

## イタリア・ラクイラ地震に関する調査団報告会

### 調査の概要

平成21年5月1日

東京工業大学  
理工学研究科土木工学専攻  
川島一彦

### 被災地



### L'Aquila

- イタリアの脊梁山脈であるアペニン山脈の山間に位置し、標高675m~900mに位置する。
- 日本人観光客には余り知られていないが、山間の寒冷地であることから、夏の避暑地やウィンターリゾートとしてイタリア人にはよく知られた観光地
- L'Aquilaとはイタリア語で鷲を意味する。長い歴史を有しているが、1254年までには独立した一つの市として形成された。Abruzzo州の州都。
- 人口は約7万人

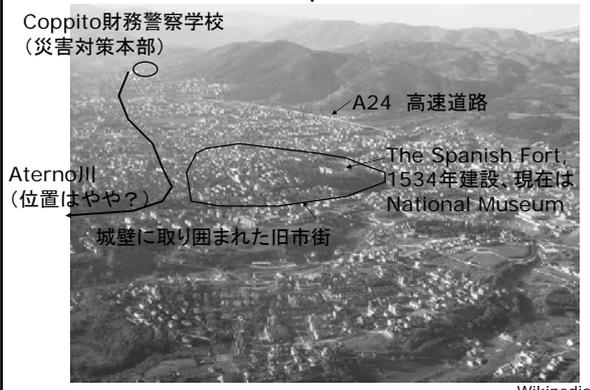
### L'Aquila (2)

- ルネッサンス、バロック期の多数の建築物が残されており、イタリア建築史の宝庫

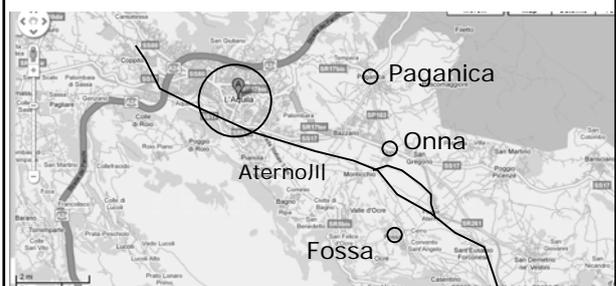


1703年当時の  
L'Aquila  
Wikipedia

### L'Aquila (2)

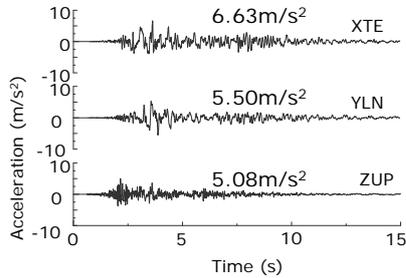


### Aterno川沿いの低地に集中した被害

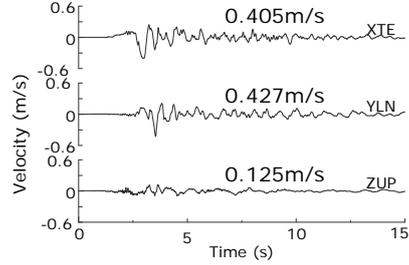


### かなり強かった地震動

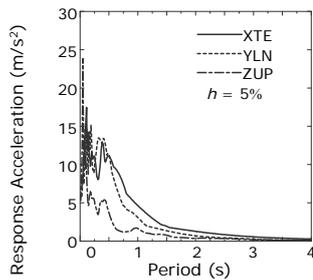
GX066 (L'Aquila-V.Aterno-Centro Valle, Δ=4.8km)



GX066 (L'Aquila-V.Aterno-Centro Valle, Δ=4.8km)



GX066 (L'Aquila-V.Aterno-Centro Valle, Δ=4.8km)



### ヨーロッパにおける設計地震力 EC8, 2008

- 耐用年数 $V_n$ を定める。たとえば、一般的な橋では100年、戦略的重要性のある橋では200年、重要性の低い橋では50年
- 許容超過確率を定める:たとえば、Life Safetyに対しては10%
- 再現期間を定める

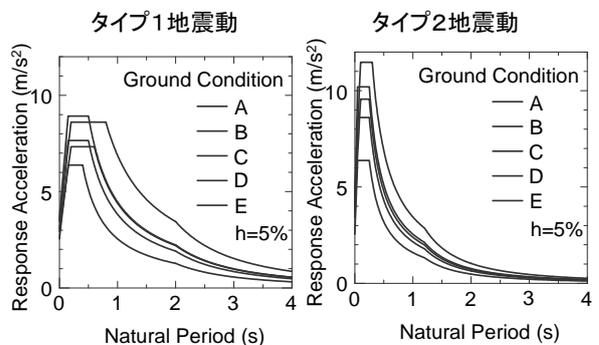
### ヨーロッパにおける設計地震力 EC8 2008

$$S_e = a_g \cdot S \times \begin{cases} 1 + \frac{T_B}{T} (\eta \cdot 2.5 - 1) & \dots \dots \dots 0 \leq T \leq T_B \\ \eta \cdot 2.5 & \dots \dots \dots T_B \leq T \leq T_C \\ \eta \cdot 2.5 \left( \frac{T_C}{T} \right) & \dots \dots \dots T_C \leq T \leq T_D \\ \eta \cdot 2.5 \left( \frac{T_C}{T} \right) \left( \frac{T_D}{T} \right) & \dots \dots \dots T_D \leq T \end{cases}$$

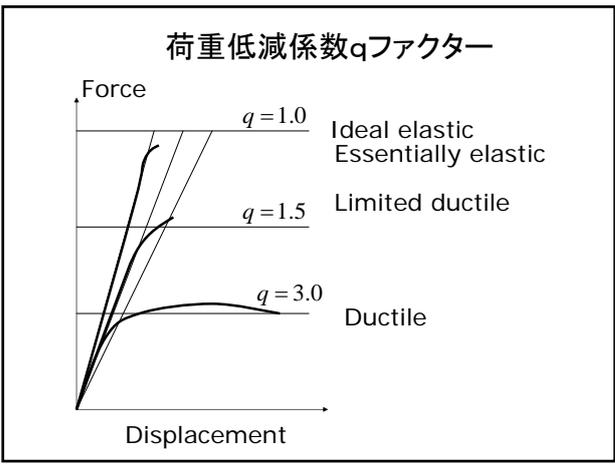
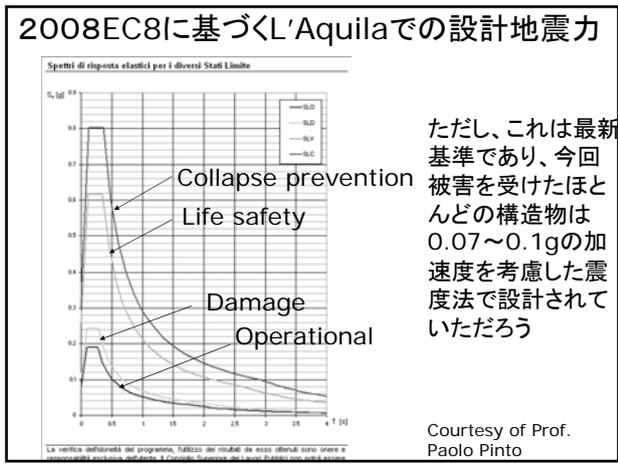
$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55$$

タイプA地盤での設計加速度  
地盤種別ごとの地盤増幅係数

再現期間475年、 $a_g=0.26g$ の場合の設計応答スペクトル



$V_s, 30(m/s) = >800(A), 360-800(B), 180-360(C), <180(D)$



- ### 現在までも幾度となく地震災害を経験してきたL'Aquila周辺地域
- 1315年: San Francesco Church被害
  - 1349年: 死者800人
  - 1452年
  - 1501年
  - 1646年
  - 1703年: 死者3,000人以上
  - 1706年
  - 1786年: 中部イタリアに発生、ラクイラ市にも大きな影響、全体で死者6,000人以上
  - 最近では、1958年

- ### 被害の概要
- 死者294名(4月12日現在)
  - 負傷者1,000人以上
  - 被災地では、ほとんどの住民が当局の撤去命令によりテント村等に避難している。
  - ラクイア市では数棟が崩壊、被災家屋数は数千棟に上ると見られている。

### ラクイラ地震被害調査団

<h4>土木学会</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>●川島一彦(東工大)</li> <li>●小長井一男(東大)</li> <li>●アイダン・オメール(東海大)</li> <li>●テオドリ・スベン・ピータ(日本工営)</li> </ul>	<h4>建築学会</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>●岸本一蔵(阪大)</li> <li>●迫田丈志(東北大)</li> <li>●高橋典之(東大)</li> <li>●松井智哉(豊橋技科大)</li> </ul>
<h4>地盤工学会</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>●八嶋 厚(岐阜大)</li> </ul>	<h4>日本地震工学会</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>●青木孝義(名古屋市立大)</li> </ul>

- ### 被災調査行程
- | 土木系グループ                                                                                                                  | 建築系グループ                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4月18日(土) ローマ着<br>4月19日(日) ローマから被災地へ移動、Department of Civil Protectionの現地事務所にて、被災の概要を聴取。ラクイラ市の被災状況を車から視察。被災地の立ち入り許可証発行手続き。 | 4月17日(金) ローマ着<br>4月18日(土) 耐震基準等資料購入後、ローマから被災地へ移動、パドヴァ大学グループと合流し、被害対策本部を視察。2班に分かれ、OcreのS. Angelo修道院被害調査とCoppito周辺の被害調査。 |
| 4月20日(月) オンナ町、フォッサ町を中心に橋梁、擁壁、カルバート、落石、液状化、側方流動等の被災調査、EU、米国、仏調査団との情報交換会参加                                                 | 4月19日(日) ローマから被災地へ移動、ラクイラ規制街区で教会前広場周辺建物の被害調査、RC学生寮崩壊現場の被害調査。土木グループと合流、ラクイラ規制街区で建物被害調査。                                 |
| 4月21日(火) ラクイラ市旧市街において、道路の陥没状況を調査。高架橋の被災、タンク等の被災調査。                                                                       | 4月20日(月) Via Amitemnum通りを北東の分譲住宅個別調査、ラクイラ規制街区でCorso Federico II通り沿い、及び9月20日通り沿いの建物被害調査。                                |
| 4月22日(水) 安藤在イタリア大使に被害概況を電話報告、ローマ発、帰国                                                                                     | 4月21日(火) 周辺地域の建物被害調査、在イタリア日本大使館訪問<br>4月22日(水) ローマ発、帰国                                                                  |

### 制約された被災地への立ち入り

- 2次災害の防止、被災地の財産保護の観点から、被災地への立ち入りが厳しく制限された。
- 被災地への立ち入りにはDepartment of Civil Protectionの許可が必要で、さらに、消防署員の同行が求められた。また、被害の著しかったL'Aquila市旧市街部では、自由歩行が許されず、バスによる共同行動が求められた。
- 許可証の発行やバスの手配等のため、かなりの時間を要した。また、現地参加の研究者の立ち入りは認められなかった。

### 制約された被災地への立ち入り(2)



### 海外グループとの合同調査、情報交換

- パドヴァ大学
- Giovanni Barla教授(トリノ工科大学)
- Mauro Dolce教授(Director, Department of Civil Protection)
- Paolo Pinto教授(ローマ大学)
- Michele Calvi 教授(ヨーロッパ地震工学センター所長、パピア大学)
- Sandrine Lermite (Nuclear Energy Commission)
- Cris Porland, EERI, USA

### 被害の概要

- 特異な地盤構成を有するL'Aquila市とアテルナ川沿いの沖積軟弱地盤上に散在する中小の村落において被害が著しい。
- L'Aquila市で観測された強震記録によれば、加速度応答スペクトルは周期0.1~0.5秒で1gを上回る箇所があり、かなりの強震動であった。
- 建築物の被害が卓越。ルネッサンス、バロック期の歴史的建造物が手ひどい被害を受けた。
- 交通系施設は、小規模橋梁の落橋があったが、一般的に被害は限られていた。L'Aquila旧市街では、地下の空洞化による落盤が生じた。
- アテルナ川沿いでは、地盤の滑り、液状化、流動化が、また、周辺の山岳地では落石等が発生した。