

## 2001年インド・グジャラート地震で被災したRC建物の固有周期の推定

明星大学 理工学部 正会員 年縄 巧  
 京都大学 防災研 田中仁史  
 京都大学 工学部 河野 進  
 谷口建設 谷口規子  
 京都大学 工学部 渡邊史夫

## 1. はじめに

2001年1月26日、インド西部グジャラート州を襲ったグジャラート地震(Mw7.6)は、2万人を超える死者を出し、多くの建物が倒壊するなど、同州に大きな被害を与えた。著者等は3月4日～3月16日に、震源域を中心にRC建物の被災程度と構造の調査、及び微動観測・余震観測を行った。本稿では、微動観測と余震観測から推定された被災建物の固有周期を概説し、固有周期と被災程度の関連性について考察する。

## 2. RC建物の被災度判定

表-1に今回調査を行った建物の階数、高さ、LONG(長軸)方向、TRNS(短軸)方向の固有周期(後述)、被災程度を示す。

調査した建物は合計9棟であり、B1～B6は震源域の都市、B7～B9は震源から約400km西方の大都市(AHMEDABAD)にある。また、B3～B9については、建物平面図も調査している。B2以外の建物は、平面形状がほぼ長方形である。被災程度は、原則的にEMS98による被災度判定に基づいているが、EMS98では区別していないせん断亀裂と曲げひび割れについても、ここでは区別して評価を行った。従って、ここでの被災程度は以下のような基準で判断した。

- 1: 非構造体に小さな被害。構造体には被害がない。
- 2: 非構造体に中程度の被害。構造体に小さな被害。
- 3: 構造体に中程度の被害(数本の柱の柱頭にせん断ひび割れ。残りの柱は柱頭に曲げひび割れ)。
- 4: 構造体に大きな被害(ほとんどの柱の柱頭にせん断ひび割れ)。
- 5: 倒壊

## 3. RC被災建物における微動観測

これらの9棟の建物において微動観測を行い固有周期を推定した。観測は、建物屋上において速度計を用いて20.48秒間の微動を3回計測して行った。観測波形をフーリエ変換し、バンド幅0.5HzのParzenウィンドウを用いて平滑化

表-1 微動測定したRC建物

| 建物名 | 都市名         | 階数 | 高さ(m) | LONG(s) | TRNS(s) | 被災程度 |
|-----|-------------|----|-------|---------|---------|------|
| B1  | MORBI       | 4  | 12.2  | 0.20    | 0.22    | 1    |
| B2  | BHUJ        | 4  | 10.0  | 0.17    | 0.17    | 2    |
| B3  | BHUJ        | 5  | 15.4  | 0.29    | 0.41    | 2    |
| B4  | BHUJ        | 6  | 21.6  | 0.54    | 0.53    | 2    |
| B5  | ANJAR       | 6  | 18.0  | 0.59    | 0.44    | 4    |
| B6  | GHANDHIDHAM | 5  | 14.7  | 0.38    | 0.36    | 3    |
| B7  | AHMEDABAD   | 11 | 30.7  | 0.72    | 0.98    | 3    |
| B8  | AHMEDABAD   | 5  | 14.2  | 0.66    | 0.67    | 4    |
| B9  | AHMEDABAD   | 5  | 15.6  | 0.56    | 0.61    | 3    |

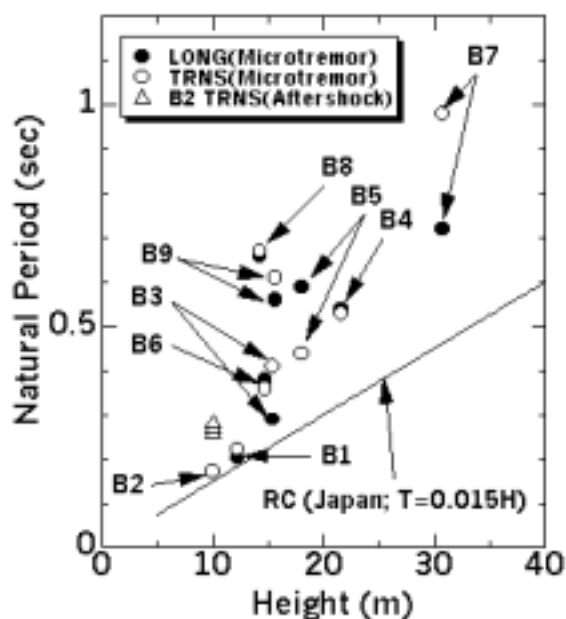


図-1 建物高さに対する推定固有周期

し、3つのスペクトルを相加平均して平均スペクトルを求めた。LONG 方向と TRNS 方向のそれぞれについて、平均スペクトルから卓越周期を読み取り、これを固有周期と推定した。推定した固有周期を表-1 に示す。図-1 は、建物高さに対して固有周期をプロットしたものである（●：LONG，○：TRNS）。図には、日本の RC 中低層建物の経験式<sup>1)</sup>（実線）も示している。固有周期は、どの建物も日本のものよりも長く、特に B5 の LONG 方向、B7 の TRNS 方向、B8、B9 の LONG・TRNS 方向は、日本のものよりも2倍以上長くなっている。これらの建物は、被災程度が3または4であり、地震による損傷で構造体の剛性が低下し、その結果固有周期が伸びたものと考えられる。しかし、既往の研究<sup>2)</sup>によれば、被災後の RC 建物の固有周期は、被災前のものの1.5倍を超える例はほとんどなく、被災のみで固有周期が2倍以上に伸びたとは考えにくい。従って、元々インドの RC 建物は日本のものよりも剛性が低かったものと考えられる。

#### 4. B2 における余震観測

調査期間中、B2 において余震観測を行い、4つの余震を観測した。余震観測は、微動を観測した棟とは棟続きの別棟の4階で行った。図-2 に観測された余震記録の一例を示す。観測された余震記録の S 波立ち上がり部から 20.48 秒間をフーリエ変換し、0.5Hz の Parzen ウィンドウをかけて平滑化したものが図-3 (TRNS 方向) である。4つの余震記録のスペクトルの他に、震動が終了した部分（微動部）のフーリエスペクトルを図に破線で示す。いずれのスペクトルも 0.27 秒付近にピークを持っている。また、震動が大きくなるに従い周期が若干伸びる傾向があり、最も震動の大きい余震は微動に比べて10%程度卓越周期が長い。なお、建物の平面形状が複雑であるためか、LONG 方向には明瞭なピークは見られなかった。余震記録の TRNS 方向の卓越周期を図-1 に△でプロットする。余震観測を行った棟は、微動観測を行った棟よりも卓越周期が50%程度長く、この棟の被災度は高かったのかもしれない。

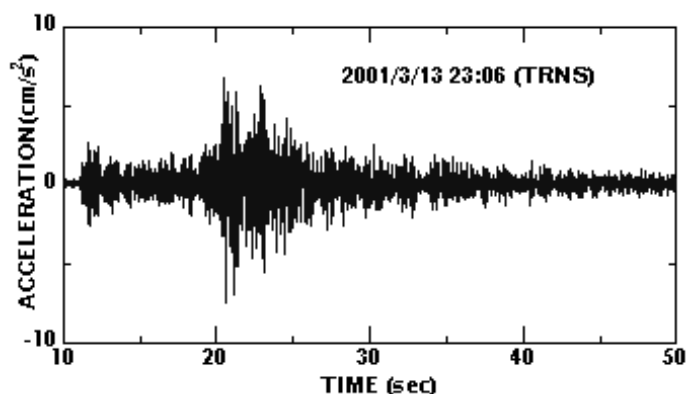


図-2 観測された余震記録の一例

#### 5. おわりに

2001 年インド・グジャラート地震で被災した RC 建物の被災程度を調査し、それらの建物の固有周期を推定した。調査した建物の固有周期は日本のものよりも長く、被災によって建物の剛性が低下したこと、インドの RC 建物は日本のものよりも元々剛性が低かったことが推察された。本調査は、日本建築学会鉄筋コンクリート構造運営委員会の支援を得た。末筆ながら謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会編：建築物の耐震設計資料，技法堂，1981。
- 2) 阿部良洋・守研二・小川淳二・星道夫：宮城県沖地震の前後に於ける常時微動の測定から見た建物の剛性低下について，日本建築学会大会学術講演概要集，pp.437-442，1979。

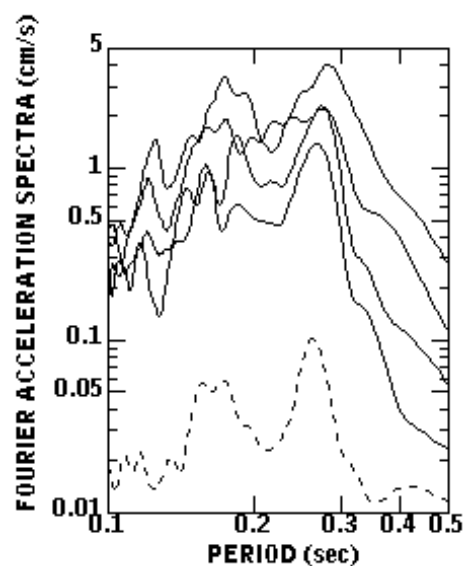


図-3 余震記録のフーリエスペクトル (TRNS 方向)