

# 側方流動 液状化に伴う地盤の流動

地震時に発生する液状化に伴い、地盤が水平方向に大きく変位する現象を側方流動と呼ぶ。側方流動は基礎構造物や地下埋設構造物の震害の大きな原因と考えられるため、日本海中部地震以降、側方流動の問題は注目を集め、新潟地震での地盤変形の見直しが行われ、1995年の兵庫県南部地震以降いっそう注目されている。従来、地震による液状化に伴う側方流動の問題として、傾斜地盤や傾斜勾配が1%以下の比較的勾配が小さく水平と見なされるような緩い砂地盤における、数メートルから10メートルを越えるような地表の変位が取り上げられてきた。1964年の新潟地震や1983年の日本海中部地震などでもこの現象が発生している<sup>1)</sup>。一方、水平地盤であり、地盤の境界が護岸等により拘束されている場合、地震力によりその拘束が緩んだり、拘束が消失する場合には側方流動が発生する。このような形態の側方流動は、兵庫県南部地震により沿岸部の埋立地で発生した。調査では護岸から150mまでの距離で地盤の側方流動が著しかった<sup>2)</sup>が、300m以上離れても側方流動の影響と見られる水平変位が報告されている<sup>3)</sup>。

## 発生メカニズム

側方流動のメカニズムは次のように考えることができる。液状化現象とは、固体状の砂が、間隙水圧の発生を伴う有効応力の減少によってせん断抵抗力を持たない液体へ相変化する現象である。実際には、せん断抵抗が完全に消失しなくても、せん断抵抗が非常に小さくなると砂は疑似流体として振る舞うから、境界条件と液状化領域の分布によっては、大きな地盤変位が発生する。実験では、変形係数が数十分の一に低下したとの報告もある。発生域が局所的であれば、拘束された液体と同様に地盤全体としては流動は発生しない。地表が傾斜している場合、液状化の発生域が狭くても層となっている

と、この層に沿って上部非液状化層がすべりを起こすことになる<sup>4)</sup>。一方、地盤の液状化域が十分大きい場合は、傾斜や拘束が弱い場合、疑似流体運動である流動が発生する。また、液状化回復(液状化状態からのせん断抵抗力の回復)も発生するので、液状化域の分布はその地盤の領域が液状化している時間に依存し、長時間は継続しない。この非定常性が、メカニズムの推定を困難にしている。

## 側方変位量

側方変位量については、経験公式が発表されている<sup>1), 5)</sup>。たとえば、濱田ら<sup>1)</sup>によれば、水平永久変位 $D$ (m)と液状化層の厚さ $H$ (m)および地盤勾配と液状化層の勾配のうちの大きい勾配(%)の間に $D \approx H^{1/2} \cdot 1/3$ という関係式を求めている。この式による予測は、ばらつきが多いことや、変位と地盤勾配との間の相関が小さくなるという点も指摘されている<sup>6)</sup>。このばらつきは、境界値問題としての液状化問題の取扱いにおいて、より詳細な条件を考慮する必要があることを示唆している。より詳細な検討のため、液状化地盤を流体としてモデル化する研究

もされている<sup>6), 7)</sup>。濱田は非線形流体としての解析から、流動変位が液状化層厚の2乗根に比例することを導いているが、上記経験式とよく対応している。

図に、渦岡ら<sup>7)</sup>による液状化土を流体と見なした盛土の側方流動解析の例を示す。

(京都大学 岡 二三生)

## 参考文献

- 1 - 濱田, 他: 土木学会論文報告集, No.376/ III-6, pp.211-220, 1986
- 2 - 石原: 阪神大震災報告会講演概要集, 土質工学会, pp.25-28, 1995
- 3 - 堀越, 他: 土と基礎, Vol.44 No.11, pp.27-29, 1996
- 4 - Hamada, M. et al.: Performance of Ground and Soil Structures during Earthquakes, TC of ISSMFE, JSSMFE, pp.93-108, 1993
- 5 - Bartlett, S. F. et al.: Proc. 4th Japan-U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, Tech. Report NCEER-92-0019, 1, pp.351-366
- 6 - 若松, 他: 地震時の地盤・土構造物の流動性と永久変形に関するシンポジウム発表論文集, 地盤工学会, pp.305-308, 1998
- 7 - Uzuoka, R. et al.: Computer and Geotechnics, Vol.22, No.3/4, pp.243-282

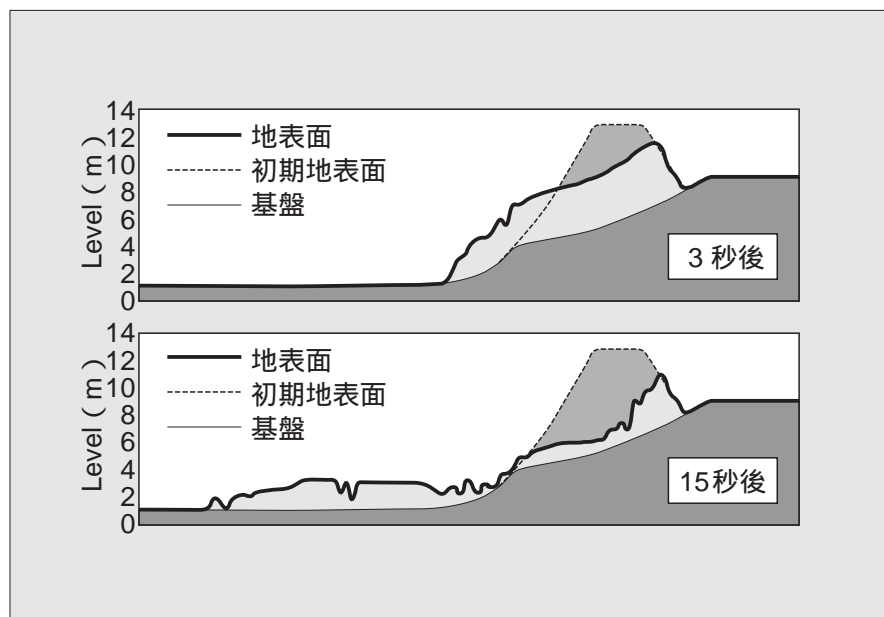


図 液状化土を流体と見なした渦岡ら<sup>7)</sup>による盛土の側方流動解析例(一部省略)