

インド・グジャラート地方の地盤および建物における微動観測

2001年インド西部地震 微動 スペクトル解析
サイト効果 組構造建物 1次固有周期

正会員 新井 洋 正会員 久保哲夫
正会員 齋田 淳 正会員 山崎文雄

1. はじめに

2001年1月26日に発生したインド西部地震は、Gujarat地方の多くの都市に深甚な被害を与えた。地震防災70年代研究センター(当時、理化学研究所)では、その災害の巨大さに鑑み、現地調査を2月10-15日に実施した。被害のメカニズムを解明するためには、地震・地盤・建物の情報が不可欠であるが、この地方における地盤・建物の情報は極めて少ない。そこで筆者らは、調査の一環として、被害の大きかったAhmedabad, Bhachau, Kandla Port, Gandhi Dham, Anjar, Bhujにおいて微動観測を行い、地盤特性の把握を試みた。また、Bhujの被災建物において微動観測を行った。本報ではその結果を報告する。

2. 地盤の微動特性

微動の1点3成分観測をAhmedabad内2地点(AB0, AB1)、Bhuj内2地点(BJ0, BJ1)、Bhachau, Kandla, Gandhi Dham, Anjarの計8地点で行った(図1)。AB0, AB1, BJ1, Bhachau, Kandla, Gandhi Dham観測点では周囲建物の大破・倒壊等が見られたが、BJ0, Anjar観測点では周囲の被災程度は軽微であった。微動計は固有周期2秒の3成分(鉛直および水平2成分)速度計を用いた。観測波形は増幅後、サンプリング周波数100HzでA/D変換し、ノートパソコンに記録した。

各観測点で得られた微動データから、時松・新井¹⁾と同様の方法でH/Vスペクトルを求めた。図2に各地点で得られた微動のH/Vスペクトルを示す。図から、Ahmedabad内2地点とBJ0では、H/Vスペクトルにピークは認められず、基盤岩の露頭していることが示唆される。一方、Kandlaでは、H/Vスペクトルに明瞭な周期特性が認められ、当該地点が堆積地盤上に位置することが推察される。ただし、そのピーク周期は0.6-1.5秒の間に複数個認められる。また、Bhachau, Gandhi Dham, Anjar, BJ1でもH/Vスペクトルに周期特性が認められるが、Kandlaほど明瞭ではなく、これらの地点では堆積地盤と基盤岩とのS波速度コントラストが比較的小さいことが示唆される¹⁾。以上から、観測を行った8地点のうち、Kandla Port以外では、堆積地盤が地震動に与える影響即ちSite Effectは大きくないことが推察される。なお、各地点のH/Vスペクトル特性と周囲の被災程度の間に関連はなさそうである。

3. 建物の微動特性

調査対象は、BJ1近傍の2階建て建物2棟(写真1、R/C Framed MasonryおよびStone Masonry, 以下、建物A, B)である。両建物の配置および寸法を図3に示す。建物Aは1981年に、建物Bは1階が1988年、2階が1999年に完成している。本震時、建物AではR/C構造体に損傷は無く、1階の壁に若干のクラックが生じた。一方、建物Bでは1階の壁の殆

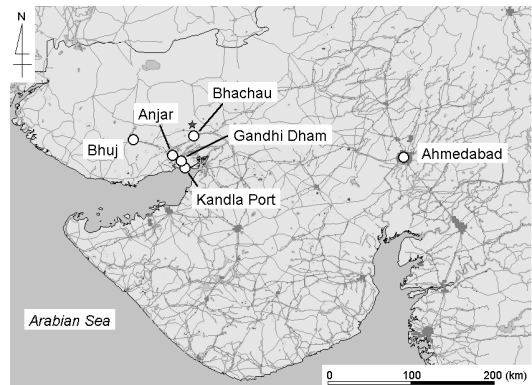


図1 微動観測地点

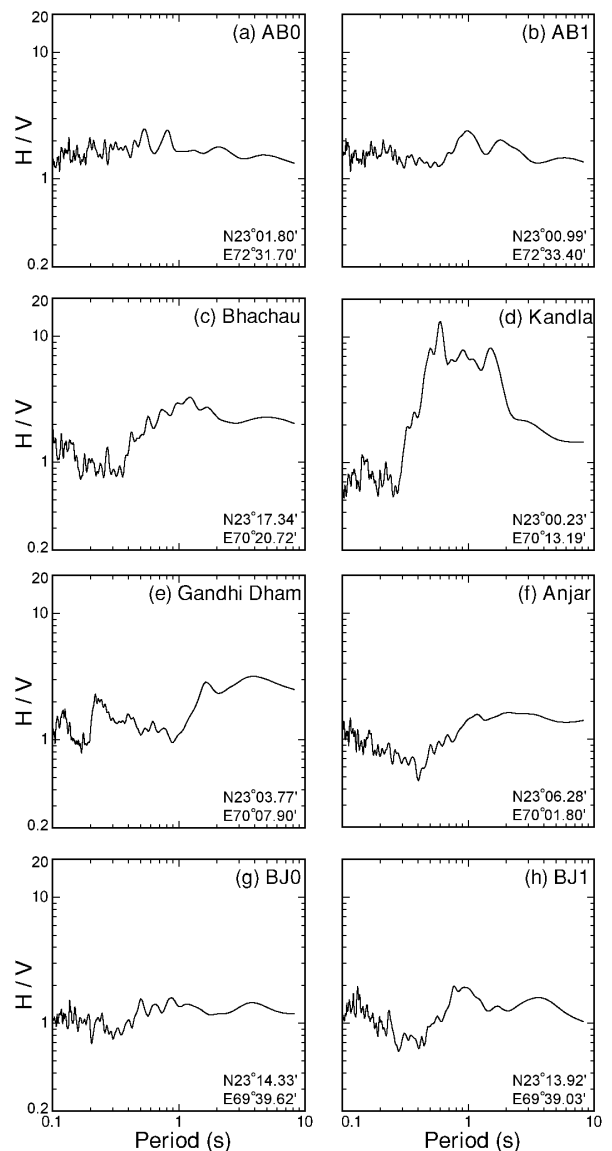


図2 地盤上の微動H/Vスペクトル

どが組積ブロック目地に沿って破壊された。なお、両建物とも沈下・傾斜は認められなかった。

前節と同一の機器・条件を用い、両建物の屋上と地上において微動の水平動観測（XおよびY方向、図3）を個別に行った。両建物の屋上および地盤上で得られた微動のフーリエ振幅スペクトルを図4に示す。図から、建物Aの1次固有周期は、X方向0.23秒、Y方向0.20秒と読みとれる。一方、建物Bの1次固有周期は、X方向0.23秒、Y方向0.34秒であり、Y方向（短辺方向）成分の方が1.5倍長い。

現行のインド耐震規準によれば、R/C Framed Masonry 建物の弾性1次固有周期は、次式の概算周期 T_a から推定できる。

$$T_a = 0.09 H / D^{0.5} \quad (1)$$

ここに、 H は建物高さ、 D は震動方向の建物長さである。一方、Masonry 建物の弾性1次固有周期については、現時点で適当な概算式は見あたらないが、R/C Framed 建物と同様、建物高さと壁長さの影響を受けると考えられる。そこで、本報では、建物A、Bとも弾性1次固有周期を(1)式により算定し、これを地震前の建物1次固有周期と仮定した。

図5は、(1)式および微動観測から求めた、すなわち地震の前および後の建物A、Bの1次固有周期を比較して示している。図から、建物Aでは、X、Y方向とも1次固有周期は地震の前後で変化が見られない。これは、建物Aの構造的被災が軽微であったためと考えられる。しかし、構造被災程度の大きい建物Bにおいても、X、Y方向とも1次固有周期は地震の前後で殆ど変化が認められない。これは、低層の組積造建物では、塑性せん断変形能力が殆どないため、降伏点を越えた場合には、降伏後殆ど変形せずに倒壊するが、逆に倒壊に至らない場合には、震動終了後も壁体の剛性が初期剛性に近い値を保持するためと考えられる。このことは、低層の組積造建物では、倒壊しない限り、その弾性1次固有周期を微動観測から推定できる可能性のあること、また同時に、微動観測から被災程度を評価するためには、卓越周期以外の指標が必要であることを示唆している。

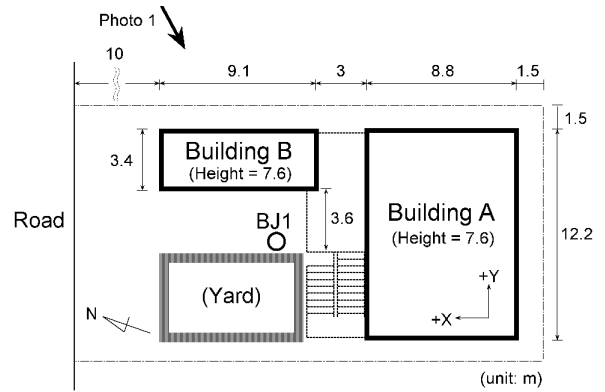


図3 建物A、Bの配置図

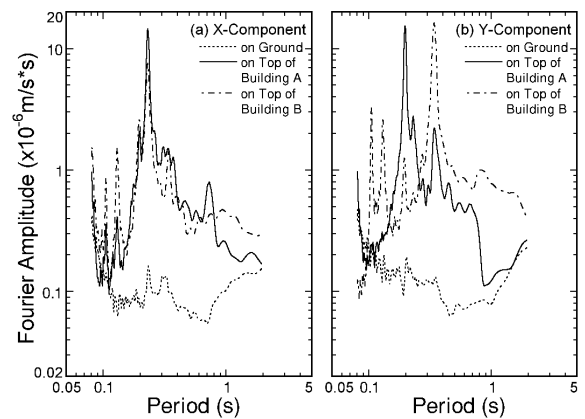


図4 建物および地盤上の微動フーリエ振幅スペクトル

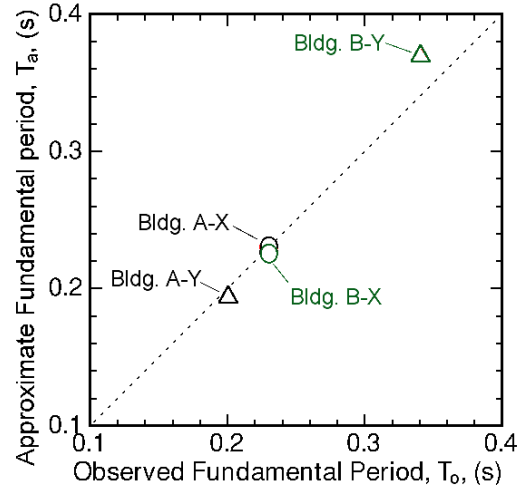


図5 地震前後の建物1次固有周期の比較

4. まとめ

2001年インド西部地震の被災地域内に位置する地盤と建物において微動観測を行った。その結果、Ahmedabad, Bhachau, Gandhi Dham, Anjar, BhujではSite Effectは比較的小さいことが推察された。また、組積造建物の被災程度を評価するためには卓越周期以外の指標が必要であることを確認した。

《参考文献》1) 時松, 新井: レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, 511, 69-75, 1998.



写真1 微動観測を行った建物（A：奥，B：手前）