

都市高速道路のコンクリート橋脚における鉄筋の腐食時期の予測

名古屋工業大学大学院 学生会員 神田 ゆかり
 名古屋高速道路公社 正会員 鷺見 高典, 沖森 克文
 名古屋工業大学大学院 フェロー会員 梅原 秀哲

1. はじめに

鉄筋コンクリートにおける中性化は、鉄筋を腐食させる劣化機構の1つである。そこで、都市高速道路におけるコンクリート橋脚の中性化深さの測定結果から鉄筋が腐食する時期を予測し、この結果と、これまでに予測した塩化物イオンによって鉄筋が腐食する時期¹⁾との比較により、中性化と塩化物イオンのいずれが鉄筋の腐食する時期をより早めるかについて検討を行った。

2. 中性化の調査と予測方法

調査の対象は都市高速道路におけるコンクリート橋脚の梁部とし、201基の345箇所で中性化深さを測定した。測定方法は、目視による変状箇所を選定していることから、主に、はつり法によってフェノールフタレインを用いて変色させ、表面から変色部までをノギスで測定した。対象とした橋脚の供用年数を図1に示す。供用年数は8～32年で、30～32年のものが133箇所となっており、全体の約40%を占めている。

次に、中性化の予測は、測定された中性化深さから式(1)²⁾を用いて各箇所の中性化速度係数 A を導出し、統計解析の結果からコンクリート橋脚の中性化速度係数を定めた。中性化の影響による鉄筋の腐食発生時期は塩化物を含むコンクリートの場合、中性化残りが 20mm^2 に達した時点とされていることから、この係数を用いて式(1)より中性化深さがコンクリート表面から 20mm に達する時期の予測を行った。

$$y = A\sqrt{t} \quad \dots \dots (1)$$

ここに、 y : 中性化深さ(mm), A : 中性化速度係数($\text{mm}/\text{year}^{1/2}$), t : 供用年数(year)

3. 予測結果の分析と鉄筋の腐食時期の予測

(1) 中性化速度係数の決定

式(1)より求めた橋脚における A の基本統計量を表1に示し、頻度分布図を図2に示す。表1より、中央値よりも平均値が大きく、頻度分布は対数正規分布に類似していると思われる。

ここで、図2には頻度分布が対数正規分布に従った場合の対数正規分布曲線を示した。図2より、頻度分布および期待度数は、階級限界 $0.950\text{mm}/\text{year}^{1/2}$ の範囲において最頻値を示しており、分布形状も似ていることから、頻度分布は対数正規分布曲線にほぼ一致するように思われる。中性化の進行は、コンクリートの材料、

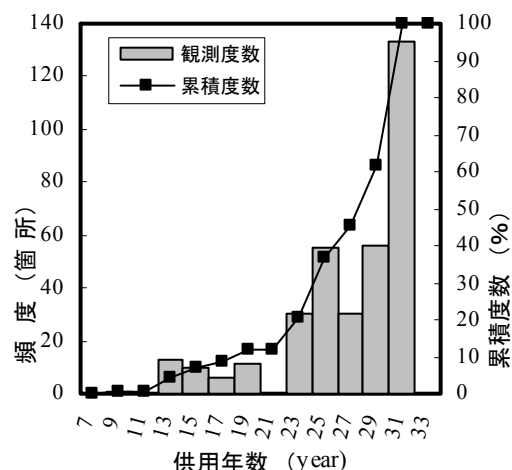


図1 調査箇所の供用年数

表1 中性化に関する基本統計量

基本統計量等		最大値	最小値	最頻値	中央値	平均値	標準偏差
項目							
供用年数	year	32	8	32	30.0	27.0	5.1
中性化深さ	mm	32.0	3.0	4.0	6.0	7.9	4.7
中性化速度係数	$\text{mm}/\text{year}^{1/2}$	5.747	0.530	0.730	1.291	1.529	0.904

対象橋脚 201基, データ数 345箇所

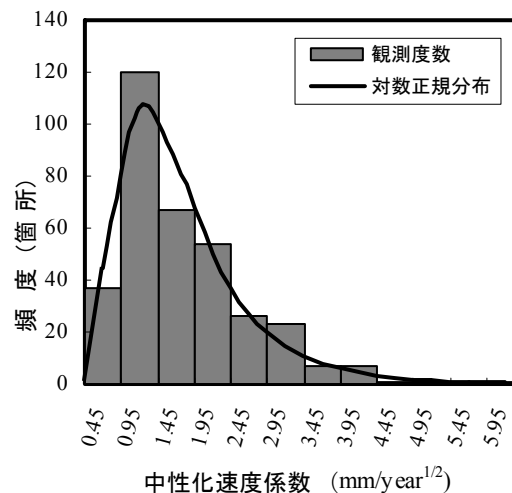


図2 中性化速度係数の頻度分布

キーワード 中性化, 塩害, 鉄筋の腐食, 劣化予測, 優先度の評価,

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学大学院 TEL 052-732-2111

配合および施工に内在する潜在的な欠陥に左右されることから、これらの影響により中性化の進行に差が生じたと考えられる。

そこで、これらの頻度分布が対数正規分布として扱えるか χ^2 検定を行った。表2にその結果を示す。表2より、「橋脚における A の頻度分布は対数正規分布に従う」という仮定は有意水準 5%で棄却できない、すなわち、橋脚における A は対数正規分布に従うと言える。

よって、調査対象箇所の橋脚と条件が同程度の構造物の中性化に対する劣化予測を行うには、不確定な要因を含む将来予測であることを考慮し、 A の値に対数正規分布関数の累積確率が 90%となる $2.658\text{mm/year}^{1/2}$ を用いることとする。

(2) 鉄筋腐食発生時期の予測

大気中における橋脚のかぶりの最低値は 40mm^3 であり、調査の対象としたコンクリート橋脚は塩化物イオンが侵入していることから、中性化がコンクリート表面から 20mm

に到達する時期の予測を行うこととした。式(1)に中性化深さ $C=20\text{mm}$ および中性化速度係数 $A=2.658\text{mm/year}^{1/2}$ を代入すると、供用から約 57 年後で鉄筋に腐食が生じる深さまで中性化が進行すると予測される。よって、中性化に着目した詳細点検は、供用から約 57 年後までに実施することが望ましいと言える。

ここで、図3に中性化の進行予測結果および文献1)による同都市高速道路の橋脚における塩化物イオンの拡散の予測結果を示し、鉄筋の腐食発生時期の比較を行う。図3より、塩化物イオンの拡散について、コンクリート表面からの深さが 40mm、すなわち鉄筋表面においては、供用から約 30 年経過すると鉄筋が腐食する可能性のある塩化物イオン濃度に達すると予測される。従って、都市高速道路のコンクリート橋脚における中性化および塩害による劣化予測からは、中性化よりも塩害による劣化が先行して鉄筋の腐食に影響を及ぼすと言える。すなわち、劣化の優先度を評価する場合には、中性化よりも塩害が優先されることになる。

また、図3より、コンクリート表面から 10mm 程度までの範囲では中性化が先行し、それを越える範囲では塩化物イオンの拡散が先行していることがわかる。したがって、塩化物イオンの濃度濃縮は、中性化の進行が先行する範囲、すなわち、かぶりが 10mm 程度を越える位置で生じやすいものと思われる。今後は、これらの複合劣化について考慮する必要がある。

4. まとめ

- (1) 中性化の予測に用いるのに適切と思われる中性化速度係数 A は、 $2.658\text{mm/year}^{1/2}$ と推定される。これを用いて中性化による鉄筋の腐食発生時期の予測を行ったところ、供用より約 57 年となり、中性化に着目した詳細調査はこの時期までに実施するのが望ましい。
- (2) かぶりが 10mm 程度を超える位置では中性化より塩害による劣化が先行し、鉄筋の腐食に対しては塩害が劣化の指標として優先されることが明らかとなった。

参考文献

- 1) T.Sumu and H.Umehara : ASSESSMENT OF THE CORROSION TIME OF REINFORCING STEEL BY SALT ATTACK IN THE REINFORCED CONCRETE PIERS, *ConMat'09 4th International Conference on Construction Materials*, pp.131-136, 2009
- 2) (社) 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'08 [基礎編], p.39, p.186, 2008
- 3) (社) 日本道路協会：道路橋示方書IV下部構造編, pp.176-177, 2002

表2 χ^2 検定結果

分布関数	自由度	χ^2	$\chi^2_{0.05}$	棄却
対数正規分布	9	14.99	16.92	できない

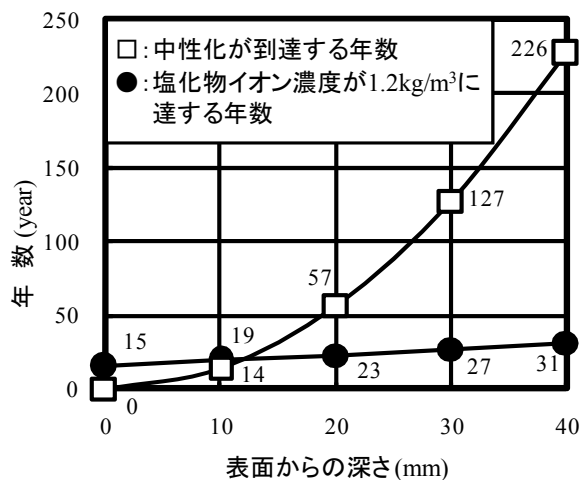


図3 中性化または塩化物イオンによる鉄筋腐食発生時期の比較