

선체구조설계 해석 및 진동소음해석 시스템

나승수 <선박해양공학연구원 선임연구원> , 정태영 <한국기계연구원 구조시스템 연구부장>
신종계 <서울대학교 조선해양공학과> , 김재승 <한국기계연구원 책임연구원>
송재영 <한국선급 기술연구소 소장>

1. 선체구조 설계 시스템

1) 개요

본 연구는 CSDP-선체 CAD 시스템 개발[4] 세부과제의 일환으로 수행되었으며 세부과제는 선체 구조 설계 기능을 전산화하기 위한 목표를 설정하고 CSDP 연구사업의 첫해년도 부터 지금까지 4년간 수행하였다. 1차년도('88년~'89년)에는 그 당시까지 단편적으로 개발된 구조설계 프로그램을 통합하여 살물선 중앙부에 대해 선급규정에 의한 종강도 부재의 설계를 지원하는 기능을 전산화하여 종강도 부재의 배치 및 치수결정 프로그램을 개발하였다. 2차년도('89~'90년)에는 1차년도의 연구결과를 횡부재 및 횡격벽 부재까지 확장하여 살물선 중앙부의 종강도 부재, 횡격벽 부재의 배치 및 치수결정 프로그램을 개발하여 살물선 중앙부의 구조설계를 지원하는 프로그램을 완성하였다. 3차년도('91년~'92년)에는, 이중선각 유조선에 대한 관심이 고조되고 있는 바, 동 세부과제에서도 조선소의 요구에 따라 대상 선박을 살물선에서 이중선각 유조선으로 확장하고, 기존의 Batch방식을 대화식으로 교체하여 선급규정(DnV, Lloyd)에 의한 종강도 부재의 설계 기능과, 간이 해석에 의한 대화식 이중선각 유조선 중앙부의 구조배치 및 치수결정 기능을 갖는 프로그램(ISSMID-T)을 개발하였다.

당해년도인 4차년도에는, 3차년도까지 개발한 프로그램의 기능, 성능을 보완 확장하였고, 또한 조선 전용 선체 CAD 시스템(AUTOKON)과의

Interface도 삼성중공업과 공동으로 개발하였다.

2) 대화식 선체중앙부 구조배치 및 치수결정 프로그램(ISSMID-T)

대형 이중 선각 유조선의 구조 배치 및 치수 결정을 위해 3차년도에 개발한 이중 선각 유조선 중앙부의 구조 설계 시스템(ISSMID-T)을 확장하여 wing tank 종격벽, trans. ring 횡부재 및 plane type 횡격벽들의 설계 기능을 새로 추가하였으며 사용자의 편의를 위해 데이터 화일의 입출력 관리 기능을 보장하였다.

또한, 현재 각 조선소에서 사용중인 조선 전용 CAD system과의 interface 가능성을 모색하기 위해 삼성중공업과 공동으로 AUTOKON에서 선체 중앙부 설계 결과를 정의할 때 사용되는 입력 데이터 화일을 생성시키는 기능을 추가하였다.

그리고, 한국 선급과 공동으로 이중 선각 유조선에 대한 KR 규정의 전산화를 수행하고 이를 토대로 ISSMID-T와 연결하여 KR 규정에 의한 종강도 부재의 설계 검토 기능 및 구조 설계를 수행할 수 있는 기능을 개발하였으며 3차년도의 적용 선급인 DnV, Lloyd선급을 확장하여 KR선급을 추가하였다.

3) 대형 이중선각 유조선 중앙부의 구조배치 및 치수결정

(1) 대형 이중 선각 유조선에 대한 기능 확장
대형 이중 선각 유조선의 화물창은 보통 center

tank와 wing tank로 나뉘어 있어 화물창안에 중격벽을 추가로 설치하여야 하며 trans. ring 구조의 횡부재와 plane type 횡격벽이 설치되어야 한다.

이와 같은 부재들의 설계를 위해 확장된 tank type은 Fig. 6.1과 같으며, Fig. 6.2에 중앙단면의 설계예를 나타내었다.

(2) AUTOKON과의 File Interface 개발

현재 각 조선소에는 스웨덴 코컴즈사의 조선 전용 CAD system인 AUTOKON이나 STEERBEAR를 도입하여 상세, 생산설계 단계에서 사용하고 있으며 이때의 입력은 설계부서에서 작성된 구조설계 도면(M/S, CONPRO 등의 key plan)에 의해 사람의 손으로 이루어지고 있다. 여기에서는 Fig. 6.3에서 보인 것 같이 ISSMID-T에서 만들어진 선체 중앙부 설계정보를 그와같은 조선전용 CAD system과 직접 연결할 수 있는 가능성을 모색하기 위해서(file interface 방법) 삼

성중공업과 공동으로 AUTOKON system에서 선체 중앙부 설계결과를 정의할 때 사용될 수 있는 데이터 화일을 생성시키는 기능을 개발하였다.

Fig. 6.4는 ISSMID-T와의 file interface 결과로 AUTOKON에서 만들어진 것이다. 이와 같

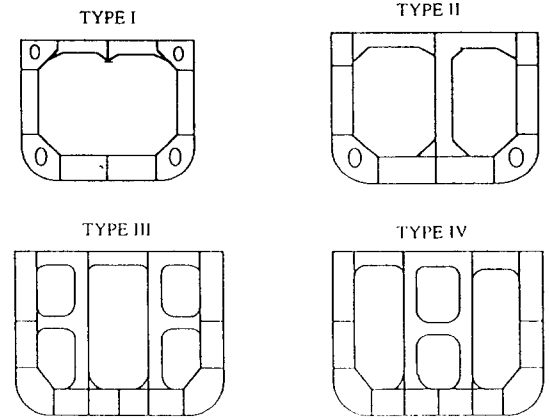


Fig. 6.1 Cases of tank type

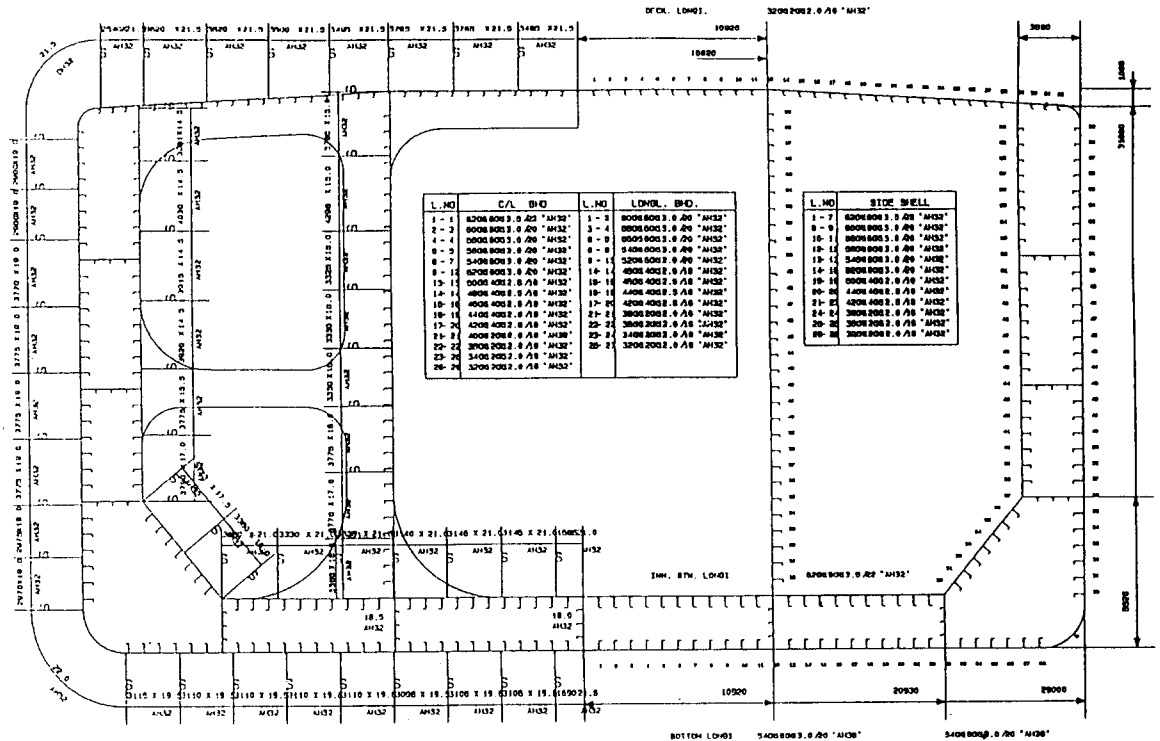


Fig. 6.2 Midshipsection design(Lloyd base : TYPE III)

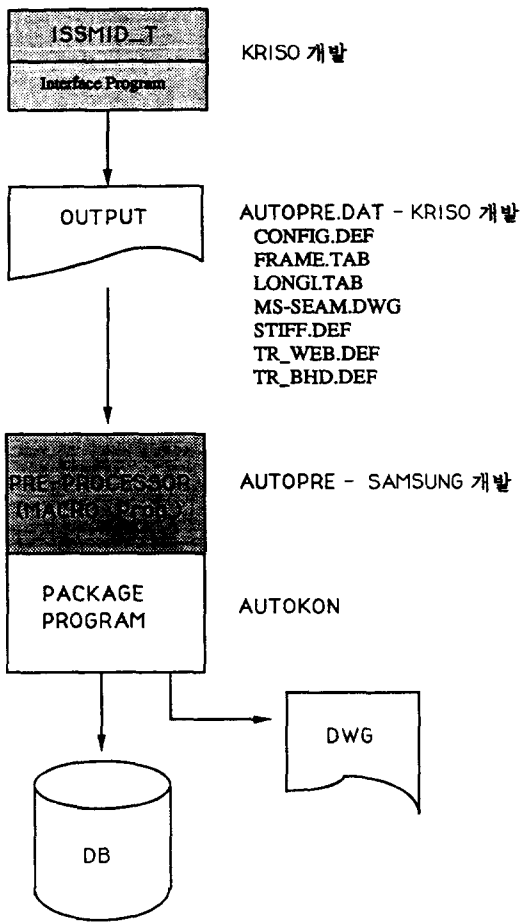


Fig. 6.3 Interface flow of ISSMID_T and AUTOKON

이 설계정보를 직접 연결시킴으로써 데이터 입력에 소요되던 인력을 경감하고 조선소에서 실제 일어나는 설계변경에 대해 신속 정확하게 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 선체구조 해석 시스템

1) 개요

본 연구는 CDSP-선체구조 해석 시스템 개발 [7] 세부과제로 수행 되었으며 선체 구조해석을 위한 모델링 자동화에 초점을 맞추어 시스템을 개발하였다.

4년간의 연구개발 내용을 간략히 정리하면 다음과 같다.

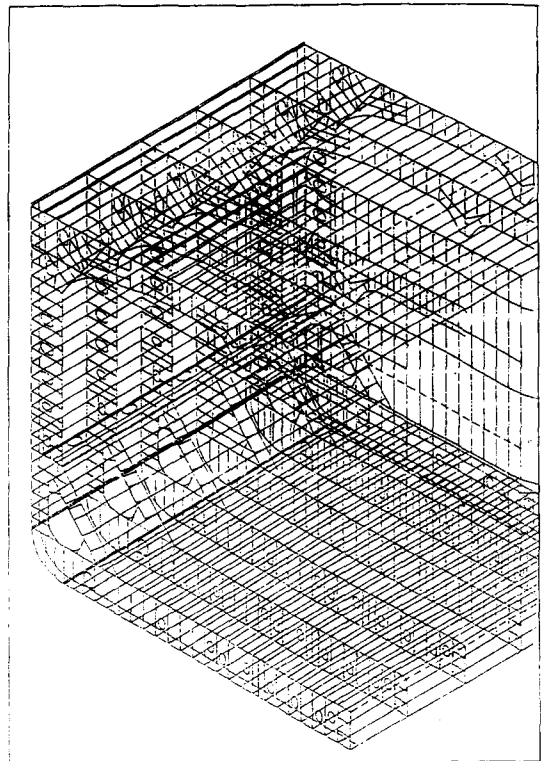


Fig. 6.4 3-D View defined by interfacing ISSMID_T with AUTOKON

연구 개발 내용	
1차년도 ('88~'89)	- 국내외 관련 자료 조사 및 시스템 명세서 설계 - 연구개발 목표 및 방향 설정
2차년도 ('89~'90)	- SAPVI용 Bulk Carrier 구조해석 모델링 프로그램 (SASBULK) 개발 - 보강판의 좌굴강도 해석 - 보강판의 최종강도 해석
3차년도 ('90~'91)	- 유조선전용 구조해석 모델링 프로그램(SASOT) 개발 - 파랑하중 직접해석 연구 - 보강판 및 입체구조물의 최종강도해석
4차년도 (당해년도)	1) 구조해석 시스템 사용자 Interface(SASGUI) 개발 2) 선체구조해석 모델링 프로그램(SASMO) 개발 3) NASTRAN Interface 개발 4) 파랑하중 직접계산 Interface Module (WAVELOAD) 개발 5) SASOT Rev. 2.2 프로그램 검증

2) 대화식 선체 구조 해석 모델링 프로그램 (SASMO)

본 프로그램은 Oil Tanker, Bulk Carrier, Container선 등 상용 선박을 대상으로 선체 중앙부의

유한요소 구조해석에 필요한 모델링을 자동 수행하는 것으로, 구조설계시스템으로 부터 전달되는 선체중앙부내 주요 강도부재의 정보 및 각 선급에서 규정된 설계하중 조건, 혹은 선체 파랑하중 직접계산에 의해 설계하중등으로 부터 일반 범용 유한요소 구조해석프로그램(ANSYS, NASTRAN, etc.)에 직접 사용될 수 있는 3차원 유한요소구조 모델 수치 입력자료를 자동 생성함(Fig. 6.5 참조)으로서 유한요소 구조해석 과정을 자동화 한다.

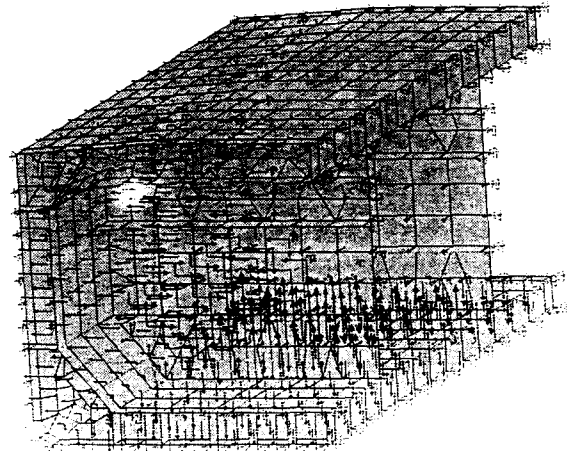


Fig. 6.5 Modeling for structural analysis of tanker (TYPE III)

3. 설계정보 승인 시스템

본 연구는 CSDP-설계 정보승인 시스템 개발 [21] 세부과제로 수행되었으며 중점개발 내용은, 첫째 KR 규척에 따른 선체중앙부 구조 부재 치수 결정 프로그램(KRRULE)을 개발하여(Fig. 6.6 참조) CSDP-대화식 선체중앙부 구조배치 및 치수 결정 프로그램(ISSMID_T)의 구성모듈로 통합하였고, 둘째 파랑중 선체에 작용하는 대표적인 분포하중을 등가의 절점 하중으로 치환하는 프로

그램(LOADGEN)을 개발하여 CSDP-선체구조해석 모델링 프로그램(SASMO)의 구성모듈로 통합하였다.

본 시스템은 설계의 정보가 저장되어 있는 각

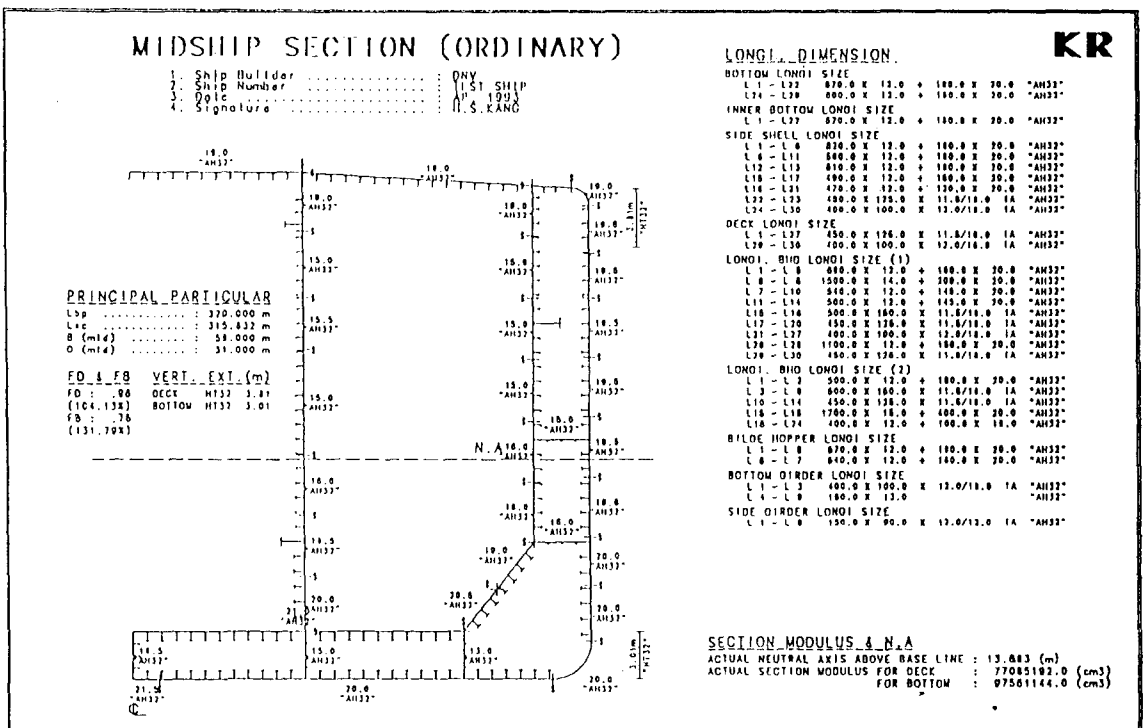


Fig. 6.6 Midshipsection design(KR base : TYPE III)

데이터베이스로부터 선급규칙 및 국제협약에 대한 타당성 검토에 필요한 데이터를 추출하여 설계 정보승인 시스템과 일관성 있게 연결될 수 있는 전처리 시스템의 개발과, 전처리 시스템으로부터 생성된 최종 설계정보에 대하여 선급규칙 및 국제협약의 요구사항을 전산화된 CODE로 비교 검토하여 종합적으로 설계정보를 승인·평가하는 시스템의 개발을 포함하고 있다.

4. 진동제어 시스템

1) 개요

본 연구는 CSDP-진동제어시스템 개발[8] 세부 과제로 수행되었으며 건조될 선박의 각설계단계에서 해당선박의 진동특성을 추정 및 해석하여, 진동학적 견지에서 해당선박의 설계가 잘 진행되어 가고 있는가를 체계적으로 monitoring할 수 있는 진동제어 시스템의 개발에 그 목적이 있다. 이러한 연구목적의 일환으로 1차년도('88~'89)에는 초기설계 단계에서 사용될 수 있는 간략화된 경험식을 이용한 선체거더 및 선루 고유진동수 초기추정 프로그램(VIBINI)을 개발하였으며, 또한 보이론에 입각한 선체거더 진동해석을 위하여 기존에 개발된 관련 프로그램들을 수정 보완하고 해석 과정에 있어서의 여러가지 번거로운 과정을 전산 자동화하여 사용자가 interactive한 방법으로 전체해석 과정을 연속적으로 수행할 수 있도록 하는 선체거더 진동해석 프로그램(VIBHUL)을 PC용으로 개발하였다. 2차년도('89~'90)에는 유한요소법과 부분구조합성법을 이용하여 선체진동 3차원 해석에 사용할 수 있는 선체상세진동해석 프로그램(VIBDET)과 디젤기관을 동력원으로 하는 박용추진축계의 비틀고유진동 및 강제진동해석을 수행할 수 있는 추진축계 비틀진동해석프로그램(SHATOR)을 개발하였다. 특히 선체상세진동해석프로그램(VIBDET)은 선체접수진동 해석에 사용될 수 있도록 구조 유한요소 프로그램과 경계요소법을 이용한 부가수질량 산정프로그램이 결합되어 이루어져 있다. 3차년도('90~'91)에는 1차년도에 PC용으로 개발된 선체거더 진동해석 프로그램을 Work Station용 프로그램(VIBHUL1)으로

수정 보완하고 이를 CSDP 시스템내 통합함으로써 진동해석에 필요한 자료의 입력 자동화를 이룬 프로그램(VIBHUL2)을 개발하였으며, 기 건조된 선박의 진동관련 자료들을 효율적으로 관리 운영하여 새로이 건조될 선박의 방진설계에 이들 자료를 활용할 수 있도록 하기 위한 진동제어 시스템 데이터베이스 운영프로그램(VIBDB)을 PC용으로 개발한 바 있다.

이번 4차년도('92~'93)에는 진동해석을 보다 효율적으로 수행할 수 있도록 하기 위하여 다양한 그래픽 부품들을 사용하여 사용자에게 프로그램 운영의 편리함과 친숙함을 제공하는 그래픽 사용자 인터페이스(GUI-Graphic User Interface) 기술을 개발하고, 이를 일차적으로 박용추진축계 진동해석에 이용하여 GUI를 이용한 박용추진축계 진동해석 프로그램(VIBSHA)을 개발하였다. 프로그램 VIBSHA는 2차년도에 PC용으로 개발된 추진축계 비틀진동해석 프로그램(SHATOR)을 workstation용으로 수정 보완하고, 이번에 새로이 개발된 추진축계 종진동해석 프로그램(SHALONG) 및 횡진동해석 프로그램(SHALAT)을 통합하여 GUI module과 연결하므로써 단일 프로그램내에서 GUI를 이용하여 박용추진축계의 비틀진동, 종진동 및 횡진동 해석을 수행할 수 있는 종합해석 프로그램이다. 또한 위탁연구개발과제로 수행된

프로그램명	내용	용도
VIBINI	경험식을 이용한 선체거더 및 선루 고유진동수 추정	기본설계단계에서 주기판 선정 및 추진기날개수 결정
VIBHUL	보유추에 의한 선체거더의 상하 및 수평-비틀 연성 고유진동수 계산	선체거더의 주기진원과의 공진가능성 검토
VIBDET	FEM/BEM을 이용한 부분 구조합성법에 의한 선체 및 주요국부구조의 상세진동해석	선체 및 주요 국부구조의 주기진원과의 공진가능성 및 과도진동발생 여부 검토
VIBDB	실적선 진동관련 자료의 효율적인 관리 및 운용	실적선 진동관련자료 D/B화를 통한 신조선 진동특성 예측
VIBSHA	박용추진축계 비틀, 종 및 횡진동 해석	추계설계단계에서 주기진원과의 공진가능성 및 과도진동 발생 가능성 검토

측계진동해석 고도화 연구(I)의 결과로 박용추 진축계의 종 비틀연성 진동해석기법을 정립하고, 전용 해석프로그램인 "TORAX"가 개발되었다. "CSDP-진동제어시스템 개발"과제의 4차년도까지의 연구개발 결과를 정리하면 다음과 같다.

5. 소음제어 시스템

1) 개요

본 연구는 CSDP-소음제어시스템 개발[9] 세부 과제로 수행되었으며 선박 설계자가 곧바로 설계 과정 중 이용할 수 있는 소음예측 수단의 제공을 목표로 연구결과 요약표에 정리된 바와 같이 1차년도('88~'89)에는 당시 국내에서 뚜렷한 연구활동이 이루어지지 않고 있던 선박소음예측 기법과 각종 탑재 장비의 소음원 레벨추정식을 정리함과 동시에 국내 신조선의 소음레벨을 조사하였으며 시험용 프로그램으로서 기관실 구역 즉, 소음원이 위치한 격실 부근의 소음레벨예측 프로그램을 PC용 버전으로 개발하였다. 2차년도('89-'90)에는 APOLLO W/S의 DOMAIN system 환경하에서 운용이 가능한 전산프로그램 즉, 격실의 dB(A)레벨을 제공하는 간이소음 예측법에 의한 소음예측 프로그램 PRE_NO와 PRECAL_NO(현재의 NOSPLAN 모듈에 해당), 상세소음해석에 이용되는 소음원레벨 예측 프로그램 SOIN_NO, SOCAL_NO(현재의 NOSOURCE와 NOSSRC 모듈에 해당)와 격실의 음향특성치 해석 프로그램인 SNOISE_NO(현재의 NOSCABIN, NOSCABN 모듈에 해당)를 개발하였다. 이어 3차년도('90-'91)에는 2차년도에 이어 상세소음해석 프로그램의 세부 모듈 개발과 함께 2차년도에 개발된 프로그램을 수정 보완하여 개개 프로그램 모듈을 통합시킨

선박소음 예측 프로그램 package "NOSOUND"의 시험용 버전을 APOLLO W/S의 DOMAIN system에 맞추어 완성시킨 바 있다.

특히, NOSOUND package의 간이소음예측 프로그램(NOSPLAN)은 입력자료가 비교적 간단하여 경험적 계수를 각 조선소의 실적선 자료에 의거하여 수정할 경우 설계 초기단계에서 손쉽게 실선에 적용이 가능하여 예측 결과를 이용하여 소음 초과 격실의 위치변경, 방음 혹은 흡음처리의 사전 고려등 실무에 적용할 수 있는 것으로 판단된다. 이와같은 경험상수의 조정으로 2차년도의 연구결과에서 나타난 예측 오차 약 10dB를 3차년도에서는 5dB 이내로 줄일 수 있었다.

NOSOUND 프로그램의 특징은 개발 초기부터 Graphic User Interface(GUI)의 개념을 충분히 활용하여 수행되었다는 점을 들 수 있다. 그러나, CSDP 사업의 초기단계에서 당시에 표준 GUI가 설정되지 못하였던 관계로 말미암아 3차년도 연구완료 시점에서의 프로그램은 단일기종 즉, APOLLO W/S의 Domain System 환경하에서만 운용이 가능하다는 단점을 안고 있다. 3차년도 연구 중반에 CSDP의 표준 GUI로 모든 Hardware의 W/S에서 프로그램의 운용이 가능하도록 MIT에서 개발된 X-Window System을 모체로 OSF에서 개발된 Motif widget이 채택되었고 이에 따라 NOSOUND의 수정작업이 필요하게 되었다. 따라서, 본 과제의 4차년도 주요 연구 내용은 기존에 개발된 NOSOUND 프로그램의 GUI프로그램 수정 혹은 Motif의 활용성을 최대한 반영시켜 좀 더 개선된 사용자 대화방식을 이식시키고자 하는 데에 비중이 두어졌다.

"CSDP-소음제어 시스템 개발"과제의 4차년도까지의 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

연도	연구내용	개발 프로그램		비고
		프로그램명	용도	
1차년도 (’88~’89)	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 실적선의 소음 분포 조사 - 선박소음 예측기법 - 소음원레벨 예측식 - 시험형 프로그램 개발 - 소음원레벨 계측법 기본연구 (위탁) 	(PC용)	기관실 구역 소음레벨 예측	단순 시험용 프로그램
2차년도 (’89~’90)	<ul style="list-style-type: none"> - 간이 소음 예측법 - 소음원실 소음예측 프로그램 개발 - HVAC계통 소음예측 기법 - 기본 시스템 설계 - 고체음 해석 관련 기본연구 I (위탁) 	PRE_NO, PRE_CAL	초기소음 예측용 GUI 및 해석 프로그램	초기소음 예측오차 : 10dB (A)
		SOIN_NO, SOCAL_NO	밴드별 소음해석용 소음원레벨 예측 GUI 및 해석 프로그램	
		CABIN_NO, CABCAL_NO	밴드별 소음해석용 격실특성치 예측 GUI 및 해석 프로그램	
		SNOISE_NO	밴드별 소음해석용 소음원실 소음레벨 해석 프로그램	
3차년도 (’90~’91)	<ul style="list-style-type: none"> - 소음 예측 시스템 기본형 완성 - 고체음 전달손실해석 프로그램 - 실선 소음레벨 계측 및 Database 방안 - 고체음 해석 관련 기본연구 II (위탁) 	NOSOUND (Rev. 2.2)	초기 소음예측 및 밴드별 소음예측 프로그램 모듈의 통합 package, APOLLO W/S DOMAIN O/S Version	일부 조선소에 설치하여 채택 GUI의 유용성 확인 예측오차 : 5dB (A)
		NOSWAVE	고체음 해석 프로그램, 독립 모듈	
4차년도 당해년도 (’92-’93)	<ul style="list-style-type: none"> - GUI 프로그램 개발 (X-WINDOW 버전) - 고체음해석 프로그램 보완 	NOSOUND (X-Window system version)	X-Window, Motif Widget을 이용해 GUI를 보강한 선박소음예측 프로그램 package, 고체음해석용 프로그램의 부분적 통합	4대 조선소 설치 예정