

青森港 港湾文化交流施設「八甲田丸」の係留システムについて

青森ウォーターフロント開発(株)	奈良 聖
青森県 土木部 港湾課	正会員 小原恒平
大 都 工 業 (株)	加藤三郎
(株)東光コンサルタンツ	越智信博

1. 目 的

青森港は青森県の県都である青森市の前面に位置する重要港湾で、本州北端の主要商港として、また、北海道とのフェリー、鉄道連絡港として発展してきた。

青森港と最も関係の深い青函連絡船は、青森～函館間61海里(約113 km)に明治41年3月比羅夫丸が就航して以来、80年の歴史を有してきたが、昭和63年3月13日青函トンネルの開業により廃止となった。

現在、青函栈橋跡地地区はポートルネッサンス21計画による開発構想のもとに、歴史的に意義深い青函連絡船「八甲田丸」を活用した港湾文化交流施設を核として「賑わい空間」の創出をはかるべく計画されている。

本文は、その新たな港湾空間創出の中心となる「八甲田丸」の適切な係留システムについて検討を行ったものである。

2. 八甲田丸の沿革

八甲田丸は、昭和39年7月に三菱重工神戸造船所で竣工、昭和39年8月に青函連絡船に就航し、青森～函館間を3時間50分(速力18.2ノット)で結んでいた。

青函連絡船廃止以前より県民からの保存の要望が強かった八甲田丸は、県・市等による第3セクター青森ウォーターフロント開発株式会社により民活法の適用を受けた港湾文化交流施設として、青森港に固定係留されることとなった。

船内は展示施設・展望施設・多目的ホール・ロビー・店舗等に改装され思いで深い鉄道連絡船ミュージアムとして一般に公開される。

改造後の八甲田丸の主要目は、次の通りである。

総トン数	5380 (GT)
全 長	132.0 (m)
垂線間長	123.0 (m)
型 幅	17.9 (m)
喫 水	4.4 (m)

3. 設計内容

3.1 設計条件

(1) 風

船舶に作用する風圧力の算定及び港内波浪の設定に使用する設計風速は、昭和4年から昭和63年までの60年間にわたり青森地方気象台で観測された風資料を基に、高さの補正並びに海上風に補正し再現期間100年の確率風速とした。

ESE～SSE方向の風は、市街地方向からの風で背後には八甲田山が有り強風の出現頻度が小さいため、この方向からの風速は出現頻度を考慮して設定した。

以下に風条件を示す。なお、風向きは船首方向からの風向きを0°とし右回りの角度を示す。

- | | |
|----------------------------|----------|
| a). 67.5°~112.5° (ESE~SSE) | U=23 m/s |
| b). 上記以外 | U=30 m/s |

(2) 波浪

八甲田丸係留位置に影響を及ぼす波浪は、青森湾内での発生波浪と青森港内での発生波浪が挙げられる。

八甲田丸が係留される第二岸壁前面には、防波堤 $l=100\text{m}$ の計画があり防波堤が設置されない状態での波浪の再現期間は10年、防波堤を設置した場合は100年とした。

青森湾内発生波浪は、本港地区東防波堤の設計に際して算出された最大有義波高期待値より10年・100年確率の波浪諸元を求め、屈折・回折による影響を考慮して係留位置における波浪を算出した。

港内発生波浪は、風条件で算出された風速を基にしてS. M. B法により推算を行った。

表－１に波浪条件を示す。なお、波向きは船首方向からの波向きを 0° とし右回りの角度を示す。

表－１ 波浪条件

波 向 ($^{\circ}$)	最大有義 波 高 H_{max} (m)	有義波高 $H_{1/3}$ (m)	周 期 T (sec)
15	2.0	1.0	6.7
25	1.6	0.8	7.3
45	1.4	0.7	2.1
68	0.8	0.4	1.7
90	0.6	0.3	1.3
113	0.4	0.2	1.2

(３) その他

潮流は、係留位置が港内である為小さいと考えられるので考慮しなかった。

３．２ 設計方針

設計に当たって留意した事項は次の通りである。

- ① 船体に旅客乗降施設・陸上施設（給電・給排水・ボイラー）が設置されるので船体動揺量を極力抑える。
- ② 防舷材・係留索は、台風時等の異常時に於いても十分安全であること。
- ③ 船体及び老朽化した岸壁に大きな荷重が作用しないようにする。

３．３ 係留方法の選定

現在、我が国に於ける係留船舶の係留方法はチェーン係留・ドルフィン係留・ドック内係留に大別される。

八甲田丸の係留方法については青函栈橋に係留することからドック内係留は除外され、当初は実績のある船体にブラケットを設けてドルフィンで固定する方法で検討を進めていたが、構造物（船体ブラケット・ドルフィン）が大規模となり、また、既設岸壁も老朽化しており岸壁の改良も大規模なものになるので経済性の面よりこの係留方法を断念した。

採用係留方法は経済性、技術的可能性等の検討を踏まえて、岸壁に４個の空気式防舷材を設置し、係留索はナイロンロープを６系統用いる、防舷材と係留索の組み合わせによる方法を採用した。

この方法は、船舶等を固定係留させるシステムとしては我が国で初めてのものである。

３．４ 設計方法

船体の動揺量並びに防舷材・係留索の安全性については、前述の風速及び波浪諸元を用い変動風・波の不規則波を考慮した船体動揺シミュレーションにより船体動揺量（６運動成分）・防舷材歪み量・係留索張力を求め検討を行った。風向きと波向きは防舷材・係留索にとって危険となる方向、また、船体動揺量の各運動成分に対して動揺量が大きくなる方向とを組み合わせた。

船体動揺シミュレーションを行う場合、特に問題となるのは係留索の初期硬化による性能低下をどのように取り扱うかである。ここでは、切断荷重に対して25%変形領域内のバネ定数を低減することにより対処した。

船体動揺量を抑えるためには、係留索の本数を増しかつ初期張力を掛けることにより対処した。

4. 検討結果

4. 1 係留施設

図-1 に決定した防舷材及び係留索諸元を示す。

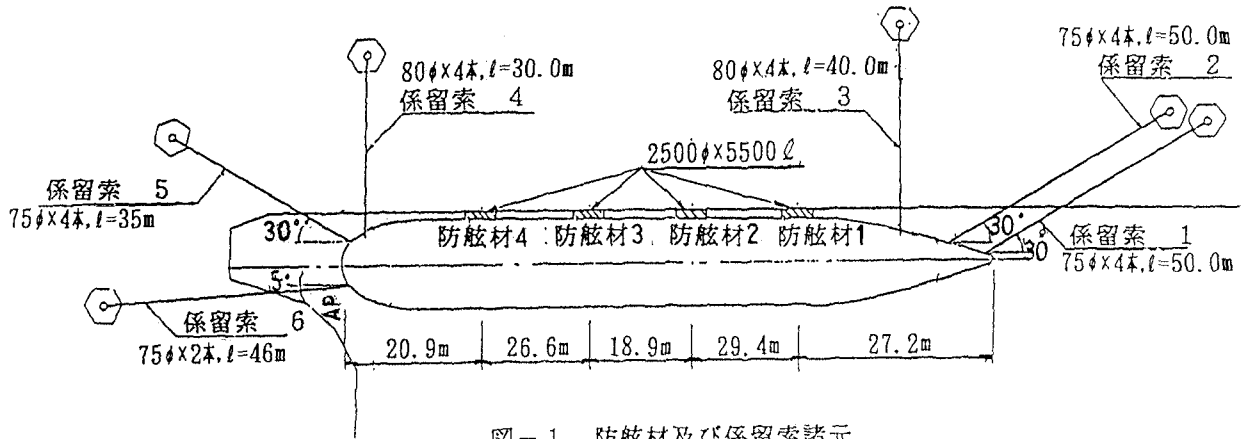


図-1 防舷材及び係留索諸元

4. 2 船体動揺量

図-2 に船体動揺量計算結果を示す。計算結果より動揺量は許容の範囲内におさまった。

運動成分	正 (+)	負 (-)	動揺量
サージ			-340(cm) S 102
スウェイ			100(cm) S 110
ヒープ			-15(cm) S 13
ロール			-9.829(°) S 4.467
ピッチ			-0.619(°) S 0.729
ヨウ			-0.345(°) S 1.038

図-2 船体動揺量計算結果

4. 3 防舷材歪み量

表－2 に各防舷材の最大歪み量を示す。計算結果より、各防舷材は許容歪み量50％を満足する。

表－2 防舷材最大歪み量

防舷材 1	防舷材 2	防舷材 3	防舷材 4
49 %	29 %	15 %	26 %

4. 4 係留索安全率

表－3 に各係留索の最小安全率を示す。計算結果より、係留索は許容安全率5 以上を満足する。

表－3 係留索最小安全率

係留索 1	係留索 2	係留索 3	係留索 4	係留索 5	係留索 6
10.4	10.3	8.7	7.9	12.0	11.0

5. 結 語

船体動揺シミュレーションの検討を通して、固定係留としては我が国で初めての本係留システムの安全性を確認した。

八甲田丸は本年7 月16日オープンすることとなっているが、今後はロープ・防舷材等についての保守点検に関する管理要領を定め適切に維持・管理を行って行くこととしている。

最後に、本係留システムの設計に当たっては、艀沿岸開発技術研究センターの浮体構造施設技術検討委員会（委員長：合田良實 横浜国立大学 教授）において適切な御指導をいただいた。委員各位に対してこの場を借りて深謝の意を表するしだいである。