

多点ブイ係留時の大型タンカーの動揺と係留力の現地観測

高山知司・吉岡 洋・西田善道*・山元淳史**・岩井 卓***・
原 正典***・鳥井正志****・関田欣治*****

*住友金属工業(株)建設エンジニアリング事業部

**出水興産(株)北海道製油所 工務課

***出水エンジニアリング(株)エンジニアリング室

****新日本製鉄(株)鉄構海洋事業部 海洋・鋼構造エンジニアリング部

*****東海大学海洋学部海洋土木工学科

要 旨

岩手県久慈港の多点係留ブイバースにおいて、1995年12月6-7日および17-18日にかけて、タンカー(10万トン)が係留できる限界の強風、高波浪条件のもとで、風速、波高および係留力の変化を計測するとともに、キネマチックGPSを適用して、船体の動揺を計測し、その周波数特性について解析し、風や波との関係を調べた。風はサージング、スウェーピング、ヨーイング、係留力の長周期変動を起こし、波はローリング、ピッチング+ヒービング、係留力の短周期変動を起こす。風波はうねりに比べ、船体動揺への影響は小さく係留力への影響は大きい。

キーワード: 多点係留ブイ, 現地観測, キネマチックGPS, 係留タンカーの運動, 係留張力

1. はじめに

外洋に面した海域における大型タンカー係留用施設としてよく用いられる一点係留ブイバースでは、係留したタンカーがブイの回りを大きく振れ回るために広い占有面積を必要とする。一方、多点係留ブイバースは、タンカーの振れ回り範囲を制限し、占有海域を小さくする利点があるけれども、波浪や風によって大きな係留力が発生する可能性が高い。日本地下石油備蓄株式会社は、タンカー係留海域の制限もあって、原油受け払い用の大型タンカー係留施設として岩手県久慈港の国家石油備蓄基地の沖合い2kmの水深24mの地点(Fig.1上)に多点係留ブイバースを平成5年に建設した。外洋に直接面した海域に建設された多点係留ブイバースとしてはわが国最初の施設である。建設に当たって、水理模型実験や数値計算によって係留時におけるタンカーの動揺や多点係留ブイに作用する係留索張力などが詳細に調べられた(高山ら1992,1994)が、

それらの妥当性を現地において検証することは非常に重要である。一方、近年位置のリアルタイム精密測量法としてキネマチックGPSが注目され、海上作業への適用方法が開発されている(浜田ら1995)。そこで、係留タンカーの動揺と係留索張力に関してキネマチックGPSを適用した現地観測を実施した。

観測データはまず10分平均の統計値にまとめられて相互関係が解析され、それと数値モデルとの対応を調べた(高山ら, 1996)。さらに周波数特性を調べるために、観測データを約1時間の時系列データ群に編集してFFTによるパワースペクトル解析を行うとともに、パワースペクトルの長周期成分と短周期成分を有義値で代表させてそれらの時間的な変化を追跡した(高山ら, 1997)。本論分はそれらの総合報告として、第2章に観測方法と観測条件、第3章で統計値解析結果を、第4章で数値モデルとの対応、第5章でパワースペクトル解析結果、第6章で有義値ベースでの解析結果を述べる。

2. 観測条件と観測方法

現地観測は1995年12月6-7日(ケース1)と17-18日(ケース2)の2回に分けて、東雄丸(10万トン)を用いて実施した。タンカーは船首を東方の久慈湾口に向けて6個のブイで係留されており、船上における風速と風向、波浪観測ブイシステムによる波浪と流れ、GPSによる船上2点(GPS.A, GPS.B)の位置、およびタンカーの船尾側2点のブイに対する係船索張力(Tension.A, Tension.B)が測定された(Fig.1下)。その他に、タンカーの喫水および潮位のデータを収集した。

GPSの基準局を海岸(石油備蓄基地)に、支局を船上の船尾付近の船首軸に対象な2点に設置し、キネマチック法により水平・鉛直3次元の位置をリアルタイムで1秒ごとに、地球楕円体に準拠した緯度経度および高度の出力を得た。解析に当たり、それを係留バースの浮沈ホース固定点(PLEM)を原点とする東西(X軸)南北(Y軸)および標高(Z軸)の座標に変換した。船体の動きを完全に記述するには船上3点で位置計測しなければならないが、今回は船の電源の関係で2点だけで計測したため、ピッチングとヒービングとが分離できなかった。また、船体重心は船首軸上(二つのGPS測定点を結ぶ線の直角二等分線上)における最小変動点と仮定して、10分毎のGPS位置データから最小2乗法で重心位置を計算すると、約10mの範囲で値がばらついた。すなわち、船の運動がほとんど並進運動であり、回転運動が微少なので、本方法では求められない。そこで、便宜的に設計図にある中心点(○)を重心とした。

風速・風向計は船尾付近の屋上(平均高度23m)に設置され、測定に対する係留船の動きの影響は微少であり、1分毎の計測値は静止座標系の値とみなしてもよい。波浪観測としては、係留船の北東約500mに設置されている波浪観測ブイ(ENDECO INC. 製)によって、毎正時に1024秒2048個のデータが得られ、波向、有義波高・周期が算出されている。波浪観測ブイの下には流速計も係留されており、毎分の流速、流向データが取られている。船体とブイとは3本のワイヤーロープおよび1本の補助ロープで結ばれていて、各ワイヤーロープの張力が1秒間に5回計測され、その最大値が1秒毎に精度1トンで出力された。本解析ではブイへ接続されるロープの合張力を係船索張力とした。

喫水データは船首部(D.L.(F))と船尾部(D.L.(B))の目測値である。ケース1においては石油の積み込みが行われ、喫水は上昇し、ケース2においては積み出しが行われ、喫水は下降した(Fig.2)。喫水が小さくなれば風の受圧面積が増し、船体が軽くなることもあって、船体動揺に対する風の効果が大きくなる。GPSは船尾部に設置されたので、GPS測得高度の補正には船尾部喫水値を用い、風の受圧面積の指標には平均喫水値(D.L.(mean))を用いた。

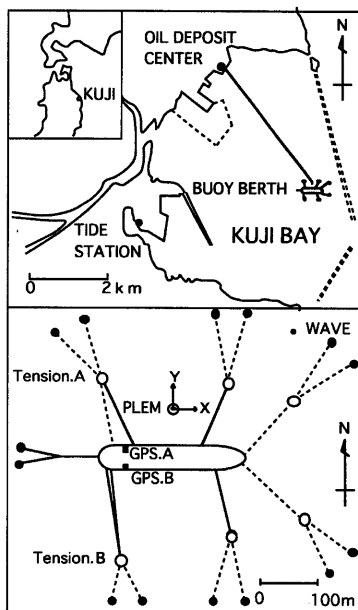


Fig.1 Location of multi-bye mooring berth (upper figure) and the formations of mooring and observations (lower figure)

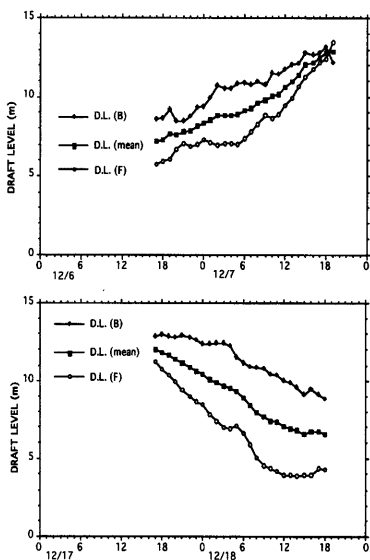


Fig.2 Changes of draft levels in Case-1(Upper) & Case-2(Lower)

Fig.3に当日の天気図, Fig.4に観測期間中の風速, 風向, 有義波高・周期, 波向を示す。両ケースとも, 三陸沖に低気圧が発達した冬型気圧配置で, ケース1では, 最大風速12m/sの西風が連吹し, 最大有義波高1.8 m, 有義波周期12sのうねりが, 湾口方向から来襲した。ケース2では, 最大風速18m/sの西北西の風が吹き, 最大有義波高は1.3 m, 有義波周期6 sの風波が湾口北よりから来襲した。18日12時頃, 風が最大になるにもかかわらず, 波高は高くならなかった。この西よりの陸風による湾内の風波は, フェッチが2 km程度なのでせいぜい0.5m以下の有義波高しかないのに, 実際には有義波高は1 mを越え, 波向きは湾口北よりである。従って, 風波といっても湾外で発達したものが湾内に回折してきたものであり, 湾内の強風は湾内に進入してきた風波の逆風となり, 湾内で波高を減衰させている。

Fig.5に示すように, 両ケースとも流れは小さく(<5cm/s), 船の動揺に対するその影響はほとんどないと考えられる。風速, 波高ともに時間変化が大きいため, GPS, 係留力などの連続観測データを10分毎に区切り, 統計処理(平均, 最大, 最小, 標準偏差)を行って, 以下の統計値解析に用いた。

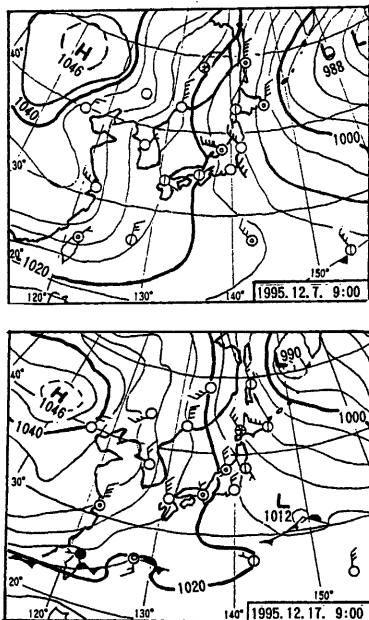


Fig.3 Weather maps at Case1 & Case 2

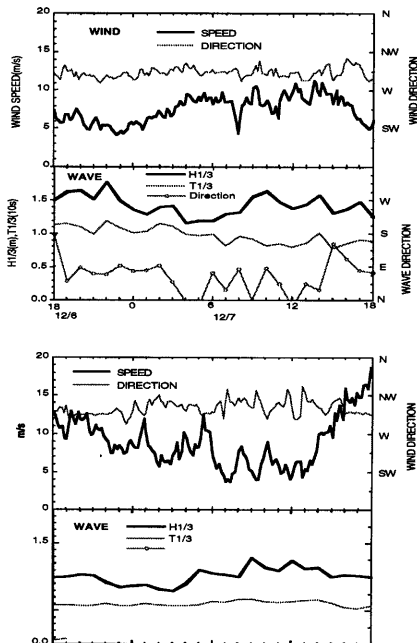


Fig.4 Wind and wave conditions at Case(1) & Case(2)

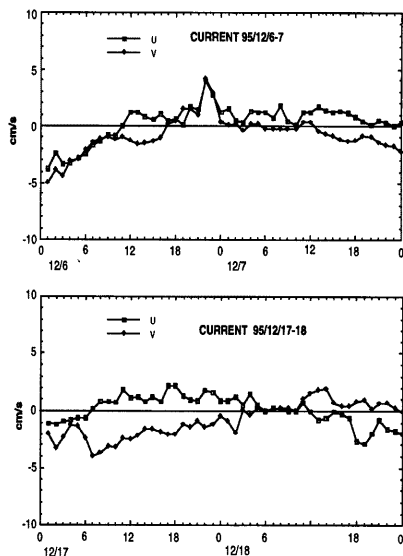


Fig.5 Currents at Case(1) & Case(2)

3. 統計値解析結果と考察

Fig.6は重心の位置の東西および南北方向の変化を10分毎に平均値と変動分(標準偏差・最大・最小)をプロットしたものであり、東西成分の変動分はサージング、南北方向の変動分はスウェーイングによるものである。ケース1では、船首方向に数時間周期で約5 m移動しながら、6 m程度のサージングがみられるが、横方向の変動はその半分程度である。一方、ケース2では18日午後の強風時期をのぞき、動きは小さい。

Fig.7はGPS 2点(A,B)の高度差から求めた左右方向の傾き(左上がりか+), および2点を結ぶ線と直行する方向(船首方向:北から時計回りの角度)をプロットしたものであり、前者の変動分がローリング、後者の変動分がヨーイングによるものである。両ケースとも船はほとんど水平で、ヨーイングやローリングは1度以下と微小であったが、波の卓越したケース1ではローリングが、風が卓越したケース2ではヨーイングが比較的大きくなっていた。

Fig.8はGPS 2点(A,B)の平均高度をプロットしたものであり、変動分がピッチングとヒーピングによるものである。ピッチングとヒーピングが重なったものとして、ケース1では1 m程度、ケース2では50 cm程度の変動成分がみられた。1時間毎に平均高度をプロッ

トすると、潮位変化から喫水変化を引いた値とよい対応を示している(Fig.9)。GPSデータからGPS 2点間の距離を求めると、船上固定点間の距離なので一定値(約40 m)になるはずが、標準偏差で、0.5 cm, 最大最小幅で5 cm程度のばらつきがでた。今回のGPS観測精度はこの程度と言えるので、Fig.9にみられる1 m程度のずれは主に喫水の目測誤差であろう。

Fig.10は係留張力の変化であり、ケース1では風がやや左舷寄り(船尾方向から吹いていたために、係留索張力は左舷側(Tha)で平均15 トン、右舷側(Thb)で平均10 トンと、両者に差が現れている。ケース2においては左舷側で平均15 トン、右舷側で7 トンで、風がケース1よりさらに左舷側寄りに吹いたために、係留索張力の左右の差が大きくなった。

係留力の差(Tension.A-Tension.B)と船の南北方向の位置(Y-GPS)にはFig.11に示すように明瞭な対応が認められ、ケース1ではY-GPSが-99.5 mの時、左右の張力が11 トンで、またケース2ではY-GPSが-97.0 mの時、左右の張力が9 トンで釣り合っている。係留バース設計で用いられたカタナリーモデルによる、「係留力」と「係留点とアンカーの水平距離」の関係曲線を、上記の釣り合い関係を考慮して係留力と位置の関係図に重ねると、Fig.12に示すように一部ばらつきがあるもののほとんどのデータが設計曲線に沿っている。

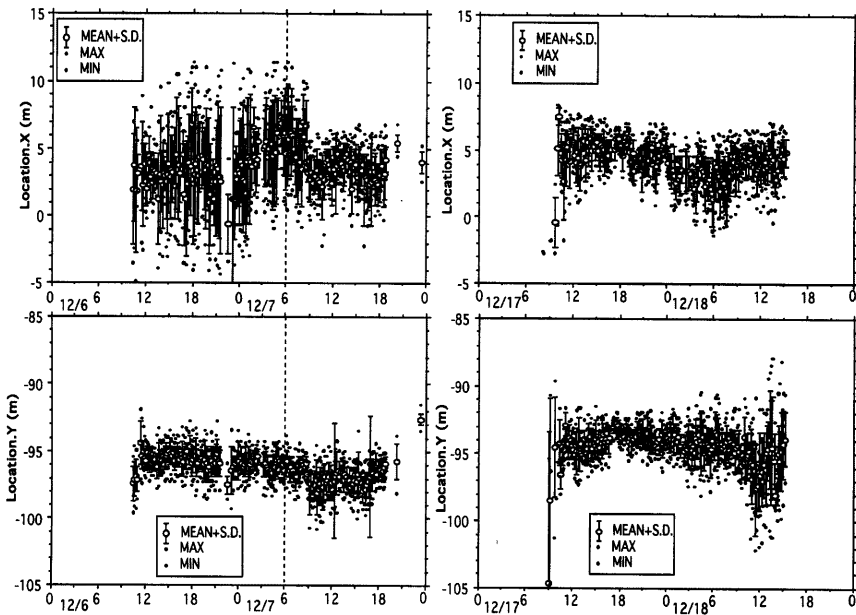


Fig.6 Variation of position of the tanker at Case 1(Left) and Case 2(Right)

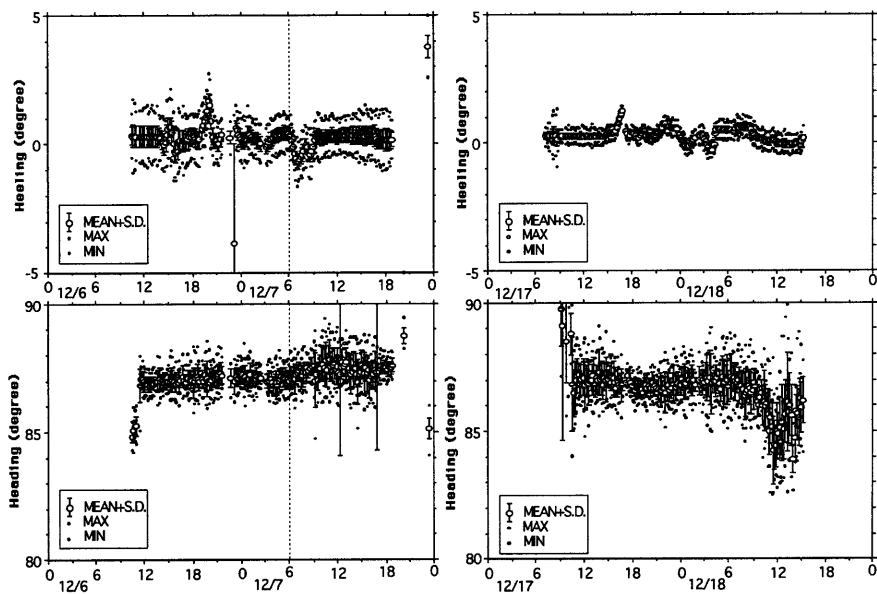


Fig.7 Variation of heeling and heading of the tanker at Case 1(Left) and Case 2(Right)

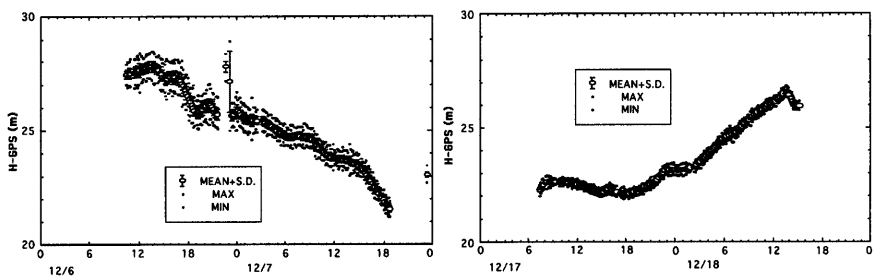


Fig.8 Variations of GPS height at Case 1 (Left) and Case 2(Right)

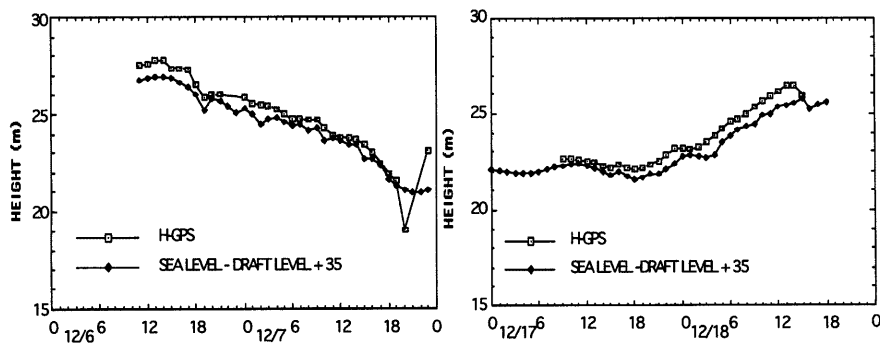


Fig.9 The relation between GPS height and (Sea Level - Draft Level) at Case 1 (Left) and Case 2(Right)

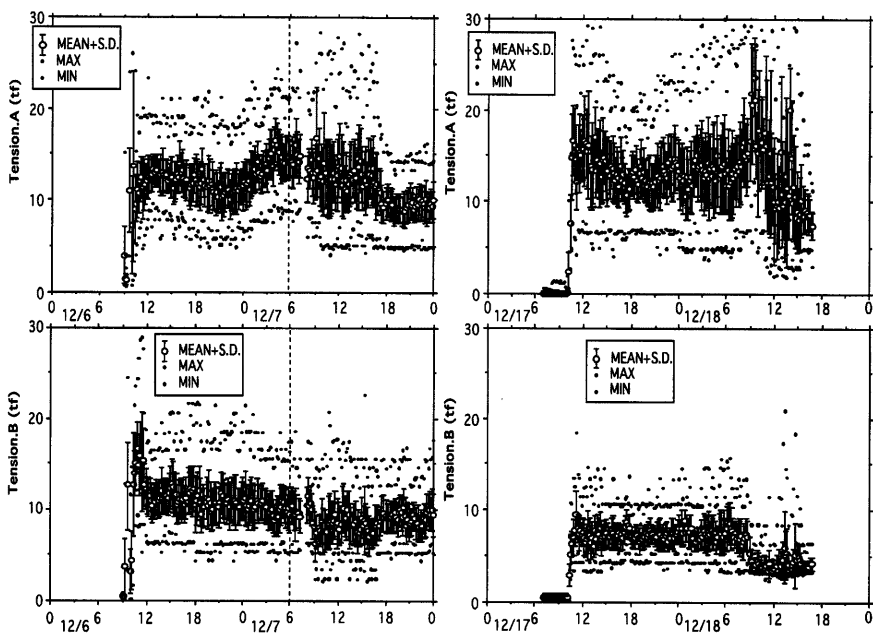


Fig.10 Variations of mooring tensions (A:Upper, B:Lower) at Case1(Left) and Case2(Right)

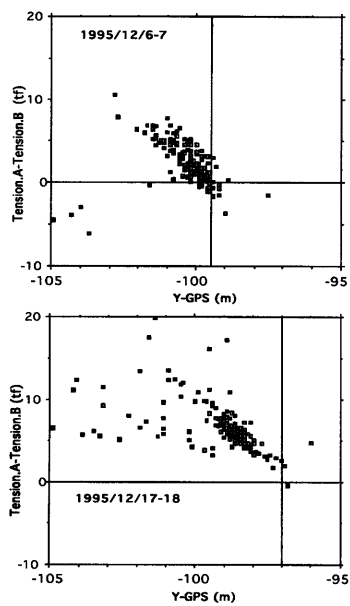


Fig.11 Location (Y-GPS) and tension balance

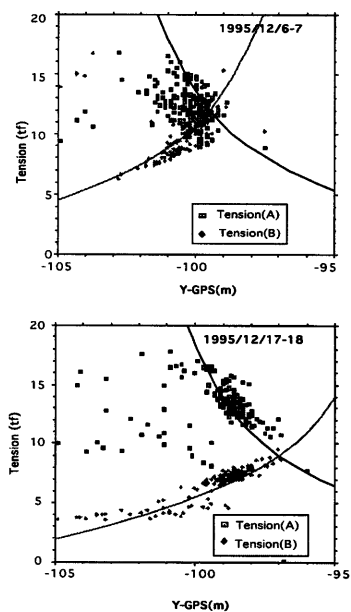


Fig.12 Location (Y-GPS) and tension (line show catenary model)

4. 数値計算結果と評価

係留バース設計に用いた数値計算モデルに12月7日6時の実測外力 (Fig.4の破線で示す時刻の値; 風速9m/s, 風向200degree, 有義波高1.2m, 周期10s, 波向ENE) を与えて船の動揺や係留力を計算し, 実測 (Fig.6,7,10の破線で示す時刻の値) と比較検証した。その際, 左舷係留力Tension.Aと右舷係留力Tension.Bが11トンで釣り合っているという観測結果 (Fig.12) から, 妥当と考えられる初期係留索張力を設定し, また運動方程式中の流体力係数は, 長周期運動 (サージング, スウェーイング, ヨーイングのみ) と短周期運動 (全運動モード) とで運動の周波数特性を考慮して別々に設定し, さらに変動風と不規則波のパワースペクトルは実測の近似値を用いて数値計算した。動揺, 係留力の変動幅・変動周期の実測値と計測値は若干のばらつきはあるもののほぼ一致した。波向きに分散があることを考慮して, 波向きを実測値 (ENE) を中心にEからNEまで変えて計算すると, 波向きがN側に寄るほど変動幅が増加し, データのばらつきの要因であると考えられた。(Table 1) (鳥井ら, 1997)

5. スペクトル解析結果

5.1 スペクトル解析の方法

風, GPSおよび係留力のデータはサンプリングインターバル1sで観測期間中ほぼ連続に取られているが, 外力である風や波の定常性が期待できるのはせいぜい1時間くらいである。そこで, 1時間毎に2048個 (約34分) の時系列データをつくり, トレンドを除去してFFTでパワースペクトルを求めた。一方, 波は測器の時間応答特性が30sより長周期域で悪いので, 30sから1sまでの周期帯のパワースペクトルを利用した。

5.2 パワースペクトルの例

Fig.13は6日21時の風速, 波, タンカーの動揺及び係留力のスペクトルを表す。平均風速は3.7m/s, 有義波高は1.6mであった。波のスペクトルには, 周期12sに大ピーク, 周期6sに小ピークがあり, 風波よりうねりが卓越している。Fig.14に17日13時のスペクトルを表す。平均風速は9m/s, 有義波高は1.1mであった。波のスペクトルには, 周期6sに大ピーク, 周期12sに小ピークがあり, うねりより風波が卓越している。

両ケースを通じて, 各スペクトルピーク周波数を整理すると, サージングは300s以上の長周期成分が卓越しているが, うねり周期にごく小さいピークがある。スウェーイングも300s以上の長周期成分が主であるが, 短周期領域の周期10sにもピークがある。ヨーイングも100s以上の長周期成分が卓越しているが, うねり周期にも小さいピークがあり, 風波周期のピークはさらに小さい。一方, ヒービングとピッチングは短周期が主

Table 1 Comparison between Observation and Calculation

WAVE DIRECTION	OBS.	CAL.		
	ENE	E	ENE	NE
SURGING (m)	±3.0	±0.3	±1.0	±4.0
SWAYING (m)	±1.0	±0.02	±1.5	±5.0
YAWING (degree)	±0.5	±0.0	±0.9	±3.4
TENSION-A (tf)	±3	±1	±5	+37 ~ -10
TENSION-B (tf)	±2	±0.2	±3	+28 ~ -6

成分でうねり周期に顕著なピークがある。ローリングも短周期が主成分で, うねり周期の他に周期10sに顕著なピークがある。係留力には長周期にも短周期にも顕著なピークがみられ, 長周期ではヨーイングやスウェーイングの周期に近く, 短周期ではうねり周期より風波周期で卓越している。

風は100s以上の長周期成分が卓越している。波は通常10s付近の短周期帯で卓越している。そこで船の動揺や係留力の長周期変動は風の影響であり, 短周期変動は波の影響であると言える。すなわち, サージング, スウェーイング, ヨーイングは風の影響が, ヒービングとピッチング, ローリングは波の影響が強いといえる。

3.3 パワースペクトルについての考察

両ケースを通じ, スウェーイングとローリングだけが周期10sにピークを持ち, 波のピークからずれている。船が横揺れを起こすときは, ローリングとスウェーイングが連成運動を起こす (合田1984)。東雄丸の横揺れの固有周期が10s程度とすれば, うねりや風波によって10sの横揺れ連成運動を起こしていると考えられる。船首方向 (サージングとピッチング) にも同様に連成運動が考えられるが, その固有周期は波浪周期よりずっと長いので波浪外力ではほとんど生じなかった。

係留力の短周期のピークは風波周期が卓越していた。うねりの影響はヨーイング, ヒービングとピッチング, ローリングには見られるけれども, 係留力には見られなかった。言い換えれば, 周期6sの風波では船体が波長より十分大きいので船の挙動には影響しないが, ブイに動揺を与えて大きい係留力を発生させる一方, 周期12-14sのうねりは船体にも動揺を与えているが両者を繋ぐ係留力には逆に影響が小さくなっている。このことは, うねりが湾口すなわち船首方向 (X軸) から来ているので, Y軸方向の係留力におよぼす効果が小さいけれど, 周期6sの風波は北より (Y軸) に寄せてきて, ブイの振動が効果的に係留力に影響したのであろう。

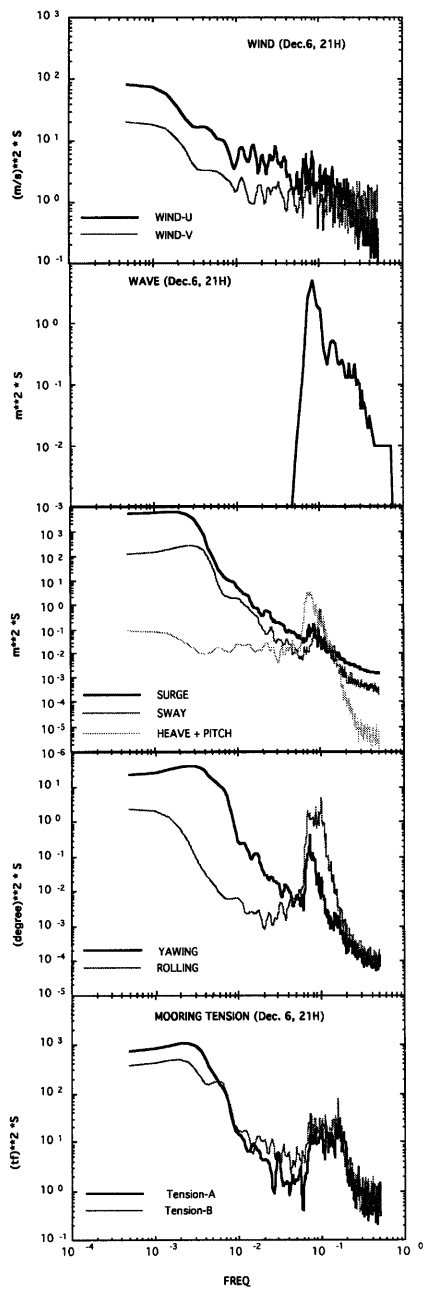


Fig.13 Power spector on Dec.6,21h

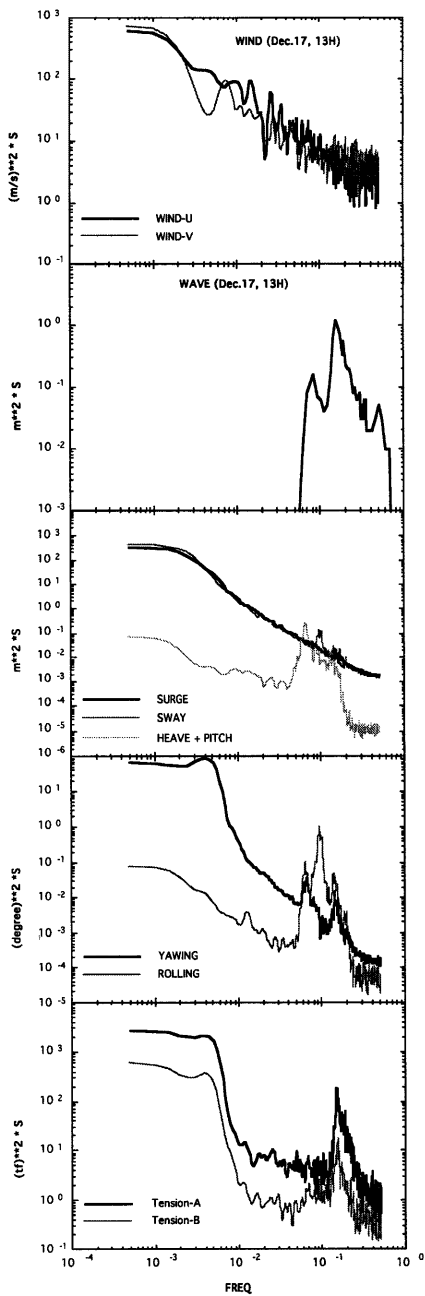


Fig.14 Power spector on Dec.17,13h

6. 有義値による解析

6.1 有義値の定義

2章で述べたように観測中の風や波の変化はめまぐるしく、定常性を期待できるのは1時間程度である。刻々と変化する外力とそれに応答する船体動揺や係留力の周波数特性を、1時間ごとにパワースペクトルを求めて議論するのは、情報過多でわかりにくい。前章で代表的なパワースペクトルを解析した結果、すべての変動量が主に風に影響される長周期成分と波に影響される短周期成分に大別できることがわかった。そこで観測全期間中の変動特性を把握するために、パワースペクトルから長周期成分と短周期成分の有義値を計算し、それらの変化と関係を追跡することにする。

波浪のパワースペクトルを全周波数域で積分した値は、波浪の全スペクトルエネルギーであり、水位変動の二乗の平均であり、有義波高はその平方根の4倍である。

$$m_0 = \int_0^{\infty} P(f) df = \overline{\eta^2}$$

$$H_{1/3} = 4.00 \times \sqrt{m_0}$$

そこで波に限らず変動量のパワースペクトルの積分値の平方根の4倍をその有義値と呼び、積分の上限と下限を選んで、長周期成分と短周期成分の有義値を求めた。

波は周期10 s以上のうねりと周期が6 s程度の風波が卓越していたので、周期9 sをうねり成分と風波成分の境界とした。風、GPSおよび係留力においては、主に風に対応している長周期成分と波に対応している短周期成分の境界として周期20 sを選んだ。

6.2 風及び波の有義値変動

Fig.15および16はケース1および2での風速の舷側方向成分(V)、波、船体動揺(サージング、スウェーイング、ヨーイング、ヒービングとピッチング、ローリング)、係留力(Tension.A, B)の有義値の全周期成分(TOTAL)、長周期成分(LONG)、短周期成分(SHORT)及び長周期成分と短周期成分の比(L/S)である。風の長周期成分と短周期成分は同程度で、平均風速にほぼ比例して変化した。ケース1では7日9時にはVの上昇が著しい。ケース2では18日12時過ぎには最強風が吹いた。波の方は、ケース1では、うねり、風波とも1 m前後と大きい、時間とともにうねりは少し弱まっているのに対し、風波は7日9時に風速Vの上昇と対応して大きくなっている。ケース2では、うねり成分は0.2~0.5 mと小さいのに対して風波成分は0.7~1.3 mと大きい。18日12時に最強風が吹いているにもかかわらず、波高は減少している。これは2章で述べたように、周期6 sの波は周期10 s以上のうねりと区別して風波と呼んできたが、実際は湾外で発達して湾内に回折してきたものである。湾内の強風は湾内進入波の

逆風となるので、ケース1のようにある程度の強風は湾外に高波浪を起して湾内進入波波高を高めるが、ケース2のようにあまりにも強く吹くと、湾内で波高を減衰させる効果の方が効いてくるのであろう。

6.3 船体動揺の有義値変動

サージング、スウェーイング、ヨーイングは長周期成分に比べ短周期成分が小さいので、全体の有義値が長周期の有義値に重なった。また、短周期成分については10倍で表記している。ヒービングとピッチング、ローリングは短周期成分の方が大きい。これは、船長に対して船幅が短いためと考えられる。ケース1の6日21時と7日13時の波はほぼ等しく、舷側にあたる風速変動Vは後者の方が大きいのに、スウェーイングは前者の方が大きい。また船首にあたる風速変動Uも後者の方が大きいのに、サージングは小さい。喫水は前者の7.8 mが後者で11.0 mである。すなわち喫水が上昇し風の受圧面積が減少したため、風が強くなったのに船体動揺は小さくなった。同様にケース2の17日13時と18日7時の波はほぼ等しく、風は前者が大きいにもかかわらず、サージング等の船の動揺は後者の方が大きい。前者の喫水は12 m以上あり、後者は8.3 mとなって、やはり喫水の変化に伴う風の受圧面積の変化が船体動揺に効いている。

6.4 係留力の有義値変動

ケース1では7日9時にTension.Aの上昇が長周期・短周期成分ともに著しく、風速有義値Vの上昇に一致している。この時Tension.Bには著しい変化は見られない。ケース2では、Tension.Aが18日11時に有義値が約26 tfになり、Tension.Bが18日13時に有義値が約11 tfになった。この時の平均係留力はそれぞれ25 tfおよび5 tfであった。ケース2はケース1と異なり、風速Vが上昇する時の対応が長周期成分にしか見られない。係留力の短周期変動は風波によって作られており、ケース1では風と波の発達が一致したが、ケース2では波が発達しなかったためである。

Tension.A.Tension.Bとも長周期と短周期の比は1.0前後であり、風の影響も波の影響も同程度に効いている。張力計は船尾Y軸方向につけられているので、ローリング、ヨーイング、スウェーイングが係留力に影響すると考えられる。事実、両ケースの長周期有義値において、ヨーイングとスウェーイングはTension.Aとよく対応しているが、ローリングはケース2の短周期有義値で対応がみられる。7日9時のヨーイング3度、ローリング1度が船尾付近で起こす水平移動は、それぞれ8 mおよび35 cmと見込まれる。この時スウェーイングは6 mであり、ローリングに伴う水平移動は非常に小さい。ケース2でローリングと係留力が短周期成分で対応がみられたのは、風波によって船はほとんど動揺しなかったが、ブイが動揺したためである。

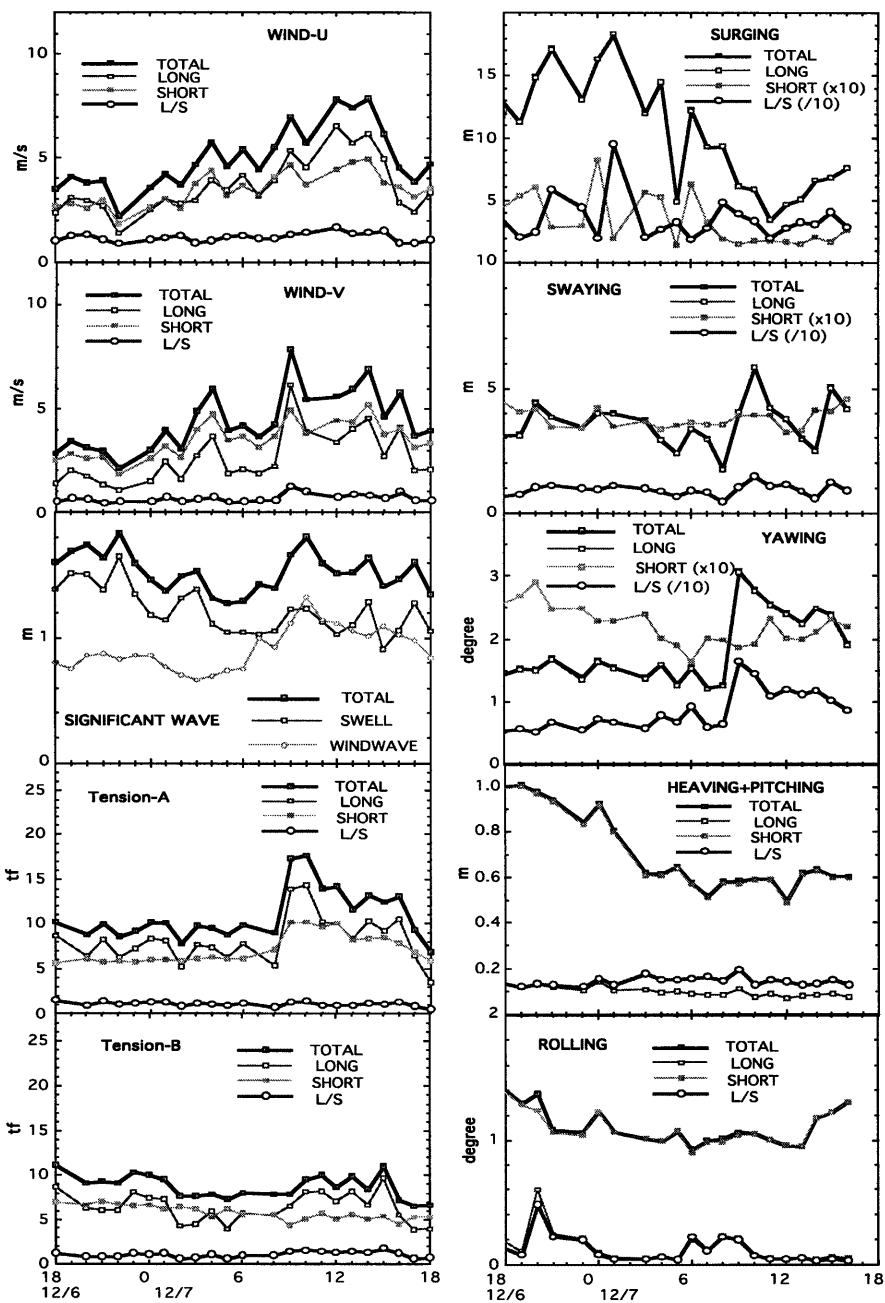


Fig.15 Variations of significant values in Case-1

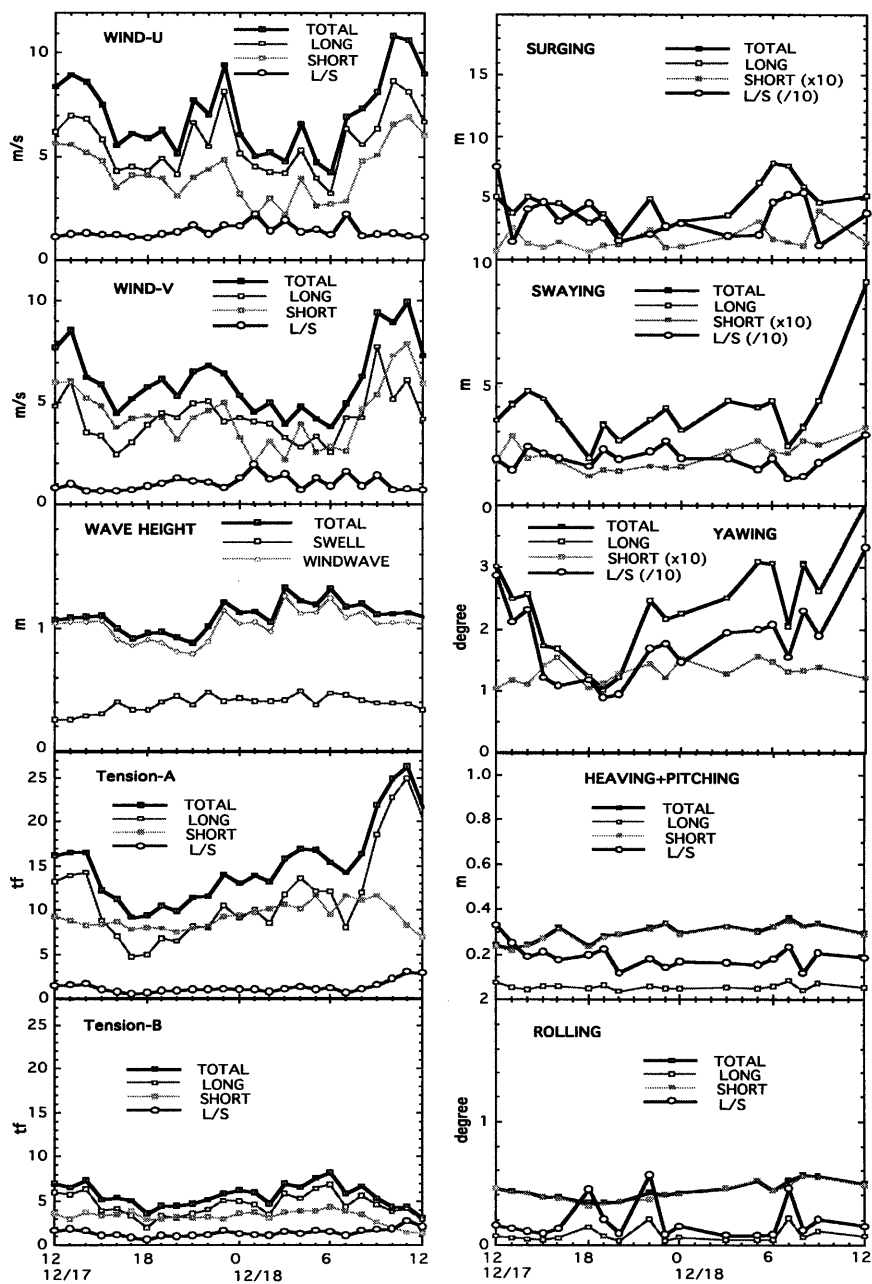


Fig.16 Variations of significant values in Case-2

Tension.AがTension.Bに比べ風とよく対応するのは、風が左舷側から吹いて、ワイヤーは定常的にTension.A側で張りつめ、Tension.B側で緩んでいたためである。ワイヤーが張りつめていると船の短周期変動が敏感に係留力変化をもたらす。

7. あとがき

タンカーが多点係留できる限界の強風、高波浪条件のもとで、キネマチックGPSを適用して船体の動きを精密計測することができた。統計値解析結果は

1) 船体の移動には風の影響が強く、特に喫水が浅い場合に強い。

2) 係留索張力には風速と風向が大きな影響を及ぼし、風が北方向に変化すると、船体の受圧面積が大きくなり、左舷側の係留索に大きな張力が作用した。

3) 船の動揺、係留力の変動幅と変動周期は、数値モデルの流体力係数、初期張力等を適正に設定することで、多点係留バース設計プログラムによる計算と実測値が良く一致した。

スペクトル解析結果は、

(1) ヒーピング・ピッチングは、うねりの周期で運動するのに対し、ローリングは、うねりと風波の周期でも運動するが、固有周期(10 s)の運動が卓越する。(2) 風は100 s以上の長周期成分が卓越し、サージング、スウェーイング及びヨーイングの運動に影響する。サージング、ヨーイングはうねりの周期でも運動するが、風による長周期運動に比べはるかに小さい。スウェーイングも風による長周期成分が主だが、うねりが来襲する場合、連成運動によってローリングと同じ周期で短周期運動も起こす。

(3) 係留力については長周期成分は風による船体運動(スウェーイング、ヨーイング)と関係が深い。短周期成分はうねりより風波との関係が深い。係留力の短周期成分においては風波がブイを動揺させて影響を与える。

謝辞

荒天時の困難な観測に格別の便宜を図っていただいた日本地下石油備蓄株式会社へ厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 高山知司・平石哲也(1992): 多点係留ブイバースにおける係留張力と船舶の運動に関する模型実験, 港湾技研資料, No.735, pp.1-36.
- 高山知司・平石哲也・関田欣治・鳥井正志(1994): 多点係留ブイバースにおける水工学的諸問題とその対策, 海岸工学論文集, 第41巻, pp.956-960.
- 浜田賢二・石崎武・三浦英夫・林忠夫・清水則一・中川浩二(1995): 海上作業船の位置測定のためのリアルタイムGPS測量システムの開発, 土木学会論文集, No.510, pp.153-163.
- 高山知司・吉岡洋・山元淳史・岩井卓・鳥井正志・山元淳史・関田欣治(1996): 多点ブイ係留時の大型タンカーの動揺と係留力に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.921-925.
- 高山知司・吉岡洋・山元淳史・西田善道・鳥井正志(1997): 多点ブイ係留時の大型タンカーの動揺と係留力の周波数特性, 海岸工学論文集, 第44巻, 印刷中
- 鳥井正志・高山知司・吉岡洋・関田欣治・山元淳史・原正典(1997): 多点ブイ係留された大型タンカーの現地観測に基づく数値モデルの検証, 海岸工学論文集, 第44巻, 印刷中。

Field Measurement of Rope Tensions and Motions of a Tanker Moored at Multi-Buoys

Tomotsuka TAKAYAMA, Hiroshi. YOSHIOKA, Yoshimichi NISHIDA*, Atsushi YAMAMOTO**, Taku Iwai***, Masanori HARA***, Tadashi TORII**** and Kinji. SEKITA*****

* Construction Engineering Div., Sumitomo Metal Industries, LTD.

** Hokkaido Refinery, Idemitsu Kosan Co., LTD.

*** Engineering Design & Technical Service Center, Idemitsu Engineering Co., LTD.

**** Marine Construction & Engineering Div., Nippon Steel Corporation

***** Dep. Ocean Civil Engineering, School of Marine Science and Technology, Tokai University

Synopsis

Field measurement of mooring tensions and motions of a tanker in multi-buoy berth was carried out at Kuji National Oil Reservoir Base in Tohoku-district on Dec.6 to 7 and 17 to 18, 1995. The motions of the tanker were measured by kinematic GPS. The results of spectral analysis about the mooring tensions and motions of the tanker show that wind induces long period motions and slowly varying tensions and wave does short periods motions and rapidly varying tensions. Wind waves are less effective on motions of the tanker but more effective on tensions than swells. The results were compared with numerical simulation.

Keywords: multi-buoys; field observation; kinematic GPS positioning; tanker motions; mooring tension