

非構造部材を有する実大 RC 造架構の静的載荷実験
(その 8 : 加速度センサを用いた計測結果)

加速度センサ RC 造 静的載荷実験
たわみ曲線 実大架構 MEMS

正会員 ○原 甲己*1 正会員 西村 康志郎*1
同 伊山 潤*2 同 八木 尚太郎*2
同 福島 佳浩*2 同 宮崎 祥太*2
同 吉敷 祥一*1 同 前田 匡樹*3

1. はじめに

その 5 ではその 1~その 4 で示された非構造部材を有する実大 RC 造架構の静的載荷試験のうち、MEMS 加速度センサ(以降センサと呼ぶ)を用いた計測結果について述べる。

2. 計測方法

図 1 に示す位置にセンサを設置し、サンプリング周波数 125Hz で 3 軸の加速度を継続的に計測した¹⁾。図 2 に設置状況の一例を示す。図 3 に示すように重力加速度の向きの変化から回転角を算出した。また、本実験では載荷のジャッキ停止後 5 分間の加速度の平均値を用いて回転角を算出した。

3. 除荷時の加速度センサの回転角

図 4 に除荷時における層間変形角とセンサ回転角関係の一例を示す。これは、地震動を受けた後を想定したものである。同一層間変形角で 2 点プロットされているのは 1 回目と 2 回目のサイクルの結果である。西側方向に加力するのを正載荷、東側方向に加力するのを負載荷とし、センサの回転角は南面から見て反時計回りを正としている。

壁では、0.0067rad で中央部 S11 に残留回転角を生じているのが分かる。壁では 0.0067rad に 1 段目主筋が降伏しているのが確認されており、その影響と考えられる。柱においても、0.0067rad 以降で残留回転角が増え始め、0.02rad 以降は特に柱脚部 S07 の回転角の増大が著しい。0.015rad に柱と梁の主筋降伏が確認されており、それによる架構の降伏メカニズムの形成が影響していると考えられる。以上のように、除荷時の残留回転角から主筋降伏の有無を検出できると考えられる。なお、架構の層せん断力のピークは 0.01rad で、センサの残留回転角を確認されたのが 0.0067rad なので、層せん断耐力に達する前に損傷を検出できる可能性を示した。

4. 架構の線材置換と節点位置の算出

図 1 に示すような線材モデルに置換し、センサ回転角より節点の座標を算出する。図 1 では、節点を A~H としており、各部材の部材座標系 x-y と壁脚を原点とする全体座標系 x'-y'を示している。まず、各部材で両端の節点の相対変位を算出する。柱脚と壁脚の節点は動かないものとし、梁の節点は一方を柱頭の節点と一致させる。図 5 に変形後の概念図、図 6 に変形前後の部材の接点とたわみ曲線

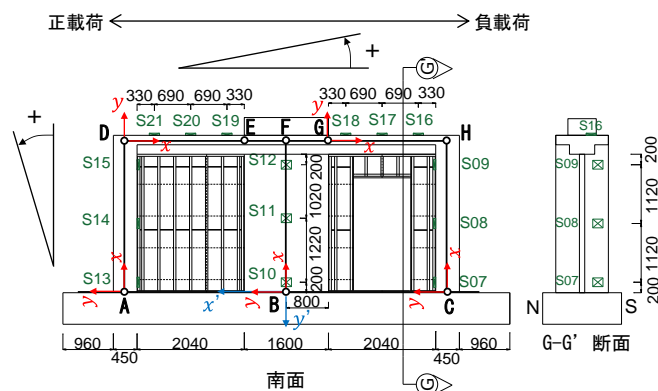


図 1 センサ設置位置及び線材モデルの接点と座標系



図 2 設置状況

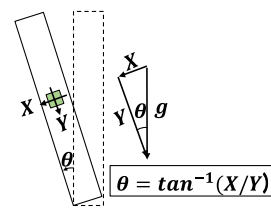
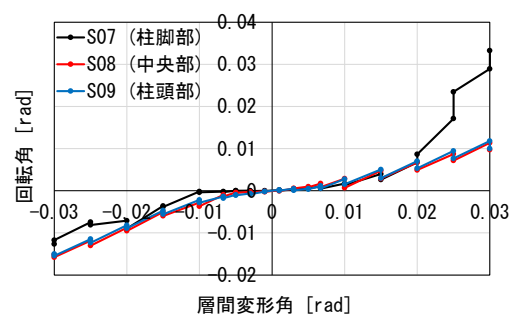
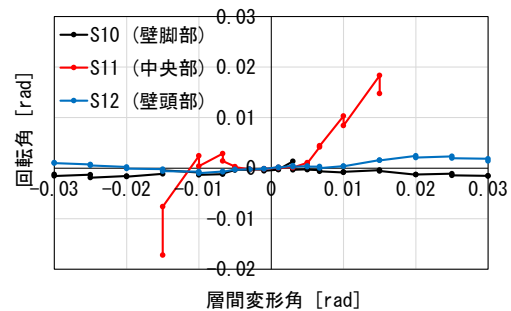


図 3 回転角の算出方法



(a) 東側柱



(b) 中央壁

図 4 除荷時の層間変形角とセンサ回転角の関係

を示す。たわみ曲線はせん断力が一定の部材を対象とし、曲げによる曲率のみを考慮している。変形後のたわみ曲線は $(x, y) = (0, 0)$ と $(x, y) = (l, 0)$ の2点を通る3次曲線

$$y = f(x) = ax^3 + bx^2 + cx \quad (1)$$

を θ だけ回転させた $Y = f(X)$ と表すことができる。センサの回転角 φ と $y = f(x)$ の勾配との関係は $\varphi = f'(x) + \theta$ であることから、式(2)が得られる。

$$a(3x_i^2 - l^2) + b(2x_i - l) + \theta - \varphi_i = 0 \quad (2)$$

各部材のセンサ設置位置 x_i と計測値 φ_i を式(2)に代入することで未知数 a, b, θ を求めることができる。各部材の1端と2端の相対変位を算出し、全体座標系へ変換することで架構の節点座標が得られる。つまり、柱と壁の相対変位からD, F, H点が定まり、梁の相対変位からE, G点が定まる。

5. 柱頭の水平変位の比較

変位計で測定した東西の柱頭変位の平均値とセンサの回転角から算出した東西の柱頭変位の平均値の比較を図7に示す。センサで算出した水平変位は、変位計で計測した水平変位と精度よく一致している。柱のような曲げ変形が支配的と考えられる部材ではセンサによる層間変位の測定が可能と言える。

6. サイクルピーク時の中央壁—梁接合部の挙動

図8に壁—梁接合部両端を結ぶ線(E-G)と中央壁頭部(S12)の回転角の比較を示す。E-GとS12の回転角は0.0067rad サイクルまで概ね一致しており、たわみ曲線を用いた方法は、0.0067radまで精度が良いことが確認された。東西の梁端部壁側のセンサ(S18, S19)は引張を受ける側で回転角の増分が0.01rad以降で逆側に転じており、同じタイミングでE-GとS12の回転角に差が生じ始めている。たわみ曲線を用いた方法では、部材の伸びを考慮できない、一様断面を仮定しているためセンサ間の過度なひび割れを許容できない、といった制約がある。E-GとS12の挙動が一致しない原因として、引張を受ける梁のセンサ間やS12近傍でのひび割れなどが考えられる。

7. まとめ

センサの計測値より、回転角を算出し、変形角と比較することで、損傷に伴うセンサの回転角の変化を検出することができた。また部材のたわみ曲線を3次曲線と仮定することでセンサの回転角から部材両端の相対変位を算出することができた。

参考文献

- 1) 原甲己他, 非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験, その5 加速度センサを用いた計測結果, 日本地震工学会年次大会梗概集, A-1-5, 2020.12

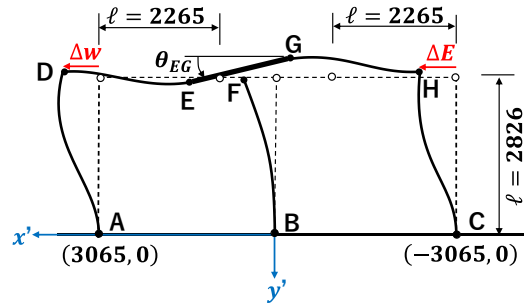


図5 変形後の骨組の概念図

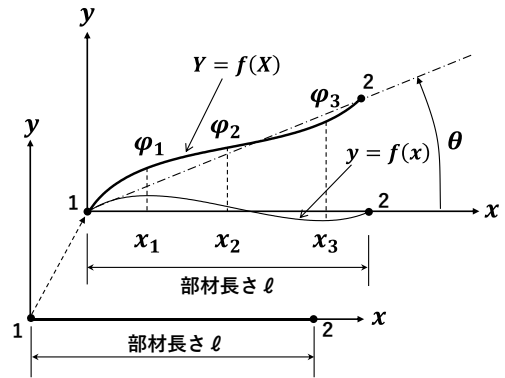


図6 変形前後の部材

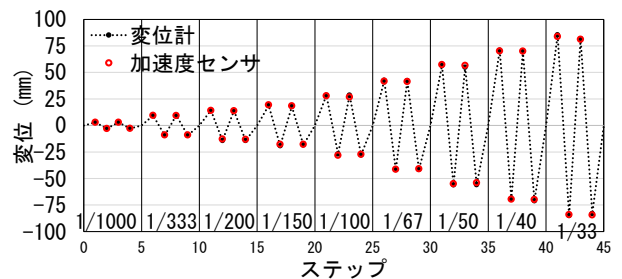


図7 層間変形角と加力ステップの関係

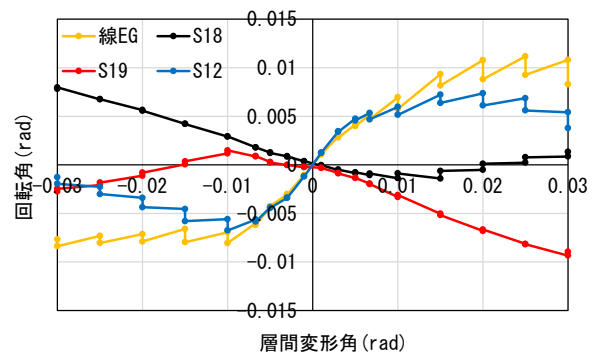


図8 梁-壁接合部E-Gと壁頭部及び梁端部壁側の回転角謝辞

本研究は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (JPMJOP1723) によるものです。

*1 東京工業大学
*2 東京大学
*3 東北大学

*1 Tokyo Institute of Technology
*2 The University of Tokyo
*3 Tohoku University