

カルバート損傷モニタリングシステムの構築

茨城大学 学生会員 ○WEI YANG
 茨城大学 正会員 車谷 麻緒
 茨城大学 正会員 呉 智深

1. 研究背景

ボックスカルバート（以下はカルバート）とは長年地下に埋設されている RC 構造物である。現在既存の点検手段は主に目視検査とテレビカメラ調査であり、点検者の経験に頼ることや早期損傷を検出できないなどの問題がある。そこで、本研究ではカルバートの各損傷段階の損傷特徴を検討したことで、カルバートに対する損傷モニタリングシステムを構築した。

2. カルバート損傷モニタリングシステムの概要

カルバート損傷モニタリングシステムとは、ロングゲージ FBG センサを用いて計測したひずみの値からカルバートを四つの損傷段階に判断するシステムである。四つの損傷段階を以下に示している。A. 健全段階（健全に使える）B. 保全段階（ひび割れ）C. 損傷段階（鉄筋降伏）D. 破壊段階（頂版コンクリート圧縮破壊）

ロングゲージ FBG センサでカルバートの早期損傷を検出することにより、カルバートの損傷段階を判断した上で、損傷段階のカルバートに対し補修対策を実施することや保全段階に緊急装置を行うことで、カルバートの長寿命化を図ることができる。

3. 研究目的

ロングゲージ FBG センサを用いてのカルバートモニタリングシステムを構築するために、ロングゲージ FBG センサの配置を確認する必要がある。そのため、有限要素法により、カルバート各損傷段階の損傷特徴について検討し、ロングゲージ FBG センサの敷設を確認した。

4. 敷設確認

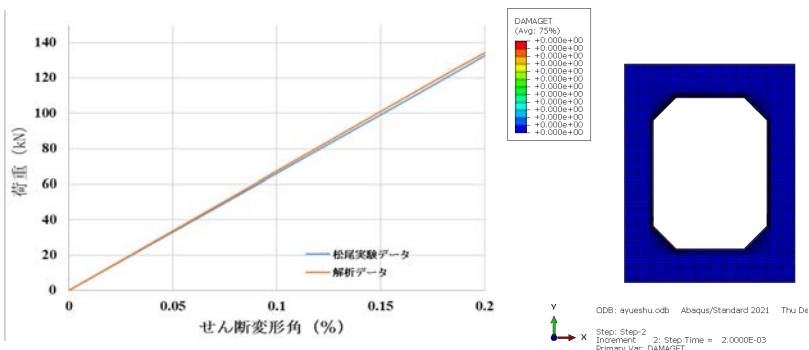
4.1. カルバート損傷特徴

カルバートの損傷特徴を明らかにするため、有限要素解析を用いて松尾ら¹⁾2002 年実施したカルバート実験の再現解析を行った。

境界条件について、カルバートの底版に完全固定条件を設け、土に埋設されている環境を模擬するために、側壁に X 方向の変位を拘束した。

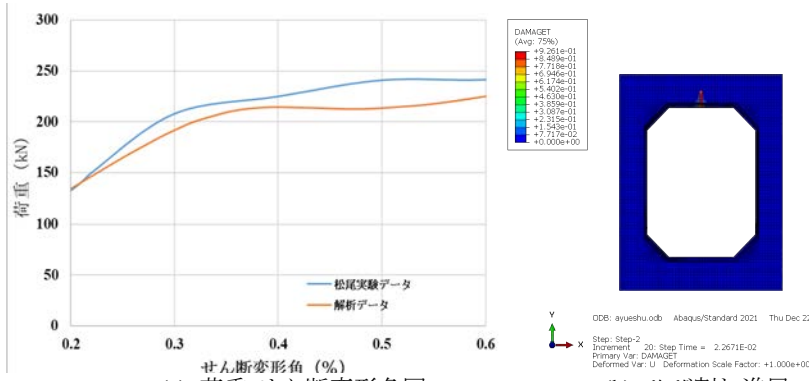
A. 健康段階の荷重-せん断変形角図及びひび割れ進展は図-1 に示す。0 から 127kN まで荷重にカルバート損傷が生じない、せん断変形角が 0.2% まで増加した。

B. 損傷段階の荷重-せん断変形角図及びひび割れ進展は図-2 に示す。+128kN 載荷時に頂版下の中心部分に一つのひび割れが発生し損傷が初めて発生するとき、ひび割れは Y 方向である。この段階に荷重の増加に



(a) 荷重-せん断変形角図. (b) ひび割れ進展

図-1 健康段階.



(a) 荷重-せん断変形角図. (b) ひび割れ進展

図-2 損傷段階.

従って、損傷が多くなる。

C. 保全段階の荷重-せん断変形角図及びひび割れ進展は図-3に示す。+225kN 載荷時に鉄筋降伏が発生し、せん断変形角が0.8%であり、ひび割れがさらに増加し、カルバートは保全段階に至る。

D. 破壊段階の荷重-せん断変形角図及びひび割れ進展は図-4に示す。+283kN 載荷時にせん断変形角が約1%であり、X方向のひび割れが生じ、頂版コンクリートせん断破壊や圧縮破壊などが発生してしまった。

有限要素解析で損傷をつけるカルバートの挙動を良く再現できていると判断できる。

4.2 ロングゲージ FBG センサの敷設

図5に頂版センサの敷設を示す。カルバートの損傷段階には頂版にY方向のひび割れが発生した。カルバート早期損傷を検出するために、頂版中心に五つのセンサ(x方向)を確認した。保全段階にひび割れ範囲の拡大することにより、この段階の損傷を計測するために、頂版端部に両列の各三つのセンサ(x方向)を確認した。破壊段階にX方向のひび割れが生じるために、左右各一つのセンサ(Y方向)を設計した。

そして、常に4, 5, 6, 7, 8号のセンサを計測することで、カルバートの異常を発見することができる。保全段階のカルバートを判断するには1, 2, 3, 9, 10, 11号のセンサの値が必要となる。12, 13号のセンサは分布計測及び破壊段階のひずみ変化を計測するために、設置した。

5. まとめ

実験の再現解析を行い、有限要素解析で損傷をつけるカルバートの挙動を再現できることが確かめられた。

- A. 健康段階：+127kN まで載荷時にカルバート損傷が生じない。
- B. 損傷段階：+128kN 載荷時に頂版下の中心部分に一つのひび割れが発生した。
- C. 保全段階：+225kN 載荷時に鉄筋が降伏した。
- D. 破壊段階：+283kN 載荷時にせん断変形角が約1%であり、頂版コンクリートせん断破壊や圧縮破壊などが発生した。

カルバートの荷重-せん断変形角関係及びひび割れ進展により、ロングゲージ FBG センサの敷設を確認した。

今後、カルバート各損傷段階の損傷特徴をさらに明確することや、実際のカルバート検証実験を通じ、計測の精度向上を目指すとともに、モニタリング必要のロングゲージ FBG センサ個数を最小限にすることにより、カルバートモニタリングシステムの精度及び経済性が期待される。

参考文献

松尾豊史, 松村卓郎, 遠藤達巳, 橘泰久: 強制的に腐食させた RC ボックスカルバートの載荷実験シミュレーション, 2002

謝辞

本研究には、(株)三洋産業にご協力をいただいた。ここに記して、感謝申し上げる。

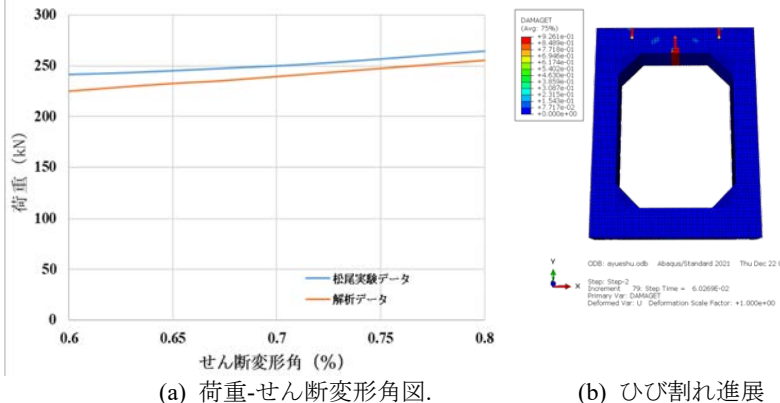


図-3 保全段階。

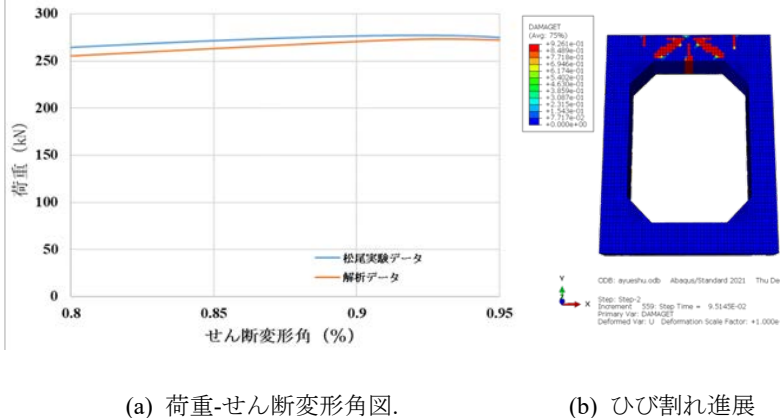


図-4 破壊段階。

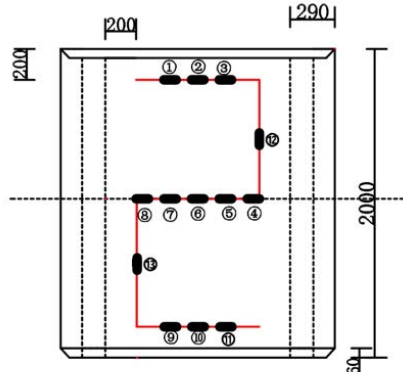


図-5 ロングゲージ FBG センサの敷設