

氏 名	あら い しん いち 新 井 信 一
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和54年10月3日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最 終 学 歴	昭和46年3月 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士課程 修了
学位論文題目	箱型係留浮体の運動と係留鎖の張力および係留法 に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 岩崎 敏夫 東北大学教授 松本順一郎 東北大学教授 首藤 伸夫

論 文 内 容 要 旨

近年、石油備蓄システム、海上空港、洋上発電所等の建造が具体的に検討され始め、海洋の空間利用の立場から大型浮遊式海洋構造物を波浪に対し安全に係留し、その利用をはかることが重要な問題となってきたにもかかわらず、設置水深、構造物の形状寸法は従来の船舶や沿岸構造物と異なっており、また、波浪や変動漂流力等の外力に関してこれまで対象的に研究されたことはない。

本論文は一辺150 mの正方形断面で喫水50 mの箱型浮体が100 mないし200 mの水深に鎖で緩係留される場合を例にとり、波浪による浮体運動ならびに係留鎖に加わる張力について理論ならびに実験によって研究を行ない、これによって係留法設計理論を提案したもので、全編7章よりなる。

第1章は序論であり、本研究の目的および内容について述べている。

第2章では規則波中の浮体の運動性能を調べ、また、係留鎖による力がこれにどのような効果を及ぼすかを調べた。

まず、浮体に働く流体力としてはLewis form断面に加わる流体力を用い、これに有限水深の影響をとり入れストリップ法によって計算し、無係留浮体の運動を求めた。次に模型実験によって検照した結果、ストリップ法はHeavingやSwayingについては正しい結果を与えるが、Rollingにおいては渦を発生する等の効果が大きいので線形ポテンシャル論より求まる造波減衰力を修正する必要があることをみいだした。

次に、係留鎖の係留状態については、係留鎖が常に海底で這っている状態であれば定常動揺に及ぼす係留張力の非線形性の影響は非常に小さく、浮体の運動は線形係留力を用いて正確に求められるが、定常一定な漂流力が加わる等して係留浮体はその初期平衡状態から大きく片寄りして鎖が海底で立上ると、容易に衝撃的な大きな張力が発生するようになり、しかもこの時でも係留鎖は浮体の運動を抑止する効果を及ぼさないことを述べている。

このことより大型浮遊式海洋構造物の係留は、衝撃的張力が発生するような非線形性の強い係留にならないように考慮される必要がある。すなわち、係留鎖は浮体の漂流を防止する程度の強さを有する必要がある一方で、波による構造物の運動を拘束しようとしないうような柔らかさを有する柔係留にする必要があることを指摘している。

第3章では、係留力の非線形性が不規則波中でどのように評価されるべきかを Pierson - Moskowitz spectrum を用いた数値シミュレーションによって検討した。係留法は衝撃的張力が発生しないよう概略的に選定された張り方である。

シミュレーションの結果は衝撃的張力は発生しておらず、このように適切に係留された浮体の運動は係留力の線形、非線形にかかわらず同一であり、従って運動は線形で取扱ってよいことを結論した。ここでの計算例からは、少なくとも、鎖が海底で立上がり始めてから直線状の緊張状態になるまでの浮体水平変位区間の25%の点以内において Swaying していれば、柔係留と考えることができることを述べている。

また、Weather side と Lee side の係留鎖の張力の非線形性については、Lee side の張力は浮体の運動と同様な性質を有するが、Weather side の張力は線形係留力による方が非線形係留力によるよりも小さくなる。線形係留力で求めた浮体の運動から懸垂線理論を用いて求めなおした非線形係留鎖張力は、非線形係留力による係留鎖張力より大きく、これを用いれば設計上は安全であることが判明した。

次に、F.A. Hsu の理論による変動漂流力の効果は浮体の Swaying と係留鎖張力の低周波数部分に有意なスペクトルを出現させるし、Weather side の係留鎖張力は Swaying と強い相関をもつので、変動漂流力による長周期動揺の十分な検討が必要であることを指摘している。

第4章では、変動漂流力による長周期動揺も考慮した不規則波中での係留浮体の運動の推定法を検討している。しかし、浮体に加わる流体力は水深の効果が厳密に考慮される領域分割法によって求めている。

まず、F.A. Hsu の理論に基づき J.A. Pinkster が示した変動漂流力のスペクトル式は本問題の場合に有効であることを述べ、さらに、長周期波が存在する場合も含めて係留浮体の運動を求める方法を提案している。

実験による検照の結果、変動漂流力の影響は浮体の運動のうち Swaying にのみ長周期動揺として出現し、従って Swaying は低周波数帯域と波の主要部分が存在する通常周波数帯域に有意な成分をもつ双頭性のスペクトルを有するが、Heaving と Rolling は通常周波数帯域のみにスペクトルを有し、これらは正しく計算できることを示している。また、線形ポテンシャル論から求めた Swaying の固有周期における造波減衰力は実際のそれより小さく、注意してこれを修正する必要

のあることをみいだした。

さらに、Swayingの長周期動揺のスペクトルは係留系のバネ力および不規則波の平均周期が変わると大きく変化する性質を有することを、理論および実験の双方で確認した。

第5章では、実験結果を解析して考察することによって係留鎖に発生する最大張力の推定法を調べ、それが許容張力以下になるような係留系の設計法を提案している。

まず、係留鎖に発生する張力が浮体のSwayingの影響を強く受けるので、不規則波中における係留浮体の最大水平変位を求め、これを用いて懸垂線理論により設計上安全側を与える最大張力を推定できることを述べている。

次に、これまでの結果に基づいて係留系の具体的設計法を考え、係留系が柔係留となり、係留鎖に発生する最大張力が許容張力以下になるような設計手順を示している。

第6章では任意の方向から波が来襲する斜波状態を考え、不規則波中の運動を推定する際の基礎となる規則波中の無係留浮体の運動について、その簡易計算法を調べた。

まず、浮体のストリップ断面に加わる2次元流体力に斜波の入射角の効果を考慮する方法を示し、これを用いて浮体全体に働く流体力を算出する際に、従来の船舶に用いられている一断面ストリップ法でなく、新たに二断面ストリップ法を用いることを提案している。

次に模型実験により検照してみた結果、ここで提案した方法により斜波中の浮体の運動を十分な精度で求めることができることを示している。

第7章では、以上の研究において得られた結果を総括し、要約して述べている。

以上、本論文では箱型の大型浮遊式海洋構造物の運動と係留鎖の最大張力の推定法を明らかにした。また、今後に残された検討事項も少なくはないが、構造物の係留法に関して、従来の各種の規準や示方書に具体的設計法が明示されていない現状に対し、本研究は不規則波を考慮した係留設計方法の道筋を提示している。

審査結果の要旨

近年大型浮遊式海洋構造物の建設が要請されているが、構造物の形状が船舶などと異なり、また設置水深も大きく、波浪や変動漂流力の影響についてもこれまで研究された例がない為に、構造物の設計理論の確立が急務とされている。本論文は箱型大型浮体が鎖で係留されている場合の浮体としての運動と、係留鎖に加わる張力について理論の開発を行い、模型実験による測定によって理論解の検照を行うことにより、係留法設計理論を提案したもので、全編7章よりなる。

第1章は序論であり、本研究の目的ならびに内容について述べている。

第2章ではまず規則波の場合を検討し、その場合には従来のストリップ法によっても、有限水深ならびに造波減衰力の影響を加味すれば、変位が小さく係留張力を線型で扱える範囲であれば正しい結果を与えること、また係留鎖が海底で立上るような大きい変位では、係留張力として大きな非線形性の衝撃力が発生し、しかもそのときでも十分な拘束効果が得られないことを明らかにし、したがって係留浮体は浮体の漂流を防止し、しかも波浪による動揺を拘束しないような程度の柔係留にする必要があることを述べている。

第3章では、柔係留された箱型係留浮体に不規則波が作用した場合を検討した結果、浮体の運動には係留力の非線形性の影響はほとんどないこと、swayの変位は鎖が立上りを行う最大変位の25%以内であれば柔係留と考えてよいことを明らかにした。また、weather sideの係留鎖張力はswayと強い相関をもち、変動漂流力による長周期動揺の十分な検討が必要であることを述べている。

第4章では、変動漂流力による長周期動揺を考慮した不規則波中での係留浮体の運動の計算を、領域分割法による流体力を考慮して厳密に行っている。その結果、大型構造物では、swayの固有周期と一致する附近で2次のオーダーの変動漂流力が無視できない大きさをもち、またその周期附近のスペクトルの強さは、係留系のバネ力が強くなるか、不規則波の平均波周期が長くなると、小さくなることを明らかにした。

第5章では、係留鎖に発生する最大張力について検討し、浮体のswayの影響を強く受けることを述べ、したがって不規則波中における係留浮体の最大変位を求めることにより、設計上安全側を与える最大張力を推定できることを述べている。またさらに、これまでに得られた結果を用い係留系の設計手順を提案している。

第6章では、斜波中の規則波による運動について、2断面ストリップ法を提案している。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文は箱型浮体の係留法について合理的な設計の根拠を与えたもので、海洋工学の発展に寄与するところ少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。