

II-287 閉領域中の係留を有する浮上式構造物の免震特性について

（編）間組 技術研究所 正会員 西 邦夫
同 上 辻田 満
同 上 脇田 和武

1. まえがき

浮上式の発電プラントは近年注目されつつある構造形式であり、その特長の1つとして優れた免震特性があげられている。しかし、免震特性、特に、閉領域中の浮体の地震時応答特性については数例の研究があるにすぎない¹⁾。免震特性を考える場合には係留装置の形式、およびそれが免震特性に与える影響を評価することが必要になるものと考えられる。そこで筆者らは、バネ・ダッシュポットでモデル化される係留装置を有する浮上式構造物の免震特性について検討を行った。

2. 動的応答解析プログラムの概要

筆者らは、井島ら²⁾の用いている周辺積分法を採用し、以下に示す仕様で動的応答解析プログラムを開発した。

- ① 浮体は剛体として扱い、流体は非圧縮うずなしの完全流体として扱う。
- ② 流体の自由表面は、微小振幅波とする。
- ③ 2次元問題を解析対象とする。
- ④ 係留装置は図-1に示すような水槽と浮体の重心とを結ぶ一組の線形のバネ・ダッシュポットでモデル化する。

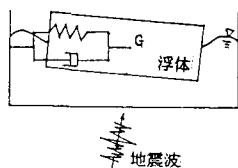


図-1 浮体のモデル図

したがって、②と④から本解析においては入力振幅と応答振幅の関係は線形となる。

3. バネ・ダッシュポット型係留装置の免震特性におよぼす影響

表-1に今回、検討の対象とした水槽-浮体の諸元を示す。検討項目は以下の2項目である。

- ① 共振点付近におけるバネ・ダッシュポット型係留装置の影響
- ② 地震波入力時のバネ・ダッシュポット型係留装置の影響

3.1 共振点付近におけるバネ・ダッシュポット型係留装置の影響

表-1に示した諸元を持つ構造系に、係留のない場合とバネ定数 $K=50, 500, 5000$ (tf/m²)のバネを係留装置とした場合を考えた。

それぞれの場合における固有周波数を表-2に示す。表-2より、バネを固くするほど固有周波数が高くなっていることがわかる。それぞれの固有周波数を起振周波数とし、表-3に示すような3種類の減衰係数をもつダッシュポット型係留を、さらに加えた場合の応答計算を実施した。図-2に各ケースにおける加速度と変位の応答倍率を示した。

図-2の結果は減衰係数を大きくするほど応答倍率は加速度、変位とも低下していることを示している。

3.2 地震波入力時のバネ・ダッシュポット型係留装置の影響

今回対象とした構造物系に対して図-3に示す地震入力力を考慮した場合のバネ・ダッシュポット特性が、地震時応答に与える影響について検討した。図-4に地震波のフーリエスペクトルを示す。係留形式として

表-1 浮体と水槽の諸元

	寸法 (m)	単位長さ当りの質量 (tf・sec ² /m)	単位長さ当りの回転慣性 (tf・m・sec ²)
浮体	幅 吃水		
	32.5 7.5	24.87	3821.
水槽	幅 水深		
	35 9		

表-2 構造系の固有周波数

バネ型係留のバネ定数 K (tf/m ²)	無係留	50	500	5000
固有周波数 (Hz)	0.1935	0.248	0.5859	1.807

表-3 係留条件

解析ケース	バネ定数 K (tf/m ²)	減衰係数 C (tf・sec/m ²)	起振周波数 (Hz)
case1	0	0	0.1935
case2	0	9.432	0.1935
case3	0	47.16	0.1935
case4	0	75.46	0.1935
case5	50	0	0.2480
case6	50	12.65	0.2480
case7	50	63.27	0.2480
case8	50	101.2	0.2480
case9	500	0	0.5859
case10	500	30.28	0.5859
case11	500	151.4	0.5859
case12	500	242.2	0.5859
case13	5000	0	1.807
case14	5000	89.09	1.807
case15	5000	445.4	1.807
case16	5000	712.7	1.807

は表-4に示す3種類を設定した。CASE17の固有周波数は、0.1953Hzであり、CASE18、CASE19は両者とも、0.248Hzである。また、入力地震波の卓越周波数は、2.5Hz～4.5Hzである。したがって、どのケースの固有周波数も、卓越周波数より大幅に低周波側にずれており、十分な免震性が期待できる。図-5、6、7は、それぞれ、CASE17、18、19の場合の浮体の重心の応答加速度図および変位図である。どのCASEにおいても応答加速度の応答倍率は、0.45前後であり、高い免震効果が示されている。最大変位量は、バネのみの係留の場合が最も大きく、次にバネ・ダッシュポット併用、係留無しの場合に小さくなっている。CASE18とCASE19を比較した場合にはCASE19の方が最大応答値で約2/3程度となっており、ダッシュポットの効果がうかがえる。

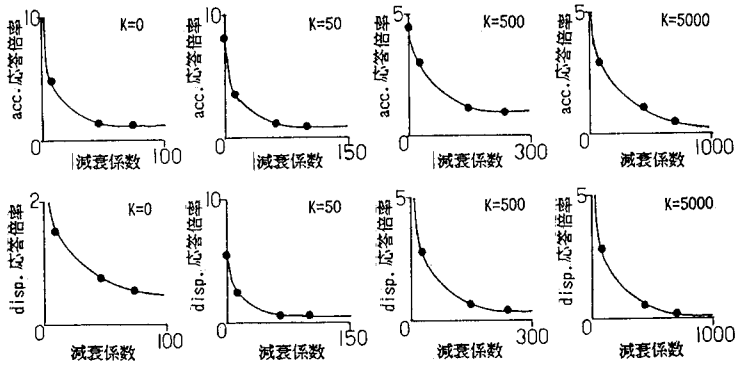


図-2 各caseにおける応答倍率

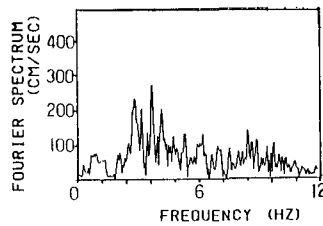


図-4 入力地震動のフーリエスペクトル図

表-4 地震波入力の場合の係留条件

解析ケース	バネ定数K (tf/m ²)	減衰係数C (tf·sec/m ²)	固有周波数 (1/2)
case17	0	0	0.1935
case18	50	0	0.2480
case19	50	12.65	0.2480

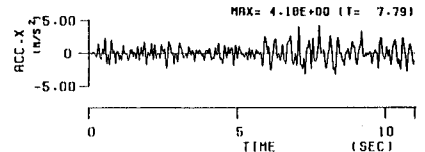


図-3 入力地震動の加速度時刻歴図

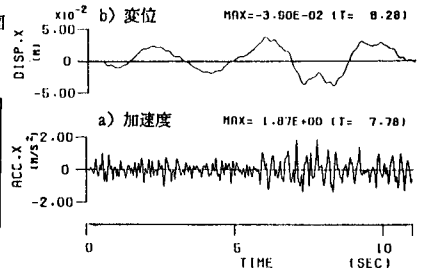


図-5 応答計算結果 (CASE17)

4. まとめ

以上をまとめると以下ようになる。

- ① 共振点における応答は、ダッシュポット型係留を考慮することにより、加速度、変位の両方の応答倍率を低減することが可能となる。
- ② 地震波入力に対する応答においても、バネ型係留を用いる場合には、ダッシュポット型係留を併用することにより、応答変位量を低減できる可能性がある。

5. あとがき

今後の課題としては、異なる入力、特に固有周波数に近いような卓越周波数を持つ入力に対する係留の影響および、その他の係留方式についての検討があげられる。最後に、プログラムの作成にあたっては、九州大学名誉教授、井島武士氏に貴重な御助言を頂き、ここに感謝します。

<参考文献>

- 1) 萩原、他、：浮揚式原子力発電所浮体構造物の地震時応答特性（その1）電中研報告：385028、1986年3月
- 2) 井島 武士：周辺積分法による水面境界値問題の数値解法、土木学会水工学シリーズ83-B-2 1983年7月

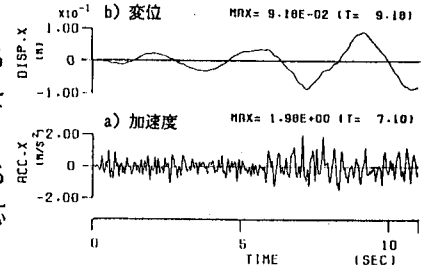


図-6 応答計算結果 (CASE18)

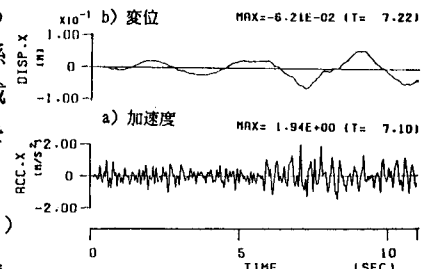


図-7 応答計算結果 (CASE19)