

火気危険物分布から見た地震火災危険度の評価

豊橋技術科学大学

○堀田 浩

同 上 正 員 新納 格

同 上 正 員 紺野 昭

同 上 正 員 栗林 栄一

1. はじめに

火気危険物には石油、ガス、薬品など様々な物があり、これらは発火、引火の要因を保有し常に爆発や火災の危険性をはらんでいる。またこれらを貯蔵する施設は、都市の工業地帯などに集中しており地震によって集積災害となる可能性を秘めている。新潟地震による石油タンクの火災においては、地震動の比較的長い周期とタンク内の液体の動揺（スロッシング）の周期との共振が問題となった。

そこで本研究では、京浜工業地帯を担う横浜市を例にとりて地震時における地上危険物屋外貯蔵タンクのスロッシングに対する安全性を検討し、地震火災危険度への第一歩としてタンクの破壊確率を算定することにより危険度評価を試みた。

2. 地盤の分類

500m×500mのメッシュを用い、横浜市の地盤を卓越周期から道路橋示方書¹⁾による地盤種別（表-1）にしたがって4種類に分類した。そしてその地盤種別毎において、卓越周期と応答倍率からクラスター分析により更に4種類に分類した。また、得られる16種類の各地盤に対して卓越周期と応答倍率のそれぞれについて平均値と標準偏差を求め、その地盤の特性を表すものとした。（表-2）

表-1 耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 $T_0(s)$
1 種	$T_0 < 0.2$
2 種	$0.2 \leq T_0 < 0.4$
3 種	$0.4 \leq T_0 < 0.6$
4 種	$0.6 \leq T_0$

3. 地震規模の想定

地震規模は、建設省土木研究所の3種類に分類した地盤種別毎に与えられている最大変位回帰式²⁾を用い、マグニチュード 7.9（関東大地震）、震央距離 0 km、いわゆる内陸直下型地震を想定した。また、この3種類の地盤種別には以下の対応¹⁾が得られ、先の地盤種別に対応させた。

- a) 岩盤 ——— 1種地盤
- b) 洪積地盤 — 2種地盤
- 沖積地盤 — 3種地盤
- c) 軟弱地盤 — 4種地盤

表-2 地盤の分類とその特性

地盤の分類	メッシュの数	応答倍率		卓越周期 (SEC)		
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
1種地盤 A	8	6.531	0.7119	0.134	0.0318	
	B	83	9.582	0.8174	0.147	0.0278
	C	38	12.041	0.6927	0.151	0.0301
	D	31	14.114	0.3417	0.152	0.0252
	合計	158				
2種地盤 A	6	6.510	0.5584	0.295	0.0625	
	B	180	9.718	0.7973	0.289	0.0582
	C	16	12.185	0.2463	0.264	0.0590
	D	90	13.835	0.8045	0.295	0.0844
	合計	292				
3種地盤 A	10	7.701	0.4430	0.473	0.0609	
	B	82	9.726	0.5766	0.475	0.0505
	C	24	12.369	0.5036	0.473	0.0493
	D	42	13.907	0.3761	0.472	0.0812
	合計	158				
4種地盤 A	7	8.549	0.3307	0.744	0.1668	
	B	32	9.826	0.4635	0.801	0.1242
	C	16	11.813	0.2590	0.828	0.1996
	D	79	13.439	0.4491	0.910	0.2378
	合計	134				

これにより得られる値（表-3）を変位波領域の地震動として考慮する。

4. 地震時のスロッシングに対する危険度評価

a) 仮定条件

- 1) タンクは円筒形固定屋根式、容量 500klとし、その1形式のタンクが16種類の各地盤上に存在する。
- 2) タンク内液面高さは側板上端から30cm下にある。
- 3) 地震動の変位波領域の卓越周期とタンク内液体の自由表面の固有周期が共振する。
- 4) 基礎は地震動に対して安全である。

b) タンクの安全性の検討

- 1) タンクの転倒
- 2) タンク側板の座屈
- 3) タンク屋根の剝離
- 4) タンク底板の変形

以上の4項目について安全率を求めた。(表-3)

c) タンクの破壊確率

表-3 タンクの安全性の検討

各々の安全率が1を割った時を破壊と定義し、また安全率は地盤の応答倍率と床スペクトルのバラツキ(=0.1)を考慮し正規分布にしたがうと仮定してそれぞれ破壊確率を求めた。

地盤の分類	最大水平変位 (cm)	安全率				タンクの破壊確率	
		転倒	側板	屋根	底板		
1種地盤	A	9.9	12.51	7.32	7.21×10^{-2}	4.78	0.901
	B						0.871
	C						0.908
	D						0.995
2種地盤	A	22.1	5.60	3.28	1.45×10^{-2}	4.22	0.959
	B						0.891
	C						0.999
	D						0.948
3種地盤	A	22.1	5.60	3.28	1.45×10^{-2}	4.22	0.985
	B						0.854
	C						0.973
	D						0.994
4種地盤	A	37.9	3.27	1.91	4.92×10^{-3}	3.68	0.998
	B						0.883
	C						0.999
	D						0.985

タンク全体としての破壊確率、すなわちタンクの破壊確率は、PNET法³⁾により得られた4項目のスロッシングによる破壊確率を代表破壊モードの破壊確率と仮定して求めた。(表-3)

5. まとめ

円筒形固定屋根式タンクは地震時において、スロッシングに対する屋根の安全率が著しく低い値を示し、それによりタンクの破壊確率は高い値を示した。つまり、円筒形固定屋根式タンクはスロッシング時に屋根によって破壊する可能性が高いと考えられる。これは、この形式のタンクの屋根の外周は側板上端に隅肉溶接で気密に取り付けられているが、爆発または内圧が高くなった時には、側板保護のため屋根の外周は側板上端から剝離できるようになっているからであり、確率・統計論的にもこれが数値となって表れる結果となった。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，1980。
- 2) 川島一彦他：最大地震動及び地震応答スペクトルの推定法－（その3）最大加速度，速度，変位及び加速度応答スペクトルの距離減衰式の開発－，土木研究所資料，No.1864，1982。
- 3) 星谷勝他：構造物の信頼性設計法，鹿島出版会，1986。