

低層建築構造物の地震時モニタリングに関する研究

茨城大学 学生会員 ○濱武 知生

茨城大学 正会員 呉 智深

1. はじめに

2013 年、国土交通省のインフラ長寿命化基本計画において、2030 年までに全てでセンサや非破壊検査技術等の活用により点検・補修を高度化すること、老朽化に起因する重要インフラの重大事故ゼロを目標として挙げている¹⁾。こうした長寿命化や防災の観点から近年、構造ヘルスマニタリングに関する研究が進められている。しかしながら、研究の多くが土木構造物を対象としており、建築物に関しては少ない。高層建築物が対象とされている。災害時の防災拠点として機能すべき学校や病院などの多くは低層であることから、低層建築物を対象とした地震時モニタリングが重要となる。

既存研究は、風や地震動による計測加速度から層間変形角を算出して評価を行う方法²⁾があるが、加速度は建物の総体的な応答を把握するもので、局部的かつ小さな損傷まで検知することには適していない。

そこで、本研究では低層建築構造物の地震動による加速度・ひずみの計測を行い、マクロレベルでは層間変形角、ミクロレベルでは最大ひずみを指標とし、双方から建築物の健全度を評価することを目的とする。

2. 健全度評価におけるモニタリングシステム

低層建築構造物の安全性・地震後の早期評価を目的とし、マクロレベルの評価方法とミクロレベルの評価方法を提案する。図-1 に提案するマクロレベルとミクロレベルの地震時モニタリングシステムについて示す。マクロレベルでは層間変形角を指標とし、構造物の材料や寸法などの設計値をパラメータとした解析モデルに地震波を入力して得られる層間変形角を理論値とする。また、層単位で計測した加速度を2階積分して得られた変位から層間変形角を算出し、これを計測値とする。両者を比較することで、構造物の総体的な評価を行う。ここまでは既存研究でも行われている評価方法である。しかし、加速度を用いた層間変形角による評価の

みでは、構造部材に損傷が生じていても加速度計では損傷を検知できないため、損傷を考慮しないまま健全度の評価を行っている可能性がある。

そこで、ミクロレベルで最大ひずみを指標とし、加速度からひずみの最大応答、本研究室で提案された分布FBG センサを用いて構造部材の分布ひずみを計測し両者を比較することで、構造物における地震後の損傷の早期検知、長期モニタリングによる変状を考慮した健全性の評価を行うことができると考えた。

3. 建築物におけるモニタリング概要

本研究では、茨城大学工学部都市システム工学科棟を対象とした。本棟は1981年に竣工された鉄筋コンクリート建築構造物であり、供用開始から37年が経過する。加速度とひずみの計測を行うにあたって、既存の研究でも用いられている加速度計とひずみの分布計測が可能なロングゲージFBG センサを用いた。図-2 に各センサの配置図を示す。左側の柱に関しては、1階は両端部をゲージ長20 cm、中間部をゲージ長80 cmとし、ロングゲージFBG センサを設置し、上端部に1軸加速度計を設置した。2階は2013年に設置された各ゲージ長50 cmのロングゲージFBG センサを用い、上端部に1軸加速度計を設置した。また、本棟は低層であり対象柱は耐震壁と一体となっているため、計測されるひずみは微小であると予想される。そこで、2階右側の柱に各ゲージ長45 cmとして、より感度よくひずみ計測が可能な高感度ロングゲージFBG センサを設置し、上端に1軸加速度計を設置した。加速度計は、EW方向を計測し、FBG センサとともにサンプリング周波数を100 Hzとした。

4. 計測結果

4.1 加速度計による計測

11月3日に震度3の地震が発生した際の計測結果を示す。2階左側の柱を計測し、また本棟モデルを作成

キーワード モニタリング、低層建築構造物、加速度、ひずみ、FBG

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部 TEL : 0294-38-5004 FAX : 0294-38-5268

し、地震応答解析を行った。入力地震動は K-net の 3 方向の加速度を用いた。計測加速度と解析加速度は概ね一致していることから解析モデルに信頼性があるといえる。また、層間変形角を算出するにあたり、計測加速度の積分を行う必要があるが、計測加速度に平均加速度法を用いると、ノイズを含んだ値が積分されていくためドリフトが生じてしまうことが判明した。

ドリフトを解消するために移動平均、全体平均を用いたノイズ処理を検討したが良い結果は得られず、時間-周波数を用いたウェーブレットによりノイズ処理を行うことでドリフトを除去できることが確認できた。

図-3 にノイズ処理後の 2 階積分結果を示す。

4.2 ロングゲージ FBG センサによる計測

11 月 3 日に震度 3 の地震が発生した際に計測された 1 階左側の柱の端部におけるひずみ、1 月 24 日に震度 3 の地震が発生した際に計測された 2 階右側の柱の端部におけるひずみを図-4 に示す。FBG センサで計測した柱のひずみは明確にとらえることが困難であったが、高感度 FBG センサで計測した柱のひずみは、微小なひずみでありながら明確にとらえられていることが確認できた。

5. 健全評価

5.1 マクロによる評価

11 月 3 日時の評価を行う。層間変形角を算出する場合は、1 階の変位と 2 階の変位を求める必要があるが、1 階左側の柱においては加速度を計測できなかったため、解析値で代用した。算出された層間変形角は 1/3900 となり、耐震基準以下であることが確認できた。

5.2 ミクロによる評価

1 月 24 日時の評価を行う。高感度 FBG センサで計測した下端 2 番目のひずみと推定ひずみの最大値付近の線形関係が見られるため、地震前後において柱に変化は見られないと判断できる。

6. おわりに

本研究で得られたことは以下の通りである。

- ・低層建築構造物を対象としてマクロレベルとミクロレベルの双方の視点から建築構造物の地震時モニタリングシステムを提案した。
- ・実測加速度の 2 階積分より変位にドリフトが生じることが分かった。また、時間歴による移動平均、全体平均によるノイズ処理は適さず、時間-周波数によるウェーブレットを用いることで実測加速度の低周波

帯域のノイズを抽出しドリフト除去を行った。

- ・低層建築構造物のひずみ計測において、高感度 FBG センサが適することが確認できた。

参考文献

- 1) 国交省：インフラ長寿命化基本計画，2004.11.
- 2) 薛松濤：本学 8 階建て総合棟の歴史と現在のモニタリングシステム設置及び結果，建築学会モニタリング小委員会シンポジウム，2017.2.

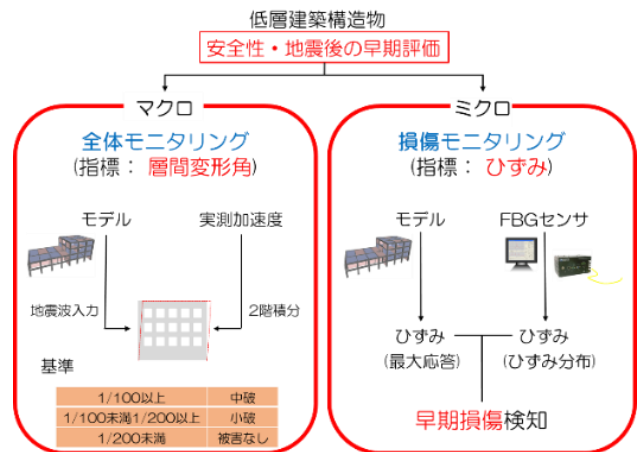


図-1 地震時モニタリングシステム

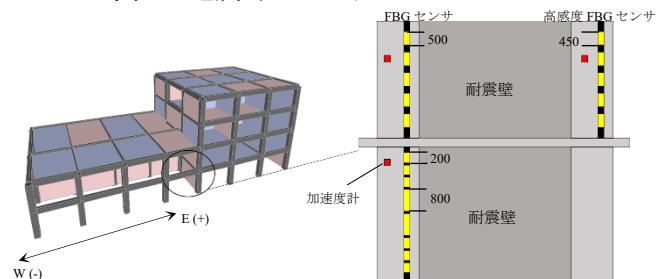


図-2 各センサの配置図 (mm)

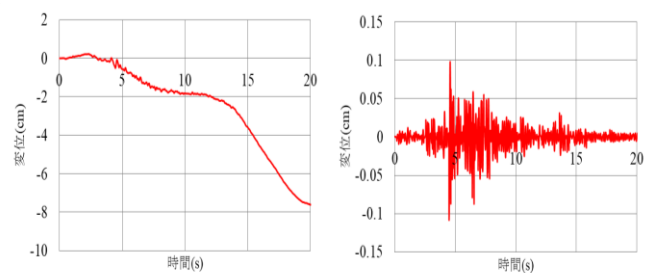


図-3 2階積分値におけるノイズ処理後の比較

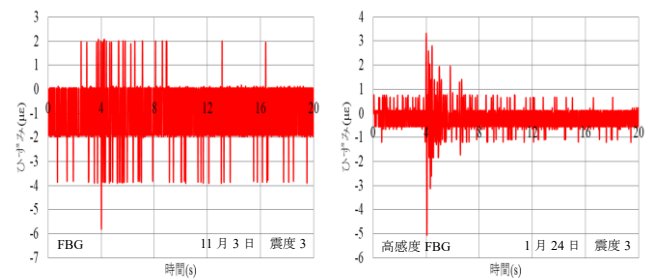


図-4 高感度 FBG による計測ひずみ