

1. はじめに

1999年9月21日1時47分(現地時間)に発生した台湾集集地震においては局所的に集中した液状化とそれに関連する被害が報告されている。ここでは、南投縣南投市の猫羅溪に近い14階RC高層建物の被害について振動と液状化の観点から報告する。この地点については11月21日と22日の2度調査した。

2. 周辺の地形・地質と液状化発生状況

台湾は紡錘形の島であり、島の南北に延びる全長約350kmの中央山脈は、東西の主要な分水嶺を形成している。中央山脈の西に南北に約140km東西に最大約45kmの広大な沖積平野が広がっている。地震被害はこの平野で多い。南投市などは、西にある傾動地地形性の八掛山(Bagua Shan)との間の沖積平野に位置する。

この平野には大きな河川が西に流れており、注目する液状化被害地点も、烏溪(Wu River, 大肚溪: Dadu Riverとも言う)の沿岸にある。図-1に液状化地点分布<sup>1)</sup>の南投周辺部分を示す。南投(Nantou)市とその周辺では、烏溪の支流である猫羅溪(Maoluoh River), その源流である平林溪(Pinglin River)などの河川に沿って液状化とそれによる被害が見られた。猫羅溪となって合流する平林溪にかかる軍功橋

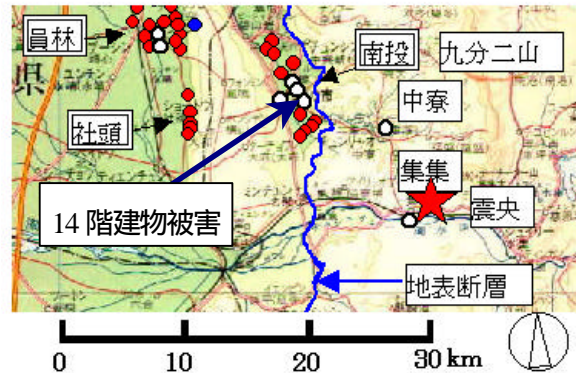


図-1 南投周辺の液状化地点分布

(Jungong Bridge) と緑美橋(Liumei Bridge)の下流の河川堤防は沈下で波打ち、上流の堤防は沈下していた。また、堤外地の高水敷や堤防周辺のバナナ畑では液状化による噴砂が多く見られた。緑美橋では周辺に噴砂が生じていたばかりではなく、橋梁自体も重大な被害を受けていた。被害を受けた14階RC建物は軍功橋の東側にあり、最も近い地表地震断層から西におよそ1kmの地点である。

3. 14階高層住宅の被害

前述の軍功橋の右岸側やや上流にある南投市東山路の半地下駐車場を有する14階建てRC共同住宅の傾斜被害について述べる。写真-1に軍功橋から見た建物の遠景を示す。左に傾いているのがわかる。下げ振りによる測定では、短辺方向西側に4/200すなわち1/50の傾斜が認められた。この建物では柱や梁には重大な被害は生じていない。

写真-2に建物西側にある半地下駐車場の入り口の様子を示す。駐車場には噴砂が一面に溜まり、約80cm沈下している様子がわかる。写真-3に建物東側の被害の様子を示す。東側では駐車場天井部分の高さまで地盤があり、突き出したような地下部分が相対的に浮き上がっていた。周囲には噴砂が見られることから、建物の全域にわたって液状化したものと考えられる。すなわち、西側では多量の噴砂により地盤の支持力が減少したのに対して、東側では液状化の発生に



写真-1 軍功橋から見た14階建ての傾斜建物



写真-2 建物の沈下と半地下駐車場の一面の噴砂



写真-3 建物東側壁面の被害



写真-4 駐車場に止めてあった自転車とバイクの様子

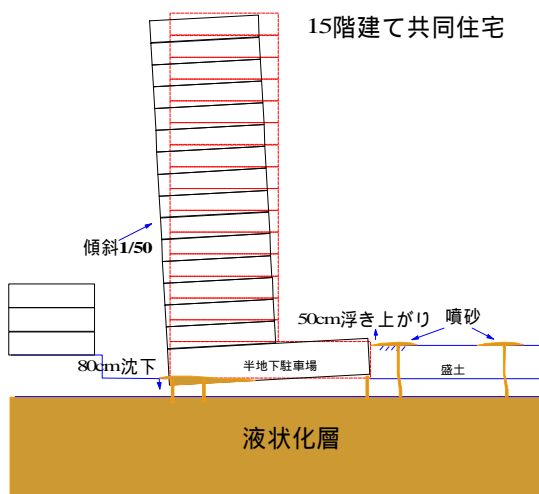
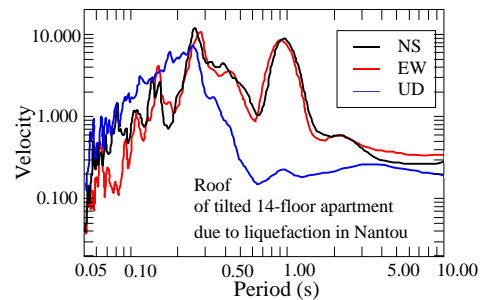
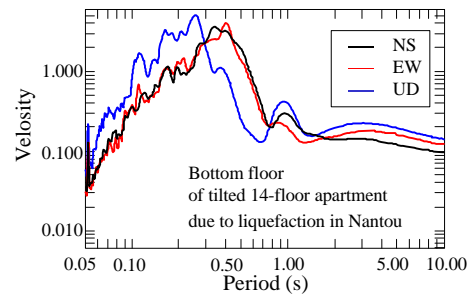


図-2 南投市東山路の半地下駐車場を有する  
14階建ての傾斜被害被害メカニズムの模式図



Fourier spectra

図-3 14階住宅での常時微動のフーリエスペクトル

より浮力が作用したため、全体として西側に傾斜したものと考えられる。図-2 にこの被害メカニズムの模式図を示す。また、写真-3 ではほとんどの壁に×型の繰返し荷重によるせん断亀裂が入っているが、大きな亀裂は建物の中心を軸として左右対称である。左側では右下がりの、右側では左下がりの亀裂の開口幅が大きい。これは建物の南北の両側が中心部に対して相対的に沈下したためと考えられる。すなわち、振動による被害が液状化により増長したと捉えられる。

南投市では、この建物から 1.8 km 西にある南投國小で水平最大加速度  $420 \text{ cm/s}^2$  が記録されている。写真-4 に駐車場に止めてあった自転車とバイクの様子を示す。タイヤの一部は噴砂に覆われており、地震のときのままの状態であることがわかるが、自転車は転倒しているのに対してバイクは転倒していない。スタンドの幅と重心高さから、0.16 G 以上 0.4 G 以下の加速度に相当する静的水平慣性力が作用したものと推測できる。前述の観測加速度との比較から、基礎地盤の液状化によって最大加速度が低減された可能性がある。

この共同住宅の地下と屋上において常時微動を測定した。図-4 にフーリエスペクトルを示す。屋上の水平動には、4 次までの低次の卓越が明瞭に読み取れ、1 次は 0.90~0.95 秒、2 次は 0.25~0.28 秒である。一方、地下では 0.4~0.5 秒で卓越しており、地盤の卓越周期であると考えられる。地下の 0.9 秒付近には建物の一次振動の影響が現れている。屋上には地盤の卓越周期に対応する周期で、スペクトルに膨らみが見られ、地盤の振動が影響している様子が読み取れる。強震の際には、地盤の非線形化により卓越周期が長周期化して、建物の一次振動と共振した可能性が考えられる。

#### 4. 結論

南投市の 14 階建て RC 住宅の被害と被害と関連する液状化の影響および振動特性に関して調査した結果を考察した。  
謝辞：現地調査では、四国電力の浄内明氏、荒谷建設コンサルタントの山下祐一氏には調査に同行いただき、また、愛媛大学学生の依司君には常時微動の測定に協力を得た。ここに記して謝意を表します。  
参考文献 森 伸一郎：1999 年台湾集集地震における液状化災害。文部省科学研究費 台湾集集地震調査報告書(印刷中)