

## 液状化では何故人は死なないのか？

攻玉社工科短期大学 フェロー会員 伯野元彦

### 1. 過去の地震時液状化による死者数

この50年ほどを考えると、液状化を主原因とする死者は、1948年福井地震1人（全死者数3895人）、1964年新潟地震2人（全死者数26人）、1995年兵庫県南部地震3人（全死者数5500人以上）となっている。カッコ内は地震による倒壊建物の下敷き、地震後火災なども含めた全部の死者数である。

### 2. 何故液状化による死者数は少ないのか？

#### 2.1 地震動S波は液体中を通過できない

通常の構造物は自重を含め鉛直方向に対しては荷重の種類が多いため余裕も大きい。しかし水平方向に対しては、地震荷重、風荷重くらいしか考慮されないため余裕が少ない。したがって、構造物を水平方向に揺らすS波は、地震動の中でも構造物を破壊させる波である。S波は地盤中のせん断ひずみが伝わっていく波であるから、せん断反力の生じない液体中では伝わる事が出来ない。1995年兵庫県南部地震においても、ポートアイランドにおいて神戸市が観測していた地中のアレイ観測地震計は、深さ79mから地表に向かって、水平動、上下動とも増幅していたが、地表付近の液状化が起こったと思われる深さで水平動だけが振幅が半分程度に減少していた。このように液状化によって、地表の水平動が顕著に減少するため、構造物の振動による急激な破壊は殆ど生じなくなる。

#### 2.2 傾斜、沈下、浮上などはゆっくり起こる

地盤が液状化した場合は、地表にS波が到達しないため、激しい水平振動による構造物の破壊は起こらず、上下動は普通に増幅するが短時間であるし構造物は一般に鉛直方向の設計荷重は多いので余裕がありなかなか急激な破壊にまでは至らない。そうすると、残る構造物の破壊は傾斜、沈下、浮上などであるが、これらは次の理由によってゆっくり起こる。

つまり、砂地盤は液状化したといっても砂粒自体が無くなってしまいう訳ではなく、水の中に砂粒が浮いている状態なのである。それも液状化直前には砂粒と砂粒は接触して骨格を成していたのが、瞬間、接触点が微小な回転か何かをして砂粒間に水が入ったというわけなのである。であるから構造物が少し変位すれば、構造物に接する付近の砂粒は圧縮され砂粒間の接触が復活し抵抗力は増加する。したがって、構造物が少し変位すれば抵抗力が増加し、傾斜、沈下、浮上などの変位は、それらの抵抗力によって、急激には進まない、つまりゆっくり進むということである。

### 3. 震時死者は構造物の急激な破壊によって生じる

日本の地震時の死者は建物の下敷き、火災などによって起こるものが大部分であるが、これらは急激な破壊現象によってもたらされるものである。ゆっくりした傾斜、沈下などの破壊現象では、人は避難する余裕があるから死なないのである。1995年の兵庫県南部地震における液状化による死者3人中の2人は、液状化による側方流動によって橋脚の移動が起こり橋桁が外れて落下したため走行中の自動車のドライバーが亡くなったものであり、橋脚の移動はゆっくりしたものであっても橋桁の落下は急激なものであるため生じた死者である。

以上の理由によって、普通は地盤の液状化によって人が死ぬことは無いと思ってよい。

### 4. 液状化した地盤は一種の免震装置である

1964年新潟地震では広範囲に起こった液状化によって人々は救われたと思うことも出来る。

キーワード：地震死者、液状化、免震

連絡先：〒229-0027 神奈川県相模原市光が丘3-26-5、Tel & Fax: 042-753-1710

この地震はマグニチュードは 7.5 と相当大きく震源域も海岸から数 10 km の粟島を中心として新潟県の一部の陸域をも含むようなものだった。新潟市のほぼ全域が主として液状化によって被害を受けた。しかし、その割に死者数は 26 人と意外なほど少ない。2. で述べたように液状化した地盤は構造物を急激に破壊する元凶であるところの S 波をカットする。つまり一種の免震装置として働くのである。新潟地震でも新潟市全域が液状化したということは市全域の下に免震装置が出来たということである。ただし、この免震装置は構造物の傾斜、沈下、浮上などのゆっくりした破壊まで防ぐことは出来ない。ただこれらゆっくりした破壊は死者を生じさせないので、死者が少ないのであろう。

最近はこの液状化を個々の構造物の免震装置として役立てようという研究「1」も行われているが、これは費用もかかる。液状化しそうな地盤は、そのままにしておけば免震装置になるのだから、無料の免震装置ともいえる。

### 5. 貧乏人の免震装置

30 年程前中国からの留学生と話をしていた冗談に砂の液状化は安い免震装置として利用できるのではないかと話したことがある。当時は積層ゴムによる免震装置の研究が進もうとしていた時だったが、これは高価だから当時開発途上の中国ではそのような装置はとても無理だろうからと、今考えるととても中国を見下したようなことを平気で言ったものだと思うが、冗談のつもりで言って、言ったことも忘れてしまっていた。ところが、15 年程前その留学生だった研究者に中国を案内して貰っているとき、今日は面白い所を案内しますという。そして北京の地震観測所の 3 階建てのビルで RC 柱の根元を示し、「これが先生の言われた貧乏人の免震装置です。」と言った。そのような事を言ったことも忘れていたので、はじめは何のことが分からなかったが、徐々に思い出しアイデアを言ってあげたのはよかったが、貧乏人のためのとは本当に悪いことを言ったものだと恥じ入った次第である。よく見ると柱がコンクリートの箱の中に支持されており、箱は砂で一杯であった。要するに地震時にはこの箱の砂が液化して建物の柱には地震動が余り伝わらないようにするのだそうである。アイデアを実現する実行力に驚いたものである。

### 6. 死者は出ないかもしれないが、経済的損失は生じる

構造物の傾斜、沈下、浮上などは起こるから経済的損失は生じる。死者は出ないが経済的損失だけとなると液状化対策はしないでよいということになる。我々は死ぬかもしれないからその対策をするのであって、経済的損失だけなら運が悪いと諦めることも出来る。しかもその経済的損失の生じる可能性も実に少ないのである。日本で地震による液状化被害が起こるのは数年に一回であるし、それも場所的にはごく小さな領域である。例えば東京湾の埋立地は 80 年前の関東地震の際には液状化が起こったであろうが、次の大地震までは起こらないであろう。そのうちもう 50 年経てば構造物の寿命が来て建て替えなければならないので折角の対策も無意味となる。

### 7. その構造物が壊れたら多くの死者が予想される場合には十二分の対策を施すべきである

例えば東京ゼロメートル地帯を海から防ぐ隅田川などの護岸は、それが壊れたら海水がとめどなく流入し、この水が地下鉄に入ったら東京中の地下鉄網は水没するので多くの死者が生じる恐れがある。石油コンビナートなども埋め立て地盤上に建設されていることが多いので、この液状化被害も注意しなければならない。下流に大都市が存在するような貯水土ダムなども全く同様な対策が必要であらう。

### 参考文献

「1」福武毅芳「液状化現象を逆手に取った地盤免震技術」土と基礎、vol.51,no.3,pp31~33,2003