

○清水建設(株) 正会員 倉部 恵
清水建設(株) 正会員 江渡正満
清水建設(株) 正会員 野村朋宏

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物を維持するためには、構造物の耐力診断や設計残存耐力（以下、寿命）の予測を行い、適切なメンテナンスを行っていく必要がある。構造物の耐力に影響を及ぼす要因としては、塩害、中性化、ひび割れ等に伴う、鉄筋の腐食や強度の低下などが考えられる。鉄筋コンクリート構造物の耐力の低下に関しては、鉄筋の腐食を考慮した研究例¹⁾があるが、鉄筋の腐食以外の要因の耐力低下に与える影響や、これらの複数の要因を組み合わせた場合の寿命予測に関する研究はあまり見られない。

本研究は、火災及び塩害を受けた鉄筋コンクリート鉄道高架橋を想定し、耐力に及ぼす各要因の影響やこれらの要因の経年変化を考慮することによる寿命予測の手法について検討したものである。

2. 検討概要

2.1 検討方法

耐力の評価は、土木学会コンクリート標準示方書・設計編に示された終局限界状態の照査方法を用いて行った。すなわち、曲げ耐力 M_u /発生曲げモーメント M_d が、所定の構造物係数($\gamma_f=1.0\sim1.2$)以下となった場合を寿命と考えた。終局限界状態においては、曲げ耐力 M_u は降伏点強度 f_{sy} 、コンクリート強度 f'_c 、鉄筋断面積 A_s 等の関数として、また、発生曲げモーメント M_d は、弾性係数 E や、断面2次モーメント I 等の関数として表される。

本研究では、これらの要因が耐力に与える影響について、塩害及び火災を受けた構造物を想定して検討を行う。

2.2 要因と水準および解析モデル

検討要因及びその水準を表-1に示す。コンクリート構造物が火災等により高温に加熱された場合、その弾性係数や圧縮強度の低下が生じる。低温の火災の場合は、これらの物性値はその多くが回復するが、500℃以上の場合は、その回復があまり期待できないことが一般に知られている²⁾。また、塩分の浸透により鉄筋の断面が欠損することも知られている。表-1の水準は、このような既往の知見をもとに設定した。なお、鉄筋の降伏点強度 f_{sy} については2400 kgf/cm²とした。解析モデル及び部材の形状解析モデルを図-1に示す。対象構造物は3径間連続ラーメン鉄道高架橋であり、解析は橋軸方向のモデルについて行った。荷重の種類は、死荷重として躯体自重、バラストを考え、活荷重としては列車荷重を考えた。着目部材は、最大曲げモーメントが生じる位置とした。

表-1 検討要因及びその水準

要 因	水 準		
弾性係数 E の低下率(%)	0	50	90
鉄筋 A_s の断面欠損率(%)	0	10	30
圧縮強度 f'_c の低下率(%)	0	10	50

初期値： $E=3.5\times10^4\text{kgf/cm}^2$ 、 A_s ：図-1参照、 $f'_c=250\text{kgf/cm}^2$

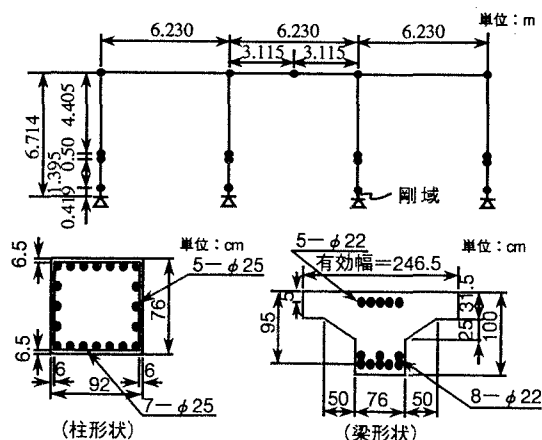


図-1 解析モデルおよび部材形状

3. 各要因の影響度の評価

各要因の低下率と Mu/Md との関係を図-2に示す。これより、構造物の耐力の低下に対しては、強度や弾性係数の低下に比較して、鉄筋腐食による断面欠損が大きく影響することが認められる。

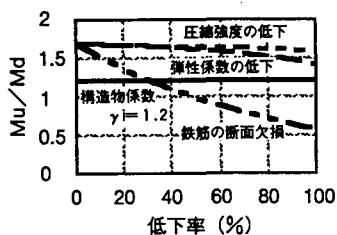


図-2 各要因の低下率と Mu/Md との関係

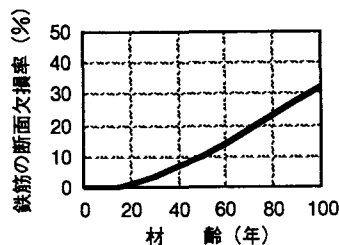


図-3 鉄筋の断面欠損率の経年変化

4. 寿命予測の検討

4.1 各要因の経年変化の設定

劣化に与える要因としての鉄筋の断面欠損率、コンクリートの弾性係数および圧縮強度の経年変化を図-3～5のように設定した。構造物の環境としては、塩分環境にあり、さらに建設後20年後に火災を受けたことを考えた。鉄筋

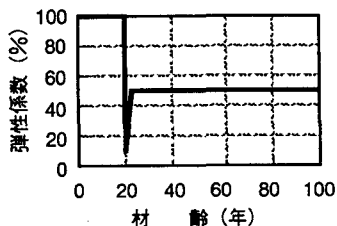


図-4 弾性係数の経年変化

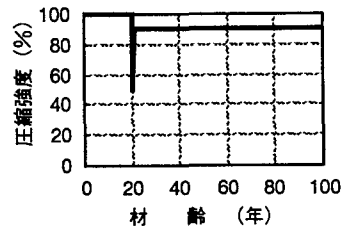


図-5 圧縮強度の経年変化

の断面欠損については、過去の事例をもとに設定した。コンクリートの弾性係数については、火災により弾性係数が10%まで低下し、その後1年程度で50%まで回復するとした。コンクリートの強度については、火災により50%まで低下し、その後1年後に90%まで回復するとした。

4.2 寿命予測の検討

図-6に、各要因の経年変化を考慮した構造物係数の経年変化を示す。これより、火災を受けた時点では Mu/Md の低下はほとんどないが、構造物の鉄筋が腐食するに従い、その低下が認められる。今、寿命の評価値として構造物係数 $\gamma=1.2$ とすると、使用開始後約90年で評価値を下回ると予測される。

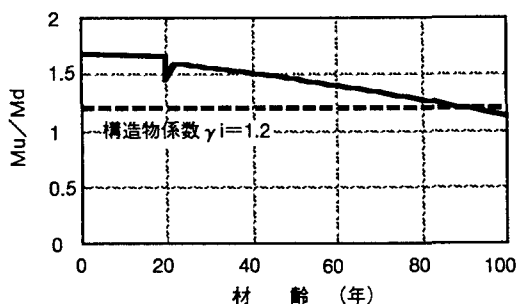


図-6 各要因の経年変化

5. おわりに

火災及び塩害を受けた鉄筋コンクリート高架橋の劣化におよぼす鉄筋断面欠損率やコンクリートの弾性係数などの要因の影響を検討した。また、これらの要因の経年変化に基づいた寿命の予測を土木学会コンクリート標準示方書・設計編に示された終局限界状態設計の照査方法により行った。本研究で得られた結果を以下に列挙する。

- (1) 鉄筋コンクリート構造物の劣化に対しては、鉄筋の断面欠損の影響が大きい。
- (2) 500℃程度の火災を受けた場合のコンクリートの弾性係数や圧縮強度の低下は、構造物の劣化に大きく寄与しない。
- (3) 鉄筋コンクリートの構成材料に関する経年変化を考慮することで、構造物の寿命を予測することができると考えられる。

【参考文献】

- [1] 桜井 宏、鮎田耕一、中尾和武：コンクリート構造物の劣化手法の考察、土木学会第49回年次学術講演概要集、第5部、pp.496-497、1994
- [2] 原田 有：日本建築学会論文報告集、56、pp.1～7、June 1957