

運輸省港湾技術研究所 正会員 上田 茂
同 上 正会員 ○白石 悟

1. まえがき

有脚式のシーバースの耐震性を検討するために、鹿島港20万トンタンカーバースに地震計を設置し、昭和53年3月から昭和54年5月まで観測を続け合計10本の記録を取得した。地震計は地中部(海底面下5^m)に3成分、ローディングプラットホームのデッキ上に4成分(うち1成分は回転振動観測用)を設置した。これらの結果の一部については、すでに発表しているが、今回は取得したすべての記録をとりまとめ、ローディングプラットホームの固有周期、減衰定数について報告する。また、ローディングプラットホームを質点系でモデル化して地震応答計算を行い、計算結果と観測結果とを比較する。

2. 観測結果

図-1はバースの係船法線直角方向(プラットホーム短軸方向)の伝達関数である。これによると、法線直角方向の固有周期は、ほぼ0.780^s(1.28Hz)であり、固有周期付近での増幅率は10~16倍である。図-2は法線平行方向(プラットホーム長軸方向)の伝達関数である。法線平行方向の場合には、固有周期は、ほぼ1.138^s(0.88Hz)であり固有周期付近での増幅率は7~14倍である。しかし、KA78.02とKA78.04については、伝達関数のピークは、それぞれ0.952^s(1.050Hz), 0.836^s(1.196Hz)にある。これらについては他の地震記録より加速度が大きく、プラットホーム上の法線平行方向の最大加速度は、それぞれ27.5Gal, 52.5Galであった。ローディングプラットホームは送油配管や渡橋を介してプレッシングドルフィンや送油配管橋と連結されており、加速度が大きくなるにつれて周辺の施設の影響を受けて、固有周期が短くなる傾向にあるものと思われる。

次にハーフパワー法を用いて、プラットホームの減衰定数を推定した。表-1はハーフパワー法によって求めた減衰定数を各地震記録毎に示したものである。観測記録から求めた減衰定数は法線直角方向で0.026~0.059、法線平行方向で0.035~0.091の範囲にバラツキている。しかしながら、地中の加速度の周波数帯域が広く、ホワイトノイズに似た性状を示すKA78.03, KA79.01, KA79.02では、減衰定数が法線直角方向でそれぞれ0.029, 0.028, 0.026である。また、法線平行方向では、0.040である。しかし、地中加速度記録がホワイトノイズと見なすことのできないKA78.04法線平行方向では減衰定数は0.091とかなり大きな値となっている。ハーフパワー法では、地震動がホワイトノイズ状である方が精度良い結果を与える。ここでは前記の3つの地震記録に基づいて、プラットホーム

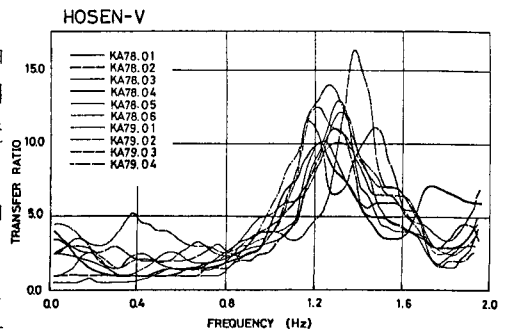


図-1 伝達関数(法線直角方向)

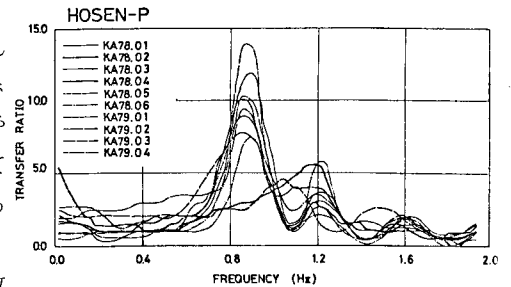


図-2 伝達関数(法線平行方向)

表-1 プラットホームの減衰定数

記録番号	法線直角	法線平行
KA78.01	0.040	0.035
KA78.02	0.038	0.052
KA78.03	0.029	0.040
KA78.04	0.035	0.091
KA78.05	0.059	0.042
KA78.06	0.038	0.041
KA79.01	0.028	0.040
KA79.02	0.026	0.040
KA79.03	0.029	0.042
KA79.04	0.047	0.042

の減衰定数を、法線直角方向ではほぼ0.03、法線平行方向ではほぼ0.04と推定した。ここで得られた減衰定数がすべての地震記録に対して適切かどうかは、実際に地震応答計算を行って確認することとする。

3. 計算値と観測値との比較

プラットフォームの諸元を表-2に示す。プラットフォームは、直杭10本、斜杭8本からなる組杭構造である。杭の軸方向抵抗及び横抵抗が弾性的な性状を示すものとして、各杭の分担力を求める方法によってプラットフォームのバネ定数を求めると、バネ定数は法線直角方向および法線平行方向ともに5,406tf/mである。プラットフォームのデッキ及びデッキの上載物の重量の和は1,500tfであり、これに杭重量および海水による付加質量を考慮してプラットフォームの固有周期を計算すると1.134Sである。これは、観測値から求めた法線平行方向の固有周期1.138sと良く一致する。しかしながら、法線直角方向については、観測値から求めた固有周期は0.780sであり、計算値との対応は良くない。これは送油配管や渡橋の影響を考慮して計算していないためである。その影響を考慮して法線直角方向の固有周期を計算すると0.791sとなり、観測値の0.780sとほぼ一致する。

表-2 ローディングプラットフォームの諸元

デッキ	: 長さ 33m, 幅 15m
	重量 1500tf
杭	: 直杭 10本, 斜杭 8本 (打込角 20°, 法線直角方向および平行方向それぞれ2組の組杭)
杭長	: 直杭 41m, 斜杭 44m
杭根入長	: 直杭 13.7m, 斜杭 14.6m
杭径	: 外径 812.8mm, 内径 793.8mm
	肉厚 9.5mm
杭材質	: STK41 ($\sigma_{sy}=4,100\text{kgf/cm}^2$)
地盤条件	: シルト質細砂, 横方向地盤反力係数 3.0kgf/cm^3 ($\bar{N}=20$)

次にハーフパワー法によって求めた減衰定数(法線直角方向:0.03,法線平行方向:0.04)が適切であるかどうかを1質点モデルおよび多質点モデル⁽¹⁾による地震応答計算を行い検討した。多質点モデルでは、減衰マトリックスは質量マトリックスと剛性マトリックスの線型結合で表わすものとした。ここで、質量マトリックスに対する比例定数aと剛性マトリックスに対する比例定数bは1次モードの角周波数と減衰定数から決めるものとした。観測結果と計算結果の比較を図-3に示す。図-3の横軸はデッキの地盤に対する相対加速度の観測値であり、縦軸は相対加速度の計算値と観測値の比である。相対加速度の小さな記録に対しては、計算値は実測値に比べ小さい。これらの記録については1~2波目で加速度が最大値を示している。しかしながら応答計算では、必ずしもその状況が再現されていないためである。これに対して、加速度が30Gal以上の記録については計算値と観測値の対応は良好である。以上の検討より、地震観測を実施した組杭プラットフォームの減衰定数は法線直角方向で0.03,法線平行方向で0.04を用いるが妥当と思われる。

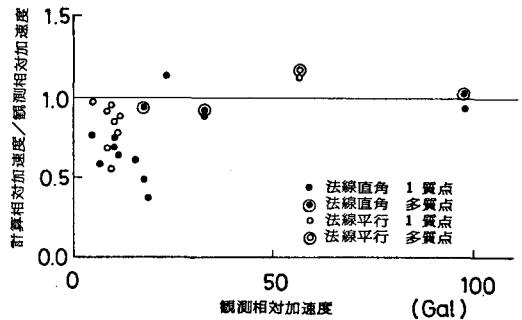


図-3 相対加速度の計算値と実測値

参考文献

- (1) 白石 悟・上田 茂:シーバースの耐震性に関する研究(第2報),土木学会第34回年次学術講演会概要集,第I部 pp.368~369,1979.10
- (2) S.Ueda, S.Shiraishi:Observation of Oscillation of a Deepwater Platform and the Ground During Earthquakes, Proc. of 11th Offshore Technology Conference, pp.2225-2234,1979.5