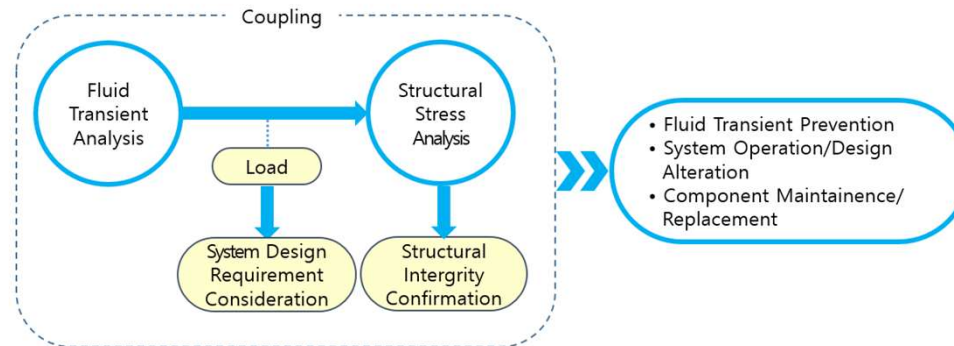

배관/유체기기 과도상태 해석 및 영향평가 체계 구축

2021.10.26

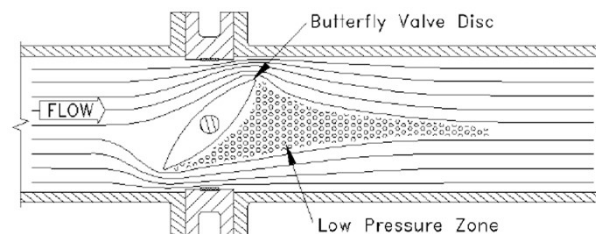
- ❖ 과제명 : 배관/유체기기 과도상태 및 영향평가 체계 구축(중장기)
- ❖ 기간 : 2021.8. ~ 2024.7. (36개월)
- ❖ 제안활용 / 수행부서 : 설비기술처 / CRI 기계연구소 기기성능그룹
- ❖ 연구개발 필요성
 - 과도상태 유발요인의 정성적 유추 및 단순 수식 적용 수준의 평가
 - 보수적인 정성평가 → 설계변경/기기교체 가능성 증가, 현장 실질적 해결방안 마련 어려움
 - 운전안 변경, 계통운전 안전성 입증 등 후속조치 추가 인력 소요
- 계통 내 공동현상/수격작용 등 과도상태 발생 시 해석적 평가 및 배관 /지지대 구조적 영향 확인 필요

❖ 목표

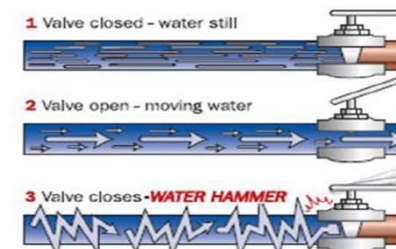
- 시스템 유체해석코드를 활용한 배관/유체기기 과도상태 및 비정상운전 해석
- 과도상태 유체 하중을 입력으로 한 계통 주요 구조물 건전성 해석모델 개발
- 유체-구조해석코드 연계 인터페이스 개발



공동현상으로 인한 임펠러 손상

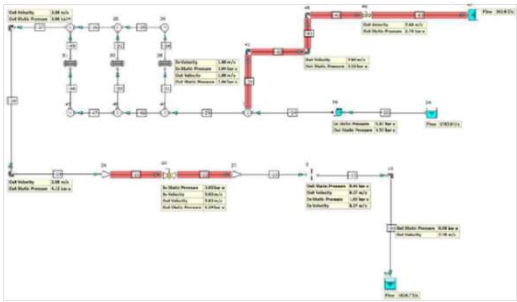
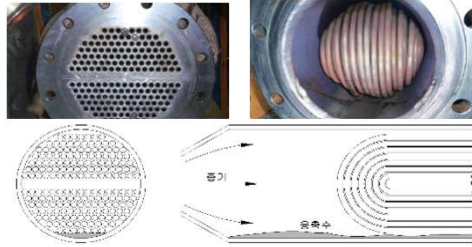
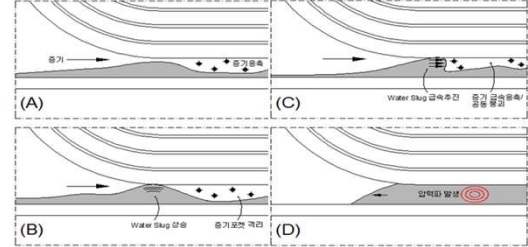


버터플라이밸브 공동 생성



밸브 급폐쇄로 인한 수격작용

❖ 문제해결을 위한 기존 기술 활용 사례

주요 사례	내 용
<p>배관 과도상태 해석적 분석</p>	<p>- 상용 시스템 유체해석코드(Fluid Flow) 제한적 활용</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. 유동장 해석 2. 공동현상 발생 가능유속 영역 예상(NPSH)
<p>펌프 요구유량 불만족 관련 공동현상 발생 가능성 평가</p>	<p>- 재순환유량 부족에 의한 펌프 흡입부 온도상승 및 $NPSH_a$: 수식활용 계산 → 수식계산 이외 전산코드 활용 정량적 분석 미수행</p> <p>- 후속조치 : 펌프 내장품 Assy 구매계획 수립, 전담인력 배정 등 10개월 소요 → 내장품 교체계획, 2주기단위 펌프 완전분해 계획, 추가시험, 교육훈련 시나리오 개정 등</p>
<p>열교환기 수격작용 회피 독립 배수배관 신설</p>	<p>- 가열기 내부 수격작용 회피대책 필요</p> <p>- 내부 응축수 배출 용이하지 않으므로 회수탱크 직접 연결 배관 신설 → 현장경험에 의한 배관신설안, 수격작용 발생 가능성 상세분석 필요</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><가열기 내부></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><수격발생 예상 메커니즘></p> </div> </div>

- ❖ 시스템 유체해석코드 사용자 정의 및 Case 별 유동해석
 - API(Application Programming Interface) 개발
 - 해석조건, 구성기기 정보, Time Step, 계산 수렴요소 제어
 - 텍스트 기반 배관 형상 입력
 - 계통 운전 등 해석 조건 제어(펌프/밸브 등 유체기기 운전 정보, 유로·탱크수위 등)

FTools

File Tool Info

Configuration Simulation Balance Optimize Force Report Utility Automation

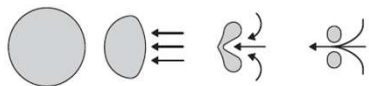
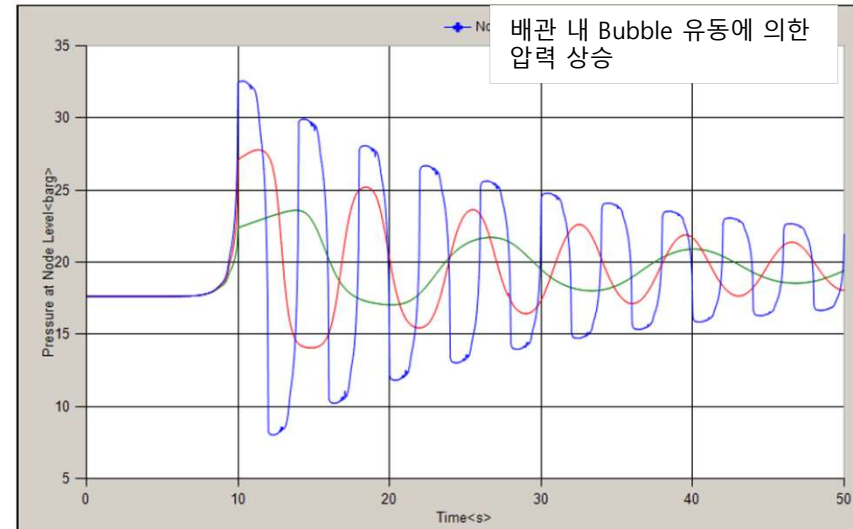
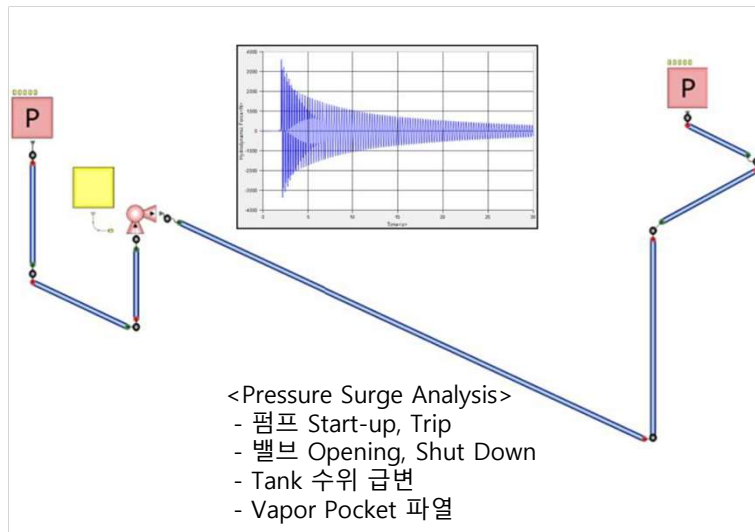
No. of Case 6 Result No. Status Ana. Message

Type	Description	No	Parameter	Unit	sub1	sub2	1	2
IComp	MCWP/ACWP AHJ Valve	131	1st Time	sec	main		0	0
IComp	MCWP/ACWP AHJ Valve	131	Output Value at 1st...	ratio	main		1	1
IComp	MCWP/ACWP AHJ Valve	131	2nd Time	sec	main		NotSet	NotSet
IComp	MCWP/ACWP AHJ Valve	131	Output Value at 2n...	ratio	main		NotSet	NotSet
IComp	MCWP3	15	Initial Speed	rpm	main		0	600
IComp	MCWP3	15	Initial Logic State		main		-1	-1
IComp	MCWP3	15	Switch Time 1	sec	main		NotSet	5
IComp	MCWP3 Check Valve	98	1st Time	sec	main		0	5
IComp	MCWP3 Check Valve	98	Output Value at 1st...	ratio	main		0	1
IComp	MCWP3 Check Valve	98	2nd Time	sec	main		NotSet	7
IComp	MCWP3 Check Valve	98	Output Value at 2n...	ratio	main		NotSet	0,3
IComp	MCWP3 Check Valve	98	3rd Time	sec	main		NotSet	10
IComp	MCWP3 Check Valve	98	Output Value at 3rd...	ratio	main		NotSet	0
IComp	MCWP2	8	Initial Speed	rpm	main		0	0
IComp	MCWP2	8	Initial Logic State		main		-1	-1
IComp	MCWP2	8	Switch Time 1	sec	main		NotSet	NotSet
IComp	MCWP2 Check Valve	234	1st Time	sec	main		0	0
IComp	MCWP2 Check Valve	234	Output Value at 1st...	ratio	main		0	0

Results

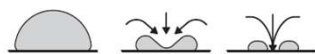
Type	Description	No.	Parameter	Unit	Attrib No.	Arm No.	1	2
RGen	Result No		Result No					
RGen	Database		Database					
RGen	Network		Network					
RGen	Description		Description					

- 과도상태 계산 방법론 수립 및 코드 구현
 - 공동화 계산 모델 및 압력과 전파 모델(유속, 유로형상, 온도상승에 의한 공동현상/기포거동)
 - 해머링 발생 및 압력 피크
 - 최대압력 발생영역 예측 방법 도출 및 코드 내 출력
 - Solver 검증



압력회복에 의한 공동 파열

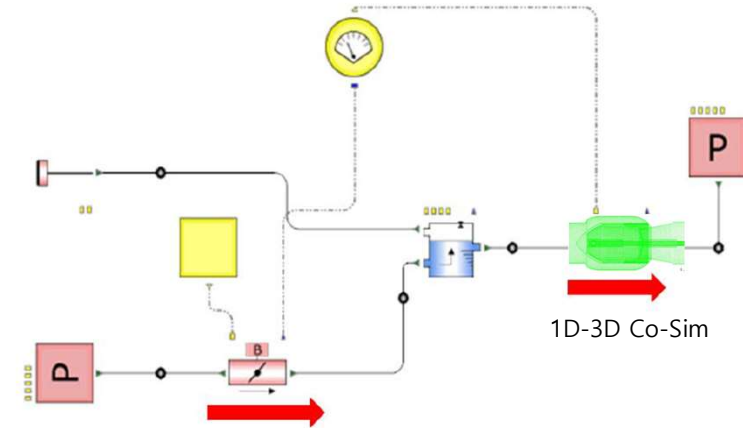
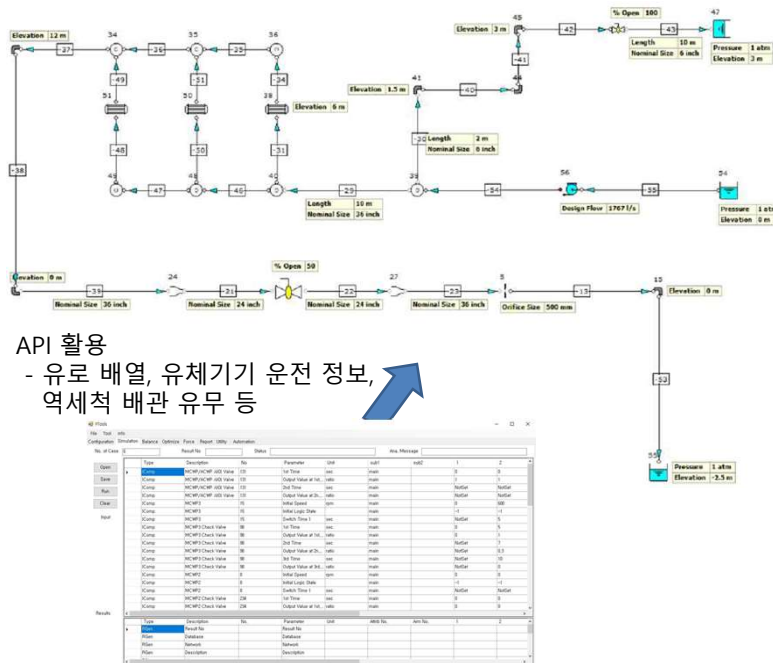
$$p_i = c_F \cdot \rho_F \cdot U_R = c_F \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot p_0 \cdot \rho_F \cdot \left(\frac{R_0^3}{R_E^3} - 1 \right)$$



벽면 근처 공동 붕괴

$$p_{surge} = \rho_F \cdot c_F \cdot v_{jet} \cdot \frac{\rho_F \cdot c_F}{\rho_W \cdot c_W} + 1$$

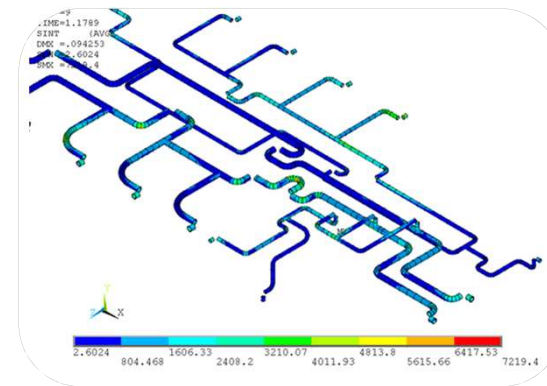
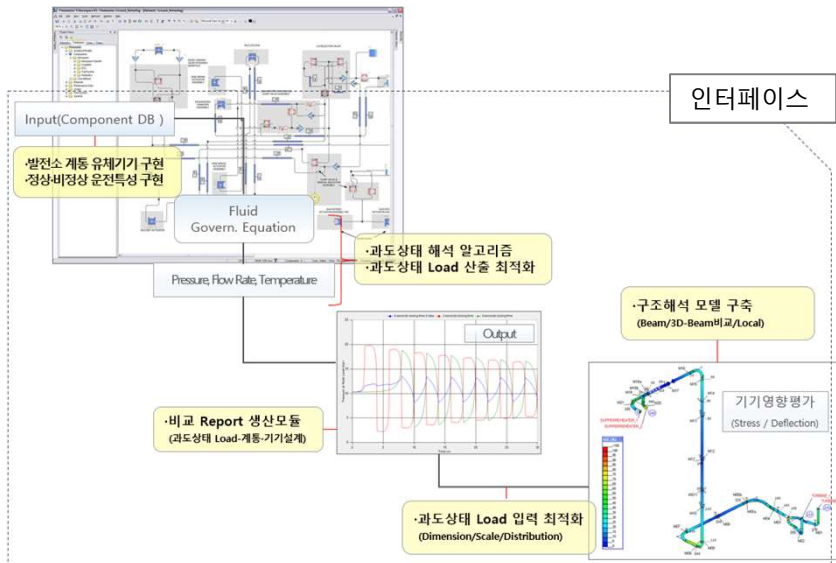
- 유체기기 Component DB 작성 및 Case 별 해석
 - 유체해석코드 미정의 기기 Component 별도 정의(예: 다단 오리피스, 펌프 역방향 운전)
 - Case 별 유동해석(1D, 1D-3D Co-Sim)
 - : 노형별 ESW 계통, 펌프 재순환 운전, 펌프 수력학적 성능 감소, 펌프 Shut-Off 운전, 밸브 비정상 거동, 유량제한 오리피스 후단 과도상태
 - 3D CFD Co-Simulation



노형별 ESW 계통 과도상태 해석
- 고려변수: 해수 수위, 운전 유량, 오리피스 홀 막힘

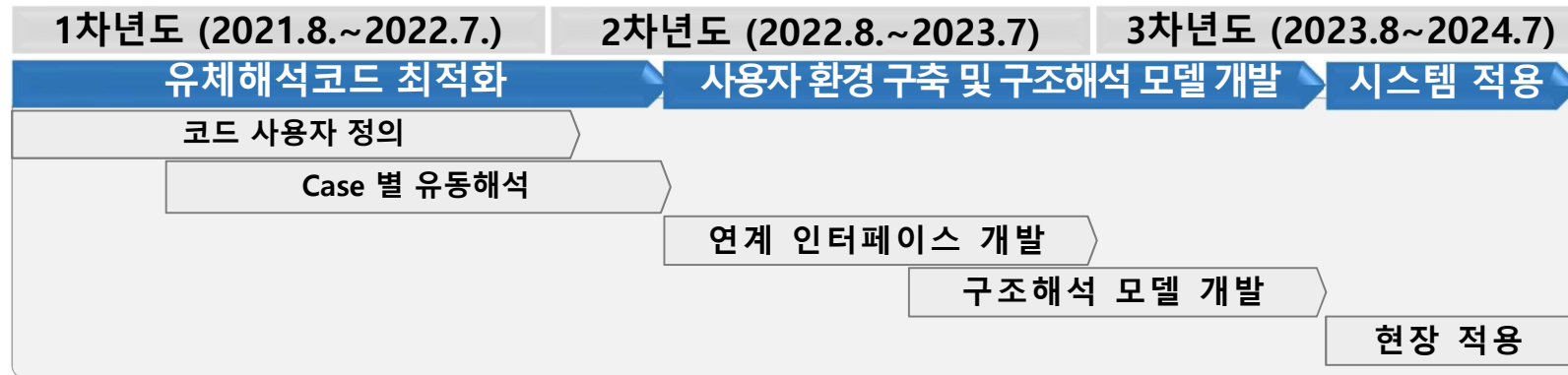
❖ 유체/구조해석 코드 간 연계 사용자 환경 구축 및 구조해석 모델 개발

- 연계 인터페이스 개발
 - 코드 실행, 경계조건 입력, 결과 도출 제어
 - 계산 조건 변경에 따른 유체/구조 코드 순차적 제어
 - 시스템 유체해석코드 API Tool 제어
- 구조해석 모델 개발
 - 유체해석 결과 입력 최적화 방법 도출(맵핑, 평균화 기법 최적화)
 - 유체해석 입력 Geometry 활용 모델링(파라메트릭 모델링)
 - BEAM 요소 등 1D 요소 기반 해석 모델(3D 유한요소 해석과 비교검토를 통한 적용성 확보)



BEAM 구조해석

❖ 단계별 일정



- 관련 용역: 2022년 1분기 착수/코드 사용자 정의, 해석 모델링, 인터페이스 설계
- 현장 적용: 노형 별 ESW 계통
- 코드: FloMaster, ANSYS Mechanical 또는 이에 상응하는 상용 해석코드
- 결과물: 분기별 수행 보고서, 중간/최종 보고서, 과도상태해석 및 영향평가 지침서, API Tool, 연계 인터페이스

감사합니다