

船体構造の安全性に関連する調査

—厚板溶接部の破壊強度および材料・溶接に 関する最新の研究について—

正員 廣田 一 博*

1. はじめに

この度、幸運にも日本船舶海洋工学会の若手研究者・技術者活性化事業にかかわる海外派遣により、平成17年7月5日から同年7月18日まで欧州に渡航したのでここに報告する。

2. 目的

世界的な海洋環境保全強化の流れから、船体構造に求められる安全性は年々高まり、各種規則が強化されている。言うまでもなく、造船所側もより安全な設計に尽力しているが、昨今の急激な規則強化の動きへの対応に振り回されている感は否めない。高い安全性は我々日本の造船業の高付加価値化を推し進める上で最も重視すべきキーワードの一つであり、いかに国際社会をリードできるかは重要な課題である。

筆者は船体構造の設計業務に従事しながら、材料・溶接に関する要素技術を担当しているが、優れた要素技術を取り入れ設計に生かしていくには欧州の研究所や船級協会との技術交流が必要であると強く感じていた。そこで、今回の訪問では、最新の材料・溶接技術に関する調査と、船級協会等の材料・溶接技術の担当者との人脈形成を目的とした。

3. スケジュール

今回の調査スケジュールを表1に示す。調査初日のロンドンには、同時多発テロ当日であった。幸い虫の知らせか、当日の朝は小雨にもかかわらず、地下鉄を利用せずに徒歩で移動したため、大きな混乱には巻き込まれずにすんだ。関係者の方々には大変ご心配をおかけしたが、なんとか7日のLR (Lloyd's Register) との打合わせは予定通り行うことができた。しかし、翌日8日のケンブリッジでのTWI (The Welding Institute) との打合わせは、安全の確認ができなかったため止む無く中止とし、早々にオスロへ移動となった。

* 三菱重工業(株) 長崎造船所

表1 調査スケジュール

7/6	成田→ロンドン
7/7	Lloyd's Register
7/8	テロの為 TWI 訪問中止
7/9	ロンドン→オスロ
7/10	休日
7/11	Det Norske Veritas オスロ→ハンブルグ
7/12	Germanischer Lloyd
7/13	ハンブルグ→プラハ
7/14 ~ 16	International Conference of IIW 参加
7/17, 18	プラハ→フランクフルト→成田

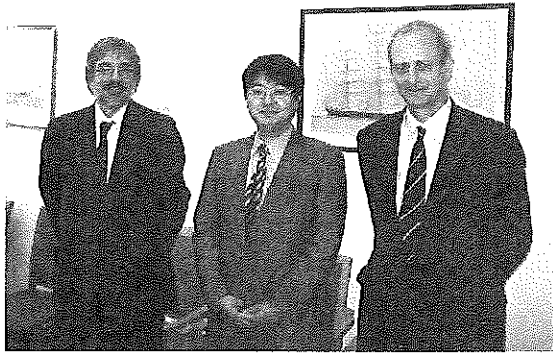
オスロでは11日にDNV (Det Norske Veritas) と打ち合わせ、翌12日にはハンブルグでGL (Germanischer Lloyd) と打ち合わせを行った。13日に移動し、14日からのIIW (International Institute of Welding) の国際会議に参加し、溶接関連の最新動向を調査した。

4. 調査結果

船級協会への訪問においては、船級協会として推進している一般的なトピックスの他に、材料・溶接に関し、主に次の内容について調査した。

- ①大型化の著しいコンテナ船の縦強度部材への極厚鋼板適用に関連し、特にアレスト特性(脆性亀裂伝播停止特性)や溶接部への要求性能について
- ②日本の鋼材メーカーにて実用されつつある、耐疲労鋼板、耐腐食鋼板等の新しい機能性鋼板や、UIT等の新しい疲労寿命延伸処理について

それぞれについて、その技術的背景を簡単に説明する。①の極厚鋼板関連については、板厚はアレスト特性や溶接部の性能確保に大きな影響を持つ重要なパラメータである。一方、コンテナ船の大型化により、強度設計上の要件から縦強度部材の厚板化の要求は高まっている。従来実績を越える板厚の採用をどう考えるべきか、船級と議論することは、今後のコンテナ船、大型化の予想される船種の開発において重要である。筆者からは、従来実績を超える板



LR本部にて

厚領域でのアレスト特性の低下についてプレゼンテーションを行った。

②の新しい材料や手法については、船級の姿勢が開発方針にどうしても関わってくるため、情報を共有し考え方を聴取しておくことは重要であると判断した。

(1) Lloyd's Register (ロンドン)

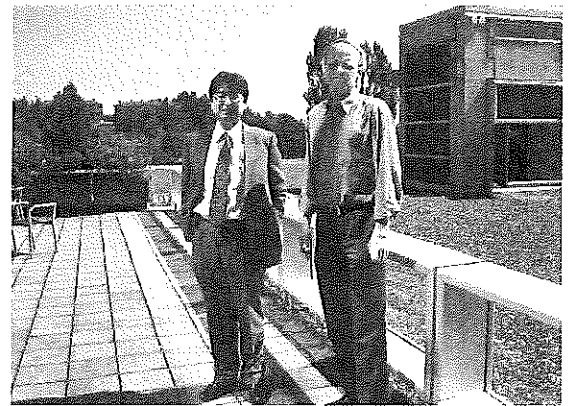
LR本部の訪問調査においては、図面承認のA.J. MacDonald氏に取り纏め頂き、材料に関する話題から船体構造設計分野における最新の取り組み状況について各担当者にご参集頂き、幅広い議論をすることができた。特記事項としては、LRではメンブレン型LNGCの大型化に関連し、スロッシングについて精力的に取り組んでおり、今回、設計手法開発者とその考え方について直接議論することができた。その手法は、実績船をベースに評価するというアプローチであり、スロッシング衝撃圧力の絶対値評価が依然困難であることを窺わせるが、今後も船体側の弾性応答も含め精力的に取り組む予定とのことであった。

材料に関連しては、次期IACS材料グループの議長を務める予定のD. Howarth氏を交え、議論・調査を行うことができた。LRは最近のコンテナ船において、大型に限定して見るとシェアはトップとのことであり、コンテナ船の大型化による縦強度部材の急速な極厚化について、今後も継続して議論することとなった。また、新規材料等の採用についても、前向きな回答を頂いた。

(2) Det Norske Veritas (オスロ)

DNV本部はオスロ近郊のHøvikと言う町に位置する。ここでの打ち合わせは、材料技術課を統括するJ.O. Nøkleby氏と打ち合わせた。

極厚鋼板関連については、実績に十分配慮した上で、破壊力学による合理的手法で評価していく事が肝要であり、急速な厚板化には注意すべきということで意見が一致した。新しい疲労寿命延伸手法であ



DNV本部にて

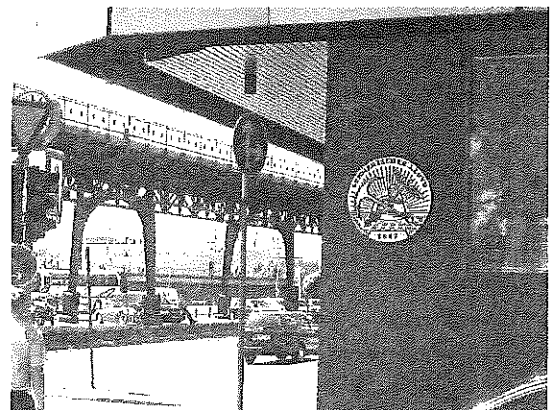
るUITに関しては、一部ではあるがアルミ船体の補修に採用した経験があるとのことであった。また、新造船への適用には、スケール効果に配慮することが必要とのアドバイスを頂いた。

DNV本部には、各種強度実験設備を有する研究所が併設されており、そちらも一通り見学することができた。船舶だけでなく、鉄道を初めとしノルウェーの工業製品の評価依頼を受けており、ノルウェーを代表する研究機関であることが判り印象的であった。

(3) Germanischer Lloyd (ハンブルグ)

ハンブルグ港は北海からおよそ100kmエルベ川を遡った位置にあり、GL本部はそのエルベ川に臨む場所に建っており、いかにも船級協会らしい港湾地区に有る。

今回の訪問では、船体部研究能力センター長のW. Fichelmann氏に取りまとめ頂き、流体力学から船殻構造設計、材料に至るまで幅広い打ち合わせをすることができた。RANSEを用いたスラミング衝撃圧力解析、舵の受ける変動圧力の推定などの研究成果、また、船体構造設計支援プログラムのPOSEIDONの最新開発状況を知ることができた。尚、同プログラムは、GLのホームページよりダウンロード



目の前がハンブルグ港のGL本部

ドして試用することができる。

極厚鋼板については、独自の規定を考えているとのことであり、案を見せて頂いたが現行の他船級規則に比べかなり厳しいものであり、今後議論が必要である。これまでは直接の繋がりが無かったのであるが、今回の訪問により材料関係者とチャンネルができたことは大きな収穫であった。

GLはコンテナ船に特化して強さを発揮しているが、今回の調査でもその一端を垣間見ることができた。一方、昨今のIACS等におけるルール共通化の流れに対し、どのように対応していくのが今後注目される。

(4) IIW 国際会議 (プラハ)

溶接関連の最新技術調査を目的に、プラハで開催されたIIWの国際会議に参加した。欧州では特にレーザー溶接が船舶にも積極的に取り入れられているが、講演内容もレーザー溶接に関する話題が活発であった。発表論文の内訳を表2に示す。

特に活発な発表のなされたレーザー溶接関連では、弱点とされるGAP許容性能の向上対策として、MAG溶接とのハイブリッド方式やレーザーのタンデム方式が紹介された。日本の造船業界ではGAP管理精度改善を含めた初期投資費用の高さから導入が進まないと言われるレーザー溶接であるため、これらGAP特性改善の動きは把握しておく必要がある。また、比較的小型でハンドリングに優れるファイバーレーザー方式の大出力化の話題も多く見られた。今回の論文発表では17kWの出力の報告があり、溶接速度の高速化、対応可能板厚の拡大が図られている。炭素鋼の例では板厚16mmの例が紹介されていた。

疲労強度関連では、そのカテゴリーの論文自体が少なく、残念ながら期待していた内容の論文発表は無かった。一方、会議に先駆けて行われた、Working Unit C-XIII, Fatigue of welded components and structuresでは、疲労寿命改善に関する興味深い議論がなされたようであり、今後発行のIIW Journal等に注目したい。

溶接全般の開発動向を知ることができ、大変有意義な会議参加となった。

表2 トピックスと論文数

New Trends	4
Advanced Technologies	4
Weldability	10
Laser Beam Welding	8
Monitoring Process	4
NDT and Assessment	6
Welding Simulation and Modeling	8
Arc Welding	8
Integrity of Weld	4
Optimization	5

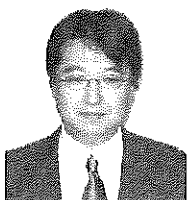


百塔の町プラハ (プラハ城より)

5. おわりに

今回の調査を通じ、欧州の主要船級協会の最新の状況、特に材料関連の問題への取り組み状況を良く把握することができた。特に、海外の船級協会の材料担当者とはなかなか会う機会が無かったため、今回の訪問は今後の開発にとって大きな収穫であった。さらに、これら情報交換により、こちら側の技術力アピールもすることができたと考える。今回の経験を生かし、今後も積極的に技術開発を推進し、一歩でも前に進んだ設計を心がけたいという思いを、いっそう強く感じる訪問であった。

最後になりましたが、このような機会を設けて下さった、日本財団および日本船舶海洋工学会の関係各位に深く感謝いたします。



廣田 一博 (ひろた かずひろ)

三菱重工業(株) 長崎造船所 造船設計部

船殻設計課

船体構造設計、材料強度

kazuhiro_hirota@mhi.co.jp

2005 年度若手研究者・技術者海外派遣

派遣者氏名	廣田 一博
派遣者所属	三菱重工業（株）長崎造船所
調査テーマ	船体構造の安全性に関する調査(厚板溶接部の破壊強度および材料・溶接に関する最新の研究について)
訪問国	イギリス、ノルウェー、ドイツ、チェコ
派遣期間	2005 年 7 月 5 日～7 月 18 日
紹介者	
1. 武田 和彦	ロイド船級協会 図面承認部
2. 並川 俊一郎	DNV 船級協会 日本地区事務所
3. 平山 俊次	ゲルマニッシェルロイド・ジャパン KK 神戸事務所
4. 石川 忠	新日本製鐵(株) 鉄鋼研究所 接合研究センター
訪問先面談者 所属	
a David Howarth	Lloyd's Register, Welding and NDE, Materials
b A J MacDonald	Lloyd's Register, London Plan Approval, Ship Structure
c John Olav NØKLEBY	Det Norske Veritas, Materials Technology and Pressure Equipment
d Wolfgang Fichelmann	Germanischer Lloyd, Head of competence Center Hull
e Ludger Hachmöller	Germanischer Lloyd, Materials and Welding
調査内容(1)	大型コンテナ船の極厚鋼板適用に関するアレスト性について
大型化の著しいコンテナ船の縦強度部材への極厚鋼板適用に関連し、特にアレスト特性(脆性き裂伝播停止特性)や溶接部への要求性能について、各船級協会の材料・溶接担当者から聴取・議論した。アレスト特性については、極厚鋼板に対する脆性き裂伝播・停止試験結果を提示し、極厚鋼板の適用される船舶における必要性を船級の担当者と直接議論することができた。	
調査内容(2)	新しい鋼板や、新しい疲労延伸処理について
日本の鋼材メーカーにて実用化されつつある耐疲労鋼板、耐腐食鋼板等の新しい機能性鋼板や、UIT 等の新しい疲労寿命延伸処理について、各船級協会の材料・溶接担当者から聴取・議論した。疲労設計、腐食予備厚については、IACS CSR での統一ルールが策定されており、枠組みが大きくなった分、各船級で個別に回答することは調査時点ではなかなか難しい状況であった。日本の造船所としては、これら新技術を生かせる余地を残してもらわなければならない必要があり、また、将来の世界の造船技術の発展に寄与することを主張した。	
調査内容(3)	船級として取り組んでできる船体構造の安全性向上に関する項目について
各船級協会の最新の取り組みについて調査した。LR からは、特に GAS 船に関して GL からはコンテナ船に関して彼らの最新の取り組みを説明いただいた。GAS 船については、メンブレン船のスロッシングに関する検討が紹介され、シェア拡大の著しいメンブレンに注力している状況が印象的であった。GL はコンテナ船に関連し、高速船の問題点(キャビテーション～エロージョン、船首部の損傷)の問題を地道に検討しており、各船級の得意分野の傾向が読み取れ興味深かった。	
調査内容(4)	溶接に関する最新技術の調査
テロの影響から、予定していた TWI の訪問を中止としたため、IIW の国際会議への参加が主要な調査となった。特に、ヨーロッパ各国のレーザー溶接に対する最新の取り組み状況が判り、有益であった。	

特記事項

極厚鋼板のアレスト性については、日本船舶海洋工学会で「極厚板大入熱溶接部強度検討 FS 委員会」として研究委員会が発足し、H18.1.6 に第一回の会合が開かれている。今回の調査は、本委員会設置に先駆けて実施され、各船級協会においてアレスト性についての議論が必要との共通認識を得る上でのきっかけとすることができたと考える。