

前田建設工業(株)	正員	嶋田 三朗
京都大学工学部	正員	山田 善一
京都大学工学部	正員	家村 浩和
京都大学工学部	正員	野田 茂

1. まえがき

1983年5月26日に発生した日本海中部地震($M=7.7$)により、各地の大型石油タンクは大きなスロッシングを起した。タンクに作用した地動は、そのスロッシング高さより応答スペクトルの形で逆算することができる。それによると秋田、新潟等において4秒～11秒のかなり長周期な成分が多量に含まれていたことが推測された¹⁾。本研究は、これらのスロッシングに現われた地動の長周期成分について、SMAC型強震計記録を用いて若干の検討を加えるものである。

2. 気象庁1倍強震計記録との比較

八戸港におけるSMAC(B_2)型強震計記録のうち、上下動成分について、気象庁1倍強震計と同じ計器特性(上下動 $T=5$ 秒, $h=0.55$)を有する振子の変位応答波形を求め、1倍強震計記録と比較したのが図1である。SMACによる波形の方が、幾分、短周期成分が勝っているものの、周期10秒程度の波を良くとらえている。SMAC記録による周期9.4秒の応答スペクトル値は約25 kine($h=2\%$)であり、この程度の地動でも現時点における工学的使用に耐えられるだけの精度をもって記録されていることがわかる。比較的短周期側の波形の相違は、両計器の設置位置の違いによるものか、記録ペンの摩擦等の影響によるものではないかと考えられる。

3. スロッシング高さより逆算した応答スペクトルとの比較

各地のタンクに生じたスロッシング高さより逆算した速度応答スペクトル値と、秋田港におけるSMAC記録による速度応答スペクトル値を比較したのが図2である。スロッシングの減衰性は非常に小さいので $h=0.1\%$ のものを示した。周期8秒～10秒における秋田のスロッシングとSMACによるスペクトル値は、比較的良好対応を示しているが9秒弱におけるスロッシングによるスペクトル値

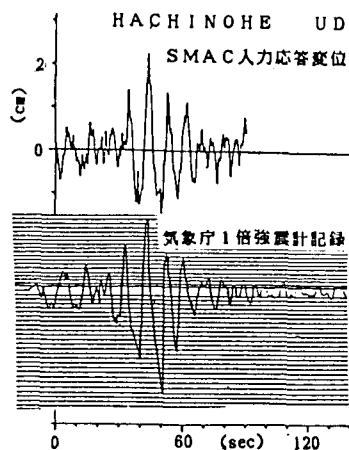


図1 SMACと1倍強震計の比較

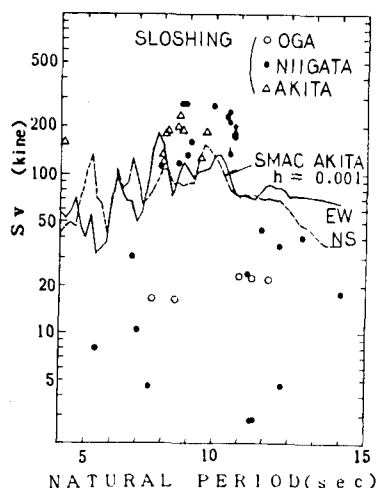


図2 スロッシングとSMACの比較

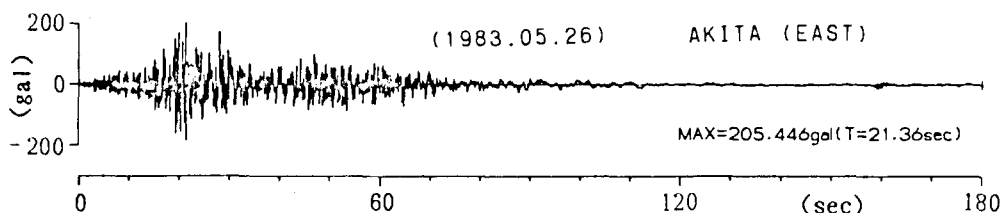


図3 秋田港におけるSMAC記録

のピーク付近は、SMACでは2方向の合成成分を考慮してもとらえられていない。この原因としては、タンクの設置位置とSMACの設置位置の相違等が考えられるが、更に検討が必要であろう。それにしても8秒～10秒の長周期領域において、スロッシングとSMACの両記録から、200Kineにも及ぶ速度応答を示す地動が存在していたことがうかがわれ、興味深いことである。なお、秋田港におけるSMAC記録波形を図3に示しておく。上記の長周期成分に関連したとみられるマルチプルショックの様子がはっきり見てとれる。

4. 長周期地震動の特性

秋田港、青森港、酒田港のSMAC記録による周期1秒～15秒における速度応答スペクトルを図4に示す。最大加速度は各々、205gal，116gal，45galである。減衰定数は長周期構造物の一般的な値として $h=2\%$ のものである。また、図4には高層建築技術指針及び本四基準によるスペクトルも示した。秋田港の周期2.2秒及び8.8秒付近、青森港の2秒～4秒等にこれらの指針、基準をはるかに上回る100Kine以上の速度応答が認められる。また、酒田港では地動最大加速度が45galに過ぎないのに、周期6秒～10秒の間のいくつかのピークで60Kineもの速度応答があることは注目に値する。図5には秋田港EW成分の減衰別の速度応答スペクトルを示す。また図6は速度応答スペクトルがピーク($h=0.1\%$ で100Kine以上)を示すいくつかの周期について、その最大応答発生時刻を減衰定数別にプロットしたものである。秋田港のSMAC記録の長さは約3分間であるが、最大応答発生時刻は2～3分にもなる場合があり、更に3分後においても応答が最大になる可能性も秘めている。図6によると、周期が3秒以下の場合には最大応答発生時刻はほとんどの場合、減衰に依らず1分以内であるのに対し、周期が5秒以上の場合には、減衰が小さくなるにつれて最大応答発生時刻が大幅に遅くなってくる。このことは図3からも見られるように、比較的短周期の領域では、～1分程度の主要動が支配的であるのに対し周期5秒以上の長周期領域では、地震波の後部のコーダ部にも応答が左右され、特に減衰の小さい場合には、単に地動の振幅の大きさだけでなく、共振現象にかかわる継続時間にも大きな影響を受けるものと考えられる。従って、長周期地震動を論ずる場合には十分な長さの記録が必要である。

謝辞：地震記録を提供いただいた港湾技研及び気象庁の方々に感謝します。

参考文献 1) 家村・山田・野田・嶋田：石油タンクのスロッシング高さから見た長周期地震動に関する研究，第39回年次学術講演会概要集 第I部門，1984年

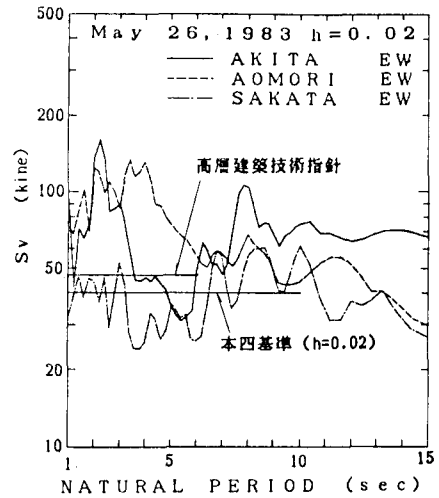


図4 速度応答スペクトル

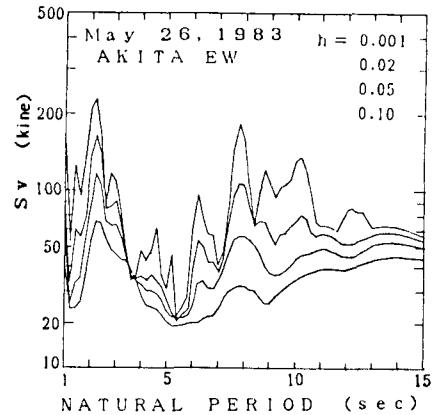


図5 減衰別速度応答スペクトル

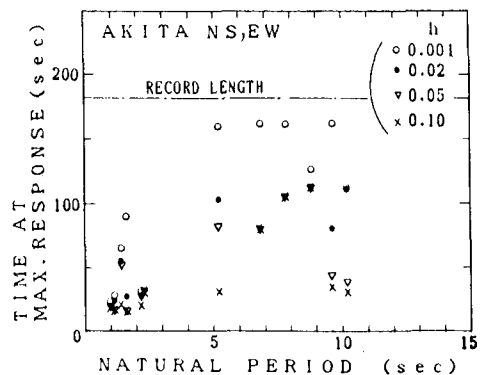


図6 最大応答発生時刻