

## クリギング処理によるコンクリートの 損傷パラメータ推定に関する実証的研究

鈴木 哲也

### 1. はじめに

コンクリート構造物の適切な維持管理には、構造材料の強度特性に加えて、損傷度の定量化が不可欠である。筆者らは、損傷の進行したコンクリート・コアを用いて、力学特性と損傷パラメータとの関係を検討している<sup>1)</sup>。本報では、点的に求めたコンクリート損傷度評価値をクリギング補完による特性評価を試みた結果を報告する。

### 2. 実験・解析方法

実験はAE計測を導入した圧縮強度試験を実施し、供試体の破壊過程に発生するAEを検出した。計測装置はSAMOS（PAC社製）である。計測は供試体の側面部にひずみゲージおよびAEセンサを設置して行った。しきい値は42dBとし、60dBの増幅をプリアンプとメインアンプで行った。AEセンサは150kHz共振型センサを用いた。実験に用いた供試体は、水中養生28日後のコンクリート・コア6本と水中凍結融解試験により人工的に損傷を与えたコンクリート・コア 26本、実構造物より採取したコンクリート・コア 25本である。解析的検討は圧縮破壊時のAEパラメータである $\beta$ 値<sup>2)</sup>と損傷パラメータ $\lambda$ <sup>3)</sup>を用いた。

### 3. 結果・考察

コンクリート・コアの損傷度評価には、 $\lambda$ と $\beta$ の関係から供試体を「無損傷領域」、「損傷領域」、「中間領域」の3区分に分類し、評価した。無損傷領域は $\lambda \leq 1.79$  かつ $\beta \geq 0.012$ の範囲であり、損傷領域は $\lambda > 1.79$  かつ $\beta \leq 0.003$ の範囲である。中間領域は、無損傷と損傷の条件に該当しない範囲である。本研究では、P波速度より分類したコンクリート・コアを用いて無損傷領域と損傷領域のしきい値を決定した。無損傷領域はP波速度3,500 m/s以上のコンクリート・コアを用いて、評価値 $\lambda$ と $\beta$ の正規分布より評価範囲のしきい値を決定した。評価範囲のしきい値は、評価値の正規分布の95%信頼区間の棄却限界値である。損傷領域のしきい値は、P波速度 2,000~3,000 m/s未満のコンクリート・コアより決定した。しきい値は無損傷領域と同様に評価値の正規分布より求めた。

損傷状況の異なるコンクリート・コアを用いて $\lambda$ と $\beta$ の関係から損傷度を評価した結果を図1に示す。図1は $\lambda$ と $\beta$ を用いたコンクリート損傷度評価モデルとP波速度の関係を示したものである。無損傷領域に区分されたコンクリート・コアは31本、損傷領域は14本、中間領域は12本であった。P波速度は無損傷領域で3,370~4,080 m/s（平均値：3,761 m/s）、損傷領域で1,680~3,408 m/s（平均値：3,002 m/s）、中間領域で2,079~3,971 m/s（平均値：3,275 m/s）となった。P波速度の平均値では、無損傷領域が最も高いことが確認された。損傷領域は無損傷領域の79.8 %であり、中間領域は87.1 %となった。P波速

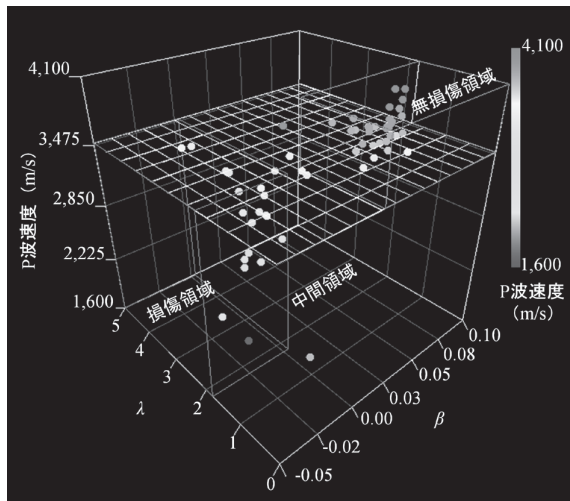


図1 損傷度評価モデルとP波速度の関係

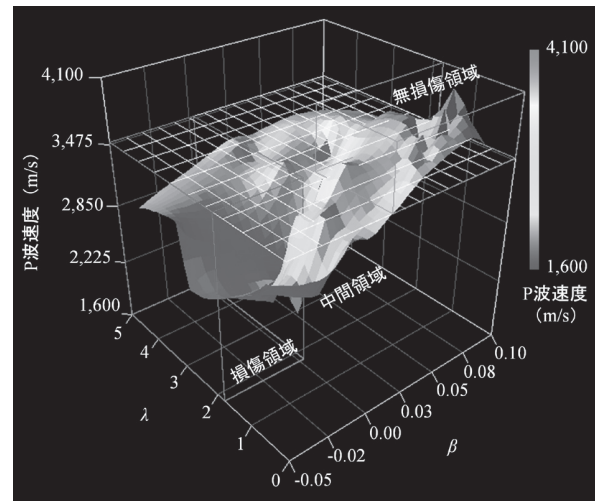


図2 クリギング処理によるデータ補間

度は損傷領域において最も低下していることが確認された。本研究では、クリギング<sup>4)</sup>を用いて図1の点的データを拡張した。クリギング処理では、評価値 $\lambda$ と $\beta$ を座標データとし、P波速度を計測データに設定し解析を行った。検討の結果を図2に示す。同図からP波速度は損傷領域と、 $\lambda \leq 1.79$ かつ $-0.050 \leq \beta \leq 0.012$ の中間領域において低下していることが確認された。

#### 4. まとめ

本研究では、応力 - ひずみ曲線とAE発生挙動から評価値 $\lambda$ と $\beta$ を算出し、両指標からコンクリート損傷を無損傷、損傷、中間領域の3区分に分類した。検討の結果、損傷領域のP波速度は、無損傷領域と比較して最大で2,400 m/s低下していることが確認され、コンクリートの力学特性に加えて、弾性波特性（AE, P波速度）によるコンクリート損傷度評価の高精度化が可能であることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) Suzuki, T., Yamagishi, S, Ohtsu, M., Morii, T. and Kawai, T.: Use of Acoustic Emission and Image Analysis for Damage Evaluation of Freeze-Thawed Concrete in Core Test, *the 6th Kumamoto International Workshop on Fracture, Acoustic Emission and NDE in Concrete* (KIFA-6), p. 16, 2013.
- 2) 山岸俊太郎, 鈴木哲也, 森井俊広, 大津政康: 圧縮破壊過程のAE発生特性に基づくコンクリート損傷度評価, *コンクリート工学年次論文集*, 36 (1), 2158-2163, 2014.
- 3) Loland, K.E.: Continuous Damage Model for Load-Response Estimation of Concrete, *Cement and Concrete Research*, 10, pp. 385-402, 1980.
- 4) Hans Wackernagel 著, 青木謙治監訳: 地球統計学, 森北出版株式会社, 2004.