

## 危険物関係用語の解説（第41回）

屋外タンク貯蔵所のうち、容量が500kl以上の準特定及び特定屋外貯蔵タンクに対しては、過去の地震によるタンクの被害を踏まえた耐震基準が法令で規定されています。

地震の規模や揺れの大きさを表す指標としては「マグニチュード」や「震度」といった言葉をよく耳にします。「タンクは震度いくつくらいまで耐えられるのか？」などと質問を受けることもあります。確かに「震度」は地震の揺れの大きさを表しますが、タンクが地震に耐えられるかどうかは、タンクが地震によって受ける「加速度」に影響を受けます。消防法令では、タンクが耐えなければならない地震の加速度に相当する値として「設計震度」を規定していますが、これはマグニチュードや震度といった言葉に比べ馴染みがありません。

今回の用語解説ではこの「設計震度」がどのような意味を持っているのかについて解説した

と思います。

### 1 マグニチュードと震度（図1参照）

「マグニチュード」とは、地震の規模の大きさを表す指標であり、地震によって放出されるエネルギーを対数で表したものとなります。ちなみに、マグニチュードが1大きくなると、地震によって放出されるエネルギーは31.6倍となります。

「震度」とは、ある地点で観測された揺れの大きさを表す指標であり、人が地震をどのように感じるかを表したものとなります（表1参照）。現在、震度の算出は、地震計で計測された加速度や周期等の情報から自動的に行われますが、昔は観測員の体感や建物の被害状況等から決められていました。

なお、平成23年3月に発生した東日本大震災による製造所、貯蔵所及び取扱所等のすべての

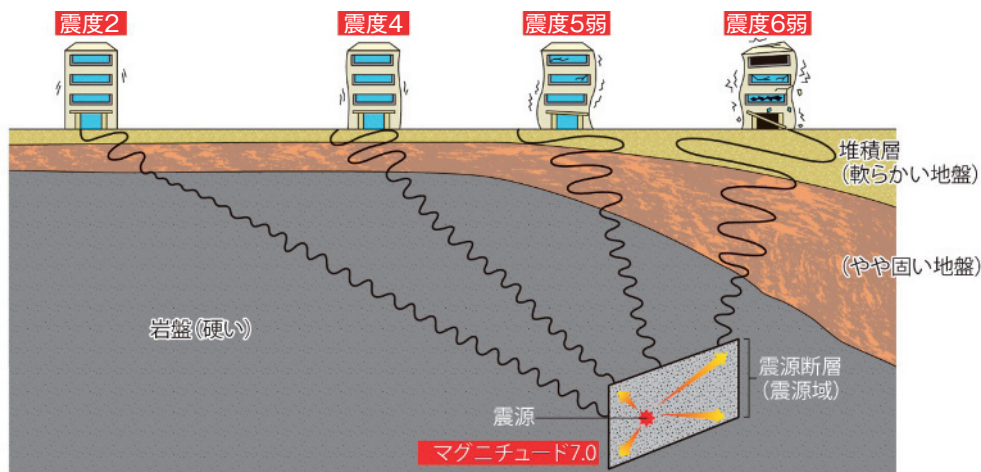


図1 マグニチュードと震度の関係

出典：「防災・減災のための素材集」（地震調査研究推進本部）  
<http://www.static.jishin.go.jp/resource/figure/figure005029.jpg>

危険物施設の被害を調査した結果では、震度6弱以上の地震の揺れによる被災率が平均2.6%と、震度5強以下の地震の揺れによる被災率の平均(0.2%)の13倍となっています(図2参照)。

表1 震度階級の解説表(気象庁作成)

震度階級	人の体感・行動	屋内の状況	屋外の状況
0	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。	-	-
1	屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がいる。	-	-
2	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。眠っている人の中には、目を覚ます人もいる。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。	-
3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩いている人の中には、揺れを感じる人もいる。眠っている人の大半が、目を覚ます。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。
4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんどが、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。	電線が大きく揺れる。自動車を運転していて、揺れに気付く人がいる。
5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまらなると感じる。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の大半が倒れる。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものでは倒れることがある。	まれに窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。道路に被害が生じることがある。
5強	大半の人が、物につかまらなると歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが増える。テレビが台から落ちることがある。固定していない家具が倒れることがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。補強されていないブロック塀が崩れることがある。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。自動車の運転が困難となり、停止する車もある。
6弱	立っていることが困難になる。	固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することがある。
6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされ、動くこともできず、飛ばされることもある。	固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが増える。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物が多く増える。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。
7		固定していない家具のほとんどが移動したり倒れたりし、飛ばされることもある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物がさらに増える。補強されているブロック塀も破損するものがある。

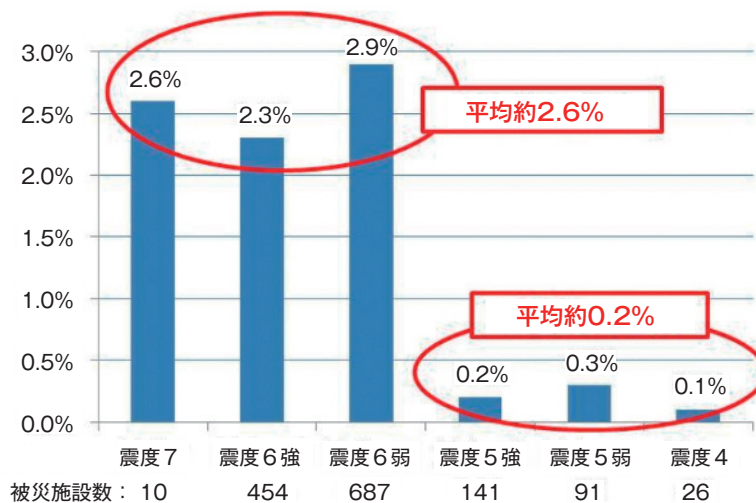


図2 東日本大震災における危険物施設の震度別被災状況

出典：東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書(消防庁)

## 2 タンクに係る地震の影響

地震によって構造物が揺れた場合、その構造物には地震による力が作用することになります。液体の危険物が貯蔵されているタンクは、地震によって次の3つの影響を受けます。

- ・ 水平方向の地震動の影響
- ・ 鉛直方向の地震動の影響
- ・ 貯蔵危険物の液面揺動の影響

消防法令では、タンクの容量に応じて考慮しなければならない地震の影響が定められています(表2参照)。今回は、水平方向の地震動の影響を示す「設計水平震度」について解説します。

## 3 設計水平震度

タンクに係る地震の影響のうち、水平方向地震動の影響について、消防法令では「設計水平震度( $Kh_1$ )」として次のように規定しています。

- ・ 特定タンク及び準特定タンク

$$Kh_1=0.15v_1 v_2 v_3$$

・ その他のタンク

$$Kh_1=0.15v_1 v_2$$

ここで、

$v_1$  : 地域別補正係数

$v_2$  : 地盤別補正係数

$v_3$  : タンクの固有周期を考慮した応答倍率

設計水平震度は、タンクに作用する水平方向の加速度が重力加速度に対してどのくらいの割合であるかを示す値となります。

地域別補正係数(表3参照)とは、タンクの設置場所に応じて定められた係数で、過去の国内の地震の記録に基づき、大規模な地震があったとされる記録が少ない地域については地震の影響を低減しようというものです。なお、近年ではこの地域別補正係数が0.85や0.70となっている地域においても大きな地震が発生していることに留意が必要です。

表2 消防法令で定められている考慮すべき地震の影響

	水平方向地震動	鉛直方向地震動	液面揺動
特定タンク	○	○	○
準特定タンク	○	○	-
その他のタンク	○	-	-

表3 地域別補正係数

地域区分	地域別補正係数
(一)	1.00
(二)又は(三)に掲げる地域以外の地域	
北海道のうち 札幌市 函館市 小樽市 室蘭市 北見市 夕張市 岩見沢市 網走市 苫小牧市 美瑛市 芦別市 江別市 赤平市 三笠市 千歳市 滝川市 砂川市 歌志内市 深川市 富良野市 登別市 恵庭市 伊達市 北広島市 石狩市 北斗市 石狩郡 松前郡 上磯郡 亀田郡 茅部郡 二世郡 山越郡 檜山郡 爾志郡 久遠郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 磯谷郡 虻田郡 岩内郡 古宇郡 積丹郡 古平郡 余市郡 空知郡 夕張郡 樺戸郡 雨竜郡 上川郡 (東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町に限る。) 勇払郡 網走郡 斜里郡 常呂郡 有珠郡 白老郡 青森県のうち 青森市 弘前市 黒石市 五所川原市 むつ市 つがる市 平川市 東津軽郡 西津軽郡 中津軽郡 南津軽郡 北津軽郡 下北郡 秋田県 山形県 福島県のうち 会津若松市 郡山市 白河市 須賀川市 喜多方市 岩瀬郡 南会津郡 耶麻郡 河沼郡 大沼郡 西白河郡 新潟県	

(二)	富山県のうち 魚津市 滑川市 黒部市 下新川郡 石川県のうち 輪島市 珠洲市 鳳至郡 鳥取県のうち 米子市 倉吉市 境港市 東伯郡 西伯郡 日野郡 島根県 岡山県 広島県 徳島県のうち 美馬市 三好市 美馬郡 三好郡 香川県のうち 高松市 (旧木田郡庵治町及び牟礼町の区域を除く。) 丸亀市 坂出市 善通寺市 観音寺市 三豊市 小豆郡 香川郡 綾歌郡 仲多度郡 愛媛県 高知県 熊本県 ((三)に掲げる市及び郡を除く。) 大分県 ((三)に掲げる市及び郡を除く。) 宮崎県	0.85
(三)	北海道のうち 旭川市 留萌市 稚内市 紋別市 士別市 名寄市 上川郡 (鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町及び下川町に限る。) 中川郡 (美深町、音威子府村及び中川町に限る。) 増毛郡 留萌郡 苫前郡 天塩郡 宗谷郡 枝幸郡 礼文郡 利尻郡 紋別郡 山口県 福岡県 佐賀県 長崎県 熊本県のうち 八代市 (旧八代郡坂本村、千丁町、鏡町、東陽村及び泉村の区域を除く。) 荒尾市 水俣市 玉名市 山鹿市 宇土市 上天草市 宇城市 (旧下益城郡松橋町、小川町及び豊野町の区域を除く。) 天草市 玉名郡 鹿本郡 葦北郡 天草郡 大分県のうち 中津市 日田市 (旧日田郡前津江村、中津江村、上津江村、大山町及び天瀬町の区域を除く。) 豊後高田市 杵築市 宇佐市 国東市 東国東郡 速見郡 鹿児島県 (奄美市及び大島郡を除く。) 沖縄県	0.70
備考 この表に掲げる区域は、平成十八年四月一日における行政区画によつて表示されたものとする。		

表4 地盤別補正係数

地盤の区分	地盤別補正係数
第三紀以前の地盤 (以下この表において「岩盤」という。)又は岩盤までの洪積層の厚さが十メートル未満の地盤 (以下「一種地盤」という。)	1.50
岩盤までの洪積層の厚さが十メートル以上の地盤又は岩盤までの沖積層の厚さが十メートル未満の地盤 (以下「二種地盤」という。)	1.67
岩盤までの沖積層の厚さが十メートル以上二十五メートル未満であつて、かつ、耐震設計上支持力を無視する必要があると認められる土層の厚さが五メートル未満の地盤 (以下「三種地盤」という。)	1.83
その他の地盤 (以下「四種地盤」という。)	2.00

地盤別補正係数(表4参照)とは、地震が発生した地点から地表面まで揺れが伝わる場合において揺れの大きさが増幅される割合を数値化

した係数です。固い地盤に比べて軟らかい地盤の方が増幅の割合が大きくなります。

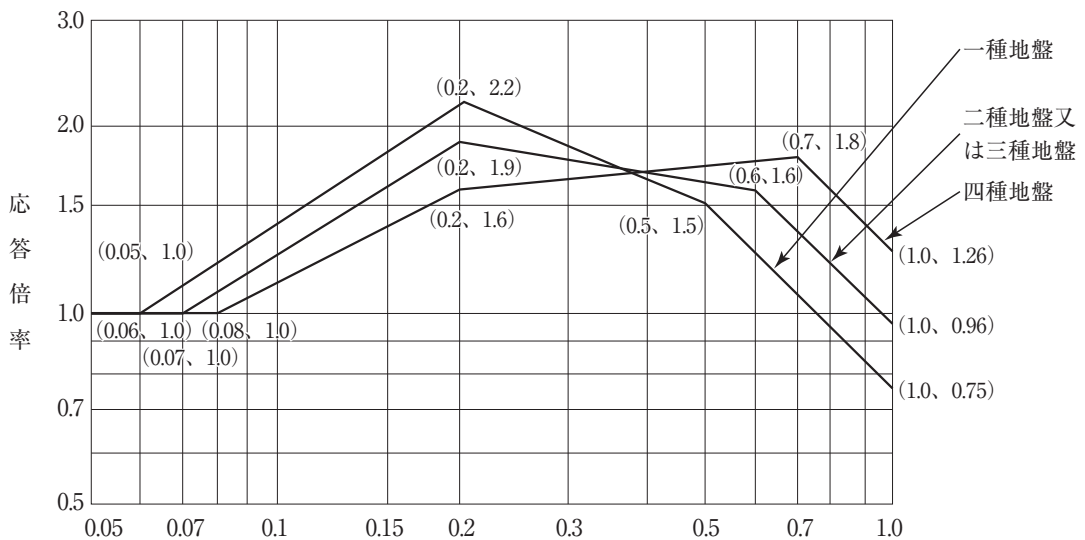


図3 タンクの固有周期を考慮した応答倍率

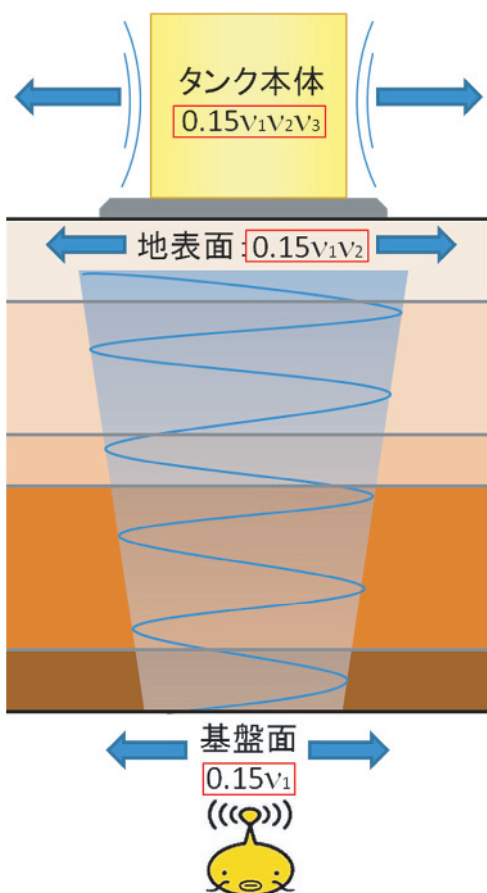


図4 特定及び準特定タンクに係る設計水平震度のイメージ

タンクの固有周期を考慮した応答倍率（図3参照）とは、タンクが設置されている地表面の揺れを受け、タンクが共振することにより、地震の揺れを増幅する割合を数値化したものとなり、タンクが設置されている地盤の種類ごとに設定されています。

つまり、設計水平震度は、重力加速度の15%に相当する水平方向の加速度に、上述した3つの係数及び倍率を掛け合わせた値で表されることとなります。これをイメージ化すると図4のようになります。

一般的に、重力加速度の大きさは $9.80665 \text{ m/s}^2$ （ $\approx 981 \text{ gal}$ ）であり、設計水平震度は最大で0.54となることから、消防法令で規定されているタンクに作用する最大の水平方向加速度は $0.54 \times 981 = 530 \text{ gal}$ ということになります。

なお、鉛直方向地震動の影響を表す指標である設計鉛直震度は、設計水平震度の1/2と消防法令で定められています。