

## 「液状化の根本問題と人工地盤の被害と対策」

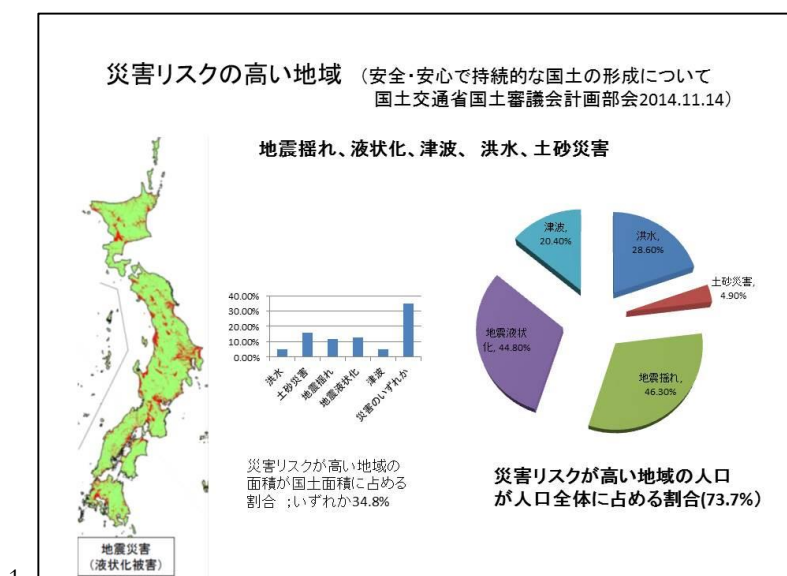
岡 二三生（京都大学 名誉教授）

液状化については、特に神戸では阪神・淡路大震災のときにポートアイランド等でたくさん発生したので、皆さんよくご存じだと思います。昨年、国土審議会が出された報告によれば、日本では約 73.7%が災害リスクの高いところに住んでいます（図表1）。もちろんこの評価はかなり簡易的な方法でなされているので、突き詰めていくといろいろ変わってくると思いますが、その中で 40%以上が液状化と何らかの関係があるとされています。従って、地震の揺れ、津波、洪水、土砂災害、地滑り等の中で、液状化は結構大きなパートを占めている問題だと思われま

す。私自身は災害予測の向上に向けた研究開発というパートにしているのですが、その中で、液状化については全てが分かったわけではなく、根本問題は常にあります。いろいろな現象や災害の形態が出てきたときに、何がそれに影響しているのかという問題があるので、今日はそれをレビューします。また、それに関連して、液状化はポテンシャル値を使って危険度を評価しますが、将来はそれに代わるものもできたらと思っているので、それをご紹介します。そして最後に、液状化の一例として、人工地盤（臨海）のコンビナート地区の側方流動の予測とその対策について、現状をレビューしたいと思います。

### 1. 液状化の根本問題

液状化の問題は新潟地震以降に出てきたといわれていますが、かなりまとまったものが出たのが 1970 年代の終わりです。道路橋示方書や共同溝設計指針などのいろいろな指針があって、それによって液状化に対する強度を求めます。当時、液状化強度比について、1) 多方向せん断の影響、2) 不規則波の影響、3) 繰り返し 3 軸試験と単純せん断試験による強度の差の影響、4) 3 軸試験と地盤での拘束圧の影響、5) サンプリングの乱れによる強度低下、6) サンプリングによる緩い砂の密度の増加について議論したことがあるのですが、特に 2)、3) のあたりに東日本大震災を含めて問題が起こっています。

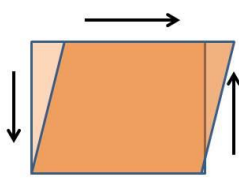


地震の変形モードは、皆さんよくご存じだと思いますが、家はせん断力によって傾きます（図表2）。われわれが試験で用いている3軸試験は、側方から圧力をかけておいて上から荷重をかけるというものです。こちらの方が圧倒的に簡単なので、これでやることになっています。実際は単純せん断にいつも戻らなければいけないことは重々分かっているのですが、研究者には嫌がられます。

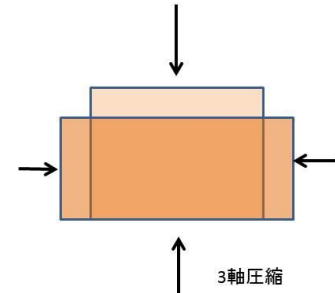
液状化安全率は、液状化に対する強さ（抵抗力）を地震による荷重力で割って求めます（図表3）。そして、安全率が1以下かどうかということ調べます。液状化に対する抵抗力（R）を調べるのに、そういう試験法があります。これを深さ方向に求めて全部足し合わせるのですが、深いところと浅いところでは深いところの影響が少ないだろうということで、重みをかけて20mまで足し算をします。このとき、20mのところまで0になるようにします。特徴的なのは、安全率が1以上だったら0ということになっていることです。1.05でも1.01でも考慮されません。安全ということになります。例えば200galでPL値が5以下でも、350galになると20というふうに急激に変わるわけです。液状化ポテンシャル（PL

**地震での変形モード**

地震では水平地盤の挙動は単純せん断であるが、試験は3軸繰り返し試験が用いられている。変形モードによって強度が変わる。2つの試験では応力径路(メカニズム)が異なる。



単純せん断



3軸圧縮

2

**液状化ポテンシャルPL (Liquefaction Potential) 値**

液状化ハザードマップでよく使用される指標にPL値がある。  
 ある地点の地盤の液状化の程度を表す指標として、液状化ポテンシャルPL値が用いられているが、先に述べたようないくつかの判定法を適用する場合、PL値と液状化の程度や被害との関係を明らかにしておく必要がある。  
**PL値では 安全率FL>1以上は考慮しない。**

$$F_L (\text{液状化安全率}) = \frac{R_N (\text{液状化に対する抵抗力})}{L (\text{地震による荷重力})}$$

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot (10 - 0.5z) dz = \sum_{\text{地盤層厚}\Delta z \text{ごとに} 20\text{mまで加える}} F \times (10 - 0.5z) \times \Delta z$$

ここで、zは深さ(m)である。

$F = 1 - F_L$  ( $F_L < 1$  安全率1以下),  
 $F = 0$  ( $F_L \geq 1$  安全率1以上)

$$R_N = C_W R_L \quad \text{継続時間の影響を考慮するパラメータ}$$

3

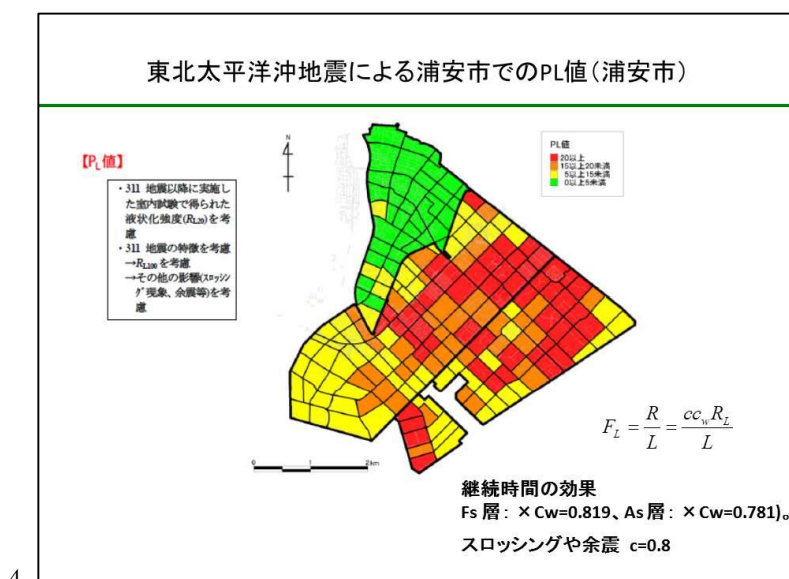
値)にはそういう問題がもともと含まれていることを覚えておいてほしいと思います。

先ほどの単純せん断と繰り返し試験の問題については、1970年代にアメリカのSeed先生がされた実験と柴田先生・岡先生がされた研究では、単純せん断では強度が小さくなることがありました。石原先生と安田先生の実験では、そういう場合もあるけれども、ほぼ一致するのではないかという結果が出ています。その後、東京大学名誉教授の龍岡先生の実験では、人工地盤のような締め固めた地盤では、単純せん断は3軸試験より結構弱くなるというデータも出ています。ただ、もちろん強くなる場合もあります。弱くなるだけでなく、強くなる場合もありますから、必ずしも3軸試験で出たデータが唯一ではないことは、いつも頭に入れておかなければいけないと思っています。

東日本大震災のようにかなり大きなものがあって、東京湾岸の浦安などにかなりの影響があった場合はそれくらいやってほしいと言っているのですが、なかなかやってもらえません。大阪では、地盤工学会の関西支部で一度やりました。その結果、少し弱くなる場合もあれば、強くなる場合もあって、必ずしも一緒にならないことが分かりました。つい最近のことなので発表資料には出てきませんが、つい1週間ぐらい前にそういう整理をしました。いろいろなことにかかなりお金をかけているのに、そういう根本問題を少しでもやってほしいという要望はなかなか受け入れられません。東京方面でやっていらっしゃる安田進先生に直接お願いしたら、「待ってください」と言われました。

図表4は、浦安市のPL値の分布です。赤色は危険度が非常に高い部分で、緑色は危険度が低い部分です。普通に液状化に対する抵抗力(R)を求めた場合は、緑色かやや黄色しか出ません。それはおかしい、継続時間の効果というものがあるでしょうということになって、今回は数分も続いて、繰り返し回数で100回ぐらい有効な回数があったので、0.8倍くらいにしようということになりました。しかし、それでもまだよく合わないのので、スロッシングや余震の効果も考えて、これも0.8倍にしました。これらを加味して算出した抵抗力をベースに、首都直下地震や東京北部を震源とする地震による液状化の評価が行われます。例えば千葉県で、そういう形での評価が行われています。

東日本大震災では、地震継続時間が数分にわたる長いものでした。阪神・淡路大震災で



はメーンが22秒ぐらいで終わりましたから、ここはきちんと考慮することになりました。また、細粒分の影響もかなり大きくて、強めに強度を判断するのですが、そうでもないという問題があります。それから、先ほどの地震モードの問題も少し考え直そうということになっています。この中の幾つかは考慮するようになると思われませんが、全てではありません。従って、全てが分かっているわけではないので、強度を求める精度を上げるためには、基礎的な調査が要ると思います。

従来、液状化に対する抵抗値は、1を少しでも超えたら、PL値（液状化ポテンシャル）では、完全液状化しなければ全く評価しないことになっています。ところが、建物の変形などを評価するときには、ひずみも考えなければいけません。しかし、ひずみは完全に液状化しなくても起こります。ですから、不完全液状化を考慮する必要性が阪神・淡路大震災のころから随分いわれていたのですが、いつの間にか消えてしまいました。これを考慮する方法については、後で少し説明します。

年代効果も関係します。江戸時代から明治時代ごろまでの埋立地盤は結構強いのですが、それ以後、特に戦後の埋立地盤は非常に弱いといわれています。

## 2. 新しい液状化を指標する指標

簡易液状化判定法のことばかり言いましたが、後でコンビナートの話が出てきます。その解析には液状化解析シミュレーションで、2次元や3次元で変形をきちんと評価します。そのためにはモデルを使って計算するわけですが、そのときのモデルの構成式や条件で問題が出てくるので、簡易液状化判定法だけの問題ではないという根本的な問題があります。

昨年も少し申し上げましたが、PL値は一次近似的に液状化発生の危険度を示すにはいいのですが、もう少し細かく評価するためには、全層を評価する必要があります。少し不完全な液状化であっても、評価できるような指標が欲しいということで、新しい液状化を評価する指標を考えています。

そこで使うのは、有効応力減少比（ESDR）です（図表5）。土の間に働いている応力がゼロになると完全な液状化で、粒々が水の中に浮いているような状態になります。初期値は

### 有効応力減少比（ESDR）

有効応力減少比（Effective Stress Decreasing Ratio）  
は以下の式で表される  
平均有効応力の減少の程度

$$ESDR=1-\sigma'_m/\sigma'_{m0}$$

初期は0，完全液状化時1.0

間隙水圧比（ $u/\sigma'_{v0}$ ）は2次元以上では1.0を超える場合がある。（一次元ではESDRと同じになる）

1-1=0 ですが、完全に液状化すると 1.0 になります。そして、液状化危険度指数 (LRI) は、完全に液状化したときは 10 になります (図表6)。先ほどと変わらないのですが、ここにその指標を入れて、危険度を入れて重みを付けて 20m まで足し算すると、完全に液状化した場合は 10 ですが、全くしなければ 0 になります。危険度を深さ方向に考慮するということで、液状化危険度指数 (Liquefaction Risk Index : LRI) と呼んでいます。簡易な評価は今のものでも十分だと思いますが、もう少し細かく評価するときにはこれを使いましょうということです。

淀川の左岸、河口に近いところにある酉島の堤防は、阪神・淡路大震災で随分壊れて有名になりました (図表7)。そこに今回のものを適用すると、LRI は 6.589 という値になります。酉島から 2km ほど離れた高見で取った地震動を使った解析では、LRI が 5.426 という

**液状化シミュレーションによる液状化危険度指数 (LRI)**

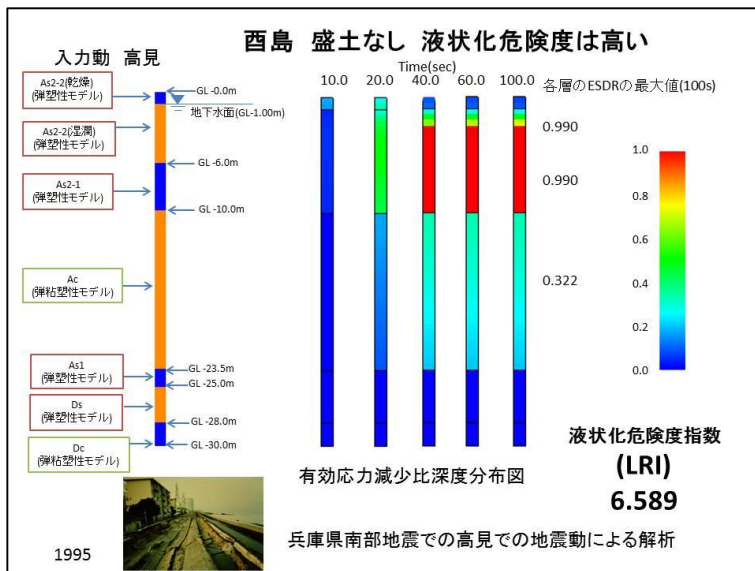
有効応力の減少する率 ESDR から以下のように液状化危険度指数 (Liquefaction Risk Index, LRI) を求める。 ESDR の深さ方向に重みをつけて加えあわせたもの

$$LRI = \int_0^{20} ESDR \cdot \left(1 - \frac{1}{20}z\right) dz$$

(20m までのすべての深さの有効応力変化を考える)  
0.0 ≤ LRI ≤ 10.0

**z は地表からの深さである。 LRI は地表から深さ 20m までの有効応力減少比を元に計算しており、 20m すべての層が完全に液状化した場合、 LRI は 10 になる。**  
(由井他、動的解析を用いた南海トラフ想定巨大地震に対する大阪市域の液状化予測、第 48 回地盤工学研究発表会, No.922, pp.1843-1844, 2013.)

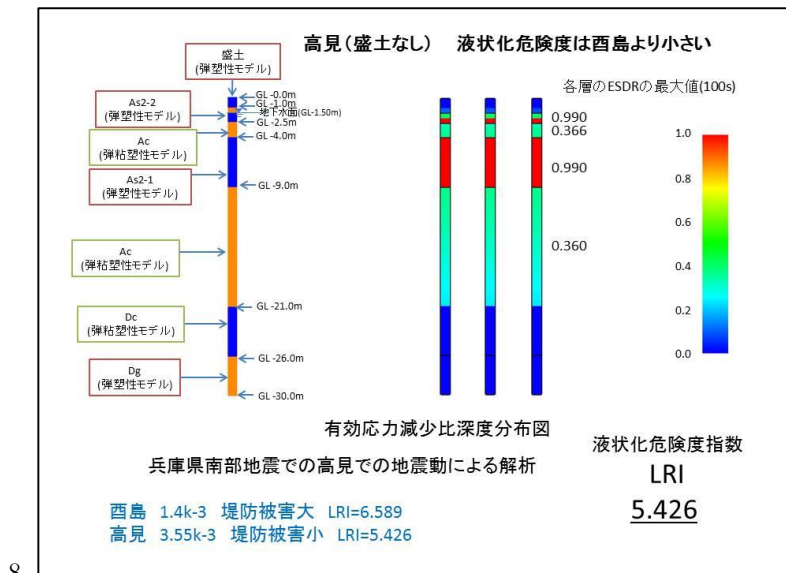
6



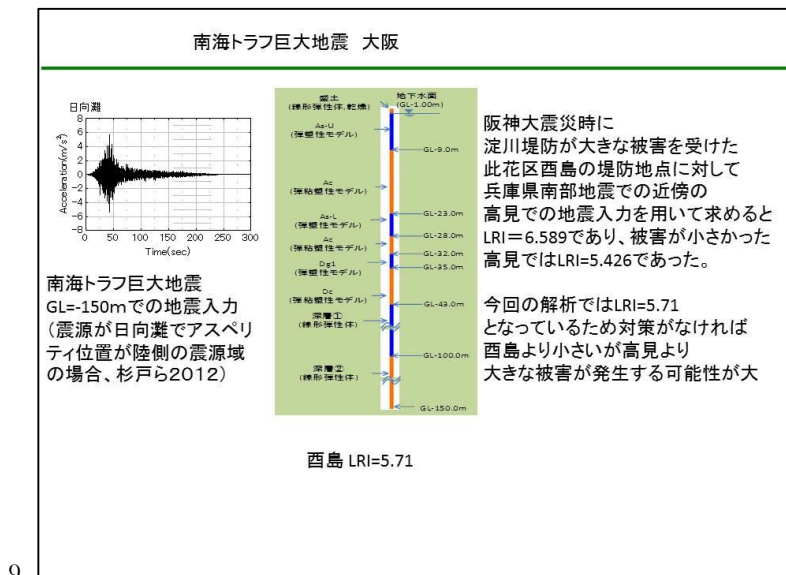
7

少し小さい値になります（図表8）。基本的に高見での堤防の被害は、沈下はあったのですがそれほど大きな滑りなどは起こっておらず、よく似ています。地層構成も若干違いますが、連続的な値で危険度指数が出るので、こういうものも使ったらどうかと思っています。

震源が日向灘の南海トラフ巨大地震を使って評価すると、西島の LRI は 5.71 になります（図表9）。ちょうど先ほどの 5.4 と 6.5 の間ですが、やはり高見以上の被害が発生する可能性は大きいと思われます。



8

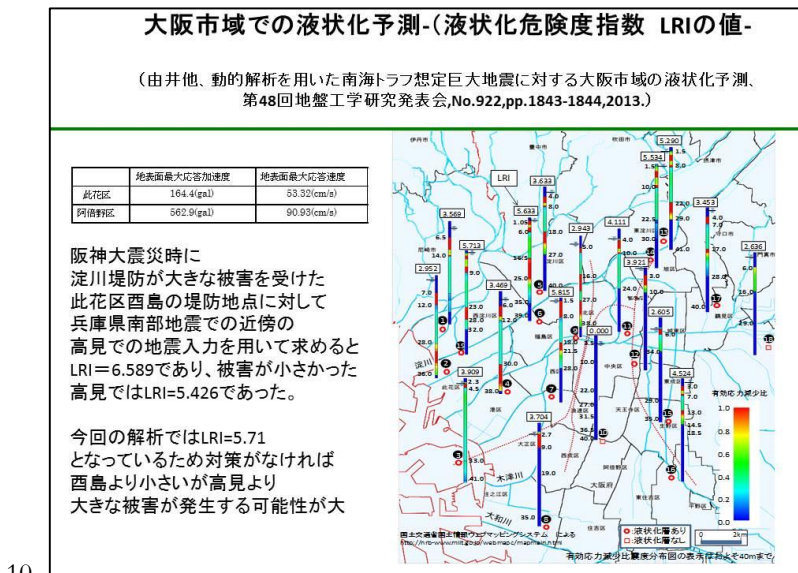


9

そういうものを使って、今、大阪市域を中心に液状化予測をしています(図表10)。これを地盤工学会の研究発表会などで、来年に向けて先ほどの試験結果などのいろいろなデータを使ってもう少し広げてやっていこうとしています。西島と高見は2kmしか離れていないのに被害想定が違うのは、高見は江戸時代から明治ぐらいに既にできていて、そこから先は新しい埋め立て地だからです。従って、地盤構成、埋立年代、履歴が結果に非常に効いていることが分かりました。

### 3. コンビナート地区での被害と液状化

液状化については、簡易法やシミュレーションなど、いろいろなやり方があります。ここで、コンビナートでの問題をレビューしてみたいと思います。東日本大震災では、屋外の石油タンクやガスタンクの損傷、護岸被害、防油堤や防液堤の基礎沈下、配管の破損などが起こりました(図表11)。先ほど細川さんがおっしゃっていたような、コンビナートの被害推定ができればいいと思うのですが、有名なのは市原市で爆発した千葉石油コンビナ



10



11


ートです（図表12）。これは鎮火に 10 日もかかっています。一つが爆発すると周囲でも火災爆発が発生するので影響が大きく、大規模な二次災害につながります。

コンビナート地区は、基本的に臨海地区の埋め立て地に多いわけですが。コンビナートという言葉自体はロシア語ですが、材料貯蔵、生産、燃料貯蔵などを一体に行うような工業地域を指します。通常は、臨海地域を埋立てて岸壁と護岸を造り、そこから燃料なり材料を入れます（図表13）。基本的に液状化が起りやすいのは、タンクの下、護岸の周り、工場の下です。それから、防波堤や防油堤、防液堤などの下も液状化対策が必要です。もちろん、耐震対策と津波対策も同時に必要です。

石油等のコンビナートの危険物は屋外タンクと高压ガスタンク（LNG、LPG）で、これは法律的には分かれています。そこで考慮すべきは、地震の慣性力、液状化による変位と地盤の軟弱化、長周期地震動などです。先ほど細川さんがおっしゃっていましたが、長周期地震動によってスロッシング現象が生じて漏れるパターンがあるので、長周期地震動は重要です。長周期地震動の増幅が非常に危ないのです。十勝沖地震のときも、苫小牧市は

**東日本大震災での千葉石油コンビナートの被害**

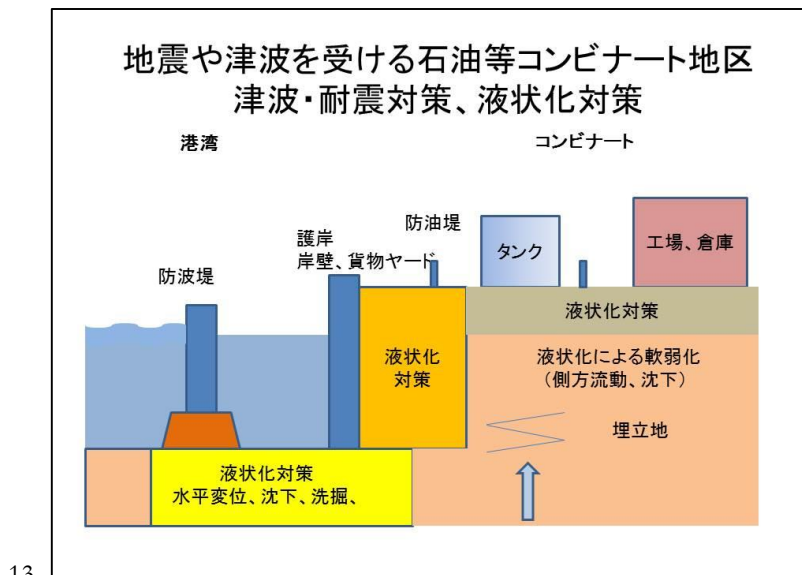
- 液化石油ガスタンクが倒壊し、周辺設備が損傷し、漏洩したガスに着火し火災爆発が発生した。
- 14時46分の地震(震度5弱)で支柱の筋交いが破断し、
- 15時15分(震度4)の地震で支柱が座屈倒壊した。  
検査後の準備のため満水で普段の2倍の重量になっていた。
- 時間経過
- 3月11日
- 14:46 東北地方太平洋沖地震により水が入った貯槽のブレースが破断。
- 15:15 直後の余震により、当該貯槽の支柱が座屈し、倒壊。  
倒壊時に隣接のLPGガス配管を破損し、LPGガスが大量漏洩。
- 15:47 出火。
- 17:04 隣接貯槽が、火災により内圧に耐えられなくなり、爆発。  
(17:50にかけて5回爆発が発生)
- 3月18日 千葉県、高压ガス保安法に基づく施設の使用停止命令。
- 3月21日 火災鎮火。



市原市

千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会前編対策分科会検討結果報告書 H25年10月

12



13

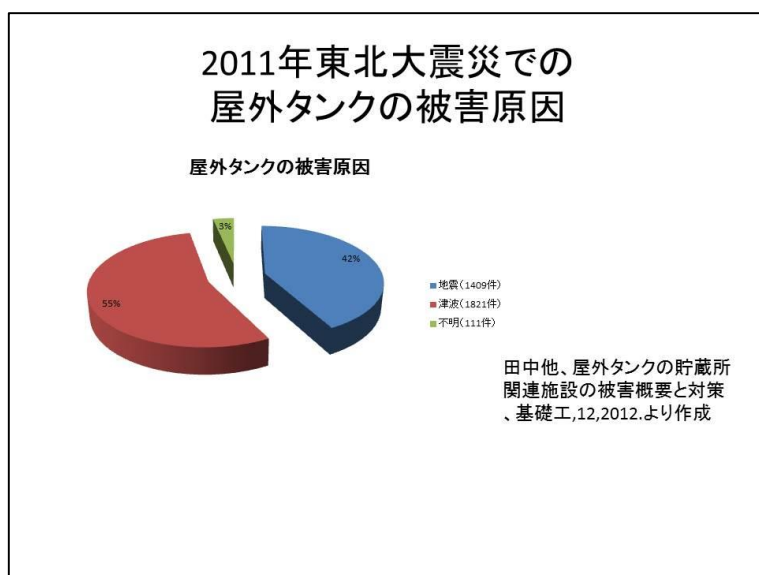


下に非常に厚い軟弱地盤があって、震源地から非常に遠いのにスロッシングが起こって被害が出ました。従って、かなり長い地震動によって、今まで硬いと思われていた砂地盤が、部分的に液状化などが起こったりして、かなり柔らかくなります。それによって、また長周期成分が増幅されることもあるのではないかと思います。今はあまりそういうことはいわれていません。

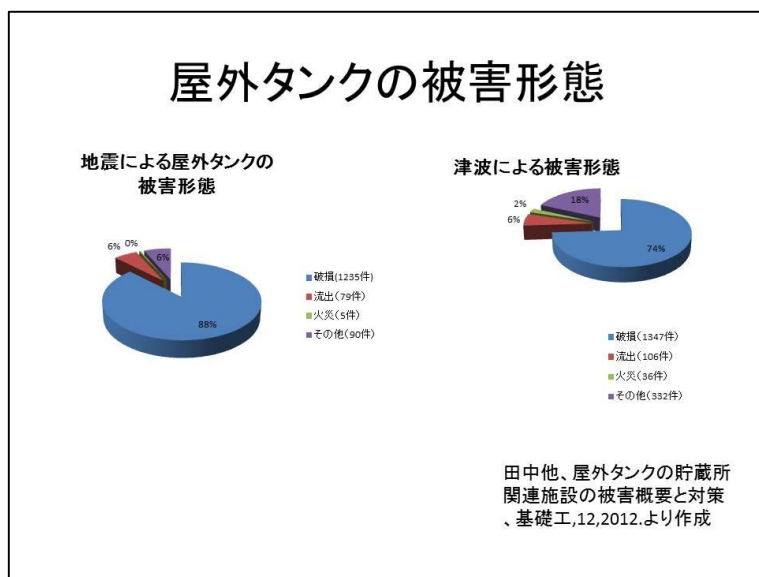
東日本大震災での屋外タンクの被害原因について、田中さんら専門家が出したデータを図にしました(図表14)。地震が47%で津波が55%ですから、津波が結構大きいです。津波でタンクが浮き上がって、流されて漂流するというパターンが結構あったのだと思います。それから、地震による屋外タンクの被害形態は破損と流出と火災がメインで、津波による被害形態は、破損もありますが流出の割合が大きくなっています(図表15)。

高圧ガス施設の被害原因については、総合資源エネルギー調査会のアンケート結果によ

14



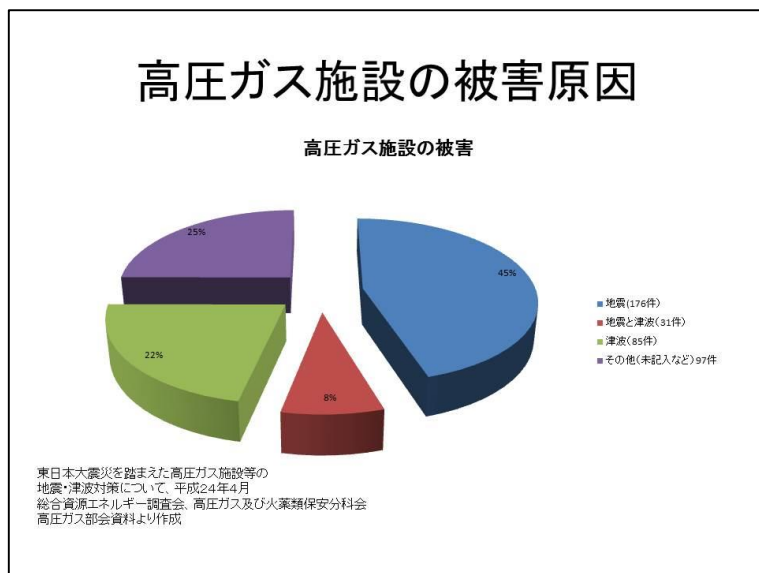
15



れば、地震と津波の被害がほとんどでした（図表16）。一番多いのは高圧ガスの通る部分の損傷や基礎構造物の損傷で、もちろん漏えいも爆発も起こっています（図表17）。

液状化による損傷形態は、基礎の沈下や設備の傾斜、配管の損傷の割合が大きいです（図

16



17

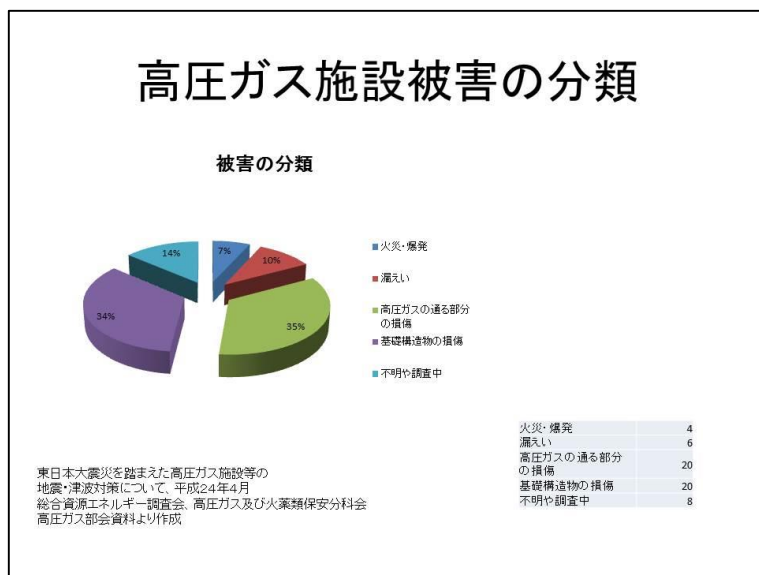


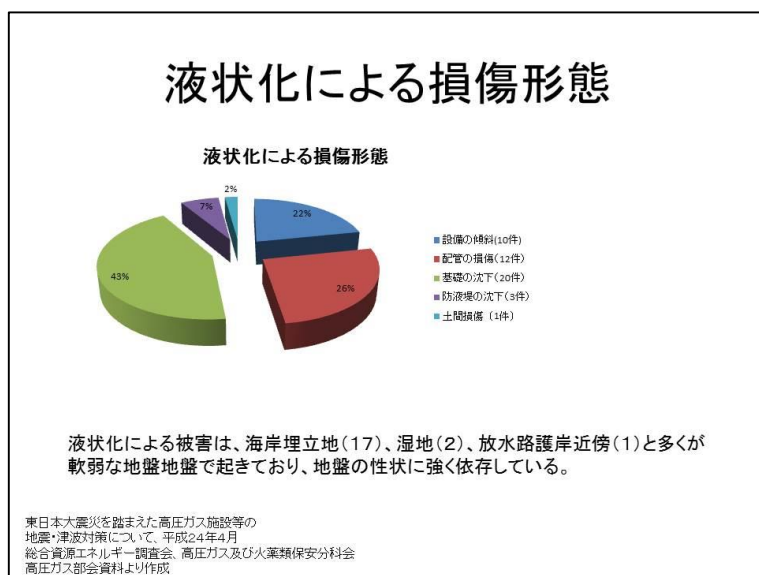
表18)。東日本大震災のとき、鹿島の工業地帯では、メーンの漏えいや爆発はほとんどなかったのですが、配管が結構やられてしまいました。

こういうものを整理すると、埋め立て地や湿地、放水路護岸などの水辺にあるものの被害が大きいことが分かります。液状化による被害は地震動レベル1~2で多く発生しており、地震動ではなく地盤の性状に強く依存しています(図表19)。従って、地盤に気を付けなければいけません。

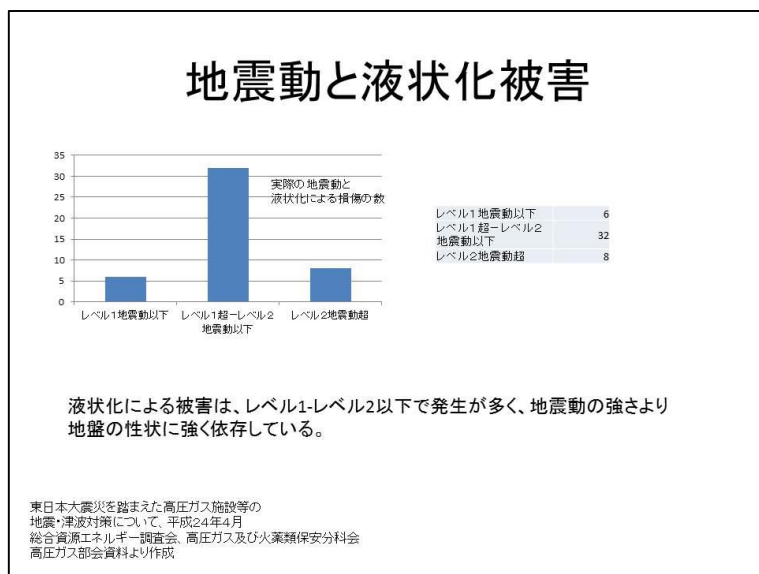
タンク等の被害をまとめると、まず、タンクと地盤の性状に強く依存していると言えます。資源エネルギー調査会が行ったアンケートによれば、市原ではブレース(筋交い)が切れて座屈し、支柱が壊れたという被害もありました。ですから、ここの応力の計算の仕方をきちんと変える、水を満たしてチェックする、なるべく早く水を抜いて満杯にしないといった課題があることが分かりました。また、緊急遮断弁が意外に機能していない場合もありましたから、そういうものが機能するようにする必要があります。

そういったことの原因となる側方流動は、液状化によって起こります。側方流動には、

18

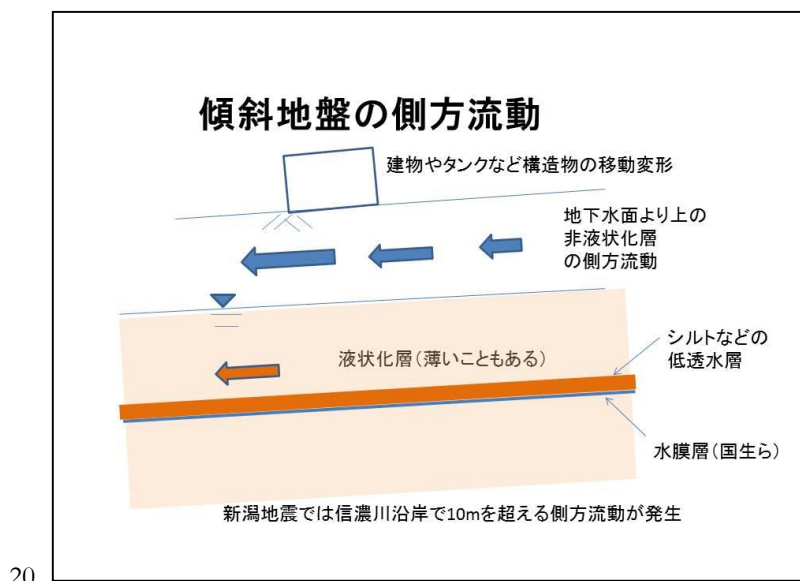


19



緩傾斜の傾斜地盤での大変位で発生するパターンと、地盤の境界を拘束する護岸が壊れることによって起こるパターンがあります。レビューすると、1983年の日本海中部地震のときには、能代市で大きな水平変位が観測されました。早稲田大学の濱田先生などが水平変位は側方流動が原因だということに気づいて、新潟地震のときの信濃川堤防付近での側方流動を写真測量で調査し、いろいろな図面が出ました。このころちょうど写真測量の精度がかなり上がってきて、使えるようになっていました。先ほど河田先生に指摘されたのですが、実は1948年の福井地震ではものすごく大きな側方流動があって、米軍が撮った写真で既にそれが明らかだったということでした。確かにそうなのですが、工学的に取り扱われるようになったのはこのころからです。その後、あまり進んでいなかったのですが、1995年の阪神・淡路大震災のときに、濱田先生がかなり広い領域でこれを調査されました。そして、中央大学の国生先生によって、あまり水を通さない層によって水膜ができて流動化が起きることが明らかになりました。

コンビナートなどの調査では、やはりきちんとした計算をしないと、簡易法ではなかなかうまくいきません。ですから、きちんとした解析をすることが現在の課題です。液状化すると、地盤を含めて水平に流れ出しますが、こういうところにシルトなどの低透水層があると、その下に、水膜ができて滑ります(図表20)。新潟や東京でも、浚渫した地盤にはそういう層があることが指摘されています。

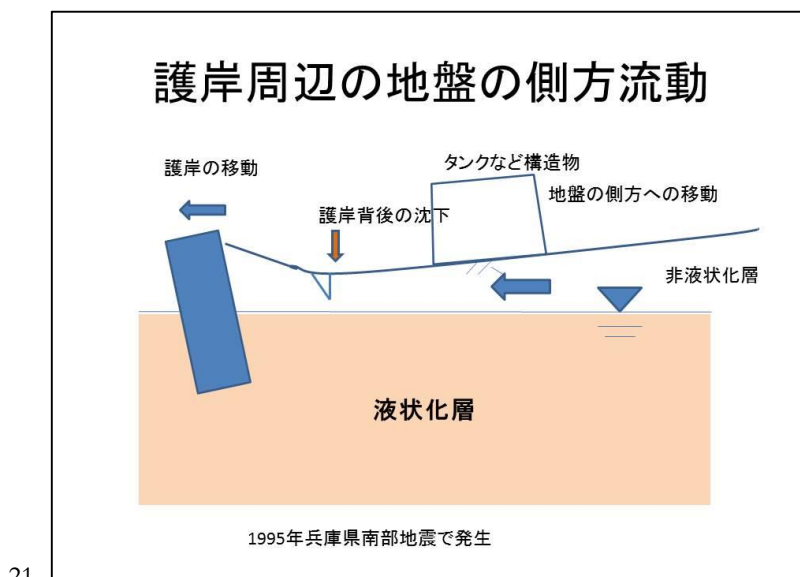


20

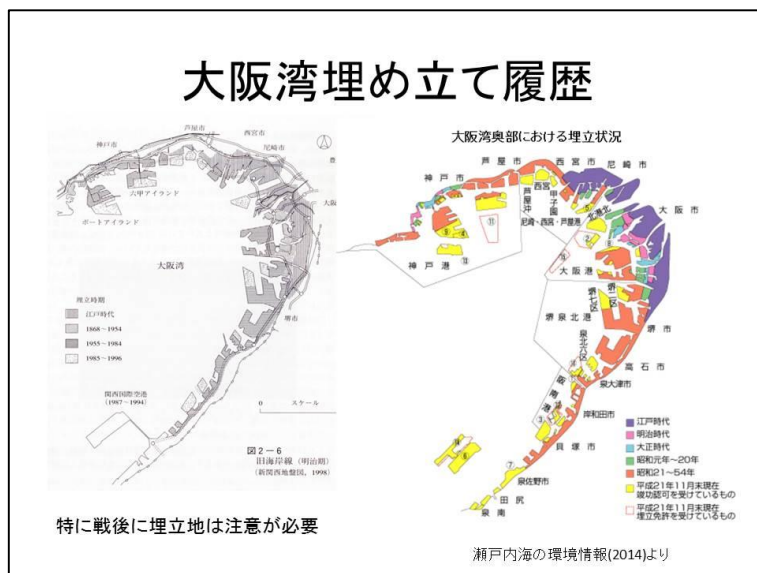
図表21はポートアイランドなどでよく見られたケースですが、護岸がはらみ出してクラックができ、側方流動が起こって液状化します。ただし、意外にこの辺では噴砂はあまりありませんでした。あまり噴砂はないけれども、クラックで地割れがたくさん見られたというパターンです。

そういうものが埋め立て地でたくさん起こったということで、図表22は私どもが一緒に作った図です。その後、埋立地もだいぶ増えました。黄色の部分是最も新しいところで、緑色から外は昭和より前です。新しいところは危ないということですが、先ほど申し上げたように、西島と高見辺りが新しいところと古いところの境目で、地震の影響が如実に表れました。

阪神・淡路大震災では、ポートアイランドなどの水辺付近で噴砂がたくさんありました



21



22

(図表23)。内陸でも、池を埋めたところ、小学校や高等学校の運動場の多くが液状化しました。右側は先ほどの水平変位がどのぐらい起こったかを示す図面ですが、4~5mの変位が人工島や埋め立て地の周りで起こっています。噴砂したところとこういうところは大体一致しています。

ポートアイランドでは、護岸周りだけですが、水平変位は6m弱起こりました(図表24)。南北に揺すられたことが一番大きな原因です。また、それに対する沈下も起こっていますが、きちんとした対策が取られていたので内陸中央部で30cm、六甲アイランドでは10cm程度で済みました。

当時、堀越さんが、護岸からどのぐらいまでが危ないかということ調べました(図

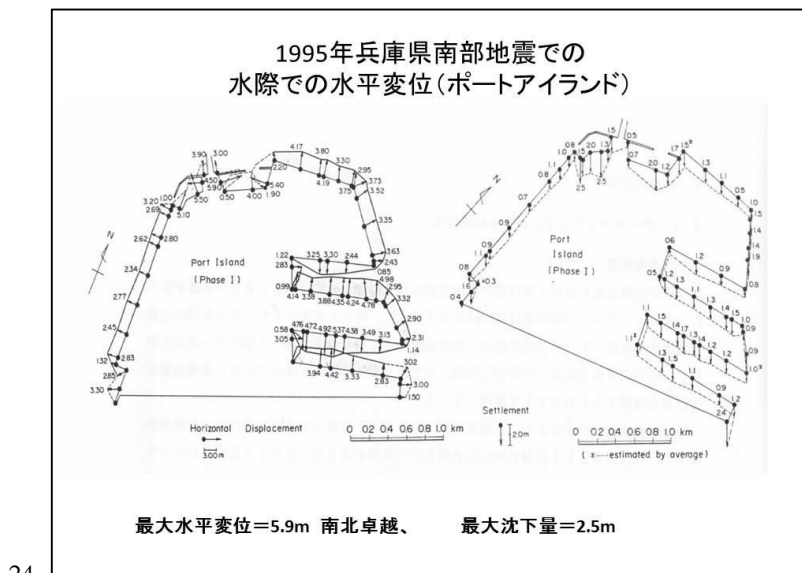
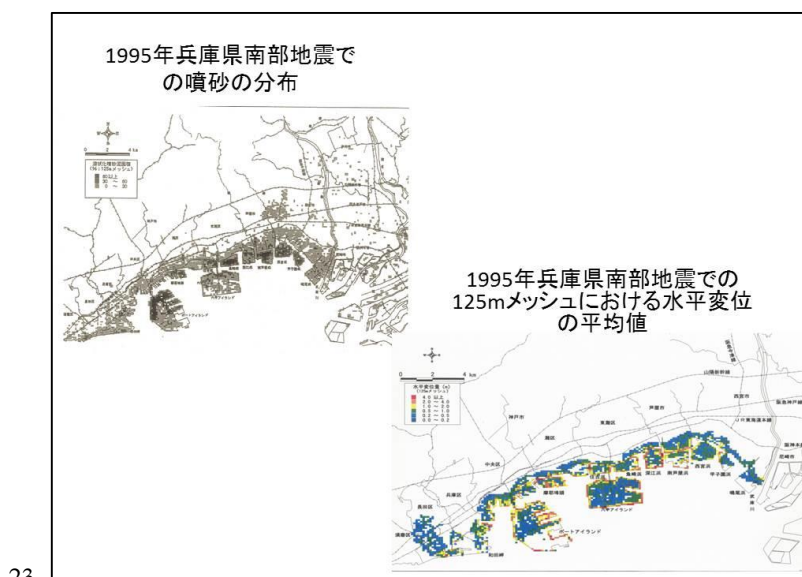
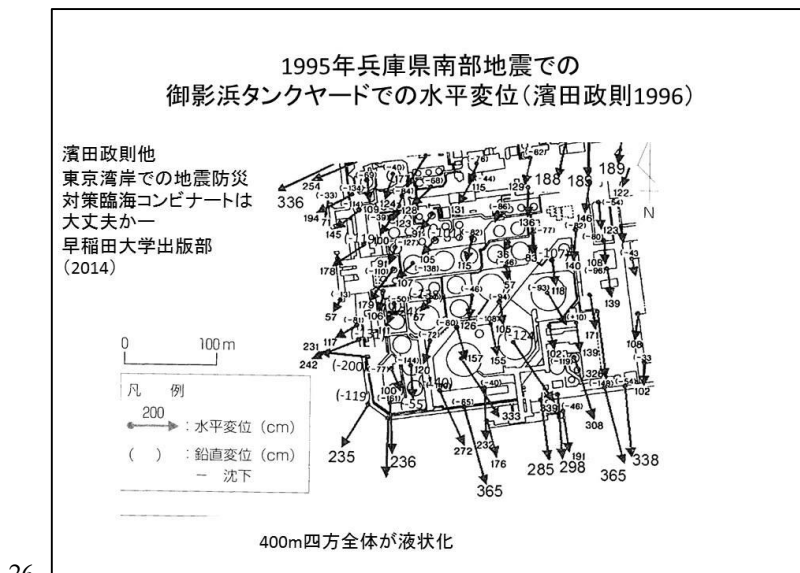
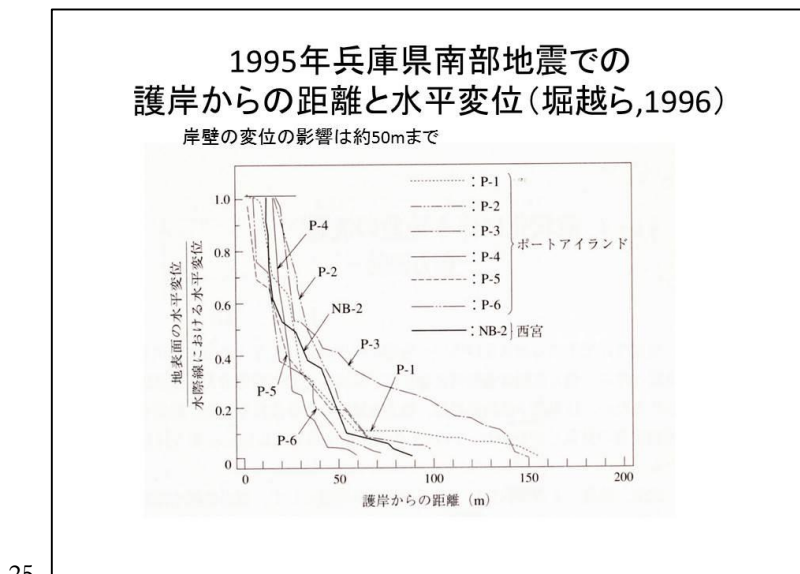


表25)。ポートアイランドの周りを幾つか取って測ったのですが、50~100m までいくと水平変位はぐっと減ります。従って、護岸から 50m までのところには、あまり重要な施設は建設しない方がいいと言えます。

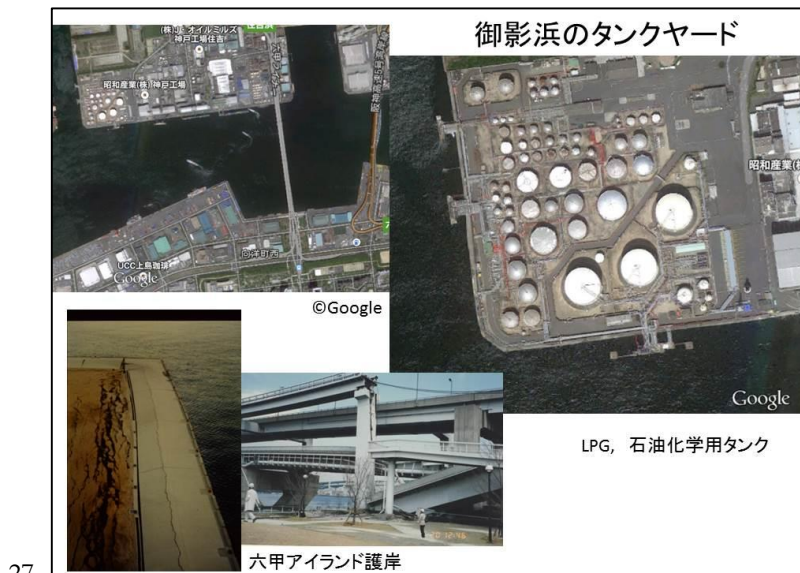
図表26は、濱田先生が 1995 年兵庫県南部地震のときの御影浜タンクヤードでの水平変位を調べたものです。御影浜のタンクヤードが 3m80cm ぐらい動いており、全体でも 1m ぐらいは動いています。ですから、相対的に 2m ぐらい動いていると思いますが、ここにはたまたま LPG のタンクがあって、漏えいは起こりましたが爆発はありませんでした。住民は退避されたと聞いています。現在はどうなっているかという、Google マップで見たと



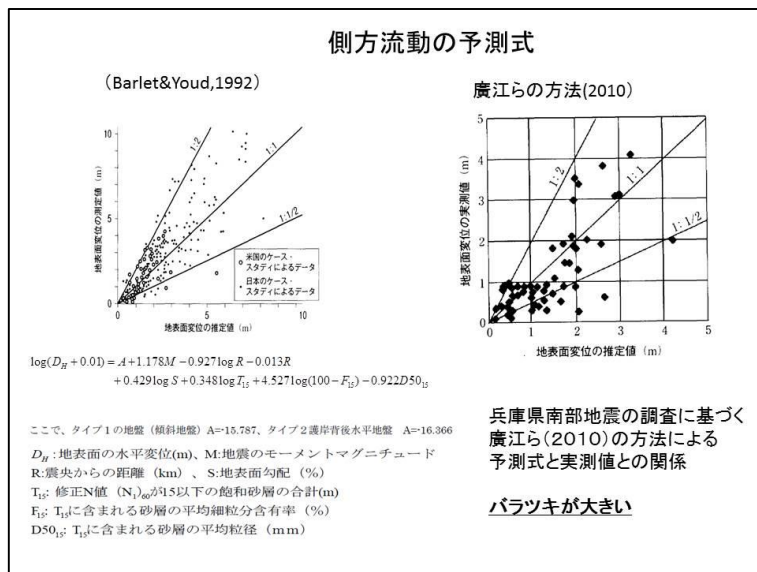
ころ、対策は取られていると思うのですが、同じような感じですが（図表27）。すぐそばに六甲ライナーが通っていますが、落ちたり、水際がはらみ出したりしたところが水平変位が起こったところで、このようなことが実際に起こり得るということです。

側方流動については随分前から研究があって、図表28の左側は、アメリカで行われた調査の結果です。地表の変位の測定値から予測式ができないかということで、マグニチュードや震源など、いろいろなパラメーターを入れて予測式を立てたのですが、±50%ぐらいのばらつきがありました。右側は廣江先生らが2010年に発表されたものです。阪神・淡路大震災も入れても、やはり±50%ぐらいのばらつきがあって、なかなかこれでよしということにはなりません。傾斜や層厚からだけでは、予測がなかなか難しいということです。

きちんとするためには、これは一つの例ですが、護岸近くに何かを建てるのなら、2次元で解析して変位をきちんと予測する必要があります。それから、護岸から50mまでの場所に重要な施設を建てない方がいいと言いましたが、これは水平変位がそこでぐっと減衰するからです。タンクの場合は、配管を含めて離すのが本当は一番いいと思っています。



27



28



全国的には、資源エネルギー庁がコンビナートの評価をしています。しかし、新聞に少し出ただけで、その内容はなかなか出てきません。国交省は特にコンビナート港湾についての調査をしており、評価をもっと簡単にできないかということも含めて取り組んでいます。消防庁は、2年ほど前に石油コンビナートの防災アセスメント指針を出しています。

それから、大阪府などのコンビナートを持っている各自治体は、何らかの対応をしています。石油コンビナート等特別防災区域は全国で85地区が指定されていて、大阪では大阪北港地区、堺泉北臨海地区、関西国際空港地区、岬地区があります。この辺りに1100基ぐらいの貯蔵タンクと90基の高圧ガスタンクがあります。兵庫県はもっと散らばっていて、加古川市や神戸市内にもありますし、赤穂までこういう地域が広がっています。大阪府の危機管理室によると、大阪府石油等コンビナート防災計画の課題には、液状化の影響評価は当然入っているそうです。ただし、申し上げたように、完全に液状化しなくても軟弱化することもあります。ですから、最初に予期した長周期地震動の強度よりも増幅することもあるかもしれませんから、これは今後の研究課題にしたいと思っています。

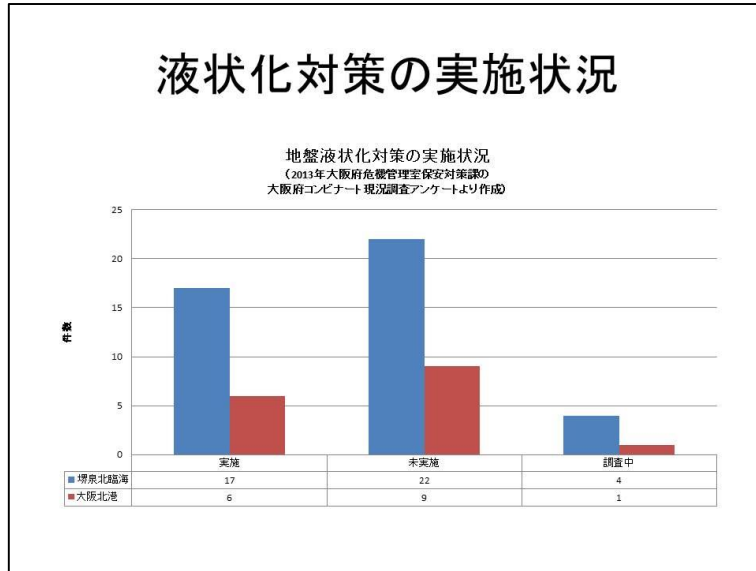
例として、堺泉北港地区は阪神・淡路大震災のときも一部が液状化しました。図表29の㉓大浜埠頭や㉔堺7区で、道路の液状化が起こっています。こういうところは埋め立てられていて、廃棄物なども出されているところがあります。ここにはシャープが進出してきていたり、大阪ガスのガス製造所があったりして、重要な地域です。



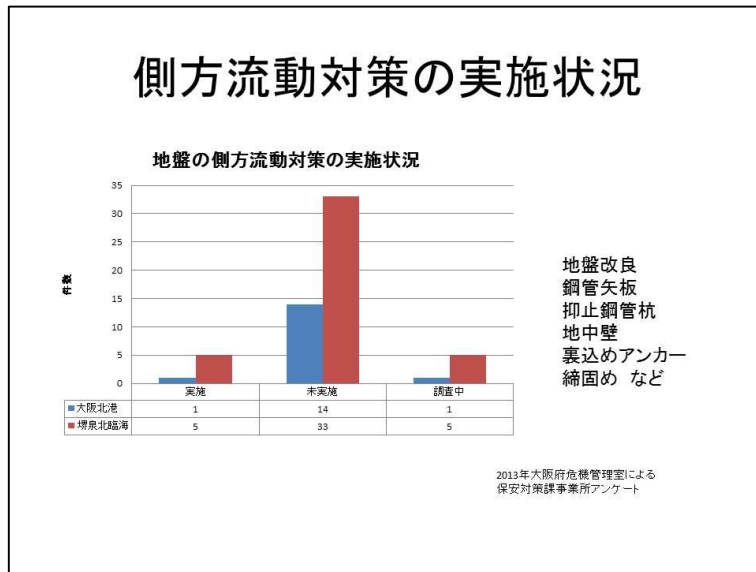
29

地盤液状化対策は 40%ぐらいが実施しています（図表30）。大阪での対策としては、杭や締固めが多いと思います。一方、側方流動対策の実施は、まだ調査があると思うのですが、10%ぐらいです（図表31）。もう少し急がなければいけません。今はもう少し進んでいると思いますが、護岸の裏込土改良や矢板の補強など、いろいろな方法で対策が取られて

30



31



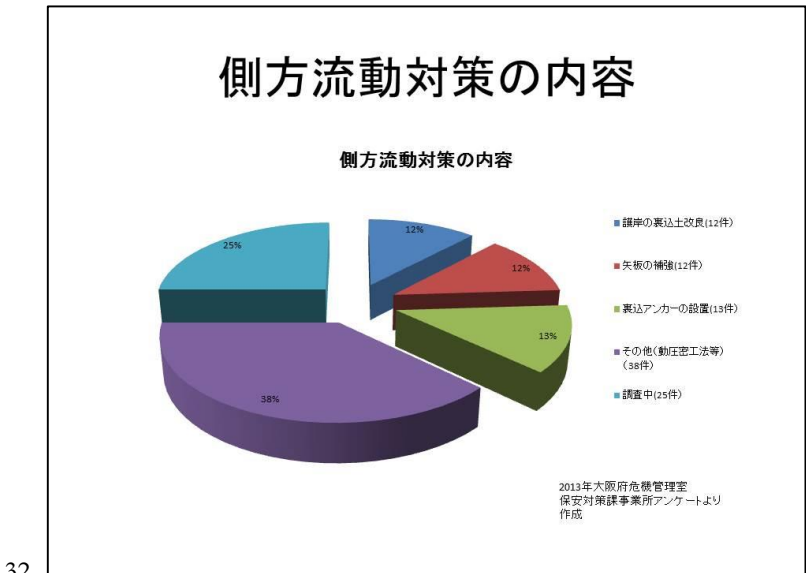
きています（図表32）。

今申し上げたように、液状化対策は 40%ぐらいが済んでいます。側方流動に限れば 10%ぐらいしか済んでいません。軟弱化が同時に起こって、その後の余震や本震の後で来る波に対する手当てを、研究としてはやっていかなければいけないと思っている次第です。

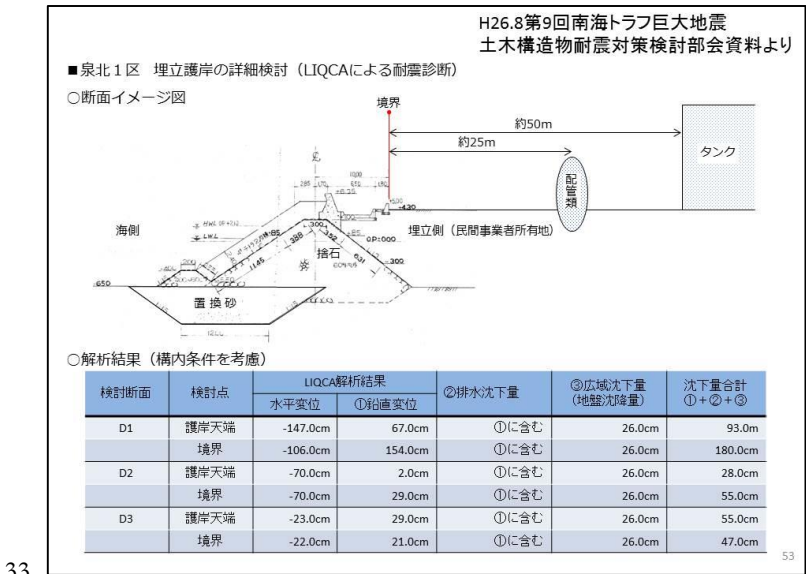
大阪の泉北1区にはかなり昔からガスタンクや石油タンクがあります。タンクは護岸から 50m 離れていても、配管は 20m ぐらいしか離れていません（図表33）。大阪府の土木構造物耐震対策検討部会によれば、ここでは 1m を超える変形が起こります。また、変形には広域の沈下もありますから、それも足して考慮しなければいけません。こういうことを一つ一つ検討して行って、対策をきちんと立てていくことが必要です。

4. 全体のまとめ

液状化の被害の予測、要するに判定法（解析法）には、まだ改善の余地があります。災害の被害の予測に関する高度化では、そういうことをもっと続けていかなければいけません



32



33

ん。継続時間についてはだいぶ合意が取れてきているかと思いますが、先ほどの試験法については、まだそうでもありません。弱くなるばかりではなくて、強くなる場合もあるのです。今、日本でもいろいろやっていますが、やったのは今回が初めてで、来年に学会に発表しますが、そういうことがほとんどされないのです。なぜかという、中空ねじり試験は不覚乱の試料で行うので、非常に複雑で大変だからです。しかし、やはり30~40年も前からやってきたことの大きな仮定が正しいかということは、いつも考える必要があるのではないかと思っています。そういうデータをきちんと取らなければいけません。危険度指数なども、まだ考慮する余地があると思います。

コンビナートについては、今回、メカニズムのレビューと大阪の例をご紹介しました。基本的には要求性能がありますが、コンビナート特有の目標とする性能も考えて対策を取る必要があります。着実に対策されてきているとは思いますが、うまくいっているとばかり思っていると思わぬことが起こってしまうので、もう一度全体を見直してみたいと思っています。