

39 浮体式海洋構造物のスラスタによる長周期動揺制御

【討論】佐尾邦久君 (1) PID制御が波周期成分に応答しているのは、制御系への入力から波周期成分を除去していないためと思われるが、カルマンフィルターなどを用いて長周期成分のみを入力すれば、LQI制御と同様の結果が得られるでしょうか。

(2) LQIと H_∞ 制御では長周期動揺がほぼ零となっている。このことから、例えば、縦波とか横波などの単純な(モーメントの作用しない)状態では、制御力は長周期の変動外力にほぼ等しいと考えてよいのでしょうか。もし、そうなら、制御スラスタの設計の大きな目安が得られることになります。

(3) 本研究はセミサブを対象としているが、長周期動揺がセミサブより大きいタンカー型(例えば、Turret Mooring)でも長周期動揺をほぼ零にまで制御できるでしょうか。又、その場合、スラストは上記3と同様、変動外力にほぼ等しいと考えてもよいのでしょうか。(SPMは、つねにほぼ船首方向から波をうけるのでSuregeが主要な制御対象となる)

【回答】(1) PIDとカルマンフィルターを組み合わせたものと最適制御とはほぼ等価です。これは、カルマンフィルターは基本的には全状態オブザーバであり、最適制御は比例・積分動作と全状態オブザーバを合わせたものとなっているからです。微分動作はオブザーバに含まれていると一般には言われています。カルマンフィルターの設計のときは、外乱の実データから共分散行列の推定を丁寧にやります。これは全状態オブザーバを安定化する際の重み行列のことです。ただし、一般のフィルターを用いる場合には位相遅れについて慎重な配慮が必要です。場合によっては、そのためにシステムが不安定になることがあります。

(2) 長周期動揺が完全に制御できている状態では制御力と長周期の変動外力はほぼ等しいですが、変動外力の大

きさが何らかの理由で大きく変動し、運動が生じた状態から考えれば加速度が生じているので変動外力よりも大きな制御力が必要となります。したがって制御スラスタの能力は若干の余裕をもって設計する必要があります。

(3) スラストが変動外力に匹敵する制御力を発生することが可能ならタンカー型でも長周期動揺をほぼ零にすることができると考えられます。

【討論】竹内倶佳君 制御は離散化してサンプリング周期を0.01秒にしてデジタル制御でおこなっているようですが、系の周波数特性から考えて0.1秒位でも良いと考えられます。この場合、制御性能が悪くなるのでしょうか。

【回答】一般的には0.01秒程度のサンプリング周期が必要です。すなわちカルマンフィルターを用いるにしても、 H_∞ を用いるにしても、周波数特性を劣化させないためには、極半径の逆数の1/10程度のサンプリング周期が必要とされています。本研究でのコントローラの次数を考えると、極に半径35の制約条件をつけても0.01秒は決して十分すぎる事はないと考えられます。ただしハードウェアに特別の制約がある場合にはさらに低周波数のサンプリングでも可能かもしれませんが、大きく下げる事はできないと思われれます。

【討論】山崎哲生君 本論文では3種類の制御のうち、 H_∞ 制御が最も性能がすぐれていると結論されているが、今後の課題とされている係留ラインの制御の方法、時間間隔などによって、この結論が影響を受けるかどうかを質問する。

【回答】係留ラインの制御はその機構上きわめてゆっくりとしかも時間間隔をおいて制御するものと考えられますので本研究におけるスラスタ制御との干渉は少なく、今回の結論は影響を受けることはないと考えられます。

42 Post-Yield Behavior of Ship Plates

【討論】北村 欧君 面外荷重を受ける板と梁の挙動については、簡易式(5), (6), (12), (13)にあります様に、暗黙裡に「伸び」が一定のスパン(標点距離)内で生じる事を仮定されてきております。面外撓み Δ (と伸びの関係)の定義から考えますと、実船の船側衝突破壊現象ではこのスパンは垂直トランスウェブまたは水平サイドストリンガーの心距に相当する事になります。

船側外板に生じる高張力は、作用方向の相違(折れ曲がり角に起因)並びに、衝突接触域の上下に位置する健全な船側外板及びそれに連続する上甲板、船底外板の剪断拘束によって、衝突位置から離れるに従って徐々に減少するのですが、実際にはかなりの高張力域が数トランススペース分或いは、サイドストリンガーを超えて発生します。この理由は、トランスウェブ及びサイドストリンガーは面内剛

性は高い反面、面外剛性（それぞれ船舶の長手方向、或いは深さ方向）が殆ど無い為です。換言しますと、船側外板の伸びの有効スパンは主として接触部（面外荷重を受ける部分）寸法と船側外板の全体寸法の比に依存するものであり、主防撓材の心距とは特に関連が無いと言う事です。重ねて申しますと、梁・板の面外荷重に対するスパンと面内一様引っ張り荷重に対するスパンとは異なるという事です。衝突による船舶の船側破壊の例では、一般的に1トランススペースよりも長い範囲で伸びが生じるために、貫入量に対応する発生接触力は少なく、従ってエネルギー吸収量もまた小さくなります。（提案の簡略推定式の与える結果よりも）

従いまして、有効スパンの値の特定は重要課題であり、今後伸び変形の有（等価）スパンの算定に関する研究を継続される事を望みます。

43 アルミニウム合金構造の強度に関する研究（その1）

【討論】 糸山直之君（1）“Table 5 Results of compression tests”中のMaximum loadのExp./Cal.が、0.5～0.7になっていて、実験値が計算値に対してかなり小さめの結果であるような印象を与えます。この理由は本文中に説明があるように、試験体の全断面が有効にはたらくとして計算した最大荷重を、“Cal.”の値とするというように、シンプルに扱っており、実際は、圧縮荷重により局部的に座屈/塑性化を始め、有効断面が減少するため、実験値が小さくなると思われます。従って、板厚に対するリブのスカントリングやピッチの組合せなど、パネル設計を変えればExp./Cal.の値は変わる、つまり、座屈に対する最適設計が可能であると思われますが、いかがでしょうか。

（2）実験値にはバラツキが付きものですが、この座屈試験ではどの程度のバラツキがあるとお考えですか。

【回答】（1）ご指摘のとおり、パネル部およびリブ（防撓材）の強度性能（板厚、耐力等）と防撓剤の間隔において、必ず最適な組合せ方が存在します。一例として、溶接防撓板P-1のリブ間隔は250mmで、 σ_{eff} は132MPaですが、200mm間隔にした場合、145MPaとなりますが、150mm間隔まで狭めるとリブの有効率が低下し、逆に141MPaに減少してきます。

（2）軟鋼あるいは高張力鋼を用いた防撓板模型の場合と異なり、押出材等アルミニウム合金材料を用いる場合、リブの溶接による残留応力や初期撓みが小さいため、試験

【回答】ご指摘のように横強度部材は船長方向に対して拘束力が小さいと思われます。どの範囲までの外板が伸びに寄与するかは実際の事故、従来の実験と詳細解析の知見をベースにして構造破壊の範囲を把握することが必要となります。

衝突、座礁現象の特徴の一つとしては構造破壊範囲が小さく、構造の塑性大変形が突入物の近くに集中するのことは観察されています。従いまして、局部的な構造の破壊は全体の吸収エネルギーに大きな影響を与えられと考えられます。例えば衝突時船側構造に発生する主な損傷或は大きな凹みは衝突船船首の幅よりちょっと広いトランススペースウェブの間に集中します。それよりもっと広い範囲の変形もありますが、船首と直接あたる部材よりエネルギー吸収が小さい場合が多いと考えられます。今後、ご指摘の有効破壊範囲に関する研究をも進めるつもりです。

体個々のバラツキは小さいと考えられます。実際に、本研究で取り扱った座屈試験の結果では、2%程度、多くとも数%です。

【討論】 末岡英利君（1）縦シームやロンジの隅肉溶接は、防撓板の縦圧縮座屈強度には殆ど影響しないのではないのでしょうか。例えば、実験の模型II-2とP-1はパネル部の弾性座屈強度($b/t \approx 60$)、ロンジの形状・スパンが同一で結果的におよそ同一の座屈強度となっており、ロンジの隅肉の有無の影響は見受けられません。

（2）設計的には、船体外板や甲板のバット溶接を有する防撓板が溶接軟化の影響を受けて、どのような座屈崩壊強度になるか最も関心のあるところです。今回の論文では、直接触れられていませんが、何か知見なり今後の研究計画があるのでしょうか。

【回答】（1）縦シームやロンジの隅肉溶接によって溶接軟化域が生じますが、防撓板の座屈崩壊強度に対しては、荷重方向の溶接軟化域は、荷重と直角方向の溶接軟化域の場合と違って、ご指摘のとおり殆ど影響しないと考えられます。

（2）今後、防撓板構造の中にバット溶接を有する場合の座屈崩壊強度、あるいは、種々の溶接継手に対する曲げ強度等につきまして、実験および解析的に検討を進める予定をしております。