

早稲田大学 フェロー 濱田 政則
 東京大学 正会員 若松 加寿江
 早稲田大学 学生員 澁谷 武弘 ○目堅 智久

1. はじめに

兵庫県南部地震において側方流動により各種構造物に大きな被害が発生した。このため側方流動の影響を耐震基準に考慮する方向で検討が進められている。本研究では、既往の地震における側方流動による地盤変位データを基に各種の要因分析を行い、地盤変位量の予測式の提案を試みた。

2. 検討対象地域の選定

地震前後に撮影された航空写真を用いた測量により、側方流動による地盤の絶対変位量が測定されている事例（1995年兵庫県南部地震、1983年日本海中部地震、1964年新潟地震、1948年福井地震）から、以下の条件を満たしている領域を選定した。1) 広領域にわたり地盤の水平変位の方向や変位量が安定しており、側方流動の起点と終点が比較的明瞭である。2) 市街地などで地下室や構造物の基礎杭などの影響が少ない。3) 護岸・盛土の崩壊などの影響を受けていない。4) 地層構成が単純で液状化層の判定が容易である。

3. 側方流動のタイプ

筆者らがこれまでに行ってきた側方流動に関する事例研究の成果によれば、側方流動のタイプには図1に示す2種類があることが明らかになっている。タイプ1は、傾斜地盤において液状化してせん断抵抗が失われた土砂が液体として挙動することにより、標高の高い地域から低い地域に向かって地盤が変位する場合である（日本海中部地震の能代市、新潟地震の新潟市大形地区など）。タイプ2は、埋立地や大河川沿岸において、護岸が大きく移動することにより背後地盤が流動する場合である。流動の原動力は液状化した土砂の体積移動である（兵庫県南部地震の神戸市などの埋立地、新潟地震の信濃川沿岸地域など）。

4. 傾斜地盤における側方流動（タイプ1）

分析対象地域は、新潟市大形地区（新潟地震）、能代市前山地区（日本海中部地震）、福井市森田地区（福井地震）など、合計19地区である。図2に側方流動量と液状化層厚の関係を示す。ここで、液状化層は、原則としてN値15以下の飽和砂層とした。福井地震の森田地区には、砂層がほとんど存在せず地表付近より厚い砂礫層が堆積している。福井地震の際には礫が噴出した記録や住民の証言があることから、飽和砂礫層を液状化層と仮定した。図2の側方流動量と液状化層厚との間には明確な相関は見られず、地震や土質条件がほぼ同一な新潟地震の事例中でも、両者の関係にばらつきが見られる。このことは、上記以外の条件、例えば地形条件等の影響を受けていることを示唆している。そこで、側方流動量を無次元化してせん断ひずみ（側方流動量D/液状化層厚H）で表し、地震前の地表面勾配 θ との関係を調べた。その結果を図3に示すが、ばらつきはあるものの両者の間にはほぼ線形な相関が見られ、最小二乗法により下式が得られる。

$$D \cong 0.40 \cdot \theta H + 0.20 H \dots\dots\dots (1)$$

ここで、地表面勾配 θ (%)は、側方流動発生域の平均勾配で、地震前の航空写真より求めた地表面のプロファイル図（断面図）より算出している。(1)式を用いて求めた側方流動量 D_{cal} と実測値Dの関係を図4に示す。この図を見ると上式によって倍半分の精度で側方流動量が予測できることが分かる。なお、(1)式では地表面勾配が0%でも地盤変位が発生することになるが、実際には地表面勾配がある一定値以上（事例分析での地表面勾配の最低値は0.44%）に適用されることになる。

5. 護岸移動に伴う側方流動（タイプ2）

タイプ2の事例については、兵庫県南部地震と新潟地震の事例合計18地区を対象として、図1（タイプ2）

キーワード・震害 液状化 側方流動

早稲田大学濱田研究室（東京都新宿区大久保3-4-1）・TEL/FAX 03-3208-0349

の地表面は沈下しているがほぼ平坦な背後部分について考察する。すなわち地震後に地表面が傾斜した護岸近傍の領域は除外している。図5に背後地盤における側方流動量と液状化層厚の関係を示すが、明確な相関性は認められない。地盤が完全に液状化すれば背後地盤も流体的な挙動を示し、護岸移動に伴って変位するはずである。このことから、背後地盤における側方流動量と護岸変位量の関係を検討した結果を図6に示す。図6中、神戸の事例にはばらつきが認められるが、新潟の事例と合わせて見ると護岸変位量 D_q との間には相関性が見られ、最小二乗法により下式が得られる。

$$D \approx 0.50 \cdot D_q \dots\dots\dots (2)$$

6. まとめ

- ・傾斜地盤での側方流動量は液状化層厚および地表面勾配にほぼ比例している。
- ・護岸の背後地盤の側方流動量は護岸変位量に比例しており、兵庫県南部地震と新潟地震の事例では護岸変位量の約2分の1となっている。

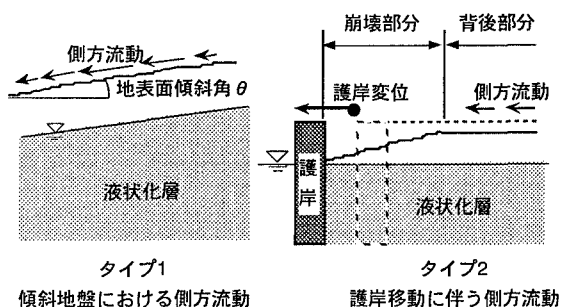


図1 側方流動量の発生パターン

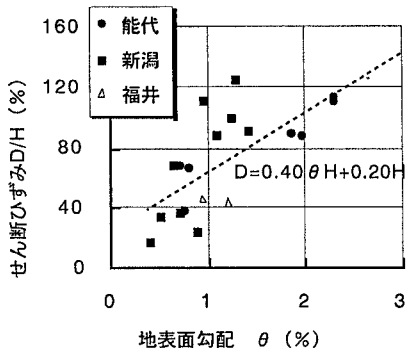


図3 地表面勾配とせん断ひずみの関係

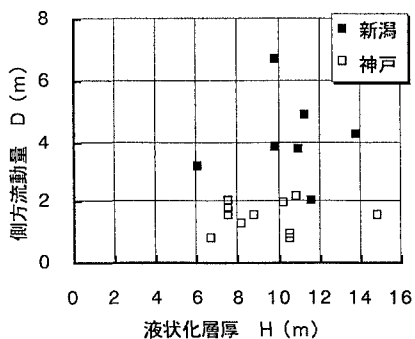


図5 護岸近傍における液状化層厚と側方流動量の関係

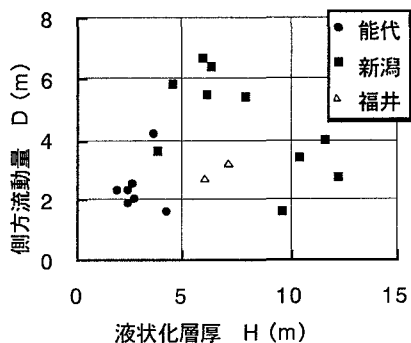


図2 液状化層厚と側方流動量の関係

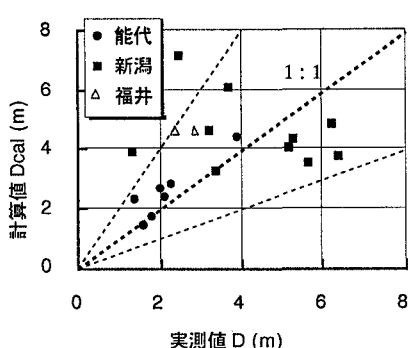


図4 側方流動量の実測値と計算値との比較

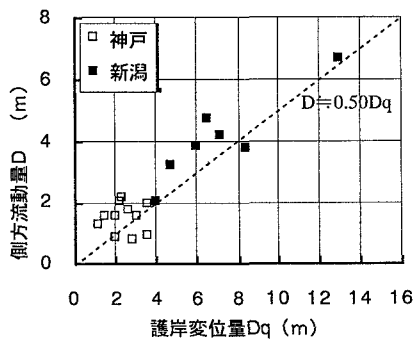


図6 護岸変位量と側方流動量の関係