

# TFOAM 소개



(주)주성지앤비

Jusung G&B Inc.

2023년 10월 20일

조 현 보 이사

# 목차

- 개발 배경
- 주요 사업 소개
- TFOAM 소개



An aerial photograph of a forested area. A road runs diagonally from the bottom left towards the top right. In the upper right quadrant, there is a building with a white roof and a dark structure on top. The forest is dense and green. A white-bordered square is overlaid on the image, containing the text '개발배경'. There are two small green squares: one in the upper left and one in the lower right.

# 개발 배경

# 개발 배경

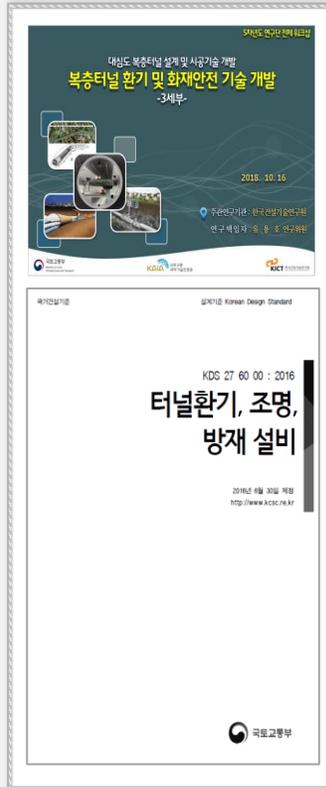
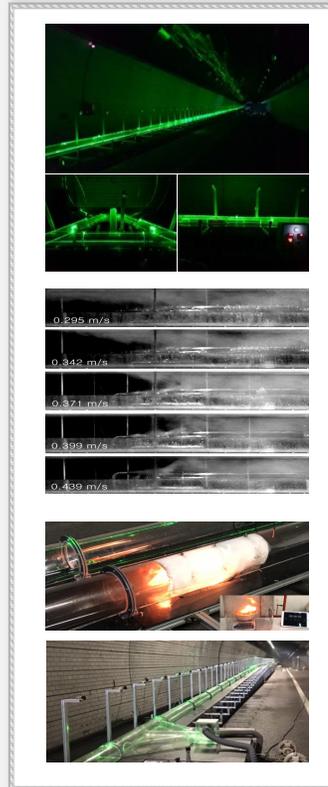
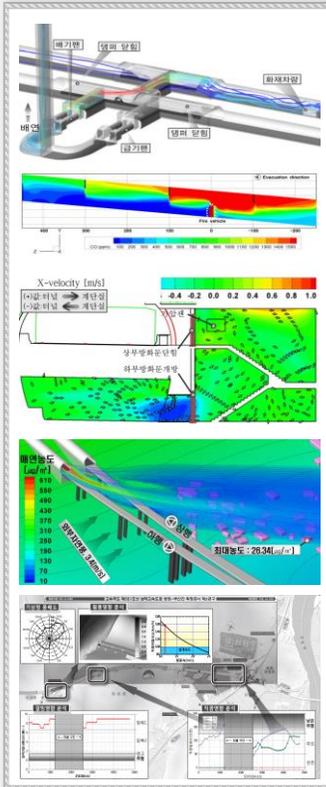
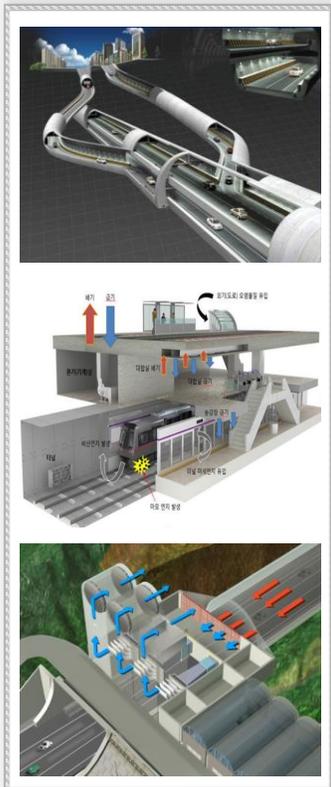
## ● 주요 사업 분야

설계

시뮬레이션

실측 및 모형실험

국가 R&D 및 연구용역



## ● 필요성

- 터널 및 건축물에 대한 기류/화재 해석  
--> 3D CFD 해석 프로그램 필요
  - 도로터널 임계풍속 해석  
--> velocity-inlet 조건으로 단계별 해석  
--> 풍속 단계 자동 지정으로 편의성 향상 필요
  - 도로터널 열부력 해석  
--> 터널 콘크리트 라이닝(solid) 열전도 영향으로 밀도 및 온도 분석 필요
  - 열차 무빙 모션 해석  
--> sliding mesh 분석 필요
  - 고속철도 분야에서 1D 해석으로 미기압파 분석  
--> 지형 및 상세 분석을 위해 3D 해석 필요
- 라이선스 비용 및 사용자 편의성을 위해 OpenFOAM을 통한 사용자 맞춤형 전용 Solver 개발 필요

An aerial photograph of a park or natural area. A paved path winds through a lush green landscape. In the upper right, there is a building with a white roof and a dark structure on top. The text '주요 사업 소개' is centered in a white box over the path.

# 주요 사업 소개

# 주요 사업 소개

## ● 설계 분야

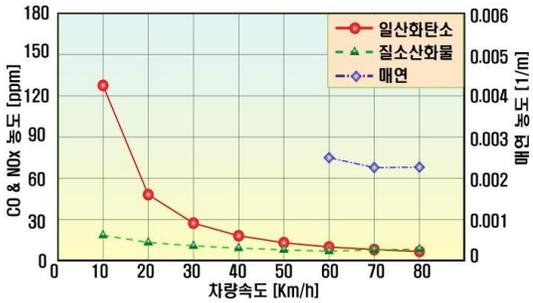
- 터널의 교통특성에 적합한 환기방식 선정과 제반조건별 환기 및 제연 특성을 반영한 설계 적용
- 터널의 제반조건0 **도로터널** 구축과 적정성 검증을 통한 **방음터널** 설계



# 주요 사업 소개

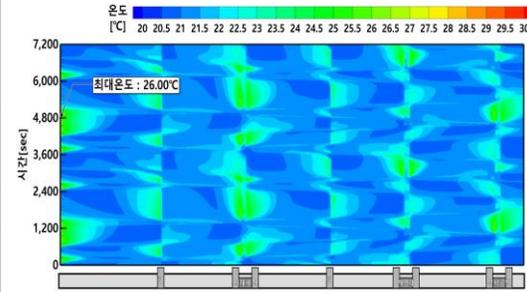
## ● 시뮬레이션 분야

환기  
시뮬레이션(도로터널)



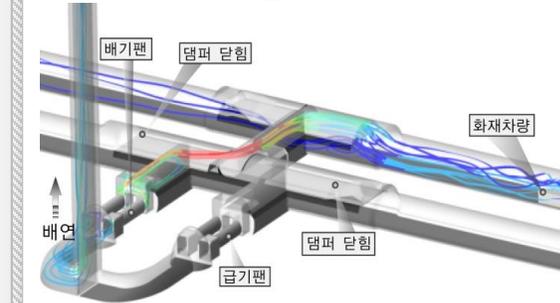
- 도로설계편람에 따른 오염농도 검토
- 차량속도별 / 오염농도별 기준 만족여부 분석

환기  
시뮬레이션(철도터널)



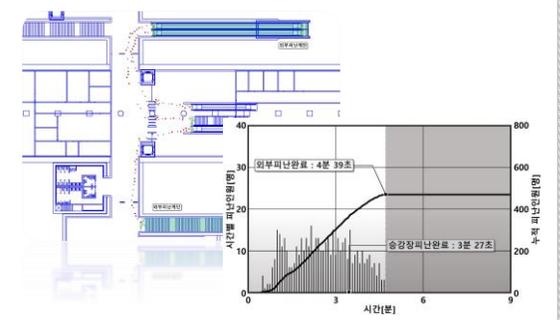
- 열차 주행 발열량, 열부하 계산 등 환기부하계산
- 침도시 구분 및 최대온도 분석을 통한 환기해석

터널 화재  
시뮬레이션



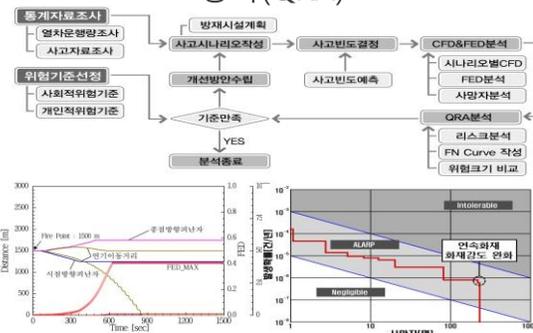
- 중·횡류식 제연설비 등의 성능검토 및 화재해석
- 배연용량 및 시스템의 제연성능 적정성 분석

피난 시뮬레이션



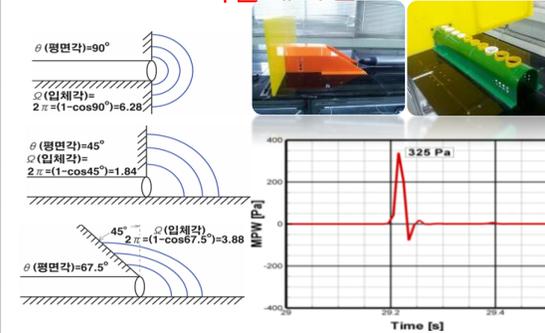
- 피난속도(일반인, 노약자 구분), 지연시간 등을 고려한 피난해석 ⇒ 관련 기준에 따른 적정성 분석

정량적 위험도  
평가(QRA)



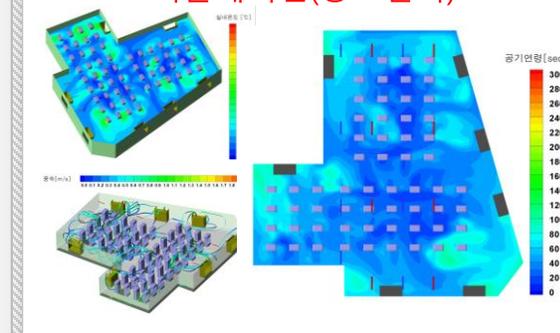
- FED분석을 통한 시나리오 기반 사망자 수 산출
- 사망자수별 누적 사고발생확률검토 및 평가

미기압 및 이명감  
시뮬레이션



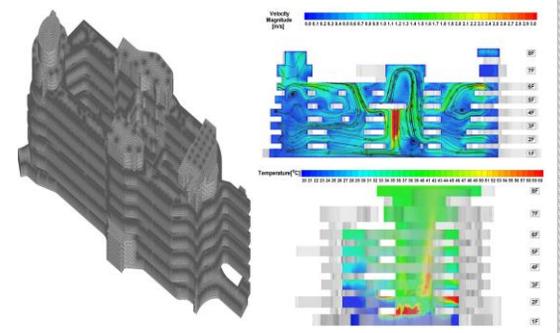
- 경사궤구 각도에 따른 효과 및 저감후드 분석
- 철도차량기술기준에 따른 미기압 수치해석

건축물  
시뮬레이션(공조설비)



- 건축물 공조설비 용량 검토 및 공기연령 분석
- 건축물의 공조설비용량 적정성 검토

건축물 시뮬레이션(화재)



- 표준발열량 적용에 따른 건축물 화재 해석
- 온도, 기류 분포, CO 분포, 가시거리 등 분석

# 주요 사업 소개

## ● 실측 및 모형실험

### 실측실험



· 터널 내부 측정 (온습도 / 풍속 / 오염농도 등)

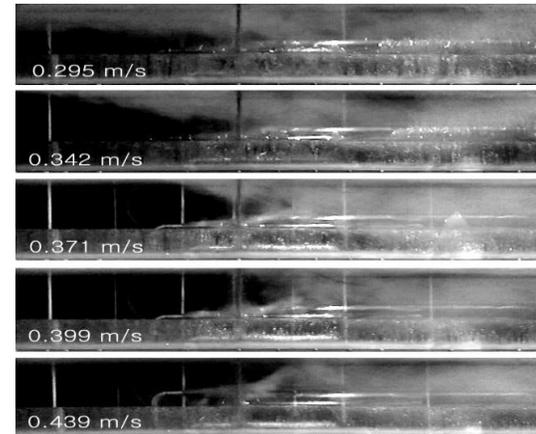


· 터널 TAB 측정

- 운행중 터널내 환기력 측정(고정식, 이동식) → 터널내 자동제어 계측시스템과 연동하여 터널내 실측자료 분석
- 터널내외부 풍향/풍속, 온습도, 기압 측정 → 외부 지형조건을 고려한 자연풍저항력(자연환기력) 측정



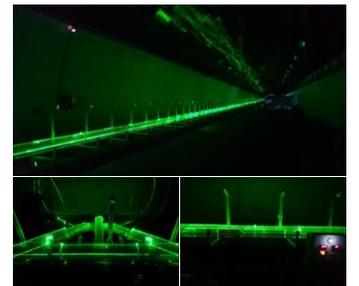
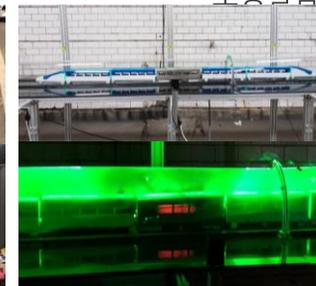
### 모형실험



· 10MW 화재에 대한 임계풍속 실험내용



· 풀 파이어 테스트 및 배연효율 모형실험



- 화재와 같은 실측실험이 어려운 경우, 모델터널을 제작하여 모형화재실험 수행
- 예상 화재시나리오에 따른 다양한 화재테스트가 가능

# 주요 사업 소개

## ● 국가 R&D 기술개발 및 연구용역

### 도로터널 관련 국가 R&D 연구

· 도심지 등에 설계 및 운영될 대심도 복층터널 연구단의 화재(방재)분야에 참여하여 화재안전평가 및 관리시스템 구축을 통해 대심도 복층터널 관련 정량적 위험도 평가 및 피난안전기술 개발에 기여함

### 철도터널 관련 국가 R&D 연구

· 고속압 초장대 해저터널 기술자립을 위한 핵심요소 기술 개발을 위해 주행속도 350km/h 주행 철도에 대한 공기압해석 프로그램 개발을 통해 공기압 및 미기압 해석 고도화 기술 개발에 기여함

### 터널 관련 국가 기준 제·개정 R&D 연구



· 도로터널 환기 및 방재시설 설치 및 기준이 되는 "도로설계편람", "도로터널 방재·환기시설 설치 및 관리지침", "터널 환기, 조명, 방재설비(KDS 27 60 00)" 제정 및 개정 관련 연구



· 국내 유일 실규모 터널 방재종합시험장 "터널 방재종합시험장(한국도로공사)"구축 연구 참여  
· 교육훈련, 도로터널 환기, 방재시설 시험 및 개발 등 분야에서 사용 가능한 실규모 방재종합시험장 구축

An aerial photograph of a golf course. The image shows a large green area with several holes and a central green area highlighted by a white border. The text "TFOAM 소개" is overlaid on this central area. There are two small green squares, one in the top left and one in the bottom right of the overall image.

# TFOAM 소개

# TFOAM 소개 - GUI 구성

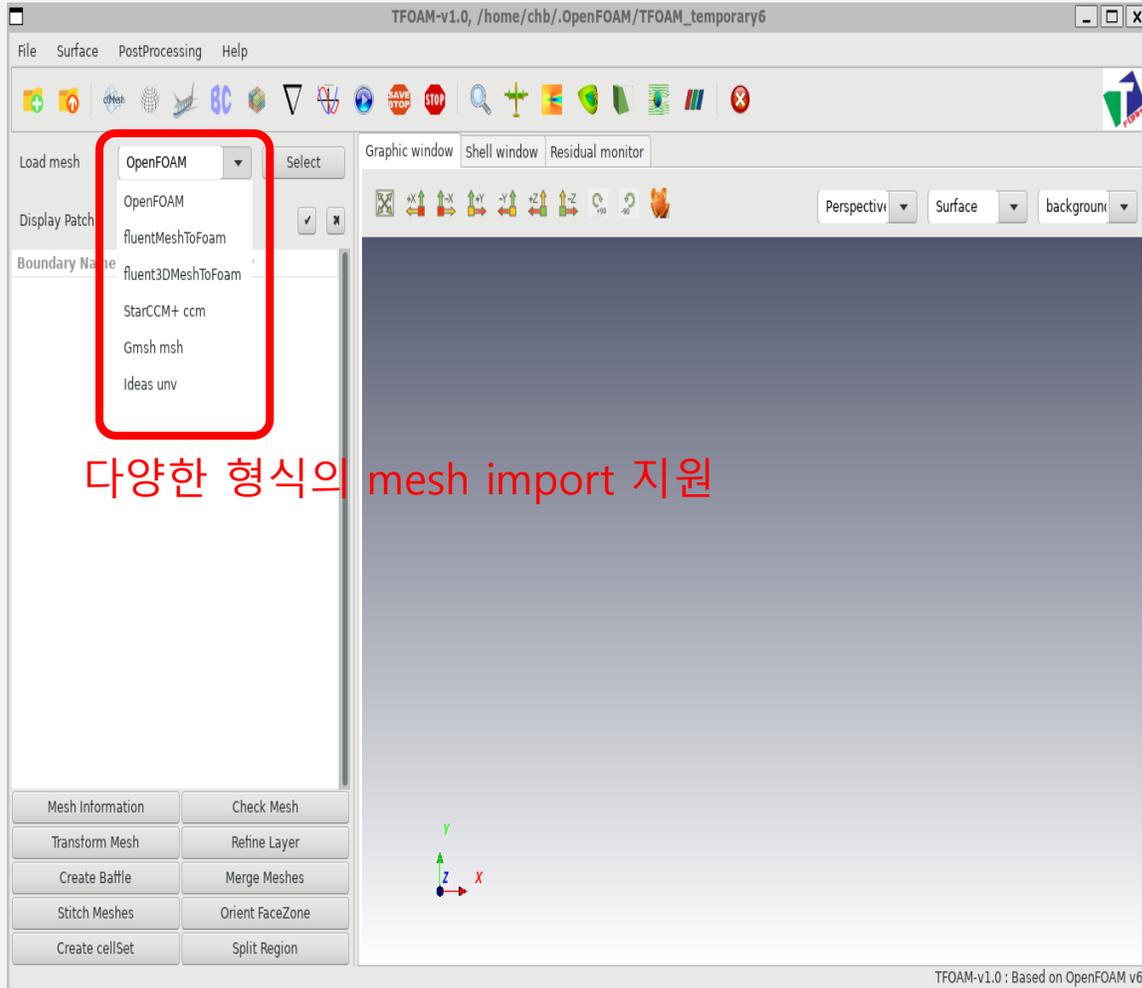
- 메인 화면



- CFD
  - > 건축물 공조/화재 해석
  - > 터널 환기구 3D형상 효율 해석
  - > 팬 효율 및 성능 해석
- Tunnel
  - > 터널 화재/임계풍속 해석
  - > 터널 열부력 해석
- PSD
  - > 열차 주행에 따른 스크린도어 풍압 해석
  - > sliding mesh 해석
- Micro pressure wave
  - > 격자수를 고려하여 1D와 3D 조합 적용
  - > 터널 내부 압축파 전파 1D, 열차 진입 무빙과, 환기구 형상, 출구 미기압파 전파 3D
  - > 고속열차 주행에 따른 터널 출구 형상에 따른 미기압파 해석

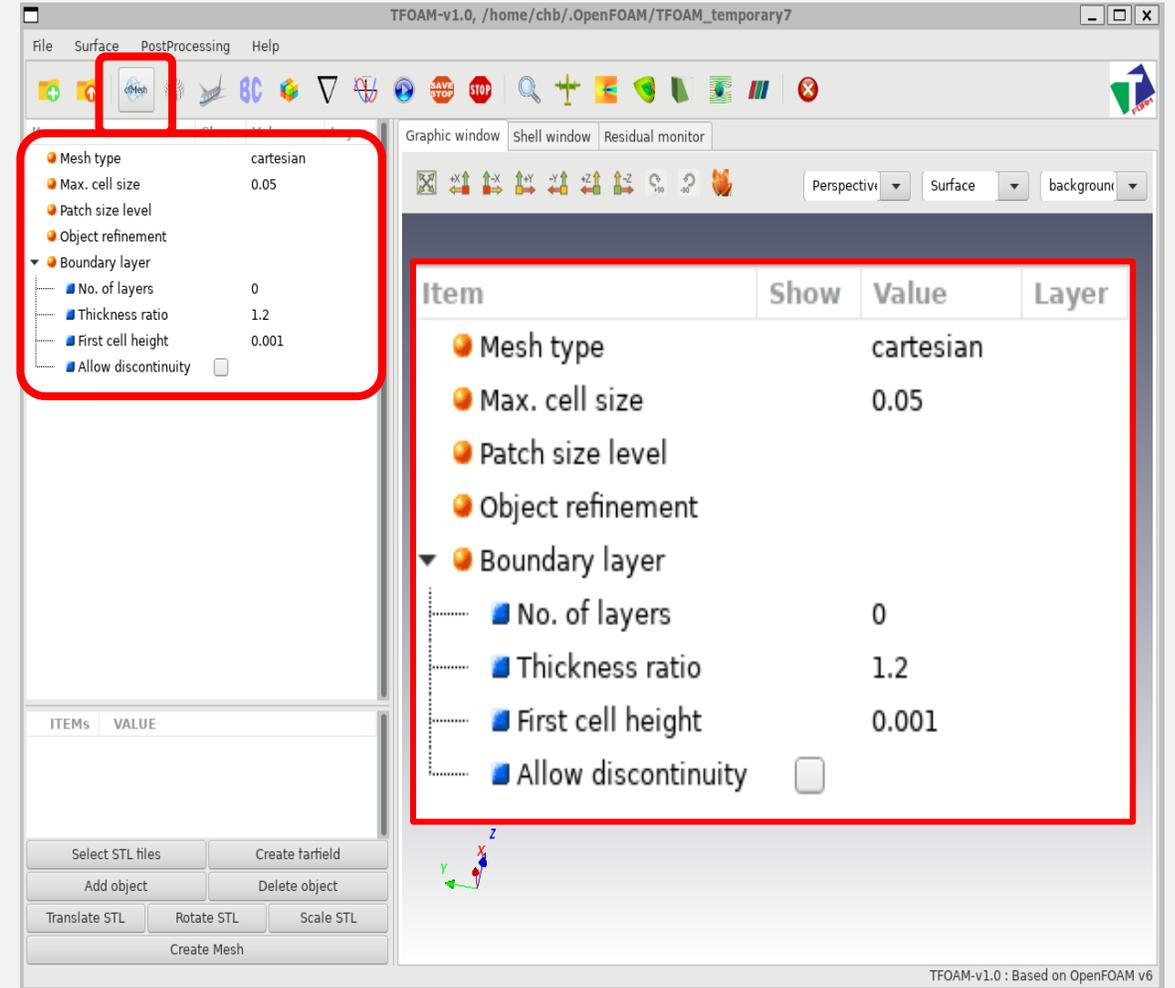
# TFOAM 소개 - GUI 구성

- 다양한 mesh file 지원



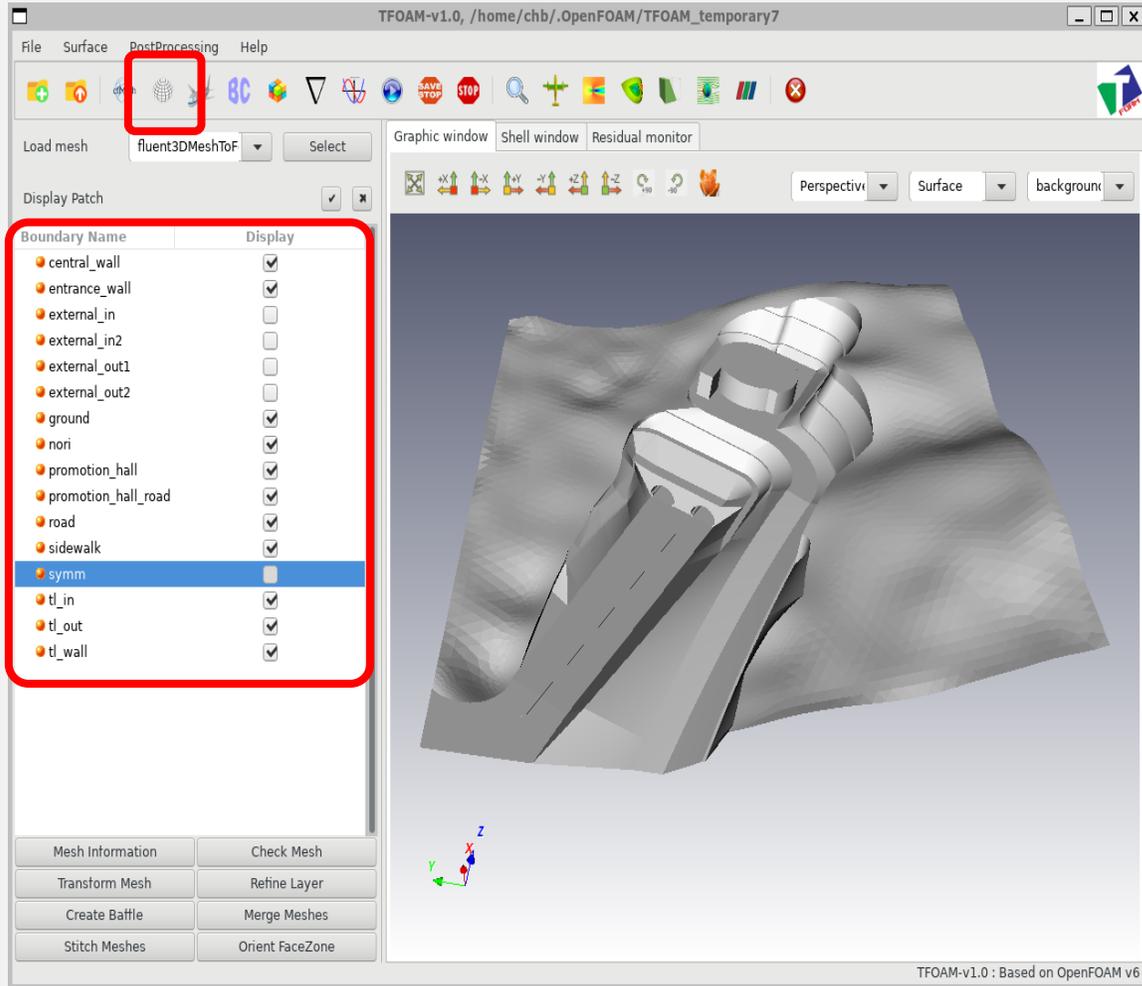
다양한 형식의 mesh import 지원

- geometry에서 mesh 직접 생성

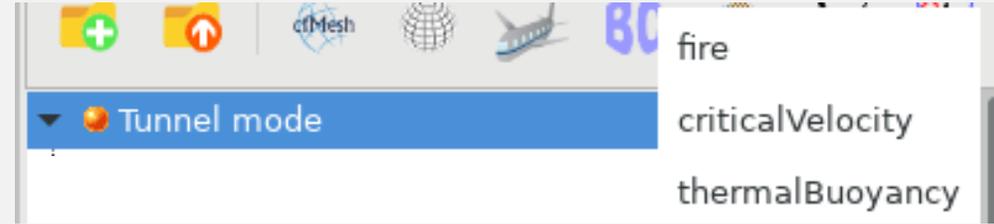


# TFOAM 소개 - GUI 구성

- mesh display



- 유저 친화적 UI 구성



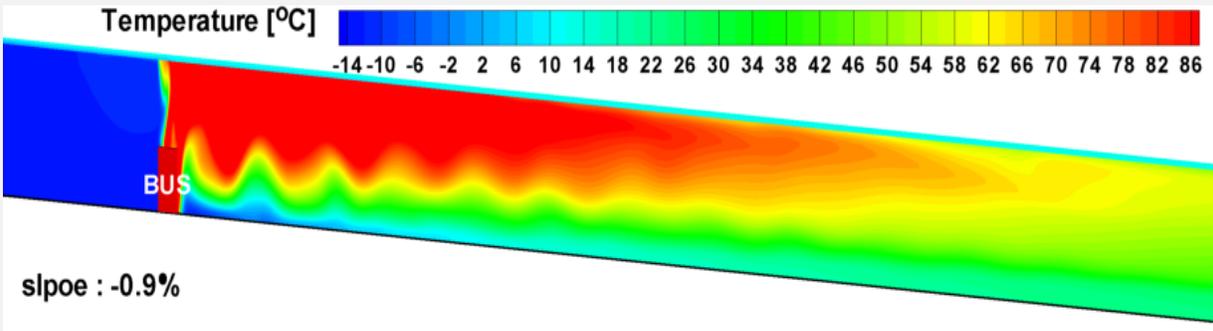
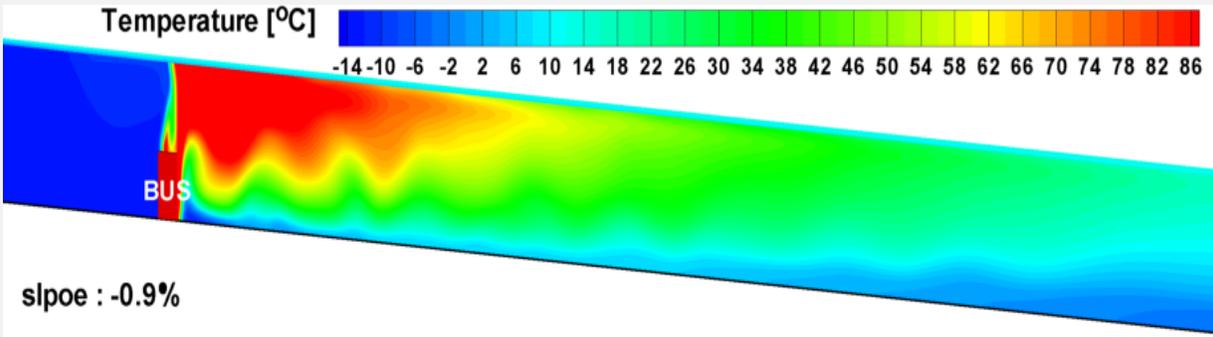
해석 내용에 따라 맞춤형 UI 구성

Parameter	Value	Unit
fire	2	[MW]
criticalVelocity	20	[m/s]
thermalBuoyancy	0.1025	[kg/s]
inlet temperature	288	[K]
inlet velocity	1	[m/s]
flash over time	450	[s]
CO	0.1025	[kg/s]
inlet velocity	3	[m/s]
inlet temperature	1	[K]
wall conductivity	1.95	[W/m·K]
wall density	2240	[kg/m³]
wall Cp	900	[J/kg·K]
wall temperature	288	[K]
fire zone	fire	
monitoring zone	fire	
turbulenceModel	kEpsilon	
gravity	-y	
transportMethod	constant	
viscosity	1.79e-5	[Pa·s]
conductivity	0.0245	[W/m·K]
Cp	1004	[J/kg·K]

# TFOAM 소개 - 해석 사례

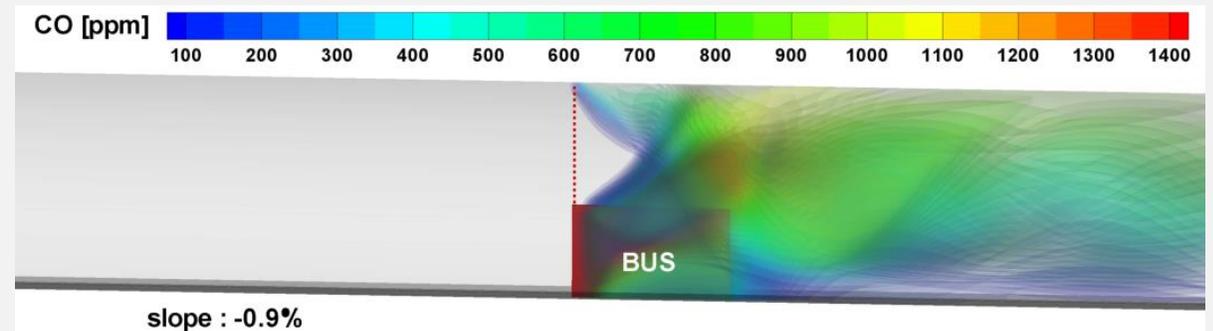
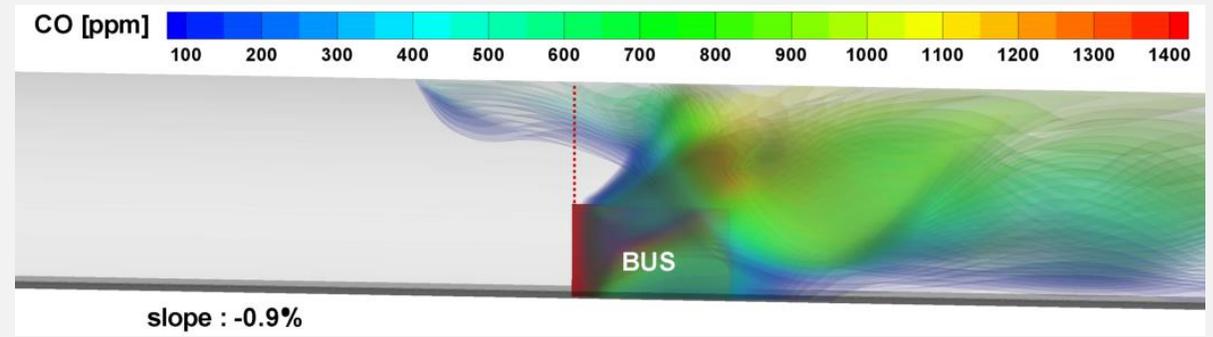
- 터널 화재에 의한 열부력 해석

시간 경과에 따른 온도 변화



- 임계풍속 해석

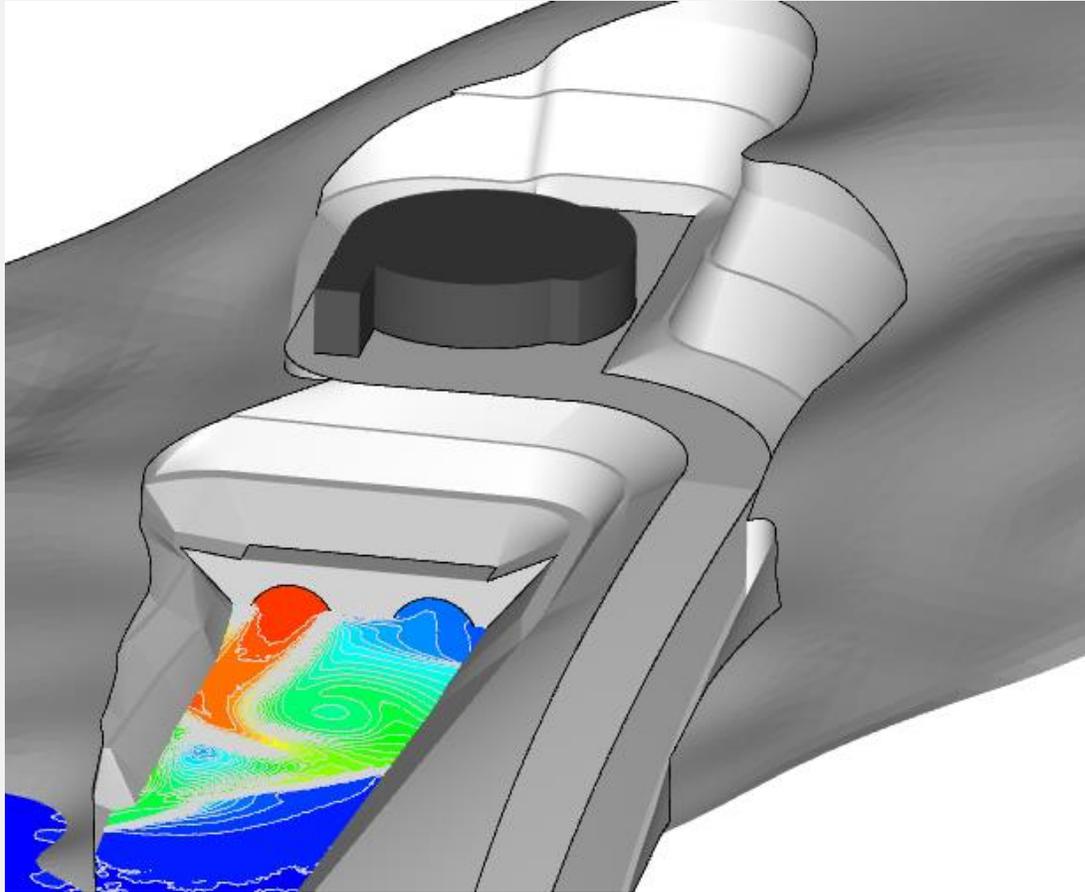
터널 풍속에 따른 연기 역류현상 분석



# TFOAM 소개 - 해석 사례

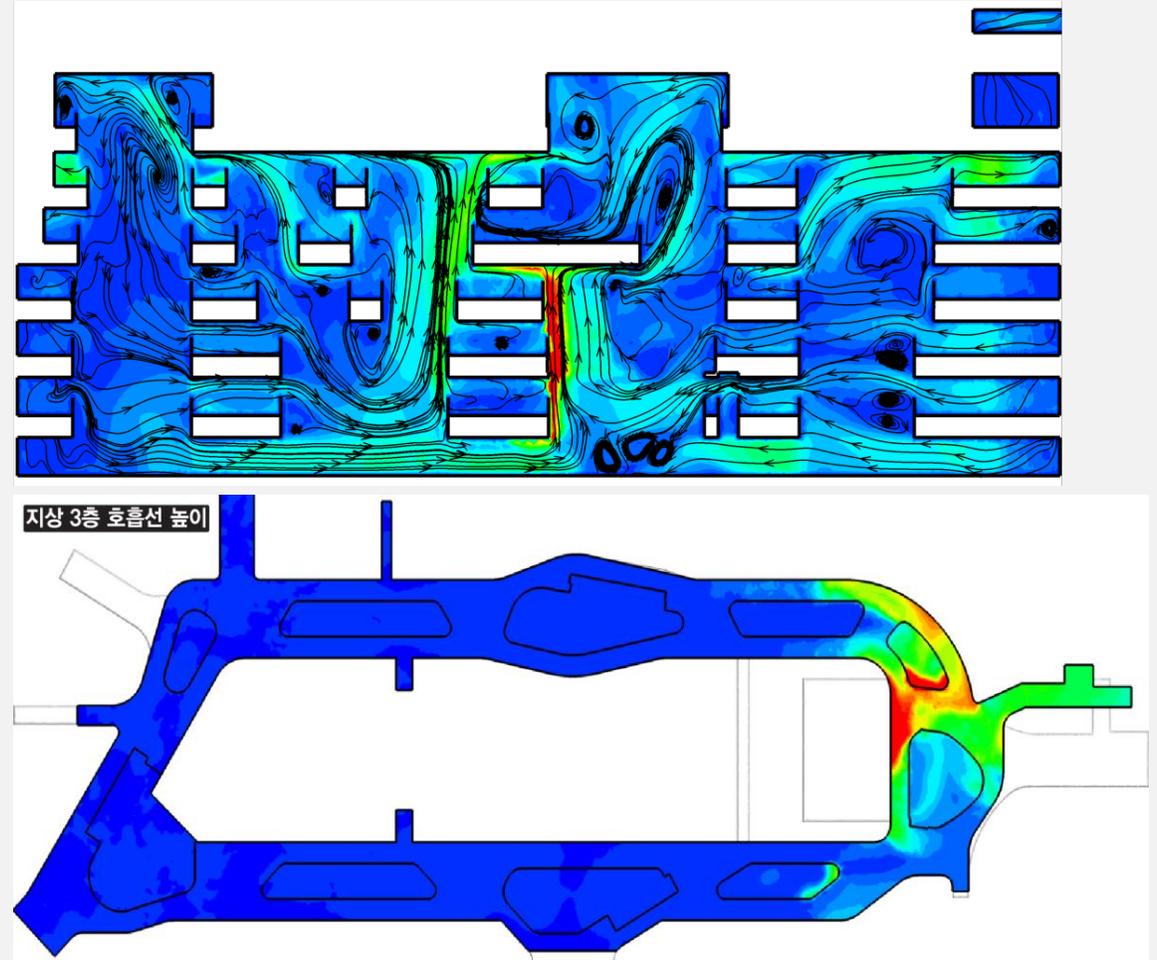
- 터널 갱구부 재유입 해석

지형 및 풍향에 따른 오염물질 재유입 분석



- 건축물 기류 및 화재 해석

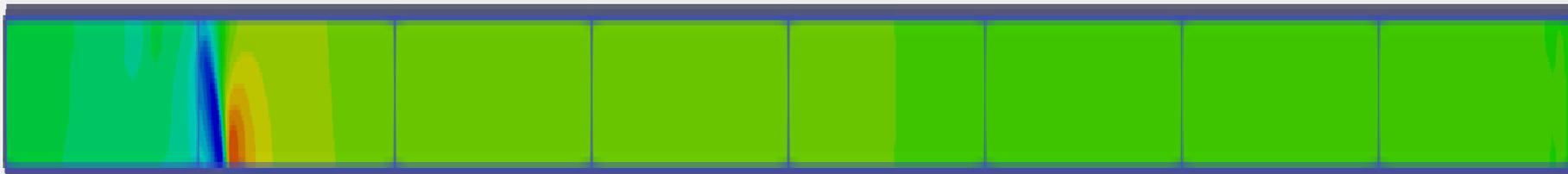
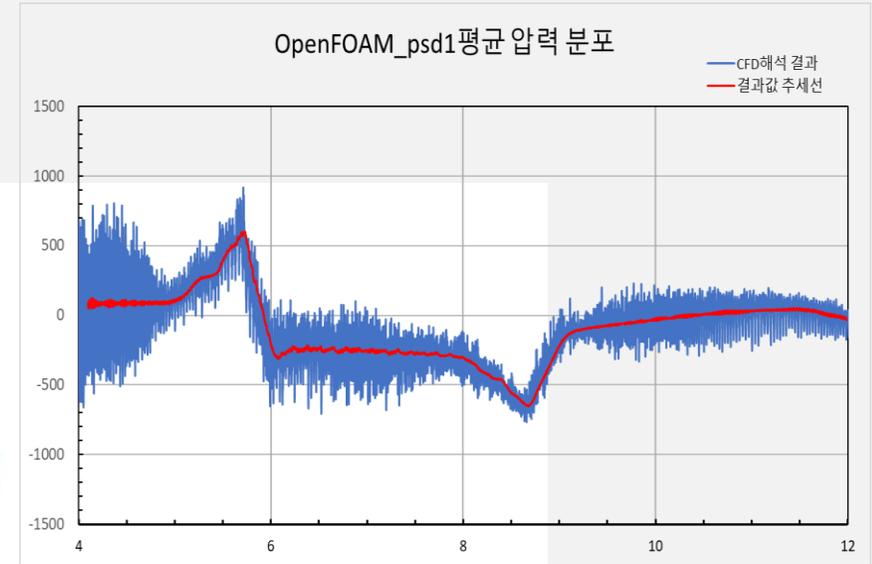
시간 경과에 따른 건축물 기류 및 연기 확산 분석



# TFOAM 소개 - 해석 사례

- PSD 풍압 해석

열차 주행에 따른 스크린도어 풍압 분석



# TFOAM 소개 – 해석 사례

- 미기압(1D-3D 연동 Solver 개발)

- 해석 방법

- 터널 입구, 출구, 환기구 동시 해석
- sliding mesh (linear motion)로 격자 이동

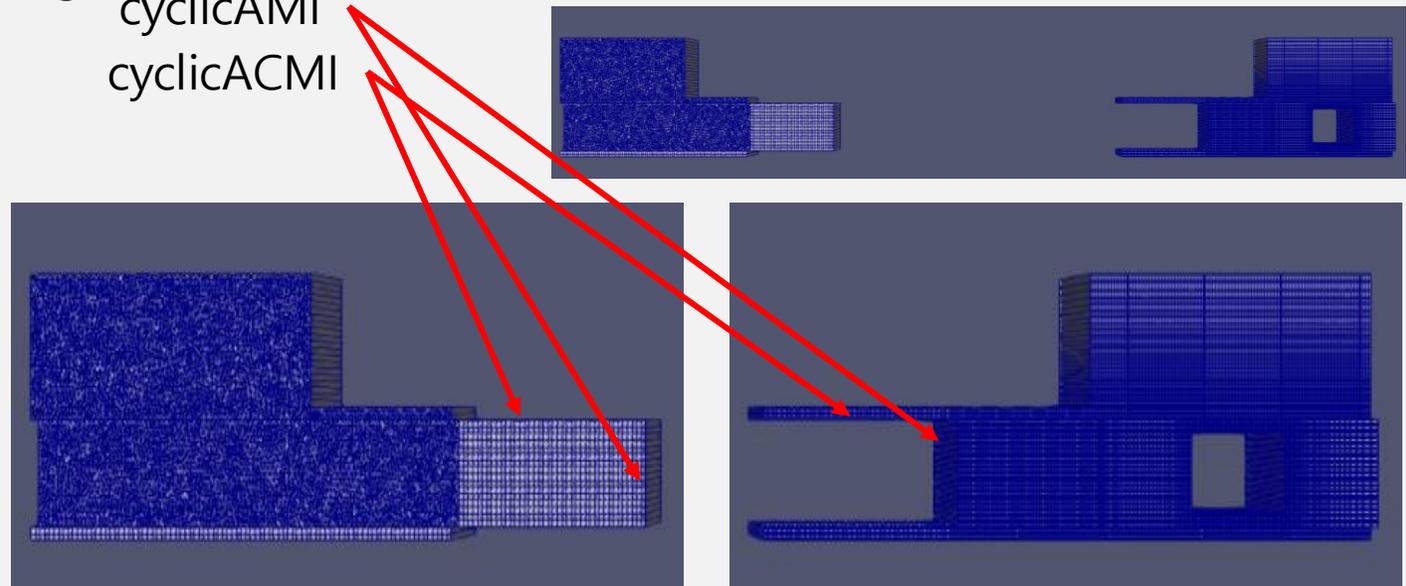
- 격자

- 터널 입구와 출구부만 격자를 생성하고 가운데 부분은 경계조건으로 처리

- 경계 설정

- 터널 내부 공간 : cyclicAMI translation(격자상 거리 입력)
- 이동/고정 연결부 : cyclicACMI noOrdering

cyclicAMI  
cyclicACMI

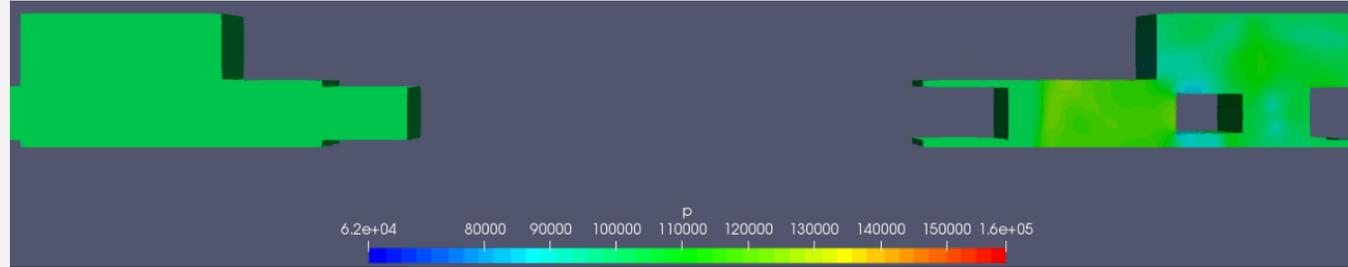


# TFOAM 소개 - 해석 사례

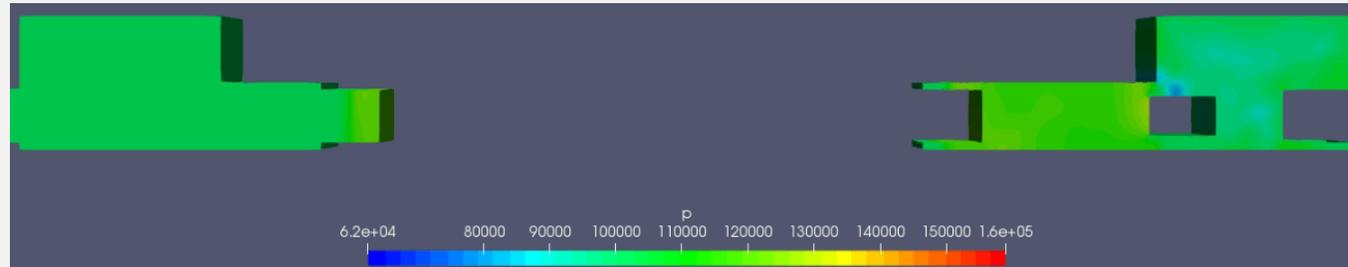
## ● 미기압 해석

열차 주행에 미기압 해석 결과

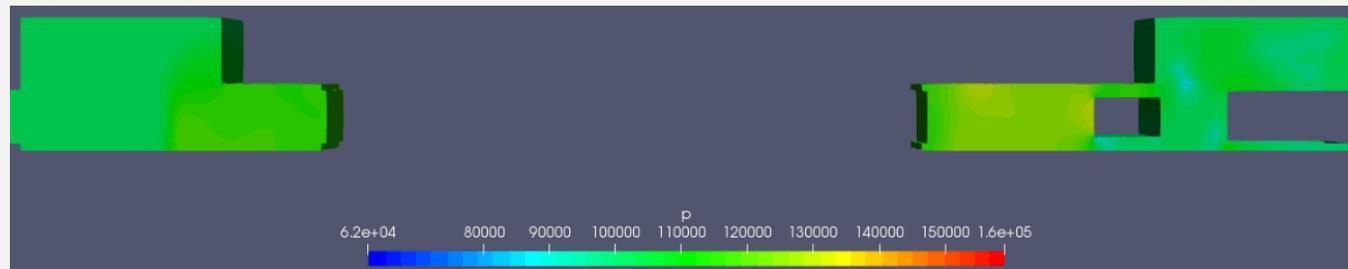
•  $t = 0.008s$



•  $t = 0.012s$



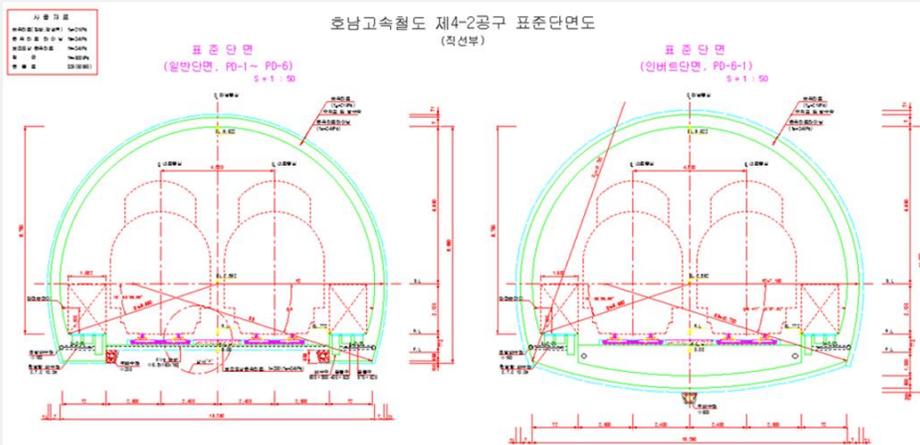
•  $t = 0.02s$



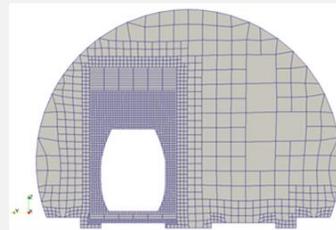
# TFOAM 소개 - 해석 사례

## ● 미기압 해석

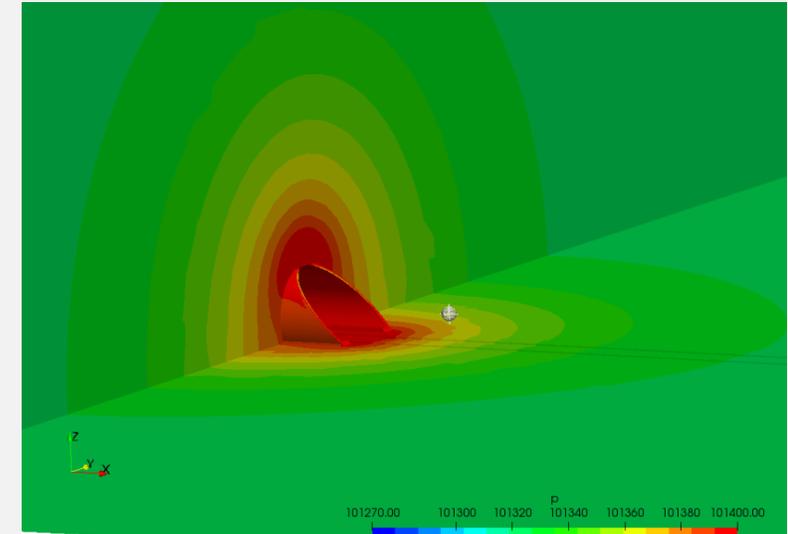
실제 터널 사례에 대한 validation 진행



3D 케이스 터널 단면



해석 결과



논문 결과와 비교

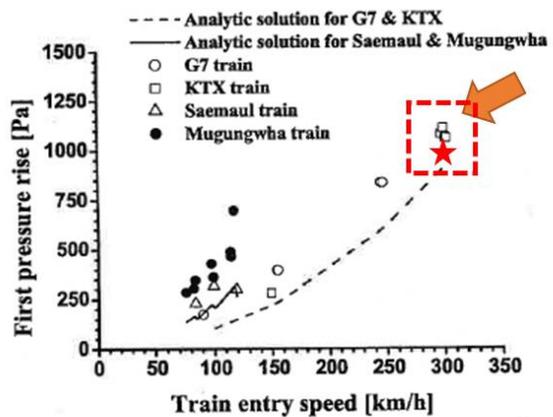
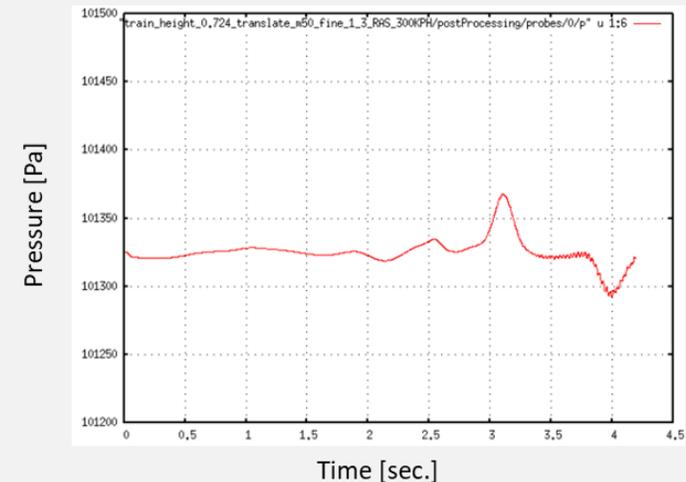


Fig. 16 First pressure rise of the entry compression wave based on the train speed

- CFD 결과
  - 측정 위치  
 $X = 734.142 \text{ m}$   
 $Y = 14.142 \text{ m}$   
 $Z = 1.2 \text{ m}$
  - 300km/h (83.33m/s)
    - 미기압파 : 42.6 Pa





고객의 공간(G)과 바람(B)를  
소중히 여겨 고객만족  
실현으로 국민과 사회로부터  
신뢰와 사랑받는 기업



(주)주성지앤비

Jusung G&B Inc.