

V-521

材料試験に基づくコンクリート部材の局部劣化進行予測とせん断耐荷力評価

(株) トクヤマ 正 員 河合 優

神戸大学工学部 正 員 森川英典

1. はじめに：既存コンクリート橋に対して実施した材料試験結果¹⁾から、コンクリート強度が低下（劣化）していること、強度のばらつき（変動係数）が増幅していることがわかった。また、強度の劣化に伴ってせん断破壊が先行することが示唆された²⁾。そこで、コンクリート部材におけるコンクリート強度の劣化およびコンクリート強度のばらつきの変化を評価するために、コンクリート部材におけるコンクリートの強度軸方向分布を考え、材料試験結果をもとに強度分布を推定する手法を示し、強度の経年劣化に伴う強度分布の経年変化をモデル化する。また、強度のばらつきを考慮したせん断耐荷力の評価方法について述べる。

2. 強度分布推定手法：コンクリート部材に対する材料試験結果から強度分布を推定する手法として、有限フーリエ変換を用いる。実施する材料試験の条件は、部材両端を含む等間隔のデータを得ることである。この条件を満たす材料試験方法として、コアを採取することによる圧縮試験と超音波試験などの非破壊試験の併用が考えられる。得られた材料試験データをフーリエ変換して強度分布を推定するが、フーリエ変換の特性上、得られたデータのみで変換を行うと部材端点付近における分布形状ともう一方の端点付近の分布形状が相互に影響を及ぼし合うことが考えられるため、部材軸方向延長に仮想部材を設定し、仮想部材上の仮想データとして得られた材料試験データの平均値を与える。このとき、便宜上、仮想部材上の仮想データを加えて2の累乗個のデータとなるようにする。有限フーリエ級数を表す数式から、強度分布の経年変化を予測するためには平均強度と強度のばらつきの経年変化を予測する必要があると考えられる。

3. 局部劣化進行予測手法：コンクリート部材の強度分布の経年変化を予測する局部劣化進行予測手法の流れを図1に示す。まず、劣化進行速度の経年変化を劣化特性を考慮してモデル化し劣化進行速度を積分して強度経年劣化モデルを得る。得られた強度劣化モデルに対して、既存コンクリート橋に対する材料試験結果を用いて最小二乗法により平均強度経年劣化モデルを作成する。次に、平均強度と強度変動係数の統計的関係から強度変動係数経年変化モデルを作成する。また材料試験結果から、得られたモデルを初期値の更新によってその部材固有のモデルに更新する。ここで、強度分布の経年変化がばらつきを表すそれぞれの波の経年変化で表されると仮定することにより局部劣化進行予測を行うこととした。ただし、実施した材料試験が一回目の時、強度分布の経年変化を予測する方法としてばらつきを表すそれぞれの波の振幅が経年によって逆転しないという仮定のもと目的関数を設定し、波の振幅と平均強度および強度変動係数の関係の非線形制約条件を有する最適化問題として局部劣化進行予測モデルを作成する。

4. 局部劣化モデルの作成とせん断耐荷力評価：強度のばらつきを考慮したせん断耐荷力を評価することは、軸方向の強度分布を考慮したせん断耐荷力を評価することと等価である。しかし、連続的に分布する強度分布を考慮したせん断耐荷力を評価するのは非常に困難であると考えられるため、強度分布を等価なブロック分布に変換することを考える。このとき次のような条件を考えた。

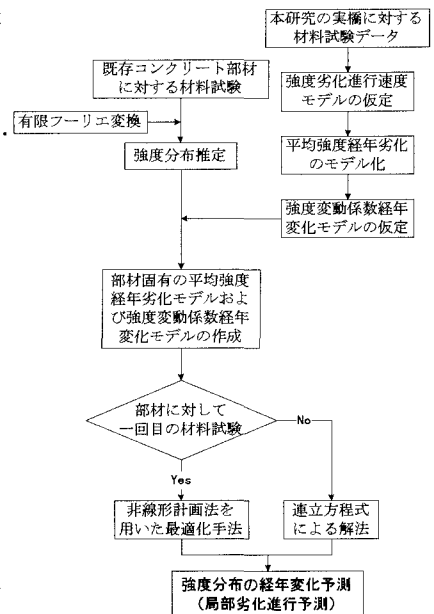


図1 局部劣化進行予測手法の流れ

Keywords：コンクリート強度，強度分布，材料試験，せん断耐荷力，局部劣化

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学工学部建設学科 TEL：078-803-1040

- ◆ 強度分布が囲む面積とブロック分布が囲む面積は等しい。
- ◆ ブロックの高さは強度分布が囲む面積によって決定される。
- ◆ ブロックの幅は部材に対してある一定の割合以上とする。

図2に強度分布のブロック化の例を示す。

ここで、ブロック分布のせん断耐力に及ぼす影響を考える。せん断耐力に影響を及ぼすと考えられるのは、平均強度を下回る部分のブロックの幅、ブロックの高さ（強度劣化率）およびブロックの位置である。これらの影響因子を劣化パラメータと定義し、それぞれの劣化パラメータがせん断耐力に及ぼす影響を評価することを考える。本稿では、ある室内実験供試体をモデルとした二次元有限要素解析によってせん断耐力への影響を評価した。図3に解析モデルを示す。また、表1に劣化パラメータと解析ケースを示す。なお、本稿では劣化導入領域として図4の領域を考えた。表1に示す解析ケースに対して実施した解析結果から、劣化導入領域の位置に関して、影響があまり見られなかったため、本稿では劣化幅と強度劣化率に対してせん断耐力低下率を以下のように表すことを考えた。

$$\alpha(f, w) = K \cdot \exp(bf) \cdot \exp(dw) = K \cdot \exp(bf + dw) \quad (1)$$

ただし、 α ：せん断耐力低下率、 f ：強度低下率、

w ：劣化幅 (mm)、 K, b, d ：定数

式(1)のせん断耐力低下率を表す各定数は、解析結果を用いた最小二乗法によって求めることにした。

ブロック分布を等価な局部劣化モデルに変換する条件は、

- ◆ ブロック分布が囲む面積と等しい面積を持つブロックとする。
- ◆ 局部劣化モデルの劣化位置は、ブロック分布の重心位置と等しい。
- ◆ せん断耐力低下率が最も低くなる最悪ケースでモデル化する。
- ◆ 局部劣化モデルの劣化幅は、ブロック分布の幅を越えない。
- ◆ 局部劣化モデルの強度劣化率はブロック分布における最大強度劣化率を越えない。

とした。以上の条件により図2のブロック分布から局部劣化モデルを作成すると、図5のようになる。

5. まとめ：コンクリート部材に対して材料試験を実施することにより、部材のコンクリートの強度劣化を予測する手法を示した。また、コンクリート強度の劣化を考慮したせん断耐力を評価する方法として局部劣化モデルを考え、局部劣化モデルを考慮したせん断耐力の評価方法を示した。

<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) 河合優，森川英典，片山憲一，山本剛司：パターン化した劣化モデルを考慮したRC梁のせん断耐力特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.705-710，1997.6

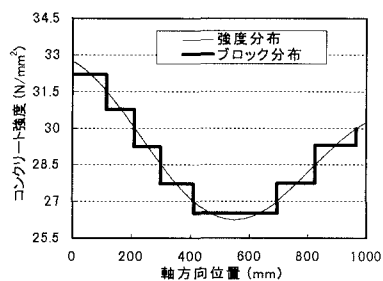


図2 強度分布のブロック化

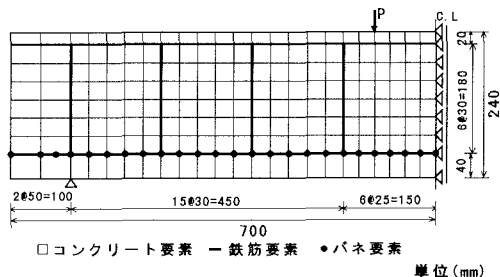


図3 解析モデル

表1 劣化パラメータと解析ケース

劣化導入領域	劣化ブロック幅	f_{cbase}	f_{cdet}	f_{cbase}	f_{cdet}
なし	0 mm	①	—	②	—
a,b,c,d,e	30 mm	①	③(4/5)	②	④(5)
ab,bc,cd,de	60 mm	①	③(4/5)	②	④(5)
abc,bcd,cde	90 mm	①	③(4/5)	②	④(5)
abcd,bcde	120 mm	①	③(4/5)	②	④(5)
abcde	150 mm	①	③(4/5)	②	④(5)

	①	②	③	④	⑤
コンクリート強度	14.71	12.26	9.81	7.35	4.90

(単位: N/mm²)

ただし、 f_{cbase} ：ベース強度、 f_{cdet} ：劣化強度

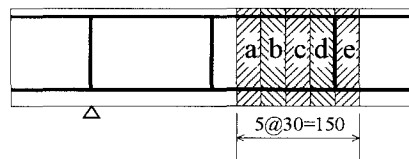


図4 劣化導入領域

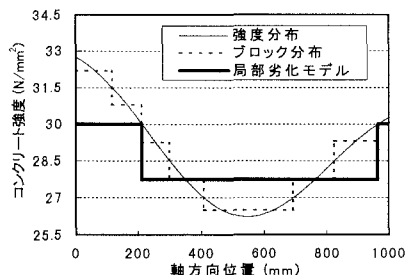


図5 局部劣化モデルの作成