

地震計時に実構造物に導入されるひずみと地震応答解析

大阪市立大学大学院 正会員 ○角掛 久雄
 大阪市立大学名誉教授 フェロー 園田恵一郎

大阪市立大学大学院 学生員 島端 嗣浩
 明石工業高等専門学校 正会員 石丸 和宏
 桜美林大学 根本 泰雄

1. はじめに

近年、多くの地震波形データが得られている。しかしながら、地震時にどのような応力またはひずみが構造物に発生したかを直接計測した例はほとんどない。そこで、著者らは地震時に発生する加速度と実在構造物の RC 柱に発生するひずみを実測し、得られたデータより地震計の記録とひずみの記録との対応・整合性を検証するとともにデータの蓄積を行なうため、大阪市立大学内で計測システムの構築¹⁾を行った。その計測システムにおいて平成 19 年能登半島地震による地震記録と RC 柱のひずみの同時計測の結果が初めて得られた。その結果を用い、計測データと実測地震波形に対する地震応答解析を行ない、実測値と解析値の相関性の検証を試みた。

2. 計測システム

写真-1 に示す計測システムを設置した大阪市立大学全学共通教育棟 (H16 築) は地上 5 階建ての RC 構造物である。その 1 階と 5 階床面においてサンプリング周波数が 100Hz とした地震計を設置した。また、ピロティの RC 柱 (写真-1 の赤丸) の内部および表面それぞれのひずみを計測するため、ストレインゲージおよびピエゾフィルムセンサーを設置した。併せて、その柱部近傍の 1 階床面に 3 方向加速度計を設置している。この RC 柱部のひずみと加速度の計測はサンプリング周波数を 5kHz と地震計よりも高周波数に設定している。トリガー信号は地震記録との相関性を確認することを目的としていることから 1 階の地震計から取り込むように設定をしている。概要を図-1 に示す。



写真-1 大阪市立大学
全学共通教育棟全景

3. 地震応答解析

平成 19 年能登半島地震 ($M_{JMA}6.9$) によって本計測位置で実測された 1 階地震計(CV3)の地震記録は $PGA=2.4gal$ で計測震度 1.7 である (図-2 参照)。なお、計測は 125 秒までされている。

地震応答解析は文献 1) で検証したモデルを採用することとした。計測構造物は東西 11 径間、ピロティ部のみ 2 径間の 5 階建ての建築物であるが、5 階部分が 4 階までと同様な構造ではないことより、4 階部への付加質量として図-3 のように南北 2 径間、東西 11 径間の 4 層の立体ラーメン構造モデルとし Lumped Mass Model を

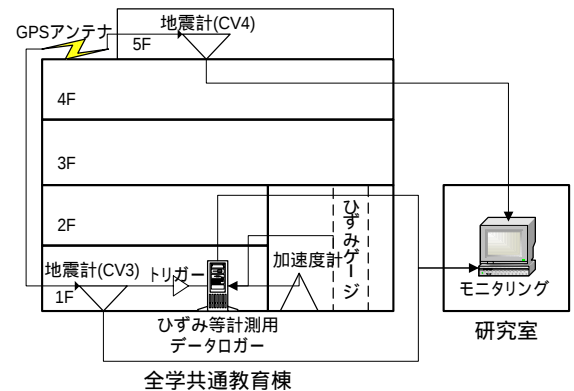


図-1 計測システムの概要

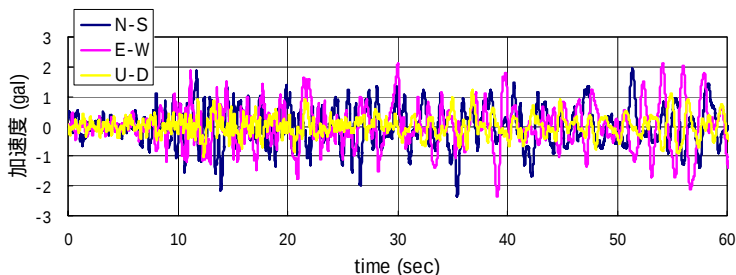


図-2 実測地震波 (CV3)

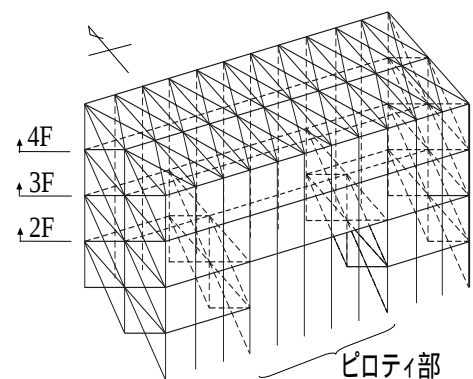


図-3 解析モデル

キーワード 地震応答解析, 地震波形, ひずみ, RC 構造物

連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL06-6605-2723

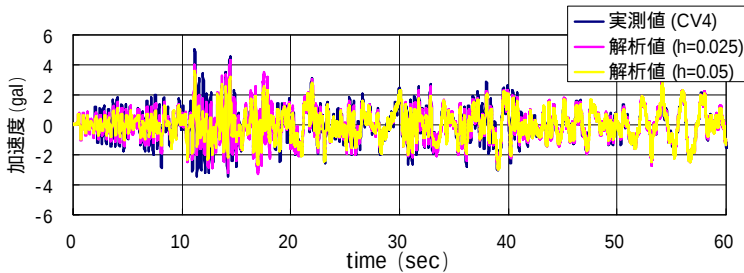


図-4 5階加速度履歴 (E-W 方向)

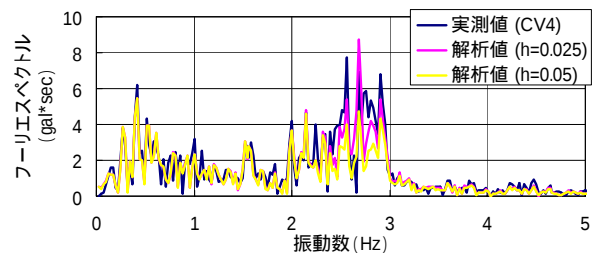


図-5 5階加速度フーリエスペクトル (E-W 方向)

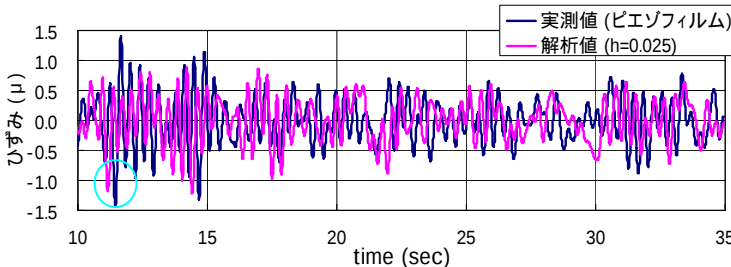


図-6 RC 柱東側ひずみ履歴

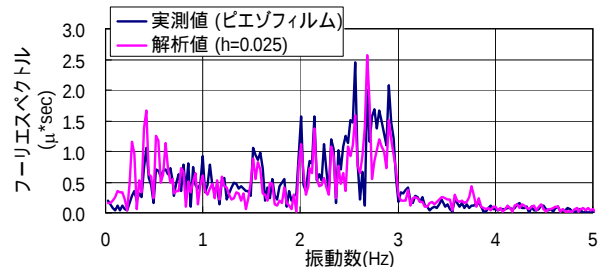


図-7 RC 柱東側ひずみフーリエスペクトル

採用した．また，床，壁の影響はブレースモデル（斜材）により考慮した．節点数は 160，要素数は 547 であり 1 階柱下端を基盤接点とし地震加速度を導入している．

まず，CV4（5 階地震計）の実測記録との解析モデルの検証を行う．ただし，ひずみの計測は RC 柱の東側と西側を計測していることから，E-W 方向についてのみ実測値と解析結果を示す．図-4 に 5 階計測位置付近の加速度応答を示し，図-5 にそのフーリエスペクトルを示す．なお，解析では減衰定数を一般的な $h=0.05$ と過去の地震記録において応答特性の良好だった $h=0.025$ の結果と実測値を併せて示す．図-4 より，解析値は $h=0.025$ が 4.9gal で $h=0.05$ が 3.8gal とどちらも実測値 5.0gal よりも最大応答値は若干小さい結果となった．ただし，最初のピーク値の立ち上がりなど非常に類似した応答特性を示していると思われる．しかし，図-5 のフーリエスペクトルを見ると，最も卓越しているのは $h=0.025$ が 2.69Hz， $h=0.05$ が 0.42Hz で減衰定数による違いが見られる．また，実測値では卓越周波数が 2.56Hz であるので $h=0.025$ の方が，類似した傾向を示していることがわかる．

次に， $h=0.025$ の場合のひずみの解析値と実測値（ひずみの値が小さいことから，ノイズのほとんどないピエゾフィルムセンサーの記録）を比較する．ここでは，東側表面のみ示すこととする．また，トリガーが地震記録の 10 秒地点であることから，ひずみ計測の継続時間は 25 秒であることから 10～35 秒について示す．まず，時刻歴応答を図-6 に示す．最大ひずみは 実測値 1.4 μ に対し，解析値 1.2 μ と若干解析の方が小さな応答を示す．この点は図-4 と同様であるが，図中水色○で示した 11 秒過ぎのピーク値を見ると図-4 とは異なり約 0.3 秒のずれが生じる結果となった．地震計からトリガー信号を取り込むようにして別途ひずみ計測を行っていることから生じる何らかのタイムラグとも考えられる．そこで，図-7 にフーリエスペクトルによる特性を示す．卓越周波数は図-5 と同様であり類似した応答特性を示していることが分かる．

4. おわりに

本研究では，地震時の地震記録と実構造物の RC 柱のひずみの同時計測によって得られたデータを用い地震応答解析の結果と実測値との相関性の検証を行った．その結果，計測地点が震源からかなり離れた位置にあったために非常に小さな加速度の地震記録であったが，立体骨組みモデルを用いた応答解析でも実測値と類似したひずみ応答を示すことが出来，十分な地震応答特性を示すことが可能であることを示すことが出来た．

謝辞：本研究は科学研究費補助金，若手研究(B)（課題番号：17760378 代表 角掛久雄）によって本研究が行なわれたことを付記し，ここに謝意を表する．また，シグマ・ガル（株）様のご協力なくして今回のひずみ計測は出来ませんでした．この場をお借りして深謝申し上げます．

参考文献：1) 園田ら：地震時に実構造物に導入される応力と地震計の記録との相関性に関する研究，平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，第 部門，pp. I-5，2006.