

2007年ペルー地震によるピスコの建物被害と地盤ゾーニング

○松崎志津子¹⁾・山崎文雄²⁾

- 1) 学生会員 千葉大学大学院工学研究科, 千葉市稲毛区弥生町1-33, 10td0309@graduate.chiba-u.jp
 2) 正会員 千葉大学大学院工学研究科, 千葉市稲毛区弥生町 1-33, yamazaki@tu.chiba-u.ac.jp

1. はじめに

2007年8月15日に発生したペルー中部沿岸部地震(Mw8.0)はイカ州とリマ州南部に深刻な被害をもたらした。CISMID(ペルー国立工科大学ペルー・日本地震防災センター)は、震源に近く、大きな被害を受けたイカ州ピスコの中心市街地10,000区画を超える敷地について建物被害を調査した¹⁾。

本研究では、その調査結果が示すペルーの建物およびその被害の特徴を考察し、常時微動の単点観測とアレイ観測の結果からピスコの地盤を3つにゾーニングし、ゾーンごとの建物被害率を検討した。

2. 被害状況

ピスコは人口約5万4千人、平坦な地形で太平洋に面し、2kmほど北側をピスコ川が東西に流れている。被害調査の項目は、建物用途、階数、構造種別、被害レベルの4項目で、被害レベルはCISMID独自の4段階(無被害、軽微被害、中程度、重大及び崩壊)による。

調査によると、構造の把握されている建物10,480区画のうち、約18%はアドベ(日干レンガ)造、約79%が焼成レンガ造で、両者を合わせて組積造が全建物の97%を占める。レンガ造のほとんどはRCの柱・梁で補強されたConfined Masonryで、床もRCスラブが多く、無補強レンガ造より剛性が高い。その他の構造種別には、混構造やキンチャ(木枠に細い竹をはめこんで泥を塗ったパネル)という伝統構造が含まれる。また平屋建てが72%、2階建てが23%と、市街地全体に低層建物が密集している状況である。建物用途は、住宅

75%、商業系7%となっている。

構造種別ごとの被害レベルを図1に示す。アドベは圧倒的に地震に脆弱で、中程度被害の割合が少ないことから、靱性に乏しく脆性破壊しやすい傾向を示している。対象地域全体のすべての構造種別に対しては、1/4以上の建物が崩壊もしくは補修不可能な重大な被害を受けた。

対象地域で大部分を占めているレンガ造建物について、中程度以上被害(中程度+重大+崩壊)の被害率の地域分布を図2に示す。ひとつの街区にレンガ造建物が少なくとも30棟以上となるように地域全体を183の街区に分けて検討を行ったところ、街区ごとの被害率には立地による違いが見られた。西側の海岸沿いの地区と、中心広場周辺の旧市街の地区で被害率が高くなっている。

3. ピスコの地盤ゾーニング

3.1 卓越周期によるゾーニング

筆者らはピスコの5地点について、地盤の常時微動観測と三角形アレイ観測を実施した。図3に微動観測のH/Vスペクトルの卓越周期と、アレイ観測から推定したS波速度構造による伝達関数の卓越周期を示す。ピスコの地盤は日本の平野部と比較してかなり硬質で、5箇所の観測点それぞれにおいて、深度4~7mでVs 200~300 m/s以上の層の存在が推定された。このように表層が薄い地盤においては、微動のH/Vは速度構造を反映しにくく、そのため単点とアレイそれぞれの卓越周期に差がみられたと考えられる。

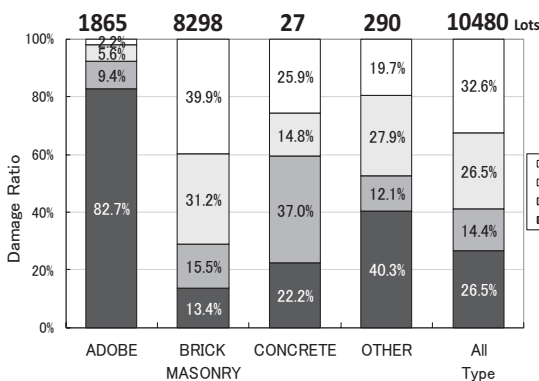


図1 建物構造種別ごとの被害レベル
データ元: CISMID

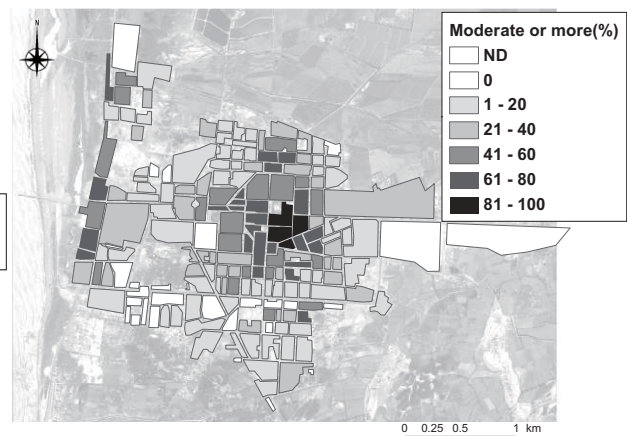


図2 中程度以上の被害率分布(レンガ造建物)

Site	(単点微動) H/Vスペクトル の卓越周期(s)	(Array) 伝達関数の 卓越周期(s)
PTT1	0.11	0.174
PTT2	0.07	0.143
PTT3	0.10	0.200
PTT4	0.08	0.179
PTT5	0.09	0.167

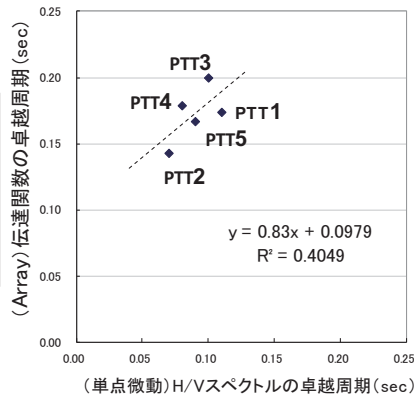


図3 微動H/Vスペクトルの卓越周期と微動アレイから求めた伝達関数の卓越周期の関係

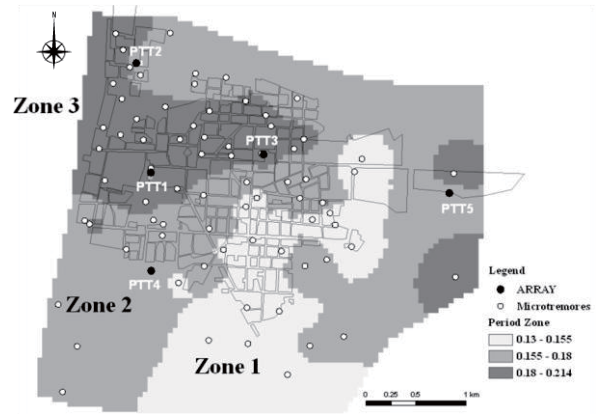


図4 修正卓越周期で内挿補間した地盤ゾーン

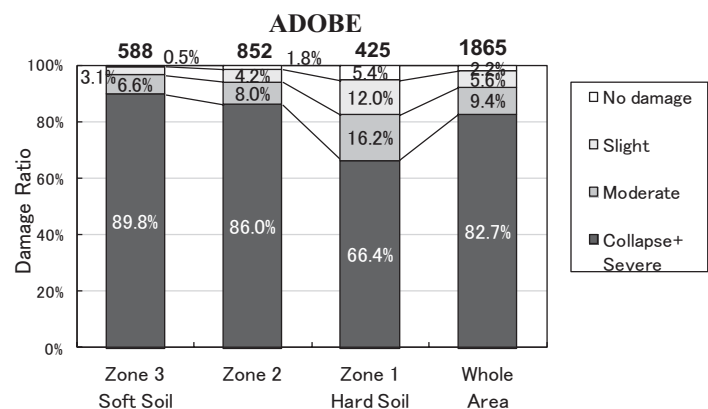
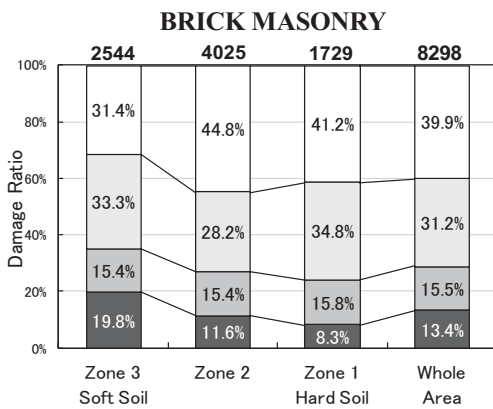


図5 ピスコの地盤ゾーンごとのレンガ造(左)とアドベ造(右)の被害率

対象地域に関しては過去にCISMIDにより85箇所の微動観測が行われているが、山中らによるアレイ観測の逆解析による周期はより精度が高いと考えた。単点観測地点におけるH/Vスペクトルの卓越周期 P_{HV} と伝達関数の卓越周期を推定する関係式(1)を作り、これより算出した修正卓越周期 P'_{TF} により地盤種別を判定することで、ゾーニングにH/V卓越周期の分布を利用することにした。

$$P'_{TF} = 0.098 + 0.83 P_{HV} \quad (1)$$

各微動観測点において算定した修正卓越周期を、逆距離加重内挿法(IDW)で内挿補間し、対象地域を3つにゾーニングした。その結果を図4に示す。修正卓越周期0.13~0.155秒をゾーン1(比較的硬質)、0.155~0.18秒をゾーン2(中程度)、0.18~0.214秒をゾーン3(比較的軟弱)とした。その結果、市街地の北部と西部は比較的軟弱な、南東部は良好な地盤に分類された。

3.2 地盤ゾーンごとの被害率

レンガ造とアドベ造それぞれについて地盤ゾーンごとの被害率の割合を図5に示す。対象地区全域で表層地盤が薄く、場所による地盤構造の大きな変化はないと思われるが、ゾーニングした地盤状況と被害率に

は密接な関係がみられた。したがって、地盤の地震応答を考慮したゾーニングができたと考えている。

4. まとめ

ピスコでは2007年ペルー地震によりアドベ造建物の80%以上が深刻な被害を受けた。またレンガ造建物に関して、街区ごとの被害率には地域性がみられた。常時微動観測点の分布を使って、アレイ観測地点の伝達関数により地盤を3つにゾーニングし、各ゾーンの被害をみたところ、レンガ造、アドベ造ともに地盤状況と被害率との間には関係がみられた。

今後、各地盤ゾーンに地震動強度を与え、被害率曲線の誘導を試みる予定である。

謝辞

現地調査とデータ解析に際し、東京工業大学大学院の山中浩明教授と地元孝輔氏、千葉大学大学院の丸山喜久准教授にご協力いただいた。またCISMIDより調査データをご提供いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- Zavala C., Estrada M., Chang L., Cardenas L., Tayra J., Conislla L., and Guibovich G.: Behavior of Non-Engineered Houses during Pisco Earthquake 15/8/2007, 14th World Conference on Earthquake Engineering, S18-031, 2008.