治

1. 耐候性鋼とは

耐候性鋼とは鋼材に微量の Cu, Cr, Ni, Mo などの合金元素を添加することにより、耐食性を向上させた低合金鋼である。乾湿を繰り返していくうちに鋼材表面にこれらの合金元素が濃縮した暗褐色の緻密な連続した錆層（安定錆層）が形成され、それが表面からの水や酸素の透過を防ぎ、その後の腐食作用を抑制する働きをもつ。したがって耐候性鋼材は塗装を施さなくとも使用できる。しかし、飛来塩分が多い環境では錆層が形成されていく過程で、Cl⁻イオンの存在が錆粒子の凝集を阻害し、粗暴な空隙の多い錆層を形成するため、耐食性が低下し、海洋または海岸構造物として無塗装では使用できない。

2. 背景と目的

最近の公共事業では事業コストの縮減が大きな命題となっており、橋梁についてもより経済的かつ高耐久性の同時達成が要求されている。そのため、コンクリートと鋼の複合構造で、かつ構造的にもシンプル化された橋梁の開発、採用が活発化している。また、コスト評価にあたっては、これまでの初期建設コストミニマムの考えから、メンテナンス費用も含めた LCC ミニマムが選定の条件となりつつあり、鋼橋において LCC 評価を押し上げる原因となっている塗装費用の縮減を可能にする無塗装耐候性鋼材の採用が多くなっている (Fig1)。しかし、離岸距離 20km 以内で使用する際は飛来塩分量の測定が必要であるにもかかわらず、実際はその測定をせず近隣に既存する耐候性橋梁のパフォーマンスをみて採用を決

定する場合がある。よってその資料となるデータ収集の必要があり、現在、各機関では耐候性橋梁の追跡調査が行われており、実態の把握が全国で進められている。

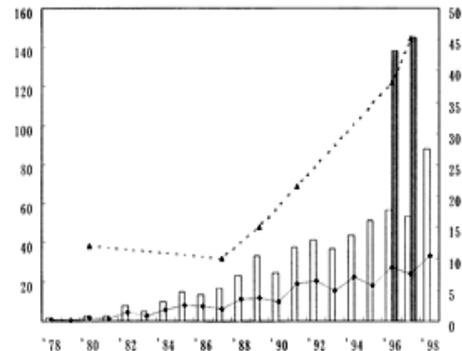


Fig1 日本における耐候性橋梁の鋼材重量および適用比率¹⁾

新潟県内の耐候性橋梁については、メンテナンスフリーという認識が強いことからこれまで建設後のパフォーマンス調査が行われた例は少ない。したがって本研究では県内にある耐候性橋梁を特定し、地図情報を作成することで、上述したように今後の橋梁計画の一助とする。さらに、地形、離岸距離、建設年数、風向、標高をパラメータとして錆判定レベルとの分析を行い、離岸距離 20km の緩和を目標にしている。

3. 調査方法と調査対象

本研究では耐候性橋梁の錆パフォーマンス調査として最も実用的で信頼性が高い外観調査を行った。その際に使用した外観評価レベルは Fig2 に示すものでレベル 3 以上であれば、補修の必要がなく、安定化が進んでいると判断し、レベル 2 では今後の継続観察の必要があるうるこ錆が発生している状態である。レベル 1 は層状剥離錆が発生

し、安定化に至っていないため補修が必要な状態であることを示す。また、新潟県内にある耐候性橋梁は多くが安定処理使用であるため安定化評価が現時点では不可能とされているが、本研究ではFig3に示す独自に設けた3段階評価を用いて判断を行うこととした。

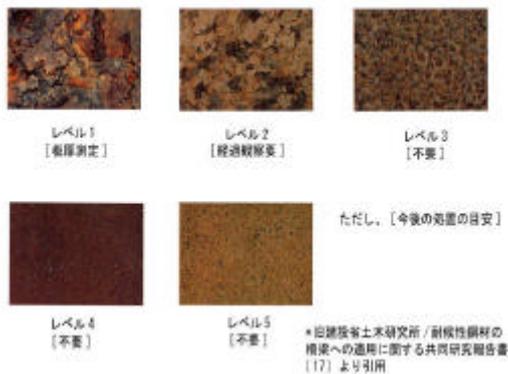


Fig2 裸使用の錆評価レベル

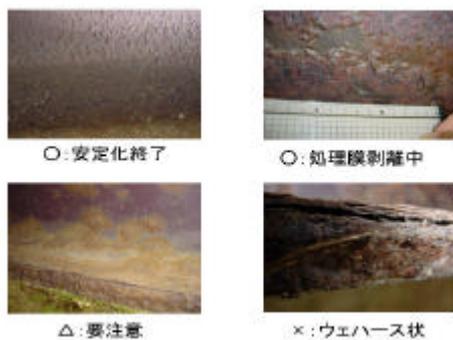


Fig3 安定処理使用の錆評価レベル

新潟県内にある裸仕様橋梁：29橋，安定処理仕様橋梁：121橋の合計150橋について調査を行った。そのうち新潟県紹介のものは裸仕様15橋，安定処理10橋である。その他は北陸農政局等が管轄する農道橋で、ほとんどが離岸距離20km以内に建設されているのは、北陸農政局の適用可能範囲が飛来塩分量1.25mdd以下であるためである。

4. 調査結果と考察

Fig4に横軸に建設年数，縦軸に離岸距離をとり，凡例を地形別の評価レベルとした

県外を含めた裸使用の調査結果を示す。適用範囲外の20km以内にも数多くの耐候性橋梁が存在し，3橋(離岸距離約2.4km，8.5km，8.5km)を除いて，調査した橋梁はレベル3以上となっていることがわかる。これより，離岸距離20km以上(三者共研：国土交通省土木研究所，鋼材倶楽部，日本橋梁建設協会の適用可能範囲内)の橋梁は，データ数は少ないもののレベル3以上で，20kmの設定の妥当性が言える。また，離岸距離10km以上の橋梁についてもレベル3以上が多くあるので，適用範囲外でも多く使用されている実態と併せて安定化していることがわかる。また，20km以内にあり建設年数長い橋梁でもレベル4という判定があり，これらのことから耐候性橋梁の適用可能範囲を緩和できる可能性が伺える。

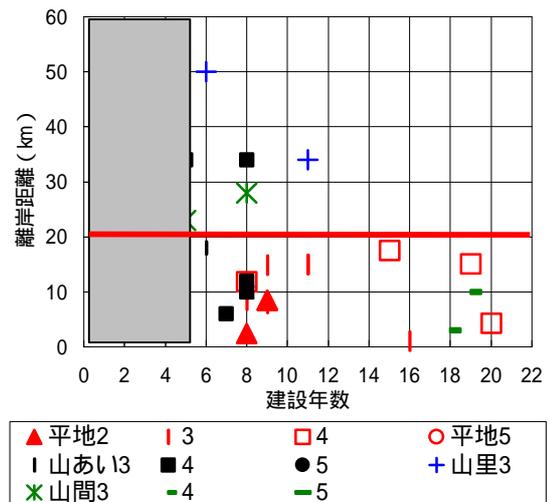


Fig4 調査橋梁の判定

Fig5は調査した橋梁の部位毎に評価した場合の最も悪い評価を取って，それを5km毎に区切って橋梁数を示したものである。この評価をワースト評価とし，総合的に判断した場合には見ることのできない局部的なうろこ錆や剥離錆を表すことができる。離岸距離0~5km，5~10kmでは内桁の広い範囲に剥離錆やうろこ錆が発生している橋梁が多く見られ，その確率は0~5kmでは

50% , 5 ~ 10km では 80%と高い確率であることに注意しなければならない. 剥離錆やうろこ錆の発生部位が内桁や海側であることから, 飛来塩分量が大きく関係していることを裏付けられたため, この距離に使用する際はその測定が必須である. 離岸距離 10 ~ 15km, 15 ~ 20km では構造に起因する漏水が原因になることが多く, それ以外は, 理由は内桁の下フランジ下面にレベル 1 または 2 の錆が生じている. 1 や 2 となる確率は 10 ~ 15km では 20% , 15 ~ 20km では漏水が原因のものを除くと 33%となり, 耐候性鋼材の使用可能範囲の離岸距離 20km 以上を 10km 以上に拡張できる可能性が伺える. しかし, 下フランジ下面にのみうろこ錆が生じているという現状からは, 飛来塩分に起因する可能性は低くても, 何が原因なのかは断定できないため, 今後は凍結防止剤や湿度を考慮しなければならない.

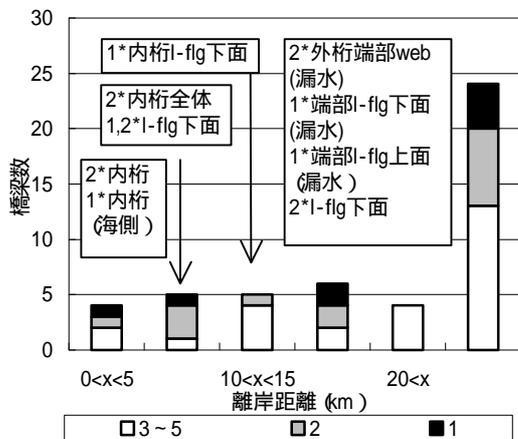


Fig5 ワースト評価での 5km 毎の橋梁数

Fig6 は Fig5 と同じデータを用いて地形ごとの橋梁数を示したもので, 離岸距離ではなく地形と錆状態を評価できている. 山間や山里に建設されている橋梁はワースト評価においてもレベル 3 以上となるが, 平地を山あいではレベル 2 以下と評価された橋梁が多いことがわかる. その理由は山あいの原因の多くが漏水であるのに対し, 平

地の多くは内桁全体や一部, 下フランジ下面に生じているため漏水が原因とは考えられず, 飛来塩分によるものとする. よって平地では塩分量の測定を行うか本研究で提供する地図情報を用いての検討が必要であり, 平地で用いる場合は 60%近い確率でうろこ錆や剥離錆が発生しやすいことを示しており, 山あいでは漏水原因を取り除くことで使用可能であるという結果となった.

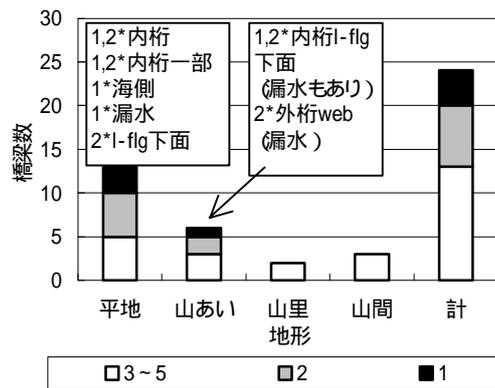


Fig6 ワースト評価での地形毎の橋梁数

Fig7 は安定処理使用の 5km 毎の橋梁数である. 安定処理は数が多いので, 裸使用で得られた知見を裏付けられることを目的として 3段階評価を行った. 5 ~ 10km では約 45% , 10 ~ 15km では約 30% , 15 ~ 20km では約 15% の確率で注意が必要な錆状態となることがわかり, 裸使用の結果と併せても 10 ~ 20km に耐候性鋼材を使用可能とできる結果となり, 20km を緩和できる可能性を伺うことができた.

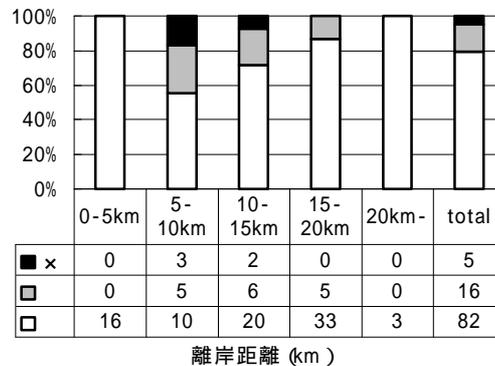


Fig7 安定処理使用の 5km 毎の橋梁数

Fig8 は同一条件下（地形,建設年数）での裸使用と安定処理使用のどちらが安定化しやすいかを表している.データ数は少ないが,安定化する確率が安定処理使用は35%であるのに対し,裸使用では60%となっている.これは,安定処理は表面が直接洗われないので,塩分がそのまま残留しやすいためだと考える.

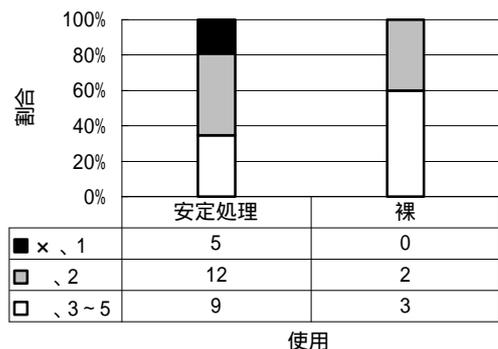
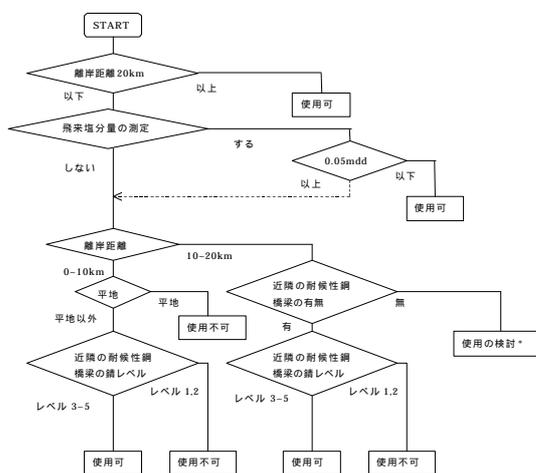


Fig8 裸使用の優位性

以上より,10~20kmに耐候性鋼材を用いる際の採用検討フローをTable1として提案する.

Table1 耐候性鋼採用フロー(提案)



*25%の確率でレベル1.2となる場合がある

5. 結論と今後の課題

本研究では,離岸距離,建設年数,角度,地形,標高をパラメータとして,錆のパフォーマンスとの相関を考察し,得られた知見を以下に示す.

既存橋梁の錆の状態や周辺地域の写真を提供する地図情報ソフトを作成した.

地形が錆安定化に影響していることが明らかとなったため,今後は地形環境を判断の指標に入れることを推奨し,採用フローをtable1に提案した.

離岸距離 20km を適用可能範囲の基準とすることの妥当性が言え,さらに,25%の確率で補修の可能性があることを考慮すれば,10kmに緩和できる可能性が伺えた.

局部的には安定化していない橋梁が多く,それは構造の不備による漏水が原因となっているので,構造ディテールに注意し,特にその影響が出やすい桁端部と下フランジ下面は部分塗装を推奨する.

今後は,錆の安定化に最も大きな影響を及ぼす飛来塩分量測定と凍結防止剤の影響を考慮した分析が必要である.

同一な地形環境にある場合,裸使用は安定処理使用よりも25%も高い確率でよい錆レベルとなる可能性が伺えた.

安定処理使用の結果から同一地形条件下にある場合,錆レベルは離岸距離に依存することが確認された.

参考文献

- 1) (社)鋼材倶楽部,(社)日本橋梁建設協会:耐候性鋼材の橋梁への適用[解説書],2001
- 2) 阿部一生,小林義明:無塗装耐候性橋梁の特性と経年変化による安定錆発生状況について,新潟の農業土木,新潟県農業土木技術連盟,第19号,p.14-18,2000
- 3) 松島巖:低合金耐食鋼,地人書館,1995
- 4) 新潟県:新潟県橋梁年鑑1998,新潟県土木協会,1999