

地下水位と地震動特性

Effects of groundwater level on characteristics of ground motion during earthquake

中川 康一[1]; 吉岡 真弓[1]; 中迎 誠[2]

Koichi Nakagawa[1]; Mayumi Yoshioka[1]; Makoto Nakamukae[2]

[1] 大阪市大・院・理; [2] 阪市大院・理・地球

[1] Geosci., Osaka City Univ.; [2] Geosciences, Osaka City Univ.

1. はじめに

近年、都市域では、土壌や地下水などの地質汚染や飲料水の確保の深刻な問題のほかに地下水位の上昇が問題となっている。この地下水上昇は地震時の液状化や各種の地盤災害・事故につながる。かつて大阪は地盤沈下による経済的大打撃を被り、地盤沈下の原因となった地下水の取水を全面禁止に近い形で規制した(1962年)。この施策が功を奏し、地盤沈下は完璧な形で終結を迎えた。しかし、一方では、この措置は他の大都市の例に漏れず、地下水の有効利用の途をも封じ、水位は完全なまでに回復し、地下水に関する情報収集の途も閉ざされた。結果として、土壌や地下水汚染の発生・拡散を放置せざるを得ない状況をも生みだしてきた。ここでは、地下水位の上昇の問題点を指摘し、都市域地下水のあるべき姿について言及する。

2. 地下水位の現状と地震動に与える影響

一般に地盤の強度は、地下水のレベルに依存することが知られている。地下水位が高ければ、地下水面より深い所では浮力が働くことになり、その分土粒子間の摩擦が減り、強度が下がる。地表面付近はもともと摩擦が小さいため、水に浸かることによって、強度が極端に低くなる。

昭和の南海地震(1946、M=8.0)と安政の南海地震(1854、M=8.4)を比較すると、その震度分布には違いが認められる。2つの地震の規模と震源の位置は必ずしも同じではないが、本質的に大きな違いはないであろう。安政の地震の震度分布図は宇佐美(1987)による資料を参照し、被害に関する膨大な史資料から解析された震度分布を一部簡略化した。また、昭和の南海地震は気象庁のデータを参照した。両方の震度を比較すると、各地域で絶対値が異なっているものの大局的にはほぼ同じようなゾーニングになっている。しかし少し細かくみると、2つの地震で大阪は異なった傾向を示していることがわかる。震央の位置があまり変わらないにもかかわらず、昭和の地震では、大阪は和歌山よりも震度が小さくなっていて、ふつうの分布を示しているが、安政の方ではこれが逆になっていることが分かる。昭和の地震では、瀬戸内の沿岸の一部だけが異常震域となっているのに対し、安政の地震では、大阪湾岸部一帯が異常震域となっていて、大阪が和歌山などに比べて揺れが大きかったことを意味している。この震度評価にはおそらく液状化による被害も加味されているものと思われる。

播磨灘周辺域と同様に、日本海側にも異常震域が認められ、出雲の低地帯を始め、九頭龍川の河口デルタ地帯および富山県氷見の低地帯に相当しており、いずれも液状化の発生の可能性がある。

昭和南海地震と安政南海地震の震度分布パターンに違いが現れた原因として地下水面のレベルの違いを挙げるのであろう。すなわち、まだ工業が発達する以前の、安政の地震では地下水面は地表面近くにあったはずで、表層を構成しているいわゆる軟弱な地盤は高水位によって一層軟らかくなり、地震動の増幅、砂質部や埋立地の液状化に拍車を掛けたのではないかと思われる。

一方、昭和の初め頃から顕在化した地下水位の低下は終戦時には一時的にかなり回復したとはいえ、当時の地下水はまだかなり低い状態にあったと考えられ、昭和の地震ではこれが幸いして大きな災害を逃れたのではないかと思われる。これら以外の地震でも同様の効果が認められるのかどうかを調べてみた。1930年以降、大阪を揺らした比較的大きな地震30例ほどについて、大阪の市街域と周辺の震度分布に異常性があるかどうかの検討を行った。震央距離とともに震度が次第に小さくなっていくような普通のパターンからどの程度かけ離れているかを目視によって評価し、地下水位とを比較した。震度分布の異常性を定量的に求めることは一般に困難であるが、異常の程度を目視によって4つ位にランク分けすることは可能である。ランク0は異常性が認められないもので、異常が最も大きいと見られるものをランク3とした。震度分布の異常性と地下水位との間には相関が認められ、殆ど異常性が認められない期間が1940年~1960年の低地下水位の時期と一致していることは単なる偶然とは言い難い。

3. おわりに

地表付近の自由地下水の存在は地震時の液状化に決定的な役割を演じる。これに対し被圧地下水は液状化には関与しないように見えるが、被圧地下水であっても関与している地層の有効応力を規制しているため、強度や弾性定数に影響を与える。地下水面より上にある地盤は一般に不飽和となっており、毛管によるサクションによって有効応力が大きくなっている。そのため、地震動は地下水位の変動に大きく依存することになる。都市を地震被害から守るために、適正なレベルに地下水位を保つことが有効となる。これは自治体による地下水コントロールセンターによって達成されるであろう。