

耐久性を考慮したRC橋の耐震補強プログラム策定について

神戸大学大学院 学生員 片山 憲一 神戸大学工学部 正 員 森川 英典
 神戸大学工学部 正 員 高田 至郎 山口大学工学部 正 員 宮本 文穂

1. はじめに

今回の兵庫県南部地震によって、多くの高架橋が被害を受けた。それとともなって、耐震基準が見直されることになり、兵庫県南部地区以外も含めて、今回被害を受けなかった高架橋に対して、耐震補強が行われていくことになると考えられる。そこで、今後の耐震補強対策をいかに考えるべきかということがあげられる。その場合に、想定地震動をいかに設定するか、想定地震力に対してどのような考え方(耐荷補強、靱性補強)で補強を行うかという問題とともに、耐久性との関連をいかに評価して、補強プログラムを策定するかということを検討する必要があると考えられる。ここでは、今回の地震で何らかの被害を受けた橋脚コンクリート(鉄道橋、道路橋を含む28体で種々の損傷状態のもの)を採取し、耐久性の指標の一つになり得る中性化速度を調べた。また、このことを考慮した、今後の耐震プログラム策定に対する提言を行った。

2. 中性化試験結果

図-1、図-2に、それぞれ、中性化深さ C (cm)、中性化速度係数 $A=C/\sqrt{t}$ ($\text{cm}/\sqrt{\text{年}}$)の測定結果を示す。図にはノースリッジ地震で被害を受けたコンクリートの試験結果も併記している。

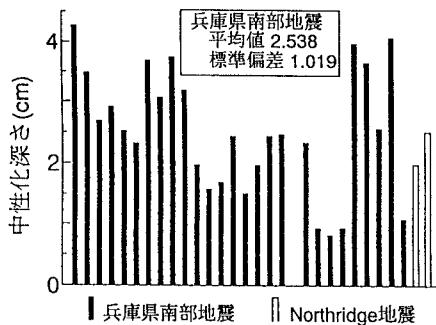


図-1 中性化深さの測定結果

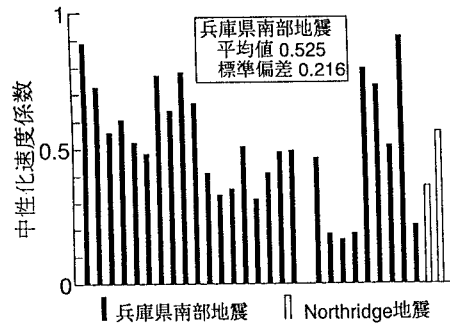


図-2 中性化速度係数の測定結果

中性化速度係数の結果(平均値:0.525, 標準偏差:0.216)から分かるように、ばらつきが非常に大きい。中性化速度係数に関しては、その影響因子として、セメントの種類や環境条件(二酸化炭素濃度、湿度、気温、雨水量、雨水の排水条件など)といった種々のものがあり、すべてのデータを同列に並べて評価することは困難である。特に今回の場合、都市部であり、場所によっては交通条件により二酸化炭素濃度が局部的に非常に高い場合もあり得る。また、既往の中性化実験式(例えば岸谷式)の実構造物への適用性についても問題を有する場合があると考えられる。強度という観点からのコンクリートの品質については、別途、化学分析による配合推定や圧縮強度試験、非破壊検査などが必要である。図-3は、橋齢と中性化速度係数との関係を示

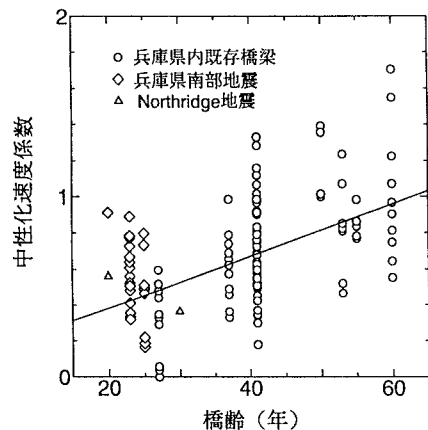


図-3 橋齢と中性化速度係数

したものである¹⁾。図中には参考のため、兵庫県内の既存RC橋(山間部)の上部工における測定結果も併記している。この結果から、ばらつきが非常に大きいものの全体的には右上がりの特性を示しており、今回測定したものは他の事例と比較した場合、比較的低いレベルにあるといえる。しかし、中でもばらつきは非常に大きく、最大0.9程度を示しているものもある。これについては、大都市という環境条件の悪さもかなり影響していると考えられるが、兵庫県内の既存RC橋が山間部に位置していることを考慮すると、比較的良好なものであるという判断もできる。ただし、鉄筋のかぶり範囲がすでに中性化している場合には、耐久性の観点から劣化度判定、寿命評価に基づいた補修・補強対策が策定される必要がある。以上の結果から、全体的には耐久性上現時点で問題となり得るケースは少ないが、鉄道RCラーメン橋では、鉄筋かぶりが小さいため、一部問題となり得る。ただし、鉄筋腐食および腐食ひび割れが非常に進行している段階ではなく、安全性の観点で直ちに問題となることはない。

3. 耐震補強プログラム策定に対する提言

今後の耐震補強プログラムを策定する場合、一度にすべての橋脚補強を実施することは、困難であるため、通常、プライオリティーを決定して、順次効率的に補強を実施するプログラムが策定される。例えば、米国カリフォルニア州交通局(CALTRANS)の耐震補強プログラムでは、優先順位決定要因として、橋齢(13%)、最大加速度(12%)、地盤条件(12%)、ヒンジ数(11%)、単柱複柱別(10%)、交通量(8%)、橋脚高さ(7%)、斜角条件(7%)、交差施設条件(6%)、道路種別(5%)、迂回路条件(5%)、アバットタイプ(4%)のウェイトが設定され、それぞれの要因毎に、数ステップもしくは連続量としての正規化評価値が設定されている²⁾。この方法は「レベル1の危険度解析」と呼ばれ、カリフォルニア州全橋梁を対象に、所轄機関、橋梁数、費用、地理的条件を考慮されて、補強プロジェクトとしてのグルーピング、個々のプロジェクトの優先順位付けが行われ、1991年に作業を完了し、補強プロジェクトが開始された。基本的には、このような手順に従って、補強対策プロジェクトを実行していく必要があると思われるが、この手法では、耐久性関連要因として橋齢と交通量のみを取り上げているため、橋齢の高い橋梁に内在される種々の不確実性、ばらつきをこれらの要因のみで画一的に評価することは、危険であると思われる。つまり、橋齢の高い橋梁を対象に耐震補強を含む維持管理を合理的に行うためには、これまで、独立的に考えられてきた耐久性診断と耐震診断を関連させることが必要であると考えられる。なぜなら、耐久性を含むすべての要因について最悪の条件を有する橋梁の破壊危険度は、兵庫県南部地震よりもレベルの小さい地震に対しても、将来的(橋齢が非常に高くなる時期)には小さくなる可能性も否定できないからである。また、これまで、上部工、下部工の維持管理については、独立的に取り扱われてきたが、上部工の桁連続化、免振支承の適用が本格化する中で、その維持管理についても、上部工、下部工、支承、ジョイントから構成される橋梁全体系のバランスを考慮した形で行う必要があるといえる。

4. まとめ

本稿では、耐震補強プログラム策定に対する問題点として、耐久性の取扱いを取り上げ、現状での測定結果の分析を行った上で、将来取り組むべき耐震補強プログラムにおける耐震診断、優先順位付けにおいて、耐久性診断を高いウェイトで導入する必要性を指摘した。また、上部工桁連続化、免震支承の適用と相まって、橋梁の耐震補強を含む維持管理を行う際にも、上部工、下部工、支承、ジョイントから構成される橋梁全体のバランスを考慮する必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 森川英典, 宮本文穂, 竹内和美: 統計解析に基づく既存コンクリート橋の安全性および寿命評価, 土木学会論文集, No. 502/V-25, pp. 53-62, 1994. 11.
- 2) Maroney, B. and Gates, J.: Seismic risk identification & prioritization in the CALTRANS seismic retrofit program, Proc. of the 4th U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, pp. 55-75, 1992. 8.