

係留されたCP船の動揺シミュレーションについて

福本 正* 多田 彰秀**
Tadashi Fukumoto Akihide Tada

1. はじめに

渡海橋下部工に代表される海上工事では、FC船、CP船などの作業船を所定の地点に係留し、各種作業が実施されている。これら作業船の動揺特性および係留索の張力特性を予め明らかにしておくことは、施工計画および安全管理上重要なことである。ここでは、Table 1に示すようなCP船を一例に、波浪、潮流、風の複合外力が作用するような場合を想定し、従来からの計算方法を適用して動揺シミュレーションを実施したので、その結果について簡単に報告する。

Table 1 CP船の諸元

長さ	70.0 m	x 方向風圧面積	500.4 m ²
幅	28.0 m	y 方向風圧面積	920.0 m ²
深さ	7.0 m	x 方向潮流受圧面積	159.6 m ²
吃水	5.7 m	y 方向潮流受圧面積	359.0 m ²
排水量	10,430t	横メタセンター高さ(GM _T)	6.5 m
重心高さ	8.1 m	縦メタセンター高さ(GM _L)	66.6 m
水線面積	1,960 m ²	横揺れ環動半径	10.2 m
		縦揺れ環動半径	22.8 m
		船首揺れ環動半径	23.9 m

2. 係留されたCP船の動揺シミュレーション

(1) 座標系と運動モード

数値シミュレーションに用いた座標系を、Fig. 1に示す。ここでは、係留浮体静止位置での重心 G_s を原点とし、x軸は船首方向を、z軸は鉛直上方を正の向きとしている。

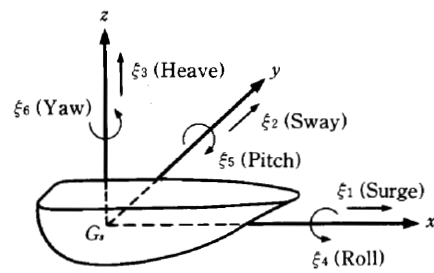
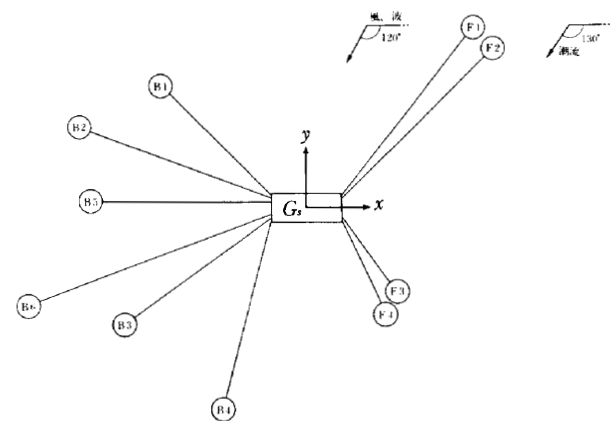


Fig. 1 座標系と運動モード

係留浮体の運動は、重心の並進運動成分と重心回りの相対的な回転運動成分に分けられる。ここでは、従来からの定義にならない、x, y, z軸方向への並進運動をそれぞれ ξ_1 (Surge), ξ_2 (Sway), ξ_3 (Heave)、重心回りの回転運動のうち回転軸が x, y, z軸と平行なものをそれぞれ ξ_4 (Roll), ξ_5 (Pitch), ξ_6 (Yaw) とする。

(2) 係留システム

CP船の係留システムを、Fig. 2に示す。CP船は、8本のワイヤー ($\phi 54$ mm, 9.5 kgf/m) と2本のチェーン ($\phi 60$ mm, 68.5 kgf/m) から係留されている。CP船側およびアンカー側の係留点座標は、図中に示すとおりである。



係留点の座標 【単位：m】

係留索	CP船側	アンカー側
F1	(35.0, 11.8, 1.3)	(158.1, 169.4, -40.0)
F2	(35.0, 8.9, 1.3)	(176.4, 150.3, -40.0)
F3	(35.0, -9.1, 1.3)	(82.0, -73.8, -3.0)
F4	(35.0, -11.8, 1.3)	(68.8, -84.3, -3.0)
B1	(-35.0, 11.8, 1.3)	(-137.5, 114.3, -70.0)
B2	(-35.0, 9.7, 1.3)	(-218.4, 76.4, -70.0)
B3	(-35.0, -9.7, 1.3)	(-174.3, -107.2, -50.0)
B4	(-35.0, -11.8, 1.3)	(-81.6, -185.7, -30.0)
B5	(-35.0, 6.1, 1.8)	(-205.0, 6.1, -60.0)
B6	(-35.0, -6.1, 1.8)	(-269.9, -91.6, -60.0)

*) F1~F4およびB1~B4 : $\phi 54$ mmのワイヤー

B5, B6 : $\phi 60$ mmのチェーン

Fig. 2 係留システム

(3) 計算方法

波浪、潮流および風の複合外力が作用する中で係留さ

* 技術研究所海洋技術課

** 技術研究所海洋技術課係長

れた CP 船の 6 自由度非線形運動方程式をルンゲ・クッタ法¹⁾によって解き、CP 船の運動量および係留索に作用する張力の時刻歴応答を求めた。なお、計算に際して用いた仮定を示せば、以下のとおりである。

- ①係留索張力は、カタナリー理論に基づいて求められる。
- ② CP 船に作用する付加質量、造波減衰力、波強制力などの線形流体力については、2次元特異点分布法²⁾によって求め、入射波スペクトルのピーク周波数に対応する成分で代表させる。
- ③入射波は微小振幅の不規則波(Pierson-Moskowitz 型)とし、浅水影響を考慮する。
- ④変動風は、Davenport の変動風スペクトルを採用する。
- ⑤潮流力については定常力として与える。

(4) 計算条件

具体的な計算条件を、Table 2 に示す。また、係留索の初期張力については、外力が作用しない状態で CP 船の Surge, Sway および Yaw が生じないように決定した。なお、その上限値は 10 tf (98 kN) と設定した。

Table 2 計算条件

項目		
風	風速 (m/s)	27.0
	風向 (°)	120.0
波浪	有義波高 (m)	0.87
	有義周期 (s)	2.94
	波向 (°)	120.0
潮流	潮流速 (m/s)	1.78
	潮流向 (°)	130.0
CP 船の設置水深 (m)		20.0
係留ライン本数 (本)		10

(5) 計算結果および考察

Fig.3 は、シミュレーションの入力（不規則波および変動風速）と計算結果（CP 船運動量および係留索の張力）を示したものである。変動波浪外力（有義周期 2.94 秒）の影響は、Heave および Pitch の時系列で顕著に出現していることが確認される。これは、Heave および Pitch が他の運動モードよりも比較的波浪の影響を受け易いためと考えられる。係留索の張力は、水平方向の運動の影響を受け易いため、Surge や Sway と同様に緩やかな変化を示している。なお、Table 3 には 1,000 波の入射波が来襲する間に生じると予想される動揺量および係留索の張力の最大期待値が示されている。これらは、

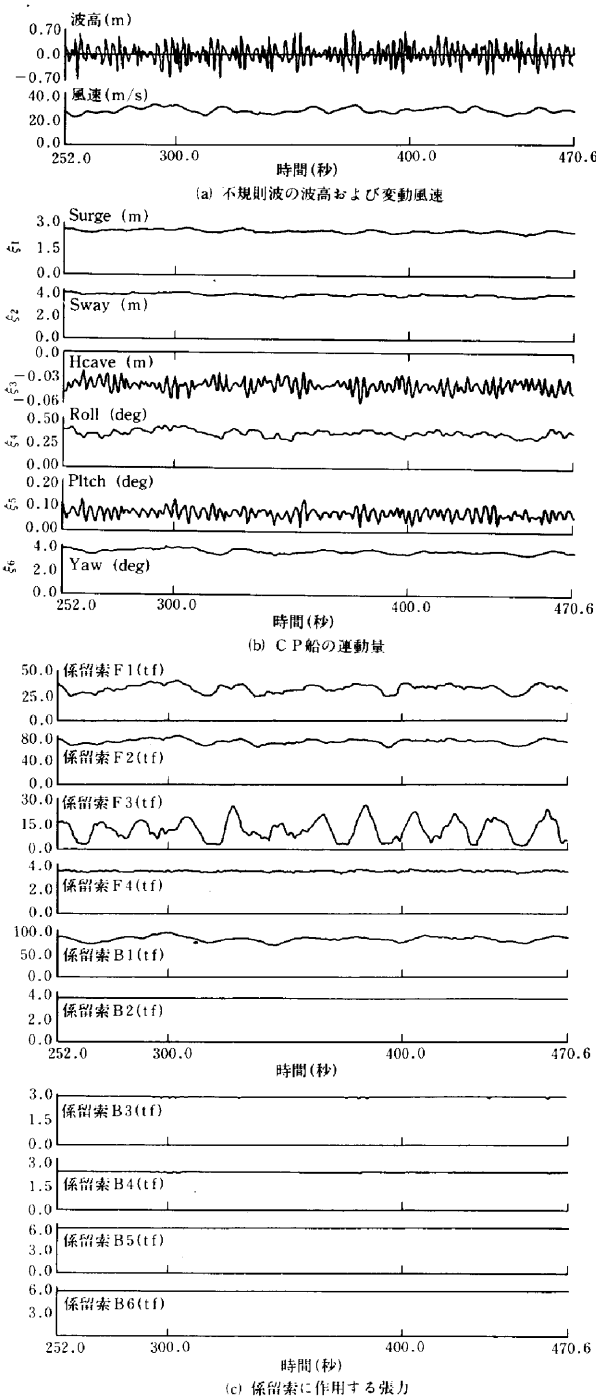


Fig. 3 シミュレーション結果

作業船の作業限界やウィンチ規模の見直しなどを検討する際の技術的資料として有用になるものと思われる。

3. おわりに

ここで採用した計算方法によって、複合外力が作用する CP 船の動揺および係留索の張力が予測可能となった。今後は、係留浮体近傍の水深変化の影響を考慮した

Table 3 1,000波中最大期待値

計算項目	最大期待値	計算項目	最大期待値
波 高 (m)	0.812	F1 係留索張力 (tf)	43.6
風 速 (m/s)	34.3	F2 係留索張力 (tf)	81.0
ξ_1 (Surge) (m)	2.78	F3 係留索張力 (tf)	29.3
ξ_2 (Sway) (m)	3.76	F4 係留索張力 (tf)	3.6
ξ_3 (Heave) (m)	-0.060	B1 係留索張力 (tf)	91.5
ξ_4 (Roll) (°)	0.436	B2 係留索張力 (tf)	3.5
ξ_5 (Pitch) (°)	0.144	B3 係留索張力 (tf)	2.9
ξ_6 (Yaw) (°)	3.870	B4 係留索張力 (tf)	2.3
		B5 係留索張力 (tf)	5.4
		B6 係留索張力 (tf)	5.5

数値解析法の開発が必要である。なお、数値計算に際しては(株)三井造船昭島研究所の島田 潔氏より多大なご協力とご指導を頂戴した。ここに記して感謝致します。

参考文献

- 1) 小林正典, 島田 潔, 藤平 徹: 複合外力下における係留浮体の応答シミュレーション, 三井造船技報, 第125号, pp.10~18, 1985.
- 2) 高木幹雄: 浅海域における船体運動について (その1), 西部造船会々報, 第50号, pp.29~57, 1975.