

船舶 振動 · 騒音 制御

李 昊 燮

韓國機械研究所 大德船舶分所 責任研究員



● 1948年 1月 30日生
● 船舶工學을 專攻하였으며, 船舶 振動·騒音의 效果의 制御 技術의 개발에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

우리나라 船舶工業의 역사는 解放 以前으로 그 면면한 줄기는 거슬러 올라갈 수 있지만, 본격적 産業化는 '70年代初 輸出船 建造와 함께 이루어졌다고 볼 수 있다. 따라서 조선공업에 대한 제반 技術도 매우 취약한 상태에서 '70年代를 맞이하였고, 設計·建造와 관련된 거의 대부분의 造船技術이 海外依存的일 수 밖에 없었으며, 특히 基本設計의 해외의존 탈피여부는 장기적으로 우리나라 조선공업의 死活이 걸린 문제로 인식되었다.

이러한 상황에서 船舶技術者들은 설계기술의 國內土着化에 진력하게 되었으며, 과거 약 15년간의 이러한 노력끝에 이제는 상당한 수준의 自體設計技術을 확보하게 되었고, 船舶設計·建造技術의 한 과정인 船舶의 振動·騒音 解析 및 防振·防音 開發技術도 짧은 기간에 비하여 괄목할 만한 성장을 이루었다.

선박은 여타 육상에서의 수송수단이나 구조물과는 달리 장기간 예측불허의 환경하에서 운항하는 複雜 構造體이므로, 人間工學的 側面 및 貨物器機類의 安全과 構造安全의 견지에서 진동·소음에 관한 규제가 비교적 엄격하다. 또한 高價의 注問生産製品으로써, 선박은 引渡時 최종적으로 진동·소음의 허용치 이내 여부가 문제될 경우, 船主, 造船所 양자가 모두 매우 어렵고 미묘한 상황에 처하게 되므로, 振

動·騒音의 적절한 制御 手段은 조선관련 기술자에게 주의를 요하는 바 되었으며, 이러한 제반여건이 이 分野 技術의 自立 土着化에 상당한 策적질이 되어져 왔다고도 볼 수 있다.

또한 그림 1과 그림 7에서 볼 수 있는 바와

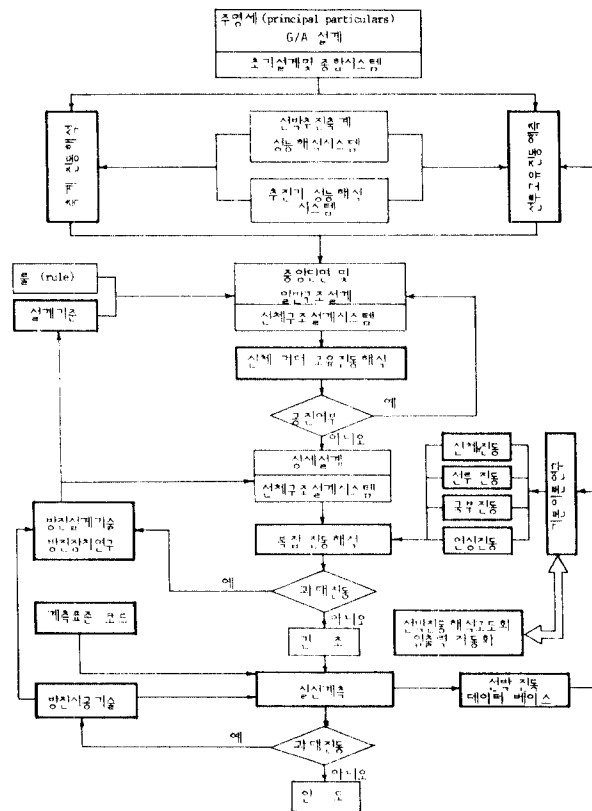


그림 1 선박진동 제어단계

같이, 선박의 振動·騒音문제는 배의 初期設計 段階에서부터 建造後 引渡時까지 끊임없이 船舶技術者가 생각하고 판단하며 점검하여야 하는 主要技術이기 때문에, 技術의 開發도 技術者가 보다 經濟的으로 쉽게 접근하여 단시간에 有效한 結論을 내리는데 도움이 되는 방향으로 발달·전개되어져 왔으며, 따라서 각종 情報取得과 解析의 시스템化 및 PC化가 필연적이었다고 할 수 있다.

2. 振動制御

선박에서의 振動 制御段階는 그림 1에 상세히 분류한 바와 같이, 크게는 설계단계에서의 理論的 解析과 建造後 시운전시의 現場計測評價로 나눌 수 있으며, 이와함께 이들 해석 및 계측에 관한 實績資料의 데이터 뱅크(data bank)화 및 防振關聯技術등이 포함되어 진다.

선박은 기본적으로 각종 外部·內部 起振源이 있으며 또한 水中에 잠겨 있는 3次元 複雜 連續 構造物이므로 原則的으로는 이러한 제반 조건을 고려한 상세한 振動現象의 究明이 바람직하나, 오랜 경험상 工學的 目的을 위하여서는

- 船體振動(hull girder vibration : 단순보유추)
- 船樓振動(deck house vibration : 단순보 또는 2차원 모형유추)
- 推進軸系振動(shafting system vibration : 회전보유추)

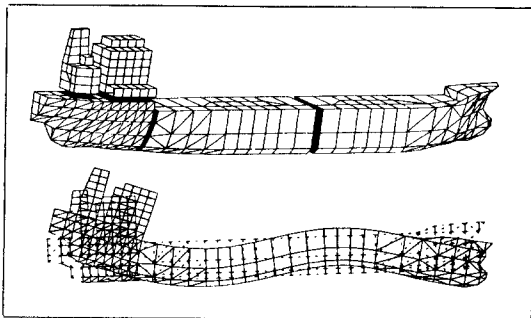


그림 2 부분 구조 합성법에 의한 선체 3차원 진동 해석

• 機關室, 二重底, 甲板, 隔壁등 副構造物 및 局部 部材 振動(local vibration)등으로 독립적으로 나누어 해석하여도 충분하며, 꼭 필요한 경우에만

• 船舶全體, 3次元 複雜 聯成振動(3-dimensional behaviour of whole ship)에 대한 해석을 수행한다.

수치해석기법으로는 보유추가 가능한 범위내에서는 주로 理論에 입각한 전달매트릭스법, 유한차분법, 유한요소법 등이 이용되어지며, 2차원, 3차원 해석이 필요한 경우에는 유한요소법에 의존하고 있는 바, 최근에는 部分構造振動型 合成法(component mode synthesis method)에 의한 프로그램도 국내에서 자체 개발되어 효과적으로 이용되어지고 있다(그림 2 참조).

선박의 경우, 위와 같은 數值模型 및 解析技

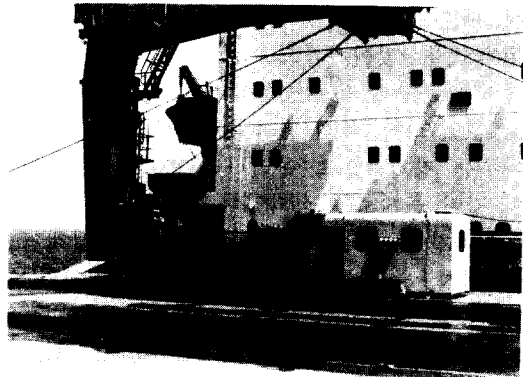


그림 3 계측전용 컨테이너의 선상탑재 모양

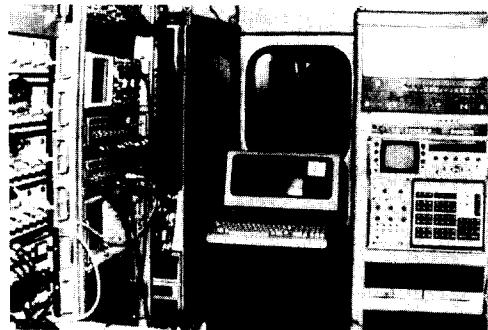


그림 4 계측전용 컨테이너 내부장비

法 자체보다는 각종 振動特性値(system parameter)의 有効한 산정이 보다 어려운 문제이기 때문에 많은 기초연구가 이들 진동특성치의 경제적이고 효율적인 산정방법의 개발을 위하여 수행되어지고 있으며, 우리나라에도 接水振動特性, 有効剛性등에 관한 많은 프로그램이 개발 활용되고 있다.

선박에 대한 진동실험은 특별한 경우를 제외하고는 시운전시 이루어지며, 크게 나누어 익사이터 시험(exciter test : 헤머시험(hammer test)포함)과 기관 RPM 스위프시험(sweep test)으로 분류된다. 막대한 시운전 비용으로 인하여 선박의 진동실험은 단시간내에 여러 지점에 대한 同時計測 및 同時資料分析이 요구된다. 이러한 요구때문에 선박의 振動計測 裝備組織은 그림 3과 4에서 보는 바와 같이 적절한 크기의 컨테이너 상자(container box)안에 조직적으로 內裝되어, 시운전시 선박의 적당한 空間에 설치되어 計測 및 資料處理의 센터 구

실을 하도록 고안되어져 있는 것이 보편화된 추세이다.

선체의 전체적이고도 기본적인 振動現象 究明을 위하여서는 그림 5에 보인 바와 같이, 船側外板上部 및 船尾端, 船樓部, 主機關 등의 主要要素에 최소 20개 이상의 計測點을 선정, 각종 振動 實驗을 수행하게 된다. 起振源으로서는 대용량의 不平衡回轉體를 이용한 加振器를 이용하기도 하나 최근 이의 설치에 따른 時間的·經濟的 부담등의 이유로 대부분 主機關의 회전속도를 단계적으로 변화시키며 진동을 제측한다. 또한 닻을 自由落下途中 靜止시킴으로써 과도진동(transient vibration)을 유발시키는 낙묘실험(anchor drop and snub test)이 수행되기도 하고, 主機關과 船樓에 대해서는 헤머시험이 이용되기도 한다. 그러나 減衰值등 주요 진동특성치의 정확한 實驗의 究明을 위하여서는 正弦起振波에 대한 應答計測이 원칙이다.

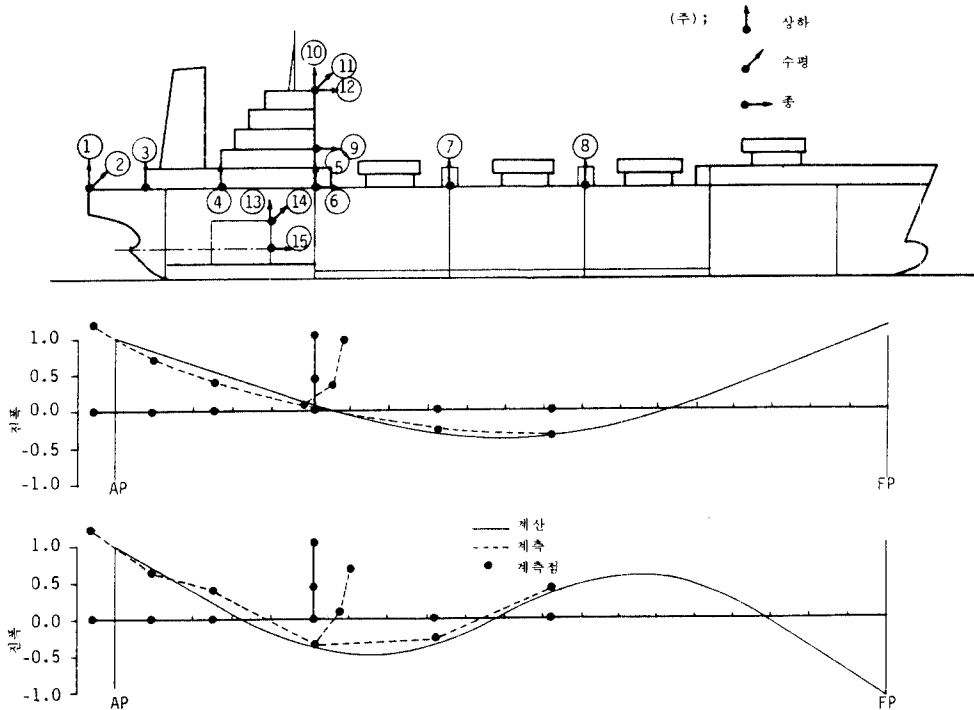


그림 5 진동계측점 및 진동형

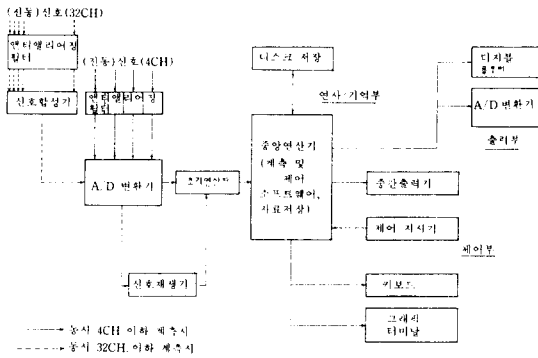


그림 6 HP5451C Fourier 분석시스템

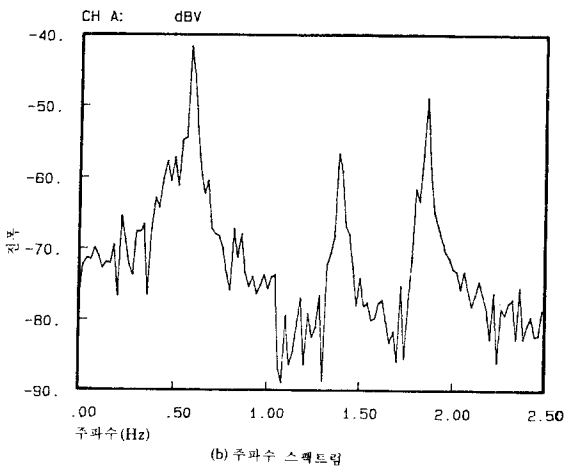
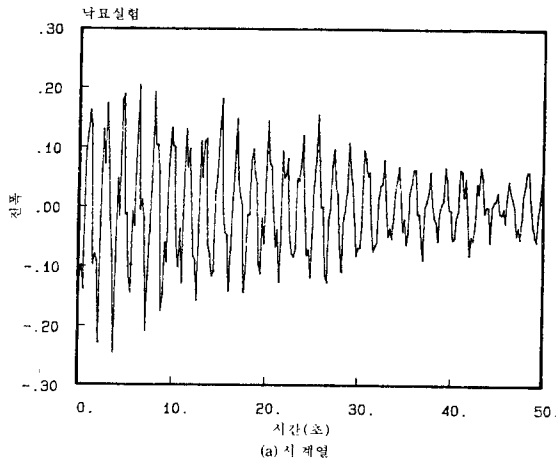


그림 7 낙묘실험에 의한 진동신호

테이프 레코더(tape recorder)에 기록된 많은 量的 計測資料는 그림 4의 컨테이너상자 내에 실린 HP5451C 裝備組織(그림 6 참조)을 이용하여 船內에서 즉각적으로 分析處理된다. 이 장비는 최대 32채널까지를 동시에 처리하며, 기본적인 FFT기능(그림 7 낙묘실험 결과 참조) 뿐만 아니라 回轉器機의 회전속도 변화에 따른 진동스펙트럼을 종합한 회전수에 따른 진동특성 변화도(RPM spectral map)(그림 8 참조), 주파수를 회전 속도비로 환산한 次數分析(order analysis)등의 信號分析(signature analysis), 모드해석(modal analysis), 폐쇄진동 제어 시험(closed-loop vibration control test)등도 가능한 다기능 장비이다. 다만 이 장비의 핵심인 HP1000컴퓨터가 PC와 호환성이 없어 다양한 소프트웨어의 응용이 매우 어려우나, 이와같은 장비 조직상의 구성을 목표로 計測資料分析시스템을 PC화하는 것은 다양한 PC의 기능에 비추어 볼 때 낙관적이며, 이러한 構成目標가 조금씩 現實化되어져 가고 있는 추세이다.

現在까지는 선박의 경우, 多點同時計測 分析과 함께 필요한 경우 즉각적인 防振對策의 提

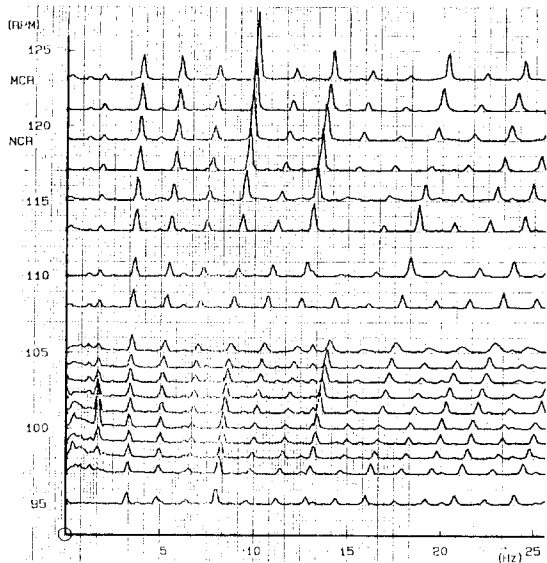


그림 8 회전수에 따른 진동특성 변화도

示가 절대절명의 요구이기 때문에 船舶振動制御의 實務次元에서 HP5451C 시스템에의 依存度가 매우 크다고 할 수 있다.

3. 騒音制御

선박의 소음제어 단계도 기본적으로는 진동제어와 유사하나 다소의 特異性이 있으므로 이의 段階를 그림 9에 再分類하였다. 덧붙여 선박의 경우, 騒音制御의 主要性이 진동보다는 시기적으로 다소 뒤늦게 부각되었을 뿐 아니라, 專門人力의 부족 또한 겹쳐서 불과 수년전부터 본격적인 연구활동을 시작하게 되었다.

그림 9에서 보인 바와 같이, 船内外의 각종 소음원의 평가 및 이들의 傳播特性등의 파악을 통하여, 受音點에서의 騒音水準을 예측하고,

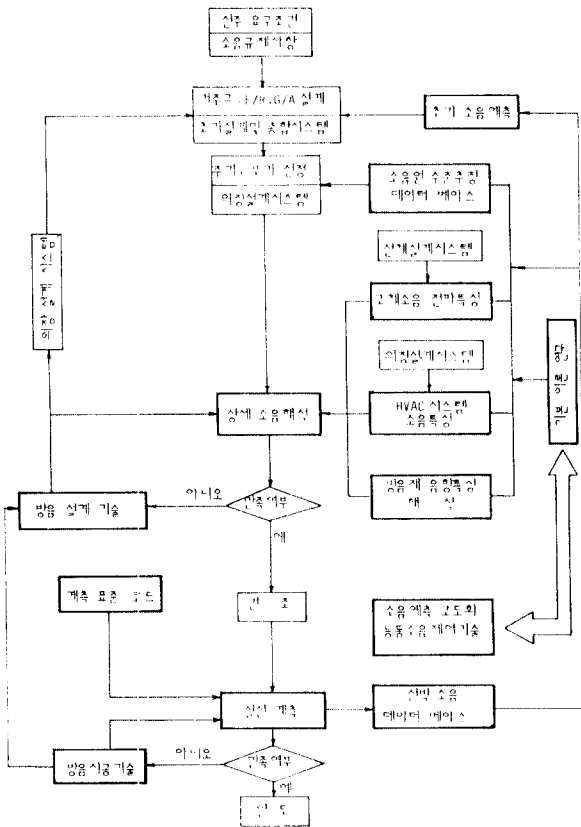


그림 9 선박소음 제어단계

필요한 경우 防音對策樹立을 위한 다각적인 연구가 필요하다. 현재 기존의 몇몇 國內實績資料 및 海外入手資料를 바탕으로 PC에서 활용 가능한 작업도면(worksheet)류의 프로그램을 작성, 소음수준예측을 간단히 수행하기 위한 연구가 造船所들과 共同으로 수행중이다.

軍用艦艇이나 魚船들에서는 水中音響의 제어도 매우 중요하다. 水中音響의 원인은 外板振動, 海水를 이용하는 펌프類의 작동등도 고려할 수 있으나, 가장 큰 원인은 推進器에서 발생한다. 특히 추진기의 날개에서 空洞現象(cavitation)이 생성되면 소음 수준이 급격히 증가한다. 현재 各國에서 연구가 진행중이나 實船에서 발생하는 캐비테이션 소음 수준의 예측을 위하여 模型實驗이 가장 많이 이용된다. 이 경우 幾何學的 相似性(geometrical similarity)를 갖는 模型推進器를 실선과 같은 캐비테이션數(cavitation number)를 유지하여 空洞水槽(cavitation tunnel)에서 작동시키며 소음 수준을 제측한 후 相似法則을 이용하여 예측하는 방법이 일반적이다.

計測資料分析은 1/3 옥타브 대역의 디지털

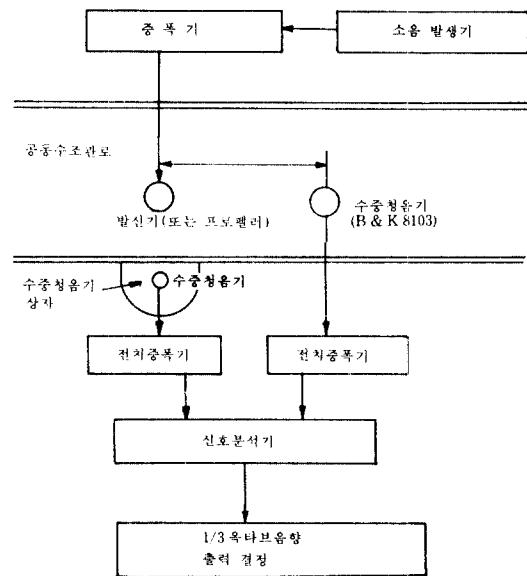


그림 10 공동수조에서의 프로펠러도형 소음 실험 장치

필터 세트를 갖는 分析器를 이용하며, 이 때 GPIB를 통하여 PC와 연결하면 資料取得과 分析에 매우 효과적이다. 공동수조에서의 실험장치를 그림 10에서 개략적으로 볼 수 있다.

4. 맺음말

이상과 같은 내용을 종합해 볼 때, 선박의 詳細 設計 圖面을 바탕으로 한 船體 3次元 複雜振動의 FEM에 의한 해석의 경우를 제외하

고는 진동·소음 해석에 관한 거의 모든 경우에 있어 PC의 活用이 가능하다고 할 수 있으며, 이미 부분적으로 PC화가 상당히 이루어져 있다. 또한 實驗資料의 처리 및 독자적인 分析 裝備를 PC를 중심으로 상호 구성할 수 있다는 점은 앞으로의 PC활용에 큰 기대를 갖게할 뿐만 아니라, 造船現場의 경우 振動·騒音 制御 技術의 設計·建造 段階에 미치는 영향을 고려할 때 가능한 한 빨리 각종 소프트웨어와 정보 자료의 PC화가 이루어져야만 한다.



“塑性變形 및 加工 심포지움” 開催 안내

開催日時: 1988年 10月 22日(金)~23日(土)

開催場所: 서울大學校

主 催: 大韓金屬學會(主管), 大韓機械學會

構 成: 招請講演 및 論文發表

分 野: 塑性變形原理, 塑性力學, 塑性加工法, 塑性加工裝置, 殘留應力

發表申請要領: 1) 抄錄提出: 1988年 6月 10日限, 한글타자하여 16절지 1枚

2) 抄錄提出: 이동녕 교수(서울대학교 금속공학과)

전화: (02)886-0101☎ 3455, FAX: 02-877-9228

3) 原稿作成要領: 抄錄內容에 따라 채택여부를 결정하고, 채택 즉시 원고작성요령을 우송할 것임.

4) 原稿提出期限: 原稿作成要領에 따라 作成된 講演 및 論文原稿를 1988年 9月 10日限 초록제출처에 우송

5) 論 文 集: 講演, 論文 구별 없이 한권의 책으로 만들어 심포지움 開催場所에서 배포할 것임

其他事項: 1) 進行日程 등 상세한 案内狀은 '88年 8월에 發送할 豫定임.

2) 進行日程 등 상세한 案内狀을 필요로 할 때에는 성명, 주소, 전화번호, FAX 그리고 강연 또는 논문을 발표하고자 할때에도 “예정제목”을 메모하여 초록제출처에 우송하여 주시기 바랍니다.

3) 同 심포지움은 大韓金屬學會 '88年度 秋季學術發表大會와 并行하여 開催됨.