

東京電力(株)技術開発研究所 ○井上素行  
基礎地盤コンサルタンツ(株) 安田 進  
同 上 伴 夏男

### 1. まえがき

新潟地震を契機としてこの20年間に、地盤の液状化の判定法や対策工に対する研究は急速に進められ、実務にも多く用いられるようになってきている。ただし、液状化する可能性があると判定された場合に、対策工の必要性あるいは対策の範囲、程度を決定する方法については、まだ十分確立されているとはいえないのが現状のようであり、合理的な液状化対策方法を確立する上で、液状化による構築物の挙動を熟知しておくことが大切であると考えられる。

本研究では液状化に伴う各種構築物の挙動を過去の多くの震害事例から調べ、構築物の種類毎に挙動の特徴を整理したのをごその結果の一部を報告する。

### 2. 震害事例の調査概要

関東、新潟、十勝沖、根室半島沖、伊豆大島近海、宮城県沖、浦河、日本海中部等の各地震における液状化に起因する構築物の震害事例(約100事例)を文献より抽出し、構築物の種類を①構築物の周辺地盤全体、②直接基礎の構築物、③クイ基礎の構築物、④地中構造物、⑤土構造物の5種類に分けた場合のそれぞれの代表的な震害事例および特徴的な挙動を整理した。

表-1 液状化に伴う構築物の挙動の特徴

### 3. 液状化に伴う構築物の挙動の特徴

過去の震害事例より構築物を上記5種類に分けた場合のそれぞれの特徴的な挙動は表-1に示すとおりである。これらの挙動を示す震害事例のうち代表的なものの一例を表-1にあわせて示した。これらの事例の概要は以下のとおりである。

#### (a) 構築物の周辺地盤全体

構築物の周辺地盤全体の大きなすべりとしては、新潟地震の際に白山変電所付近の信濃川河岸で発生したすべりがある。ここでは、送電鉄塔基礎の移動量からそのすべり量は7m程度に及

んだと推定されている。日本海中部地震においても能代市内で緩い斜面(2~3度)が最大2~3mすべったことが認められている。また、北澤らによれば、秋田港外港地区では図-1に示したように、岸壁の背後地盤が上屋も含めて数十mにわたってすべったことが報告されている。

| 構築物の種類      | 液状化による構築物の挙動                   |                                                                                                                  |
|-------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 挙動の特徴                          | 代表的な震害事例の一例                                                                                                      |
| 構築物の周辺地盤全体  | 地盤全体の大きなすべり                    | ・新潟市白山変電所付近のすべり(新潟地震)<br>・能代市河戸川付近のすべり(日本海中部地震)<br>・秋田港の岸壁の被害(日本海中部地震)                                           |
| 直接基礎の構築物    | 沈下や傾斜                          | ・東北本線荒川橋梁橋脚の沈下、傾斜(関東地震)<br>・新潟市川岸町のアパートの沈下、傾斜(新潟地震)<br>・秋田市内の石油タンクの沈下、傾斜(日本海中部地震)<br>・秋田県および青森県の木造家屋の被害(日本海中部地震) |
| クイ基礎の構築物    | 水平力による過大な水平変位またはクイの折損<br>沈下や傾斜 | ・新潟市の昭和大橋における被害(新潟地震)<br>・新潟市の八千代橋における被害(新潟地震)<br>・新潟市内の多くのビルの沈下(新潟地震)<br>・能代市の青葉荘マンション(日本海中部地震)                 |
| 地中構造物       | 浮上りまたは沈下<br>構造自体や継手の破損         | ・新潟市内の下水道管、人孔、浄化槽の浮上り(新潟地震)<br>・新潟火力発電所取水口、取水路の沈下、浮上り(新潟地震)・<br>・能代市景林町付近のガス低圧導管等の破損(日本海中部地震)                    |
| 土構造物(護岸も含む) | すべりや沈下、流れ出し                    | ・西目、戸戸間の鉄道盛土の流出(新潟地震)<br>・三沢付近の鉄道盛土のすべり破壊(十勝沖地震)<br>・名取川堤防の沈下(宮城県沖地震)<br>・秋田港の岸壁の被害(日本海中部地震)                     |

※震害調査報告書には液状化によると明記されていないが筆者達の判断による。

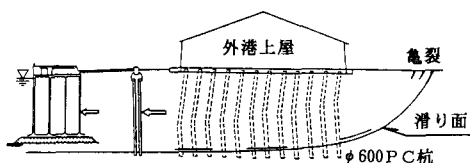


図-1 秋田港外港地区でのすべり概念図<sup>1)</sup>

このような現象はまだあまり認識されていないが、一度生じると被害は大きいと考えられるため、護岸付近の地盤や傾斜地盤では十分留意する必要がある。

#### (b) 直接基礎の構築物

液状化による直接基礎の構築物の挙動の特徴としては沈下や傾斜が挙げられる。新潟地震の際には川岸町の鉄筋コンクリート造のアパートが不等沈下により最大で70度傾斜したのを始めとして多くの建築物が沈下、傾斜した。新潟地震や日本海中部地震では多くのタンクに不等沈下が発生し、大きなものでは250 m程度に及んだとの報告もある。さらに、日本海中部地震では木造家屋の沈下による被害が目立っている。

#### (c) クイ基礎の構築物

クイ基礎の構築物の挙動の特徴としては、水平力による過大な水平変位または、クイの折損と、沈下や傾斜が挙げられる。前者は新潟地震の際に昭和大橋の橋脚などで発生したと考えられているものである。ただし、この種の挙動は日本海中部地震の際にはあまり顕著でなかったようである。後者については新潟地震の際に、鉄筋コンクリートビルにおけるクイ先端地盤の液状化により沈下が生じたケースやあるいは日本海中部地震の際に、鉄筋コンクリートマンションが、クイの周辺地盤の液状化による周面摩擦抵抗力の低下に伴う不等沈下により約2度傾斜した例が挙げられる。

#### (d) 地中構築物

地中構築物の挙動としては、新潟地震の際の下水道管、マンホール、浄化槽の浮上りなどが顕著なものである。同様な被害は日本海中部地震の際にも、浄化槽やガソリンスタンドタンクで生じている。また、浮上りだけでなく、構築物の破損によ、て沈下を生じているものや、水平移動によ、て被害を受けているものもある。さらに、地盤全体の大きな移動によ、て曲げや抜けの被害を受けたり、構造自体や継手が弱いものでは地盤の少しの変形によ、て被害を受けているものもある。

このように、構築物の見かけの比重、液状化の深度、構築物の強度、地盤全体の移動量などによ、て挙動が異なるようであるが、その関係はまだあまり明らかになっていないようである。

#### (e) 土構築物

土構築物については、液状化による被害事例は数多く報告されており、鉄道・道路盛土、堤防、鉋さいたい積場、造成盛土、さらに岸壁背後地盤、とその内容も広範囲に及んでいる。挙動の特徴としては、完全に流出してしま、た盛土の例から、すべ、たもの、沈下したもの、クラックがはい、たものなどが挙げられる。

これらのどの挙動となるかは、土構築物の形状、液状化層の深度やその程度、盛土材の性質などによ、て異なると考えられる。

### 4. あとがき

過去の震害事例を調べることにより、地盤の液状化に伴、て各種構築物に生じる挙動を整理してみた。この結果より、地盤の液状化に伴、て生じる構築物の挙動は、構築物の種類によ、てそれぞれ特徴があることがわかった。一方、震害事例調査に並行して、これらの挙動を推定する方法についても調べてみたが、まだ確立された方法があまり提案されていないのが現状のようである。

今後、各種構築物の機能に応じた合理的な液状化対策を実施するうえで、液状化に伴う構築物の挙動を推定し、実務に反映する方法について、さらに研究が進められることが望まれる。

参考文献 1) 北澤壮介・橋本俊昭：港湾施設の被害状況についての検討、土質工学会東北支部研究討論会「日本海中部地震シンポジウム」講演概要集、土質工学会、pp 69～76、1984