

I-537 実地震波入力時のスロッシング挙動

日本鋼管(株) 正 岡本 隆 正 榊 信昭
東京ガス(株) 正 小山 和夫 榊谷 篤志

1. はじめに スロッシング挙動の解明は、液体貯槽の設計・保全上重要な課題である。本稿では、高压ガス設備等耐震設計基準の運用に関する通達に示されている時刻歴応答解析を行う場合の第2設計地震動の6実地震波記録に、さらに関東大地震、日本海中部地震(新潟)、新潟地震(秋田)の3記録を加え、計9地震波に対する6万KL貯槽のスロッシング波高の発達過程、波面のモードを検討した結果について報告する。

2. 入力実地震波 入力した実地震波は、次の9地震波である。

- ① 1964年新潟地震の川岸町におけるNS方向地震記録から得られる地震波
 - ② 1968年十勝沖地震の八戸におけるEW方向地震波記録から得られる地震波
 - ③ 1933年三陸沖地震の本郷(東京大学構内)におけるNS方向地震記録から得られる地震波
 - ④ 1974年伊豆半島沖地震の本郷(東京大学構内)におけるNS方向地震記録から得られる地震波
 - ⑤ 1974年伊豆半島沖地震の本郷(東京大学構内)におけるEW方向地震記録から得られる地震波
 - ⑥ 1978年宮城県沖地震の塩釜工場(塩釜港)におけるEW方向地震記録から得られる地震波
 - ⑦ 1923年関東大地震 ⑧ 1983年日本海中部地震(新潟) ⑨ 1964年新潟地震(秋田)
- ①～⑥は、高压ガス設備等耐震設計基準に関する通達に示されている時刻歴応答解析を行う場合の第2設計地震動である。②は、文献1)による。③～⑤は、東京大学地震研究所よりデータの提供を受けた。²⁾ ⑥は、文献3)のデータに文献4)のフィルターにより補正し作成した。⑦は、文献5)による。⑧、⑨は、気象庁1倍強震計の記録から作成した。³⁾ なお、地震波は、原記録のレベルのまま入力した。

3. 解析手法・解析対象貯槽 スロッシングの応答波高は、軸対称線形ポテンシャル理論により求めた。この時、モードは、10次まで重ね合わせ、減衰定数は、0.1%とした。解析対象貯槽は、3種類の6万KL貯槽とした。諸元およびスロッシングの固有周期は、表1に示した。

4. 解析結果および考察 表2に各地震波、各貯槽に対するスロッシング最大波高と、その最大波高の生じた時刻を()に示した。図1には、波面のモードの一部を、また、図2には、貯槽側壁における波高の時刻歴変化の一部を示した。これら、スロッシング応答解析結果より次のことが考察される。i)新潟地震(川岸町)では、図1(a)、図2(a)に示すように2次モードの影響が大きく、最大波高は、貯槽側壁ではなく貯槽中央で生じる。ii)十勝沖地震では、高次モードの波が生じる(図1(b)、図2(b))。これは、この地震の速度応答スペクトル値のピークが2～3秒にあることから推測できる。iii)伊豆半島沖地震(NS、EW)では、図2(c)に示すように各貯槽とも約10波程度で最大波高に達する。iv)関東大地震入力時は、図1(c)、図2(d)に示すようにほぼ1次モードで動揺する。v)日本海中部地震では、図2(e)に示すように、貯槽により発達過程が異なり波高が一度発達して小さくなり、また発達する過程をたどる貯槽もある。vi)新潟地震(秋田)では、川岸町と異なり1次モードが卓越して動揺する。

5. まとめ 地震波を原記録のレベルのまま入力したとき(観測地点での震度は3～5)、本解析対象とした6万KL貯槽でのスロッシング最大波高は2.16mである。これは、日本海中部地震のNS方向を入力したとき貯槽2で生じる。

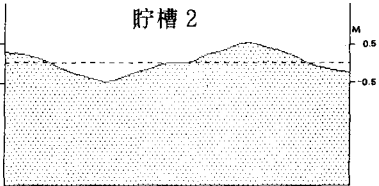
6. 謝辞 本研究に際し、貴重なデータと御助言をいただきました東京大学地震研究所 大沢・吉沢先生、SMAC-B2のデータの補正に関し御助言をいただきました京都大学 杉戸先生に感謝の意を表します。

[参考文献]

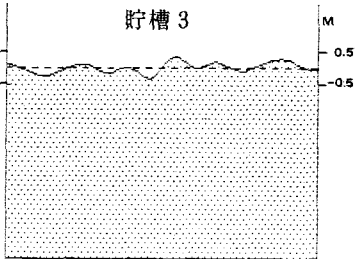
- 1) 八戸港湾における強震記録(1968年十勝沖地震)の補正波形、建築雑誌、Vol. 91、No. 1107、昭和51年5月号
- 2) 田中貞二・吉沢 静代・大沢 胖、1979、やや長周期帯域における強震動の特性、東京大学地震研究所集報、Vol. 54、pp629-655
- 3) 倉田 栄一・井合 進・横山 淑子・土田 肇、1979、1978年宮城県沖地震の港湾地域における強震記録、港湾技研資料、No. 319
- 4) 後藤 尚男 他、1978、デジタルフィルターによるSMAC-B2加速度計記録の補正について、土木学会論文報告集、第227号
- 5) 那須 信治・森岡 敬樹、烈震の地動(5)、建築技術、No. 267、1973
- 6) 岡本 隆・榊 信昭、1984、日本海中部地震の石油タンクのスロッシング波高、第39回年次学術講演会講演概要集、I-350

表 1 貯槽諸元

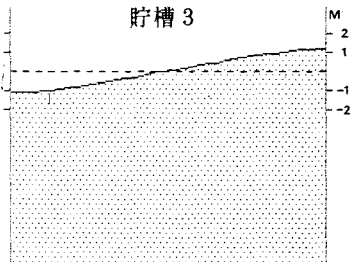
貯槽 NO.	直径 (m)	液深 (m)	固有周期	
			1次	2次
1	64.0	18.7	9.4s	4.9s
2	60.0	21.2	8.7s	4.8s
3	50.0	30.6	7.5s	4.3s



(a)新潟地震(川岸町)

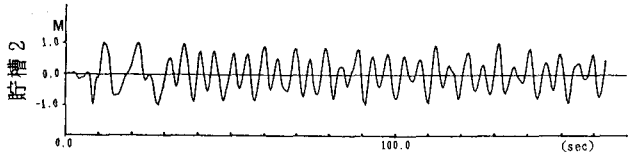


(b)十勝沖地震(八戸)

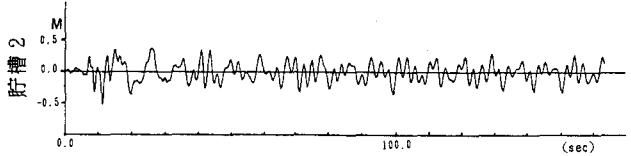


(c)関東大地震

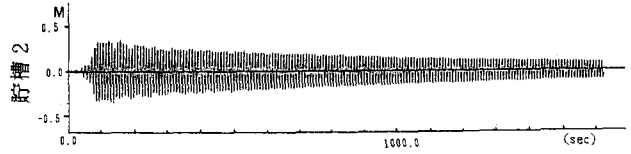
図 1 波面のモード



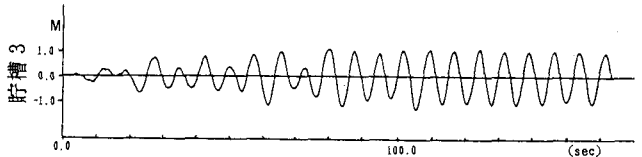
(a)新潟地震(川岸町)



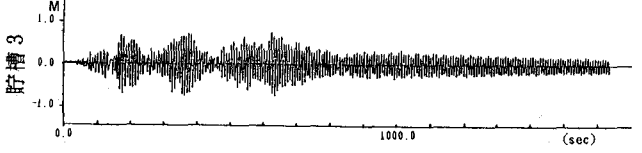
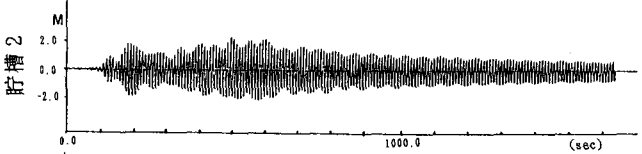
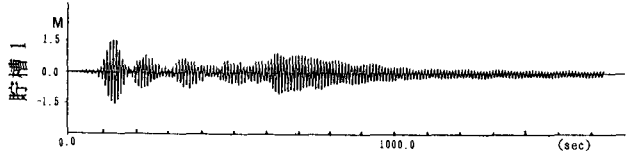
(b)十勝沖地震(八戸)



(c)伊豆半島沖地震 NS (本郷)



(d)関東大地震



(e)日本海中部地震 NS (新潟)

図 2 貯槽側壁における波高の時刻歴変化

表 2 スロッシング最大波高とその時刻 CM(SEC)

地 震 波											
貯槽	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧ NS	⑧ EW	⑨ NS	⑨ EW
1	215(34)	83(27)	34(328)	32(81)	24(114)	34(11)	156(72)	143(150)	96(633)	29(183)	78(426)
2	170(26)	79(26)	50(510)	37(136)	22(92)	39(11)	93(60)	216(488)	166(279)	24(289)	77(167)
3	172(15)	85(49)	43(206)	39(116)	18(344)	44(11)	122(106)	72(633)	54(301)	53(344)	100(291)