

北見工業大学工学部

桜井 宏

鮎田 耕一

北見工業大学大学院

中尾 和武

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理や耐久性設計を行うには、適切に劣化予測を行うことが重要である。本研究の目的は、コンクリート部材の要求性能に影響を与える劣化機構を取り上げ、劣化進行を考慮した予測手法を確立することである。

2. 検討方法

Fig.2.1に検討方法のフローを示す。始めに、部材の要求性能を明確化し、劣化機構の検討、部材の性能と劣化の関係を検討する。劣化を予測評価するための性能及び劣化予測式を推定する。また、劣化限界及び部材モデルを設定し、実際に劣化予測を行う。

2.1部材の要求性能の明確化

構造物に要求される性能は、その構造物の使用目的により多様で、構造物の各部位、部材によって異なる。これらの要求性能を適切に整理分類し明確化することが重要である。また、各性能に対し劣化がどの様に影響を与えるかを把握しなければならない。ここでは、要求性能を耐荷性、耐久性、美観、強度、変形、鉄筋腐食の6項目を取り上げた。

2.2劣化機構の検討

構造物に影響を及ぼす劣化機構について、塩害、中性化、凍害、アルカリ骨材反応、化学的コンクリート腐食、疲労、その他と7項目を挙げた。本研究では一例として、中性化について検討を行う。

2.2.1中性化の劣化機構の検討

通常のポルトランドセメントでは、生成する水酸化カルシウムはセメントの約1/3であり、 $\text{pH}12\sim13$ の強アルカリ性を示す。大気中には、炭酸ガスが約0.03%含まれている。その結果、水酸化カルシウムと炭酸ガスとが反応して炭酸カルシウムを生成する。この現象が中性化(炭酸化)である。Fig.2.2.1に中性化による部材の劣化のフローを示す。

2.3劣化を予測評価するための性能及び予測式の検討

劣化予測を行うために、劣化が影響を及ぼすコンクリート部材の性能を推定し、劣化予測式を検討する。なお中性化については、鉄筋腐食、耐力の性能を取り上げ、劣化予測式を検討した。

2.4劣化限界の設定

本研究では、安全率1.15として設計したコンクリート構造物を仮定して検討を行い、各劣化の進行にともなう曲げ耐力の低下により推定される終局限界状態を劣化限界と設定した。即ち、曲げ耐力の低下により安全率 <1.0 となったときとした。なおここで述べる安全率とは、安全係数では材料等の不確実性を分割して割りつけているのに対し、これらをまとめて取り扱っているものである。

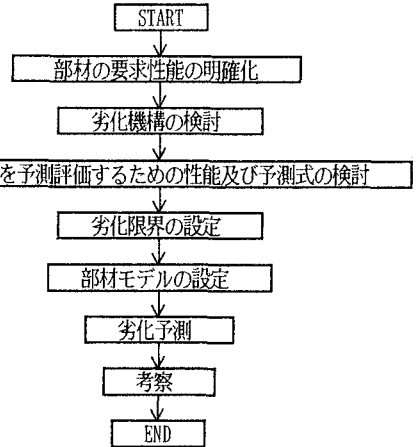


Fig.2.1 検討方法のフロー

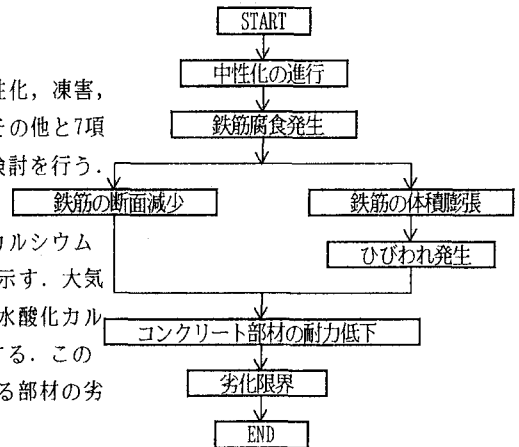


Fig.2.2.1 中性化による部材の劣化進行

2.5部材モデルの設定

劣化予測を行うにあたって、モデル供試体を設定する必要がある。本研究では、全長 $L=120\text{cm}$ 、部材幅 $b=15\text{cm}$ 、部材高 $h=25\text{cm}$ 、鉄筋径 $\phi=13\text{mm}$ 、鉄筋の降伏強度 $f_{yd}=3000\text{kgf/cm}^2$ 、コンクリート強度 $f'_{cd}=185\text{kgf/cm}^2$ 、かぶり $D=3, 4, 5, 6\text{cm}$ として検討した。Fig.2.5に部材の形状と寸法を示す。

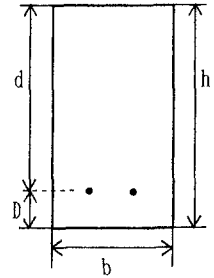


Fig.2.5 部材の形状と寸法

3.劣化予測及び考察

3.1劣化予測

コンクリート構造物の適切で計画的な維持管理を行うためには、ある供用時点で、構造物の劣化にともなう性能低下がどの程度であるか見極める必要がある。ここでは曲げ耐力を取り上げ、水セメント比 $W/C=55\%$ とし、かぶり $D=3, 4, 5, 6\text{cm}$ として以下の式を用いて供用年数にともなう性能低下を予測した。

$$x = \sqrt{\frac{R^2(0.046W/C - 1.76)^2}{7.2}} t \quad \dots\dots \text{式(3.3.1)},$$

$$X = \frac{x}{D} \quad \dots\dots \text{式(3.3.2)},$$

$$P(t) = (1 - \phi((D-x)/0.41x)) \cdot 100 \quad \dots\dots \text{式(3.3.3)},$$

$$A_s(t) = A_s \cdot (100 - P(t)) / 100 \quad \dots\dots \text{式(3.3.4)}, \quad M_{ud}(t) = A_s(t) \cdot f_{yd}(d - y_c) \quad \dots\dots \text{式(3.3.5)}$$

x : 中性化深さ(平均値)(mm), D : かぶり(mm), W/C : 水セメント比(%), X : 中性化深さ率(%), $P(t)$: 経年変化にともなう鉄筋の発錆面積率(%), ϕ : 鉄筋の腐食確率からHastingsの最良近似式を用いた正規分布関数 $A_s(t)$: 経年変化にともなう鉄筋の総断面積(cm^2), A_s : 鉄筋の総断面積(cm^2), $M_{ud}(t)$: 経年変化にともなう曲げ耐力(tf), f_{yd} : 鉄筋降伏強度(kgf/cm^2), d : 有効高さ(cm), $y_c=0.416x$, x : 中立軸,

Fig.3.1に供用年数にともなう曲げ耐力の低下を示す。

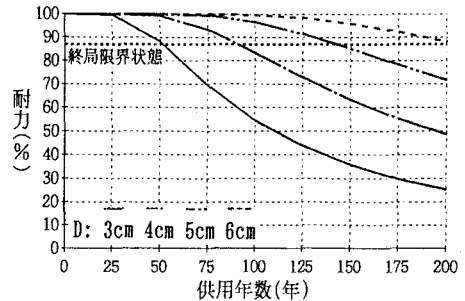


Fig.3.1 曲げ耐力と供用年数の関係

3.2考察

設計時の安全率を仮に1.15と仮定した構造物は、耐力低下が87.0%で終局限界状態に達すると推定される。

中性化によるコンクリート部材の劣化予測において鉄筋断面の減少に着目して耐力の低下を算定したが、発錆面積率と鉄筋の断面減少率が一意的に相関すると仮定して行った。今後この関係をさらに確率論的に明らかにし、鉄筋の降伏強度との関係も検討する必要があると思われる。

4.まとめ

中性化の進行による部材の性能の低下を想定することにより、中性化深さ率(中性化深さ(mm)/かぶり(mm))による鉄筋腐食を考慮したコンクリート構造物の部材の曲げ耐力の低下を一つの手法として劣化予測することができた。

【謝辞】本研究に際し、土木学会コンクリート標準示方書改定小委員会維持管理部会(関博委員長)の活動を通じて各委員の貴重な御助言を受けた。また、北見工業大学藤田嘉夫客員教授、岡田儀備技官、猪狩平三郎技官、北大大型計算機センター等の御協力を受けた。ここに感謝する。

【参考文献】

- 1) 桜井宏, 鮎田耕一, 藤田嘉夫, 佐伯昇, 中尾和武: コンクリート構造物の維持管理のための劣化予測の検討, 土木学会北海道支部論文報告集第50号pp1040~1045.
- 2) 桜井宏, 鮎田耕一, 中尾和武: コンクリート構造物の劣化予測に関する検討, セメント技術大会講演論文集49号6月掲載予定.