日本建築学会大会学術講演梗概集
(東　北)　1991 年 9 月

1990年フィリピン・ルソン島地震におけるダグパン市の液状化被害と地盤条件

正会員○若松　加寿江[*1]
同　吉田　望[*2]
田蔵　隆[*3]

1．はじめに　1990年7月16日のフィリピン・ルソン島地震では、ルソン島北西部リンガエン湾に面した地域で広範囲に液状化が発生した。特にダグパン市では、建物の沈下・傾斜、道路橋の落橋、埋設管の破損、配電柱の沈下・傾斜、川岸の側方移動などの被害が甚大であった。本報では、現地調査によりダグパン市における建物被害と液状化との関係を明らかにし、液状化や側方移動が発生した地域と発生しなかった地域の地盤条件をボーリングなどの地盤調査結果に基づき考察する。

2．ダグパン市における建物の被害状況　ダグパン市民復興基金財団によれば、被害を受けた建物は500棟以上、家屋の全壊・破損は2000棟以上に及び、47棟の建物が市から取り壊し命令を受けた。被害の大部分は液状化に伴う基礎の不同沈下、基礎地盤の側方移動による基礎や建物の破断などが原因であり、振動による被害はほとんど認められなかった。図1に市街地における主なＲＣ建物の被害分布と液状化が発生した（噴砂が認められた）地域と液状化が発生しなかった地域を示す。建物の被害は液状化発生地域内に集中している。図には、地盤の側方移動が発生した地点も併せて示した。パンタル川沿岸部では地盤が1～8m河心方向へ動いている。

市街地の建物の多くは2～5階建のＲＣ造である。副市長や市の企画部長によれば、これらの建物には地下階がなく、図1の①②に建つ2棟が杭基礎である他は直接基礎とのことである。筆者らが調査した建物の中には基礎梁がないと思われる建物も数棟見受けられた。杭基礎の建物は非液状化地域にあり、軽微な被害である。

建物の被害は、市街地を東西に横切るペレス通りで最も大きく、中でもマグサイサイ橋周辺では地盤の側方移動に伴う被害が特に顕著であった。建物の最大傾斜は約18度で、図1の③に建つＲＣ4階建のビルである。この建物と道路との相対沈下量は約1.5mであった。また、市街地周辺の住宅街・草地・養魚池でも、顕著な噴砂・地割れ・地盤の側方移動などの地盤変状やこれらに伴う木造家屋の被害が認められた。

3．ダグパン市の地盤状況と液状化発生との関係　ダグパン市の近郊には海岸線に沿って幾状もの砂州や砂丘が発達しており、その間の湿地帯には無数の養魚池が造られている。市街地はこの湿地帯の背後に立地し、標高は1m程度と推定される。土地の古老の話では、ダグパン市付近は18世紀にはラグーンで、その後水田や養魚池となり、1880年頃より徐々に市街地が形成されたとのことである。住民によれば、ペレス通り一帯には約40年前まで養魚池があり、1950年頃ココナツの葉で埋め、その後1960年頃海岸の砂で埋め立てたとのことである。前述の18度傾斜した建物はこの埋立地域内に位置している。また、航空写真や微地形の状況から判断すると、マグサイサイ橋付近のパンタル川沿岸も旧河道の埋立地と推定される（図1参照）。

ダグパン市では地震後市内21箇所でボーリング調査および標準貫入試験を実施している。さらに、筆者らも地震後市内8箇所でスウェーデン式サウンディング調査を行った。これらの調査結果をもとに市街地の6断面について地層断面図を作成し、「道路橋示方書・同解説」の方法により液状化層を推定した。地表最大加速度は、推定値200gal[1)]を採用した。図2にこのうちペレス通りに沿った断面を示す。パンタル川の河床堆積物と考えられる細砂層(As層)および地下水位下の盛土砂(B)が液状化したと推定される。

図3はダグパン市における表層の非液状化層厚とその下の液状化層厚との関係を示している。液状化地域では推定液状化層が5～10mと厚く、かつ表層部の非液状化層が3m程度以下と薄かったことがわかる。これに対して、非液状化地域では推定液状化層の厚さが3m以下で、表層部に3m以上の非液状化層が存在する。図には、最大加速度200galで液状化被害が現れる限界線[2)]も併せて示した。今回のダグパン市における事例は、

Ground conditions and damage due to liquefaction in Dagupan City in the 1990 Philippines, Luzon earthquake

2780

WAKAMATSU Kazue et al.

概ねこの限界線の内側に入っている。なお、筆者らは図１の④のパンタル川の護岸において、地表から約7.5mの深さまで打設されたＲＣ製シートパイルが、液状化に伴い河心方向へ約10m移動したことを確認した。このことからも、今回の地震による液状化層の下限が深さ７～８m以上に及んだと推察される。

４．まとめ　1990年フィリピンルソン島の地震によってダグパン市で発生した液状化被害と地盤条件を調査した結果、以下のことが明らかとなった。1)ダグパン市街地の地下に広く分布する緩い細砂層が液状化したと推定される。2)地表に噴砂など液状化の痕跡が認められた地域では、ほとんどの建物が沈下、傾斜といった被害を受けていた。3)液状化による被害が見られた地域は、推定液状化層が５～10mと厚く、表層部の非液状化層が約３m以下であった。これに対して、地表部に液状化の影響が認められなかった地域は、液状化層の厚さが３m以下で、その上部に３m以上の非液状化層が存在していた。4)液状化被害が特に顕著であった地域の中には40年前に養魚池を埋め立てた地域が含まれていた。この地域では、前述1)の細砂層に加えて表層の埋立層が液状化したこと、および地盤の側方移動が発生したことが建物等の被害を大きくしたと推察される。

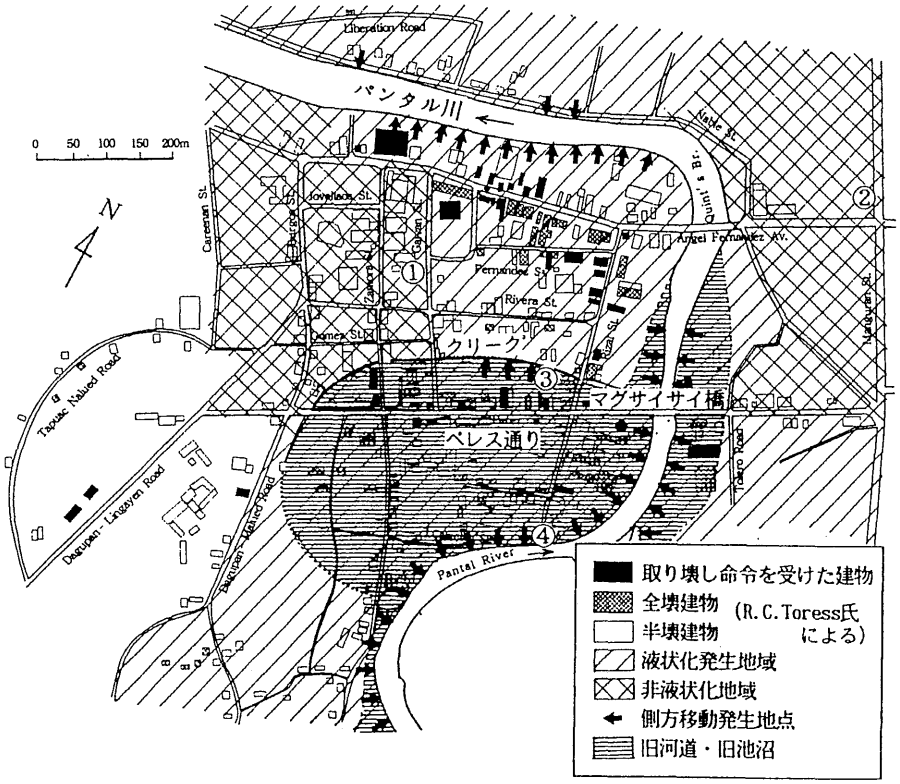

図１　ダグパン市における建物の被害分布と液状化発生地域・非液状化地域

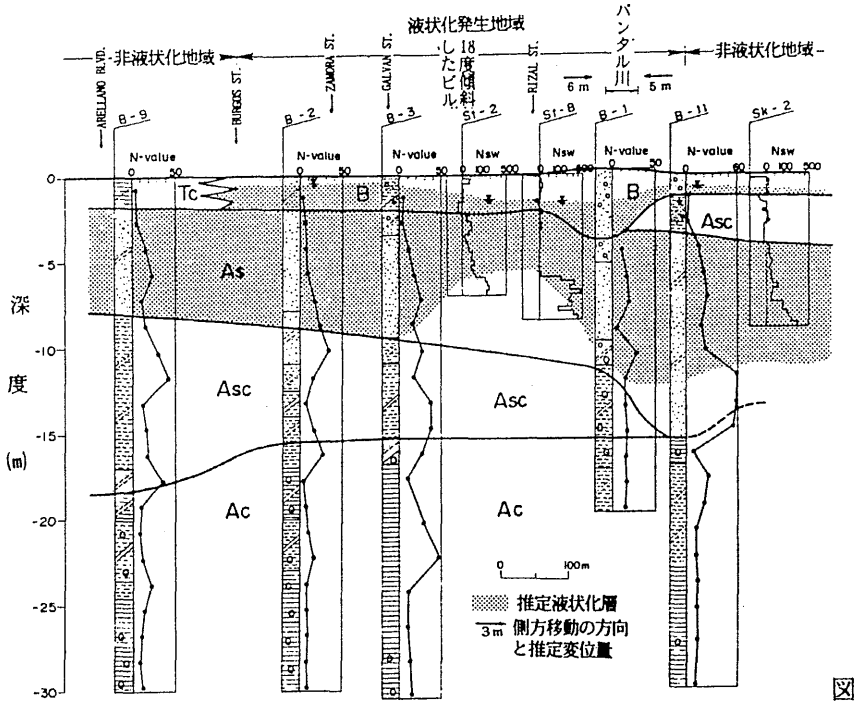

図２　ペレス通りに沿った地層断面図と推定液状化層

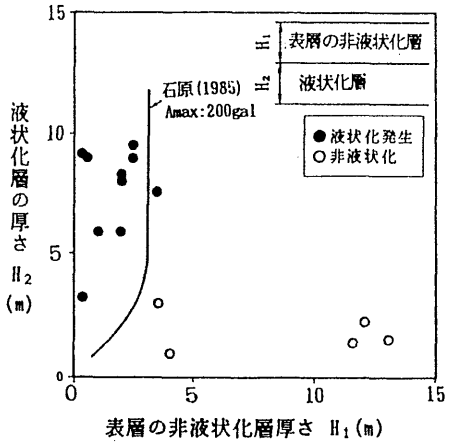

図３　液状化発生地域・非液状化地域における液状化層厚と非液状化層厚との関係

参考文献

1)佐藤忠信：Cabanatuan地域の被害－最大加速度の推定－，土木学会フィリピン共和国地震報告会資料，pp. 6-7, 1990.

2)K. Ishihara :Stability of natural deposits during earthquakes, Proc. of the 11th ICSMFE, Vol. 1, pp. 321-376, 1985.

*1 早稲田大学理工学研究所 特別研究員

*2 佐藤工業(株)中央技術研究所 耐震・解析研究室室長(工博)

*3 清水建設(株)技術研究所 主任研究員