

応力場に発生する弾性波エネルギーを指標とした力学試験の高度化に関する研究 Improvement of Mechanical Test using Elastic Wave Energy in Stress Fields

○島本由麻*, Sena Tayfur**, Ninel Alver**, 鈴木哲也***

Yuma Shimamoto*, Sena Tayfur**, Ninel Alver** and Tetsuya Suzuki***

1. はじめに

コンクリート水利施設に代表される農業水利施設群の適切な維持管理には、コア供試体を用いる力学試験を実施し、材料損傷を同定する必要がある。これは、非破壊検査により現地で計測した試験値を評価（無損傷～損傷～極度な損傷蓄積）するためには、非破壊試験指標と破壊試験指標との比較検証が不可欠なためである。

筆者らは RILEM（国際材料構造試験研究機関・専門家連合）TC 269 - IAM（Damage Assessment in Consideration of Repair / Retrofit-Recovery in Concrete and Masonry Structures by Means of Innovative NDT）委員会において非破壊損傷度評価法を開発する過程で各種応力場に発生する弾性波（Acoustic Emission）エネルギーを指標にした損傷度評価法を検討している（図-1）^{1), 2)}。一連の開発過程において、縦ひずみ 0～100 μ 程度の初期の圧縮変形時に発生する AE エネルギー挙動に着目することで、コンクリート損傷の定量化が可能であることを明らかにした。このことを踏まえて、2020 年度より機械学習による損傷度診断法の構築に取り組んでいる³⁾。2021 年度には開発手法のラウンドロビンテストをエジンバラ大学（英国）、エーゲ大学（トルコ共和国）、新潟大学および北里大学による国際共同研究として実施している。

本報では、開発手法の概要と今後の展開

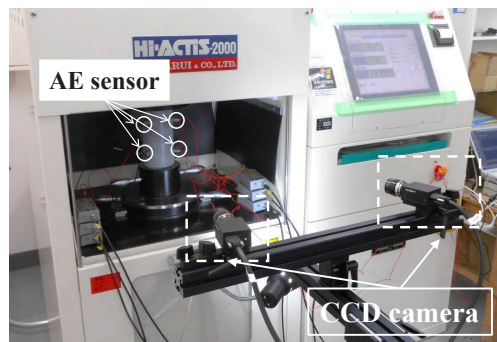


図-1 損傷度評価の一例

Fig.1 An example of damage evaluation

について概説する。

2. 既存施設から採取したコンクリート・コアを用いた力学試験の問題点

コンクリートに代表される構造材料は一般的に均質であることを前提に計画・設計が行われる。損傷現象の最も特異的な点は、その規模や分布、特性が材質に加えて設置環境や構造断面の影響を受けることにある⁴⁾。コア供試体を用いた力学試験は、施設実態を評価するうえで不可欠であるが、サンプルの採取位置やその規模（サンプルサイズ、供試体寸法）により非破壊検査との評価値の整合が取れない場合がある。この技術的課題は十分に解決策を得ているとは言い難いのが現状である。

3. 既設 RC 橋梁床版での損傷度評価の試み

そこで本研究では RC 床版部に損傷が進行した既設橋梁を対象にデジタル画像の機械学習によるひび割れの検出とコア供試体

* 北里大学獣医学部 School of Veterinary Medicine, Kitasato University

** Ege University, Department of Civil Engineering

***新潟大学自然科学系（農学部）Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード：AE, 機械学習, コンクリート, 損傷度評価

の採取による損傷度評価を試みた。本報ではコア供試体の損傷度評価結果について概説する。

試験施設は 1969 年に架設された 7 径間単純鋼桁橋である。床版下面には網の目状に多数のひび割れが確認され (図-2), ひび割れ間隔は 250 mm~300 mm 程度であった。コア供試体を既設アスファルト舗装撤去後に 6 箇所採取した。損傷の可視化には X 線 CT を適用した。圧縮応力場において発生する AE エネルギーを指標に損傷度を評価した。

検討の結果, X 線 CT により供試体内部での損傷発達が確認された。コア供試体の圧縮応力場における損傷度は図-3 に示す AE エネルギー指標から重心ひずみエネルギー U_{cog} を同定することで, AE データと力学試験データとの整合を試みた。本検討試料では, 圧縮強度が非常に低く, 载荷初期に AE エネルギーの放出が大きいことが確認された。重心ひずみエネルギーは, 圧縮強度試験に供試したサンプルで 0.15 J と 0.21 J を確認した。これは, 標準的なコンクリート (圧縮強度 24 N/mm², 縦ひずみ 2,000 μ) において確認されるひずみエネルギー 51.4 J と比較して顕著に低い値となった。

4. おわりに

力学試験と AE 計測を組み合わせることで, これまで明確にできていなかった材料損傷と力学特性との関係を明確にできるものと推察される。今後は国際共同研究により材質や環境など種々な条件での提案手法の適用性を考察する予定である。

引用文献

- 1) Shimamoto, Y. and Suzuki, T.: Damage Evaluation of Heavily Cracked Concrete by Initial AE Energy Parameter, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol.5, pp. 122-127, 2020.
- 2) Suzuki, T.et al.: Damage Estimation of Concrete Canal due



図-2 損傷度評価を試みた RC 橋梁
Fig. 2 Target of evaluation (RC bridge)

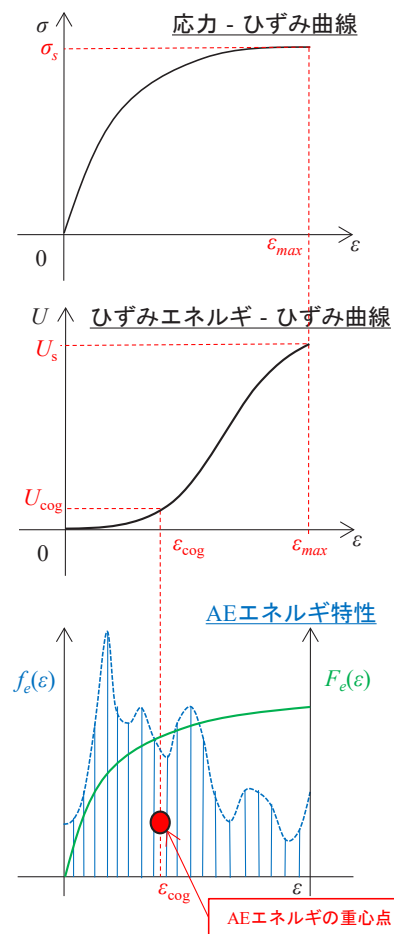


図-3 AEによる重心ひずみエネルギー U_{cog} の同定
Fig. 3 Identification of U_{cog} by AE

to Freeze and Thawed Effects by Acoustic Emission and X-ray CT Methods, *Construction and Building Materials*, Vol. 245, No. 10, 2020, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118343.

- 3) 島本由麻ら: 決定木を用いた道路橋 RC 床版における遊離石灰抽出に関する研究, *農業農村工学会論文集*, Vol. 310, pp. I_59-I_65, 2020.
- 4) Lemaitre, J.: *A Course on Damage Mechanics*, Springer-Verlag, Berlin, 1992.