

I-540

大型相似模型傾斜実験による平底円筒タンクの地震時挙動の研究

川崎重工業○正員 坂井 藤一 川崎重工業 磯江 暁
川崎重工業 正員 面谷 幸男 川崎重工業 平川 長

1 まえがき

著者等は大型平底円筒タンクの耐震安全性を検討するため、25,000kl~80,000kl実機に相当するような、内径9.6m、高さ8mのアルミニウム合金製完全相似模型を作製し、傾斜実験によってアンカー・ストラップの影響を含む浮上り挙動の調査を実施した。実験の概要については、前回報告したが(文献1))、ここでは現在得られつつある実験結果の一部、特に底板初期たわみの及ぼす影響について詳しく報告する。

2 実験ケース

実験は表1に示すように、合計34ケース実施した。その内アンカー有りのケースが23、アンカー無しの場合が11である。実験ケースを支配するパラメータとしては、次のようなものを考え、各ケースの結果を比較して、それぞれの影響がどのように現れるものであるかを調査することにした。

- 1) アンカーの有無(有の場合にはアンカーの剛性(太or細、本数)およびプレストレス力)
- 2) ドーム屋根の開閉(閉の場合はドーム屋根、開の場合は浮屋根に相当)
- 3) 基礎の剛性(合板の場合は剛なコンクリート基礎、ゴムの場合は柔な碟リング基礎に相当)

表1 実験ケース

実験ケース			アンカー				初期張力		屋根		基礎		水深		
実験 番号	実験 ケース	月／日 1985	F	Free		P	無し		C	Closed		1		合板	
				S	Soft		1 or .75 ton	O		Open	2			ゴム	
					R										Rigid (M16)
1	R p p C 1 1	1／10		○	M 1 6		○	2 ton	●	closed	●	合板	4.6m		
2	R C 1 1	1／11		○	"				●	"	●	"	"		
3	R p C 1	1／12		○	"	●		1 ton	●	"	●	"	"		
4	R p p C 1 2	1／14		○	"		○	2 ton	●	"	●	"	"		
5	S p p C 1 1	1／16		○	M 1 2		○	1.5ton	●	"	●	"	"		
6	S p C 1	1／17		○	"	●		.75ton	●	"	●	"	"		
7	S C 1	1／18		○	"				●	"	●	"	"		
8	F C 2	1／20	○		free				●	"		○ ゴム	"		
9	F C 2 D	1／20	○		free				●	"		○ "	5.5m		
10	F O 2	1／30	○		free					○ open		○ "	4.6m		
11	F O 2 D	1／31	○		free					○ "		○ "	5.5m		
12	R p p O 1	2／6		○	M 1 6		○	2 ton	○	"	●	合板	4.6m		
13	S p p O 1	2／8		○	M 1 2		○	1.5ton	○	"	●	"	"		
14	F O 1	2／12	○		free				○	"	●	"	"		
15	F C 1	2／14	○		free				●	closed	●	"	"		
16	R g C 1	2／15		○	M 1 6				○	open	●	"	"		
17	R C 1 2	2／16		○	"				○	"	●	"	"		
18	S g C 1	3／11	○		M 1 2				●	closed	●	"	"		
19	S p p C 1 2	3／14	○		"		○	1.5ton	●	"	●	"	"		
20	S 2 p C 1	3／15	○		M 1 2 (30)本	●		.75ton	●	"	●	"	"		
21	S 2 C 1	3／16	○		M 1 2 (30)本				●	"	●	"	"		
22	S 3 C 1	3／18	○		M 8 (30)本				●	"	●	"	"		
23	S 3 p C 1	3／20	○		M 8 (30)本			.75ton	●	"	●	"	"		
24	R p p C 1 3	10/16		○	M 1 6		○	2 ton	●	closed	●	合板	4.6m		
25	R C 1 3	10/19		○	"				●	"	●	"	"		
26	R 2 p C 1 D	10/22		○	M 1 6 (30)本		○	1.0ton	●	"	●	"	5.8m		
27	R 2 C 1 D	10/23		○	M 1 6 (30)本				●	"	●	"	5.8m		
28	S 4 C 1	10/24		○	M 8	●			●	"	●	"	4.8m		
29	S 4 p C 1	10/25		○	"			~.14ton	●	"	●	"	"		
30	F C 2 2	11/ 8	○		free				●	"		○ ゴム	"		
31	F C 2 3	11/ 7	○		"				●	"		○ "	5.0m		
32	F O 2 2	11/ 8	○		"					○ open		○ "	4.8m		
33	F O 2 3	11/ 8	○		"					○ "		○ "	5.5m		
34	F O 2 4	11/11	○		"					○ "		○ "	5.0m		

アンカーの相似は表2に示すように、伸び剛性を対応させることにし、M18の丸棒（鋼製）80本用いるなど構造的に少し変更した。プレストレス力については力の相似を考え、実機70ton/本に対応するものとして、2t/本を与える、というような考え方を採た。このようなアンカーの有るタンクは低温タンクの場合であり、基礎としては保冷コンクリートが用いられる。これに対しては弾性基礎相似として、25mm厚さの剛板を用いることにした。

アンカーの無い場合は石油タンクの場合である。石油タンクの基礎としては、最近用いられることの多い碟リング基礎を模して、相似なゴムマット（25mm厚さ）を用いることにした。

低温タンクの屋根は、剛性の十分大きなドーム屋根が用いられ、石油タンクでは浮屋根が用いられることが多い。これらの屋根の影響を調べるために、剛な屋根相当の部材を上部に取りはずし自由にすることにより、条件を満足させるようにした。

なお、実験1～23と24～34とは実験時期が異なるが、この途中で底板の初期たわみ修正を行った。したがって同一条件で底板初期たわみの影響を観察することができた。ここでは紙面の都合上、特に底板初期たわみの及ぼす影響について、若干結果を紹介することにしたい。

3 底板初期たわみの影響（水張り時）

平底円筒タンクでは、水張り時に隅角部に局部的な鉛直方向曲げモーメントが生じる。このモーメントの発生に伴い隅角部付近の底板が浮上る事は良く知られているが、ここでは、底板の初期浮上り量がモーメントに及ぼす影響を調べた（図1）。図の横軸は側板部より20cm離れた位置での底板初期浮上り量、縦軸は隅角部モーメントを示す。タンクの周方向位置により、底板初期浮上りが図右上に示すモードと異なるため、 δ_0 とMのきれいな相関は得られないが底板の初期たわみ修正を行なった後のケース（○印）では、隅角部に生じるモーメントが修正前のケース（●印）よりかなり小さくなっていることが分かる。

（○印）では、隅角部に生じるモーメントが修正前のケース（●印）よりかなり小さくなっていることが分かる。

表2 アンカーの相似

	実物	理想的なモデル	採用モデル
断面積	28 × 240 = 6,720	28/8 × 240/8 = 187	M18 $\pi \times 8 \times 8 = 201$
材質	SUS 304	アルミニウム	鋼
本数	180 本	180 本	80 本(実物3本に対し1本)
伸び剛性 $E(kg/mm)$	$(20,800 \times 6,720) / 2500$ = 53,552 kg/mm/本 ヤング率 { 常温 18,300 低温 20,800 (-162 °C)	$(7,000 \times 187) / 583$ = 2,250 kg/mm/本	21,000 + $(125/720 \times 520/201 \times 82/327 + 38/444)$ $= 8,800 kg/mm/本$ (理想的なモデル1本当たり) 2,200 kg/mm/本
力の比	1	$1/3 \times (1/8) = 1/24$	$1/3 \times (1/8) = 1/24$
プレストレス	70ton/本	$70 \times 1/3 \times (1/8) = 2.917$ = 0.85ton/本	65 × 3 = 1.94ton/本

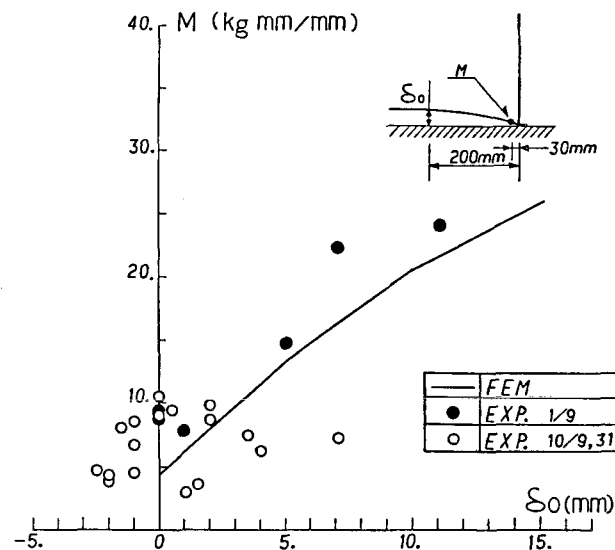
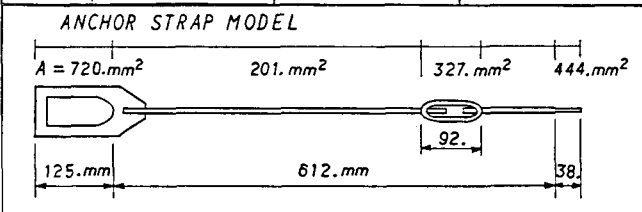


図1 初期変位—水張り時隅角部モーメント関係