

II-424 ジャケットに着座させた大規模浮体構造物の耐震特性について

新日本製鐵（株） 正員 中井 幸治
新日本製鐵（株） 正員 関田 欣治
新日本製鐵（株） 正員 斉藤 拓也

1 はじめに

近年、海上空港に代表される大規模浮体構造物に関して様々なプロジェクトが提案されている。提案の多くは静穏域もしくは静穏域を確保した環境を対象とするが、一方、大水深・荒海象環境における人工地盤構想の提案の一環として、浮体と固定構造物の挙動を併せ持つジャケットに着座させた浮体構造物、ジャケット着座式セミフローティングエアポート（SFA）がある。Pic.1 に示されるSFAの特徴は、

- ①ジャケットに着座したデッキ
- ②浮力を生じて下部構造物の負担を減らすためのデッキに備えた浮体コラム
- ③波浪等による浮体の動揺は抑止するが地震時はそのエネルギーを逸散する免震機構

にある。本報では、この構造の地震時動揺の課題を克服する最適な免震機構および浮体設計技術開発のための検討として、以下の点を中心に報告する。

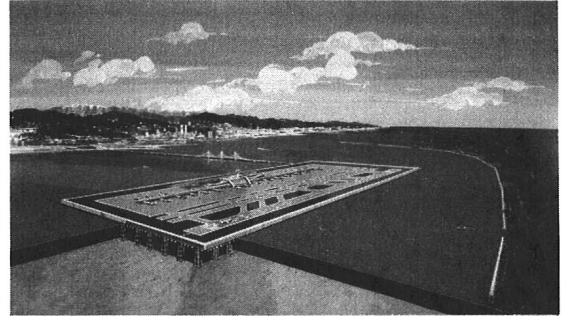
- 1）水中振動台模型実験による地震時応答特性
- 2）地震時挙動のシミュレーション

2 免震機構

SFAは、デッキ荷重の大半をデッキ底面にある円筒浮体コラム、一部をジャケットで支える構造であるため、定常的な風・波・潮流、及び津波による水平力に対してはデッキとジャケット間に生じている静止摩擦力により滑動は生じなく、浮遊式人工地盤にみられる潮位変動による上下動揺もない。しかし、有脚式であるがゆえに、地震時の巨大な水平力の低減が課題となる。そこで、ジャケットの上部とデッキの下面の接合部を例えば Fig.3 のような非線形バネ特性を取り入れた免震構造とすることで多少の滑動を許してエネルギーを逸散させ、水平力を下部構造に伝達させないとともにデッキに発生する加速度を低減する。Fig.2 に免震機構の概略図を示す。

3 耐震検討

3.1 (1) 実験概要



Pic.1 セミフローティングエアポート全景

Table 1 全体の諸元

水深30m、波高10m、波周期10s、風速50m/s、潮流2kt、潮位変動±1m			
浮体デッキ	デッキ	長さ×幅	5025m×900m
		高さ	10m
	コラム 計14472個	全高 フーチング コラム	13.5m 7m径×4.5m高 4m径×9.0m高
着座ジャケット	ジャケット 計804基	鋼材重量	230万t
		舗装・諸施設	130万t
		トップ長×幅 ボトム長×幅 高さ 重量	12m×12m 20m×20m 38m 27万t
	杭	重量	32万t（2000mm外径）

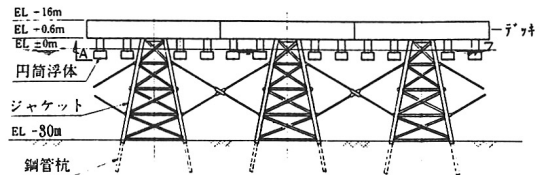


Fig.1 セミフローティング構造の断面例

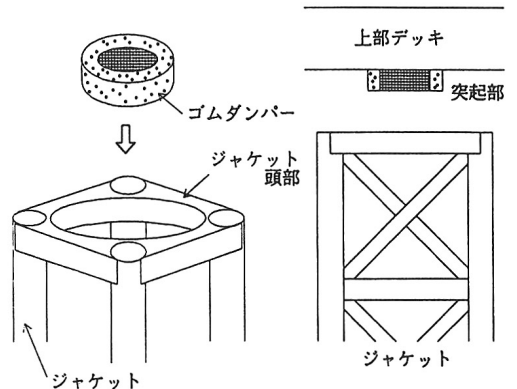


Fig.2 免震機構のついたデッキとジャケットの接合部例

試設計(Table 1) された75m×75mの浮体ユニットが67行×12列(5025m×900m)で構成されるセミフローティング空港のうち、2行×2列(150m×150m)部分についての水中振動実験(1/100 縮尺)を行った。免震機構には、Table 2 に示すA、B、Cの3モデルを用いてその効果を比較検討した。

3. 1 (2) 実験結果

Fig. 4 にSFAのデッキ・ジャケット間を剛結した場合とBモデルのパワースペクトルを示す。入力波は、最大加速度を240galに増幅した十勝沖地震である。

剛結したモデルの振動数成分は、当然ながら固有振動数域(6Hz 付近)に際立つが、Bモデルでは免震効果により固有振動数域のパワーは逸散されている。

3. 2 (1) 数値解析概要

ここでは、SFAの1ユニットを取り出し、1つのデッキが1つのジャケットに着座している場合を想定して耐震解析を行い、免震性を評価した。

モデルとしては、ジャケットとデッキを個別なものとして地盤・ジャケット間に線形バネ、ジャケット・デッキ間を非線形バネで結んだ2質点系モデルについて十勝沖地震の240galを作用させて検討した。解析には、線形・非線形の汎用有限要素法解析プログラムを用いた。時間積分は Wilson- θ 法によった。

3. 2 (2) 解析結果

Fig. 5 に剛結したモデルのデッキ加速度とモデルBのデッキ加速度の比較を示す。剛結したモデルは1質点系モデルとして計算した。免震機構を取り入れた場合のほうが、剛結した場合及び地盤よりも小さな加速度で収まっている。A、B、Cの3モデルについて解析したと結果をTable 3 に一覧する。

4 まとめ

実験及び解析を通して得た結果は以下のようになる。

- 1) 免震機構の採用によりジャケットから伝わる地盤加速度をデッキにおいては半減することができる。
- 2) 免震機構をより効果的に機能させるためには、波・潮流・風・津波によってデッキが滑動しない範囲で摩擦係数を低減するのがよい。
- 3) 一度大地震が起こり着座部が水平方向にずれた状態で止まり、その後再び大地震が起こった場合でも加速度は大きくは変わらない。
- 4) SFAを非線形特性を持つ2質点系モデルとすることで精度の良い挙動推定が行えた。

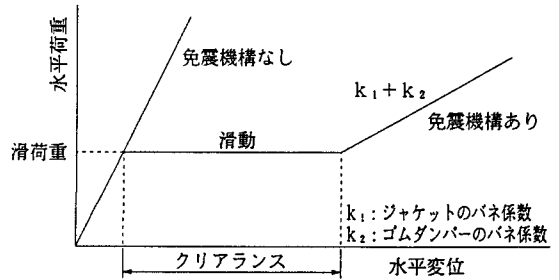


Fig. 3 免震機構の非線形バネ特性例

Table 2 3つの免震モデルの特性

(1ユニット)	Aモデル	Bモデル	Cモデル
摩擦係数	0.25	0.13	
k_1 (g/cm)	16730		31553
k_2 (g/cm)	6200		
$k_1 + k_2$	4524	4524	5182
備考		Aの摩擦係数を低減	Bのジャケット剛性を大

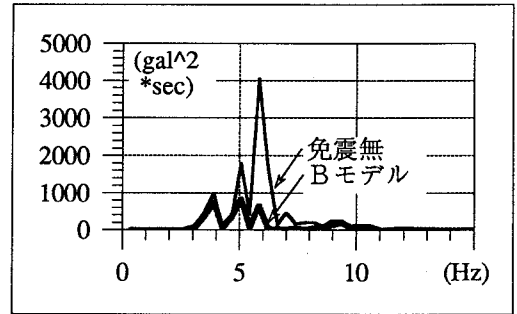


Fig. 4 免震有無の場合のパワースペクトルの比較

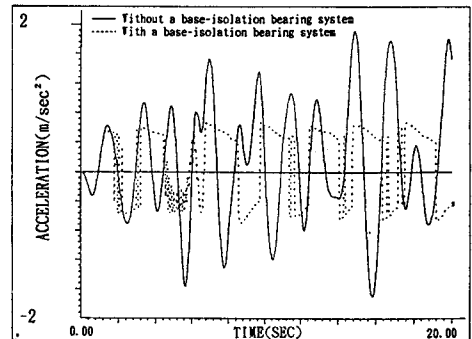


Fig. 5 免震有無の場合の応答加速度の比較

Table 3 実験値と解析値の比較

ケース名	L/NL	質点	加速度応答倍率	
			実験値	解析値
A剛結	L	1	0.62	0.80
Bモデル	NL	2	0.32	0.29
Aモデル	NL	2	0.50	0.50
C剛結	L	1	1.21	1.55
Cモデル	NL	2	0.37	0.38

L/NL: 線形/非線形