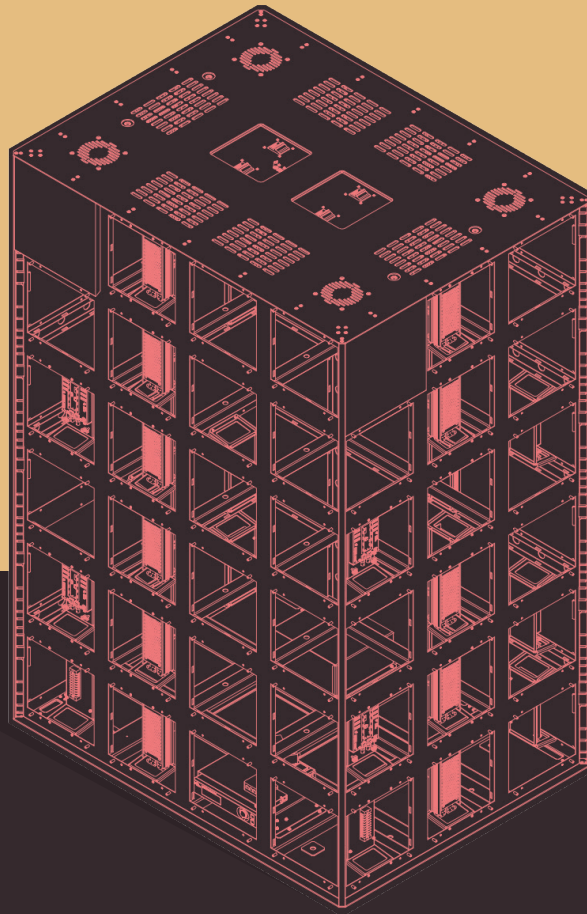


CASE STUDY

WHITEPAPER



이대로 설계해도 괜찮을까? - 스크린의 구조해석

Is it really safe?

LED display screen board



SIMULATION
OF SUCCESS

Simulation of Success White paper | June, 2019

1
VOL

TAKE A CLOSER
LOOK AT
WHITE PAPERS,
DISCOVER
INSIGHT IN
ENGINEERING.

백서를 자세히 들여다보고, 공학에 대한 통찰력을 발견하세요.



TECHNOLOGY
PRODUCT
ANALYSIS CASE
MARKET
ISSUE
THE SAME FIELD
RESEARCH
DIRECTION

CONTENTS

13

왜, MeshFree를 사용하게 되었나?

16

MeshFree를 통한 사전 검토

22

실무 적용 사례 1
J-Project P 빌딩 18.75mm pitch

32

실무 적용 사례 2
Julian Opie 10mm pitch 단면 Screen 구조 해석

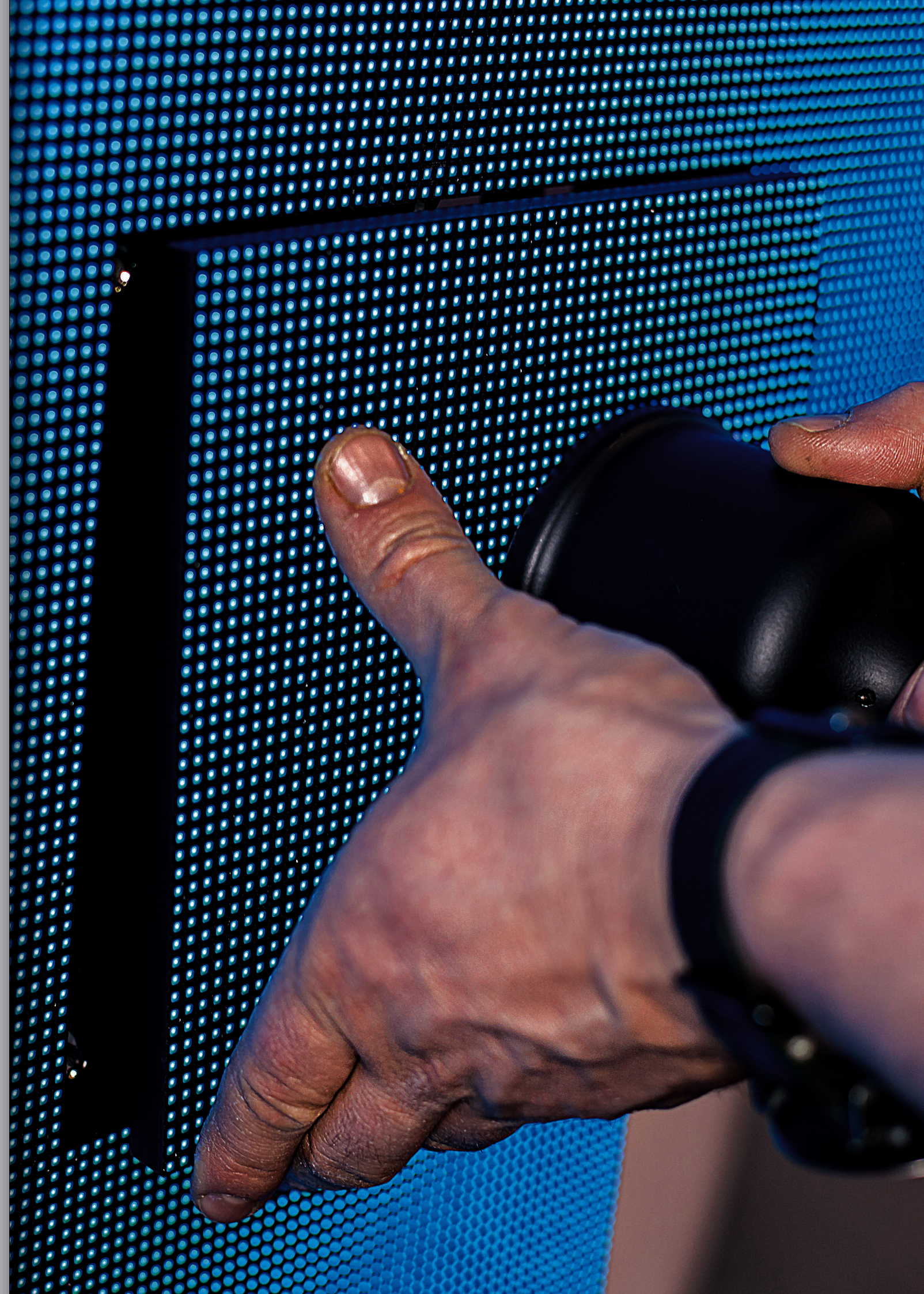
PROFILE



이재왕 연구원 | 기구 설계자

|주|글로우원
디스플레이팀 / 수석연구원

이재왕 연구원은 기계 공학을 전공했고 1996년 기구설계를 시작으로 실무 경력을 쌓아왔다. 설계 제품은 모니터 기구 설계, 데스크탑 컴퓨터, 지하철 발권기, 정산기, 주방 TV 등이 있다. 2016년부터는 LED Display(전광판) 기구 설계를 해오고 있으며 현재 투명 LED Display를 개발 중에 있다. 2018년 MeshFree를 통해 CAE에 대한 경험을 쌓게 되었다.





ENCOUNTER WITH MESHFREE

대부분의 기구 설계자들이 제품을 설계할 때 통상적으로 과거의 경험이나 유사한 사례를 답습하여 진행하게 된다.

이는 통상적으로 CAE라는 분야가 평범한 기구설계자에게는 접근하기 어려운 분야이고 빠른 개발 기간 내에 설계를 완료해야 하는 입장에서 시간이 오래 걸리는 CAE를 적용하기에는 시간 상 불가능한 것이었기 때문이다. 따라서 CAE를 통한 수치적 분석보다는 그동안 경험에 의한 안전한 설계를 답습하게 될 수 밖에 없었고 이는 안전상의 문제를 계산해 내지 못하는 한계로 원가 절감이나 경량화 설계에는 한계가 있을 수 밖에 없다.

이재왕 연구원이 전광판 설계를 담당하고 있을 때 이러한 방식에서 탈피하기 위해서 '구조해석'을 이용하고자 했고 좀 더 쉽고 편하게 쓸 수 있는 소프트웨어를 찾다가 MeshFree를 만나게 되었다고 말했다.

실제로 경험에 의존한 설계는 필요 강도 대비 과한 강도 설계를 초래했고, 그에 따라 제작비용이 상승했다. 전광판 Cabinet 및 설치 구조물의 과도한 무게 증가로 인한 전광판이 설치 될 구조물에 과도한 하중이 부여되었고, 그로 인해 설치 불가 또는 구조물의 추가적 강도 보강이 필요한 상황이었다. 물론 전광판의 구조적 안정성 여부에 대한 고객의 요구가 발생하면 외부 구조 계산 업체에 문의하여 구조 해석을 검증 받을 수 있지만 당시 설계가 거의 완료된 시점이었기 때문에 문제점 발생 시 설계 변경에 한계가 있었고 과 설계 여부를 확인했다고 하더라도 프로젝트 일정 상 그대로 진행하는 경우가 많았다.



IS IT REALLY SAFE?
LED DISPLAY SCREEN BOARD

CASE STUDY

1

MeshFree를 사용하게 된 이야기

Computing Power를 이용해 자중 또는 외력에 의한
전광판의 변형 및 파괴 기능성을 예측하기 위해 구조해석을 이용하였다



왜, MeshFree를 사용하게 되었나?

CASE STUDY

13

구조해석을 이용한 이유는 Computing Power를 이용한 전광판 전체의 구조 해석으로 자중 또는 외력에 의한 전광판의 변형 및 파괴 가능성을 예측하기 위해서였고, 전광판 전체 환경에 따른 적정 강도의 설계가 가능할 것으로 기대했기 때문이다. 또한 적정 강도의 설계로 인해 필요 이상의 과 설계를 제거함으로써 전체적인 원가절감과 경량화를 기대했다.

하지만 일반적인 CAE는 접근성이 어려웠다. 기계 공학에 대한 대학원 수준의 전공지식이 있어야 정확한 해석 진행 및 결과를 낼 수 있지만 협업에 종사하는 대부분은 대졸 수준의 설계자이기 때문이다.

두 번째는 시간에 대한 문제가 발생한다. 구조해석을 위한 전처리 작업에 CAD 모델링 검사, Mesh 생성, 하중 조건 설정 등이 있는데 이 단계에 소요되는 시간이 길어져 설계 단계에서 검증이 어렵고, 설계 완료 후 문제점이 발생되어 수정 설계를 진행할 경우 동일한 작업을 반복해야 하는 경우도 발생한다. 이러한 문제로 인해 설계 기간이 타 분야에 비해 짧은 전광판 분야에서는 CAE를 적용하기가 사실상 불가능한 현실이었다.

MeshFree는 기존 CAE와 달리 기계 공학에 대한 기본적인 소양만 있으면 누구나 쉽게 사용할 수 있고 결과를 도출할 수 있었다. 특히 선형 정적 해석에 있어서 실제와 거의 유사한 결과를 낼 수 있어서 사전 검증에 용이하다고 생각했다.

가장 큰 장점은 전 처리 단계에 걸리는 시간이 매우 짧다는 것이다. 짧게는 수십분, 길어야 반나절이면 원하는 결과값을 도출할 수 있었다. 전체 해석 시간이 짧기 때문에 설계 초기 단계부터 해석을 진행하여 해석 결과를 즉각적으로 설계에 반영 가능했고 전광판 분야에 적용하게 되었다.

IS IT REALLY SAFE?
LED DISPLAY SCREEN BOARD

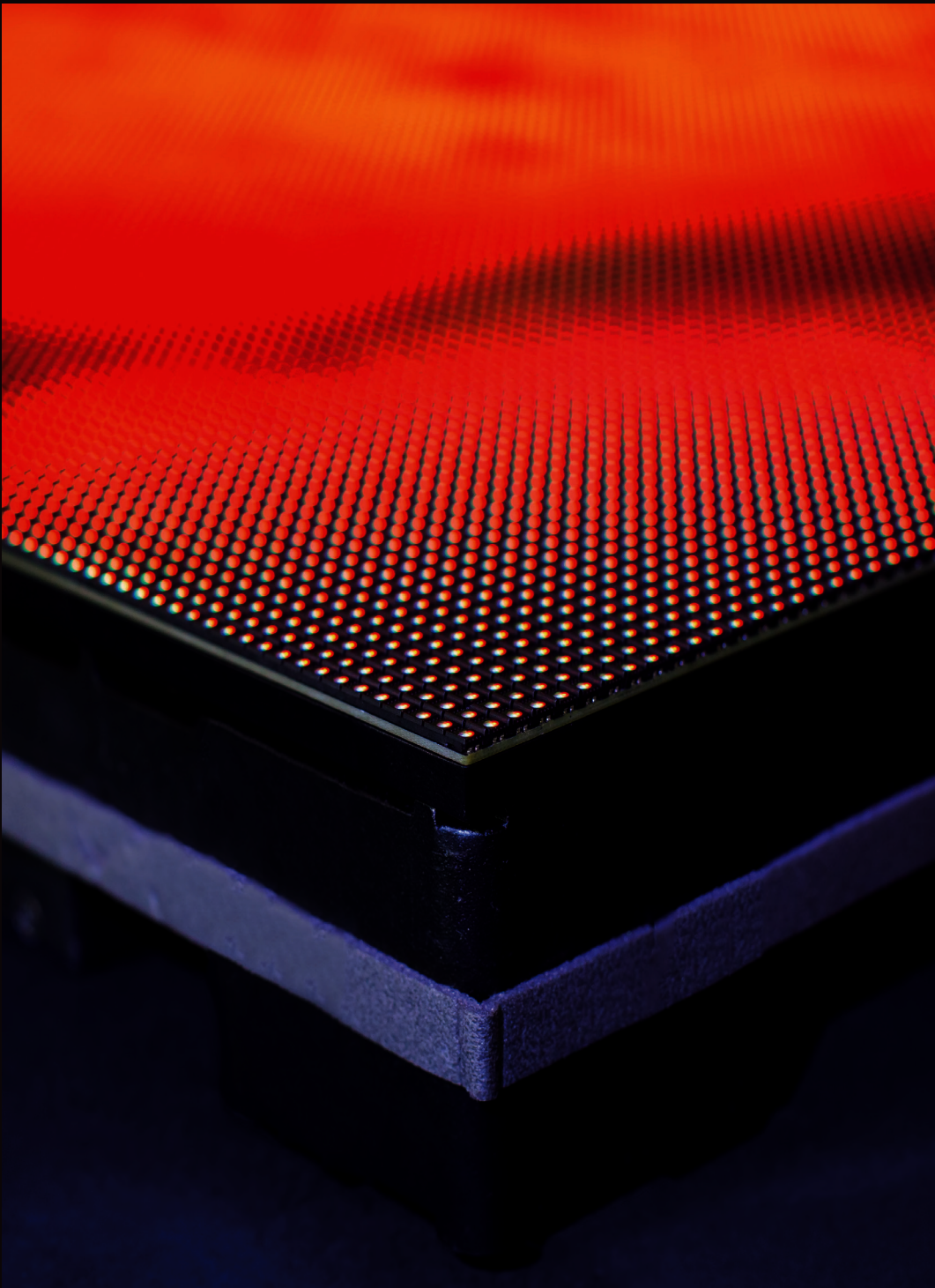
CASE STUDY

2

MeshFree를 통한 사전 검토

- 수식에 의한 손 계산 시 구조 보강대 변형량 계산
- MeshFree를 사용한 구조 보강대 단품 해석
- MeshFree를 사용한 스크린 전체 해석 시 구조 보강대 변형

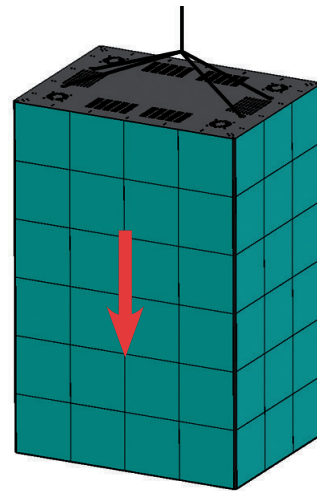
MeshFree를 적용하여 적정설계를 통해
불필요한 재료 낭비를 줄이고 무게 또한 줄일 수 있다



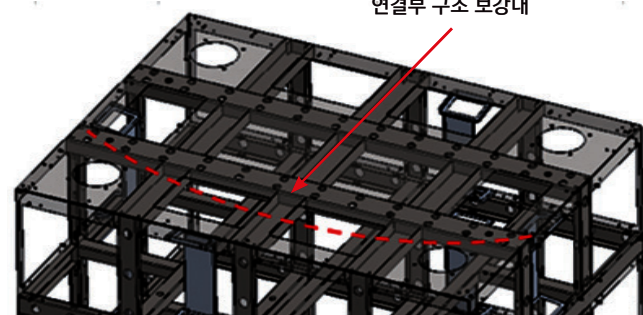
MeshFree를 통한 사전 검토

MeshFree를 통한 구조해석에 앞서 수식에 의한 손계산과 MeshFree를 통한 구조해석의 정확도를 비교해보기로 했다. 테스트 모델은 Pop artist Jullian Opie가 제작을 의뢰한 10mm pitch 4면 스크린으로 삼성동 현대 백화점 8층 매장 내 설치되어 있는 구조물이다. 수식에 의한 계산으로는 전체 구조물에 대한 계산이 불가능 하므로 특정 조건하에 가장 중요한 부재 하나에 걸리는 힘을 계산 해보기로 했다.

스크린 상단에 Wire 연결 후 전동 Hoist를 이용
스크린 전체를 들어올렸을 때 Wire 연결부에 미치는 영향 해석



연결부 구조 보강대



위 그림은 스크린 이동 시 스크린 상단에 wire를 연결하여 들어 올리는데 이때 연결부를 지지하는 구조 보강대 하나에 대해서 MeshFree를 통한 소프트웨어 해석과 수식에 의한 계산을 비교해 보기로 했다.

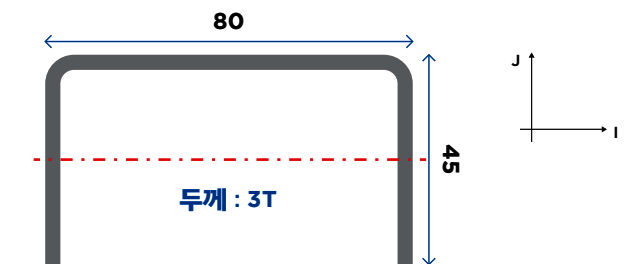
01

수식에 의한 손 계산 시 구조 보강대 변형량 계산

지지상태	최대처짐각	최대처짐
	$\theta_A = \frac{Pl^2}{2EI}$	$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{3EI}$
	$\theta_A = \frac{\omega l^3}{6EI}$	$\delta_{max} = \frac{\omega l^4}{8EI}$
	$\theta_A = \theta_B = \frac{Pl^2}{16EI}$	$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$
	$\theta_A = \theta_B = \frac{\omega l^3}{24EI}$	$\delta_{max} = \frac{5\omega l^4}{384EI}$
	$\theta_A = \theta_B = 0$	$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{192EI}$
	$\theta_A = \theta_B = 0$	$\delta_{max} = \frac{\omega l^4}{384EI}$

고체 역학의 보 공식 중 적절한 공식 적용

연결부 구조 보강대 단면 형상 및 단면 2차 모멘트 계산 (CAD 이용)



중심에 관하여 주 모멘트와 X-Y 방향

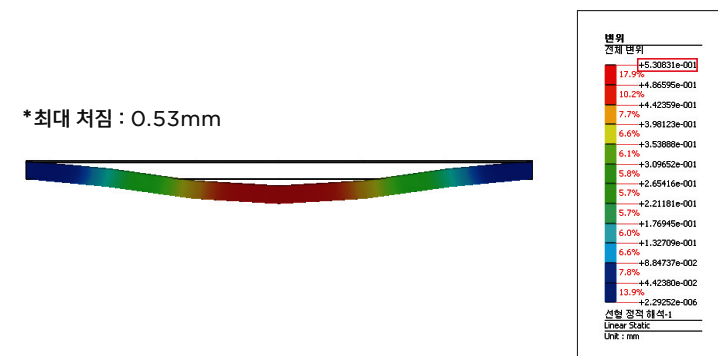
$I : 98469.62 [1.00 \ 0.00] \quad J : 491790.42 [0.00 \ 1.00]$

스크린 전체의 각 부품 상호 변형까지 고려한 수식에 의한 손 계산에는 한계가 발생한다. 3가지 이상의 부품에 대한 미분 방정식에 대한 일반해는 없다는 것이 수학적으로 증명되었기 때문에 컴퓨터에 의한 수치 해석을 이용해야 한다. 따라서 구조 보강대를 제외한 나머지 부품들은 변형하지 않는다고 가정하고 계산을 진행해야 했으며 아래와 같은 계산 결과를 도출할 수 있었다.

Support Bar Top 1개소에 걸리는 힘	1,984.50	N
Horizontal Bar의 단면 2차 Moment	mm ⁴	m ⁴
	98469.62	9.85E - 08
80 X 35 단면 Support Bar 길이	1.255	m
Steel 탄성 계수 (E)	210	Gpa
Support Bar 최대 처짐량 (δmax)	0.00	m
	0.49	mm

계산 값 정리 : 연결부 구조 보강대의 최대 변형은 0.49mm 이다.

MeshFree로 계산한 구조 보강대의 최대 처짐은 0.53mm로 손계산으로 나온 0.49mm 대비 0.04mm 밖에 차이가 나지 않는다. 즉 단품 계산시 손계산도 매우 정확하다는 것을 알 수 있다.



03

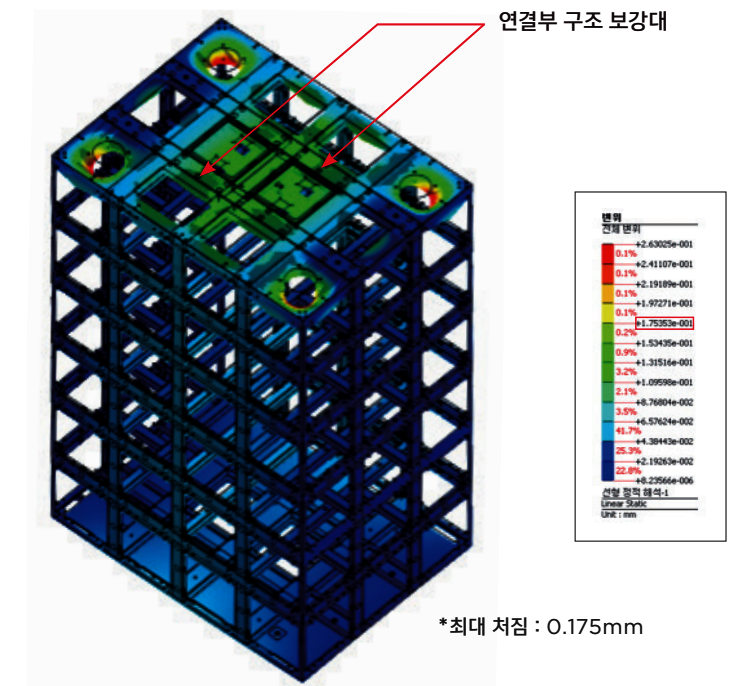
MeshFree를 사용한 스크린 전체 해석 시 구조 보강대 변형

MeshFree로 스크린 전체 해석을 진행한 후 연결부 구조 보강대의 변형은 0.175mm였다. 단품에 대한 해석 결과와 비교해서 매우 적은 값이 도출되었는데 이는 여러 부품들에 의한 상호 보강 효과에 의해 변형이 적어졌다고 판단된다.

정리하자면, 부품 하나당 계산은 손계산과 MeshFree를 통한 해석 결과가 큰 차이가 없었지만 스크린 전체를 고려한 계산에서는 완전히 다른 결과를 보여주고 있었다.

결국 수 계산에 의한 변형 값이 MeshFree에 의해 계산된 변형 값보다 과도하게 계산될 수 밖에 없으며 이는 MeshFree를 적용하여 적정설계를 통해 불필요한 재료 낭비를 줄이고 무게 또한 줄일 수 있다는 뜻이 된다.

이와 같은 이유로 MeshFree 적용에 따른 제품 원가 절감 효과가 있을 것으로 판단되었고 본격적으로 제품의 해석을 진행하게 되었다.



02

MeshFree를 사용한 구조 보강대 단품 해석

IS IT REALLY SAFE?
LED DISPLAY SCREEN BOARD

CASE STUDY

3

실무 적용 사례 1

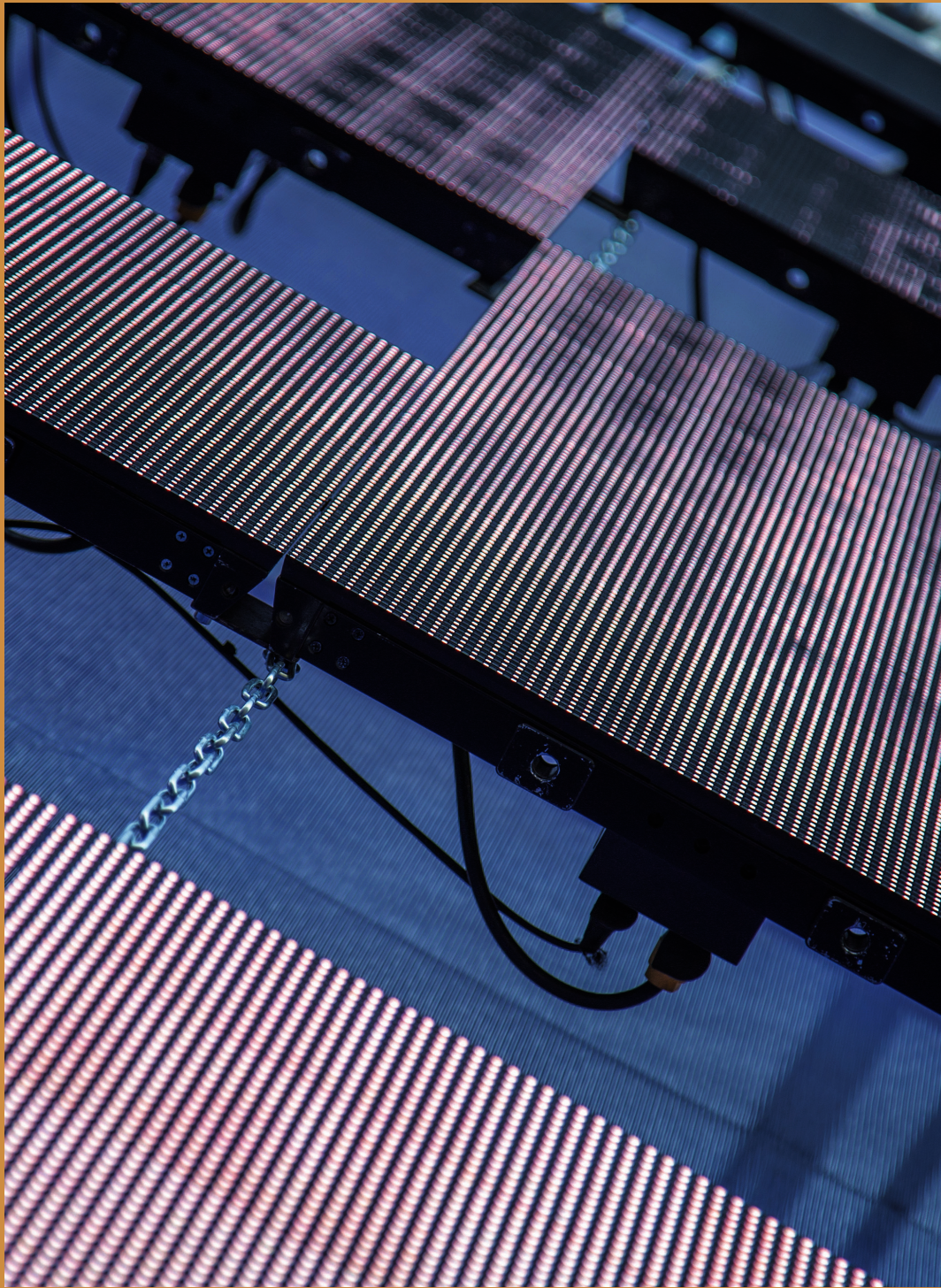
J-Project P 빌딩 18.75mm pitch

12.9m X 2.7m Big Banner 구조해석 사례

J-Project P 빌딩 18.75mm pitch Big Banner

전체 Screen의 구조해석

MeshFree는 설계 초기 단계에서부터
해석을 할 수 있는 쉽고 빠른 소프트웨어이다



실무 적용 사례 1

01

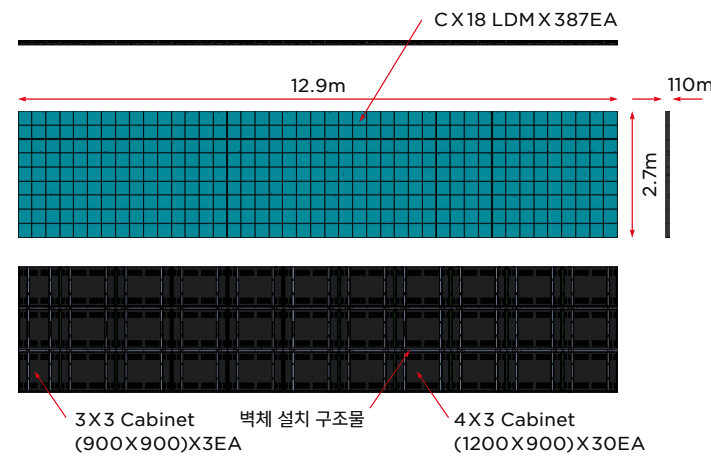
해석 모델에 대한 설명

J-Project P 빌딩 18.75mm pitch

• 12.9m X 2.7m Big Banner 구조해석 사례

전체 스크린 크기는 12.9m X 2.7m X 0.11m로 가로방향 길이가 길고 두께가 얇은 특성을 가지고 있다.

스크린은 1200 X 900 Cabinet 30EA, 900 X 900 Cabinet 3EA로 구성되어 있으며 각각의 Cabinet은 설치 구조물에 의해 연결 되고 설치 구조물은 벽체에 고정되어 스크린을 구성하게 되어 있다. 단, 실내 형이기 때문에 풍속 및 비에 의한 영향은 없다고 가정한다.



Size	12900 X 2700 X 110	mm
재질	AL5052H32	
Total 무게	875	kg

02

Issue

실내의 커튼월 고정 타입으로 설치 구조물의 고정 포인트는 많지만 커튼월 자체가 약하기 때문에 경량화 개발을 Buyer 측에서 요청했다.

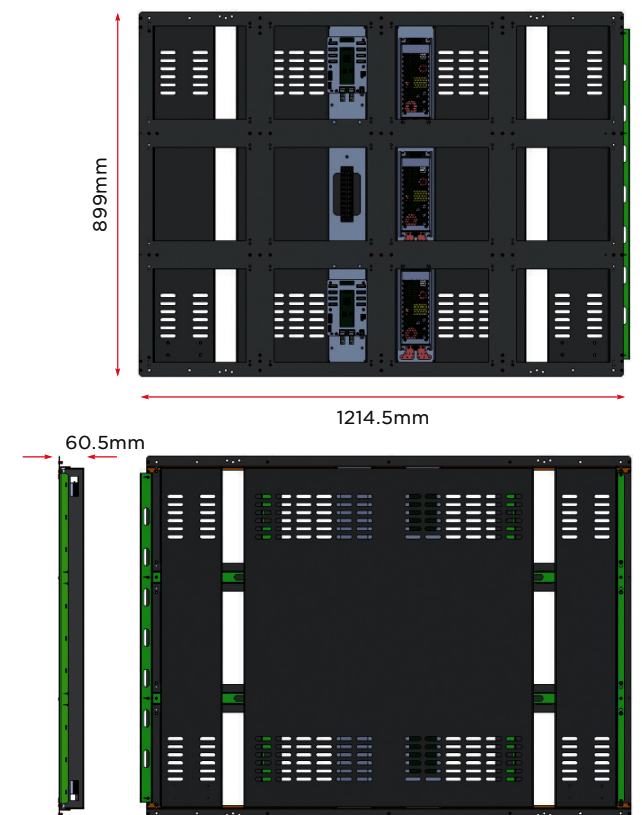
Buyer 요구에 맞도록 설치 구조물과 Cabinet은 알루미늄 재질로 설계 되었고 최종 무게는 875kg으로 맞추어 졌다. 이와 같이 설계할 경우 자중에 견딜 수 있는지 검토가 필요하다.

03

구조 해석 초기 조건

4X3 Cabinet Assy 물리적 특성	Size	1214.5 X 899 X 60.5	mm
	Cabinet 무게	8.9	kg
	Cabinet 재질	Aluminum(AL5052H32)	-
	LDM Total Weight	0.99 X 12 = 11.88	kg
	회로 자재 무게 (SMPS, UCB)	2.88	kg
	Total 무게	23.66	kg
해석 편의성을 위한 LDM, 회로자재 하중 대치	LDM, 회로 자재를 하중으로 대치	144.6	N
	LDM, 회로자재 하중 대치 시 Cabinet 자중	8.9	kg

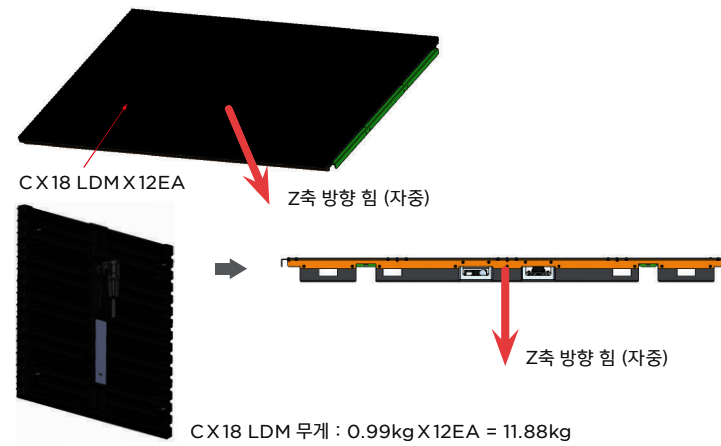
해석 시간 및 컴퓨터 메모리의 한계로 Electrical component(LDM, SMPS, UCB 등)는 임의로 구조 변경이 불가한 부분이므로 하중으로 대치하고 임의 변경이 가능한 Cabinet 자체만의 변형 해석만 고려한다.



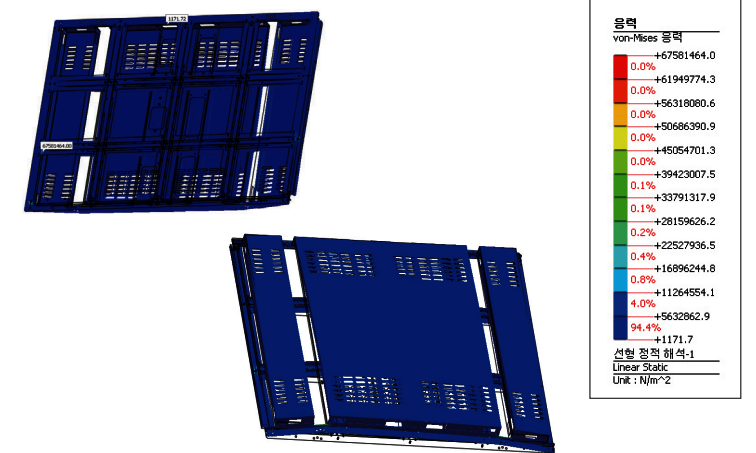
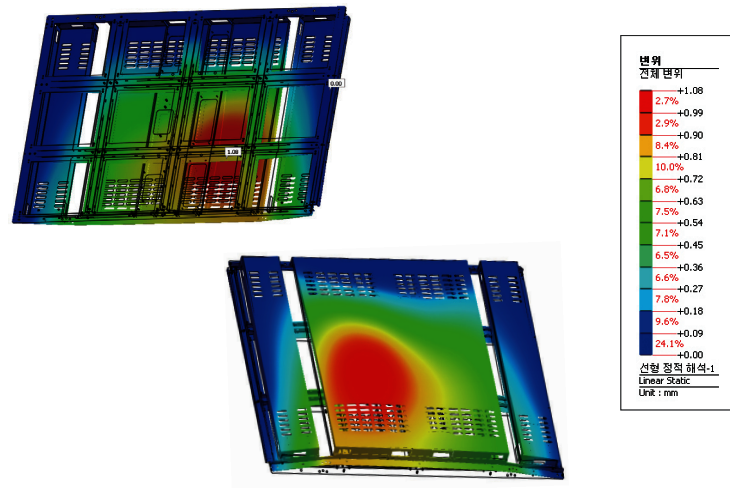
04

해석 조건
입력 시
- Cabinet을
설치 장소로
운반 시
Cabinet에
걸리는 하중
조건 입력

1) Z축 방향의 자중 이동



4X3 Cabinet Assy 물리적 특성	CX LDM / EA	0.99	kg
	CX 18 LDM Total	11.88	kg
	회로 자재	2.88	kg
	Cabinet	8.9	kg
	Assy Total	23.66	kg
해석 편의성을 위한 LDM, 회로자재 하중 대치	Z축 방향 하중	157.584	N
	Cabinet 자중	87.22	N

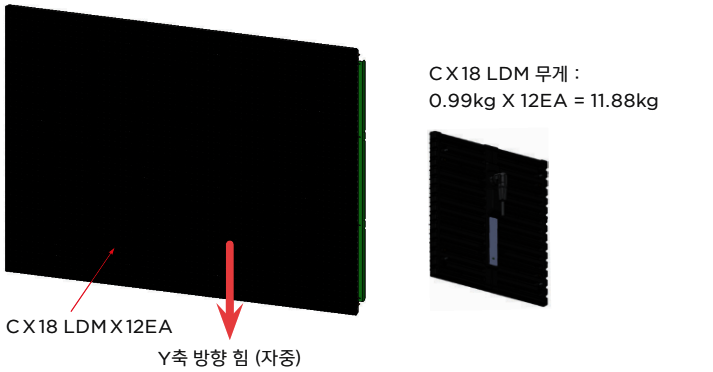


구조해석 결과 Z축 방향 자중에 의한 변형 최대값은 1.08mm이고 해당 부위 Von Misses 응력값은 1.17kN/m² ~ 67.5MN/m²로 탄성 한계 내의 값을 가지고 있다.

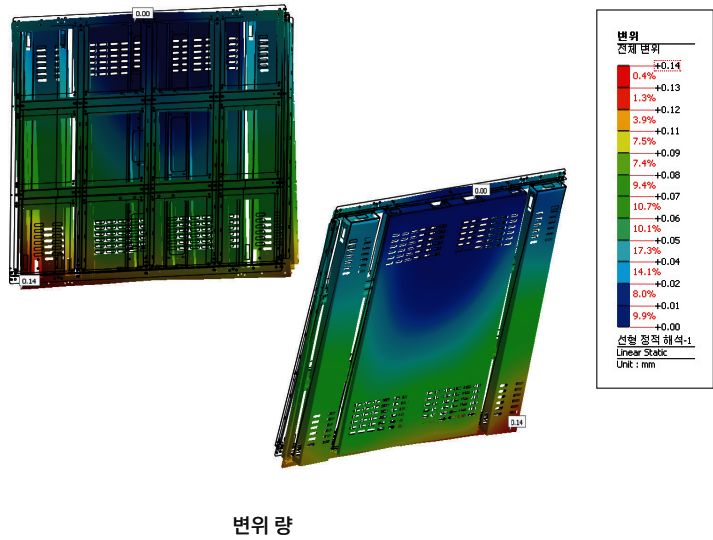
Von Misses 응력 값의 최대치 역시 67.58MN/m²로 알루미늄 판재 (AL5052H32) 계열의 재료 항복강도인 195MN/m²의 35.5% 정도로 구조에 영구적인 변형을 일으키지 않기 때문에 안전한 것으로 판단된다.

최대 변형	1.08	mm
Von Misses 응력(max)	67,581,464	N/m ²
Aluminum 항복 응력	195,000,000	N/m ²
Von Misses 응력(max) / AI 항복 응력 X 100%	34.7	%

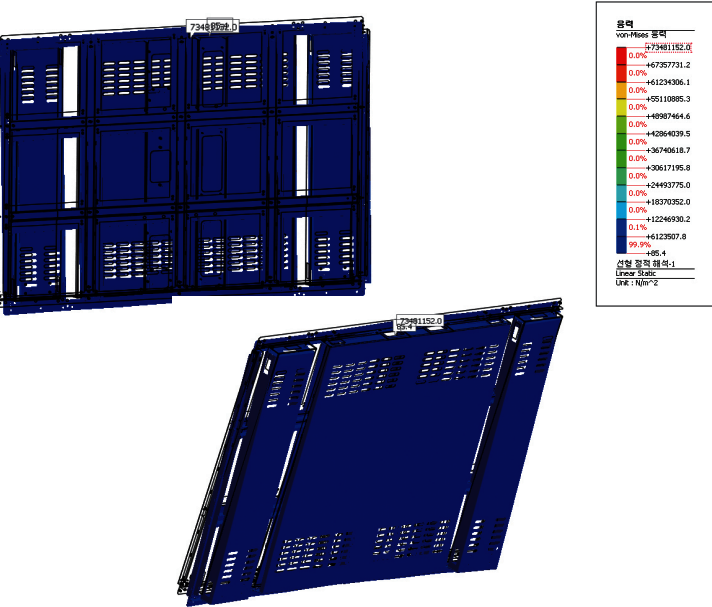
2) Y축 방향의 자중 이동



4X3 Cabinet Assy 물리적 특성	CX LDM / EA	0.99	kg
	CX 18 LDM Total	11.88	kg
	회로 자재	2.88	kg
	Cabinet	8.9	kg
	Assy Total	23.66	kg
해석 편의성을 위한 LDM, 회로자재 하중 대치	Y축 방향 하중	157.584	N
	Cabinet 자중	87.22	N



변위 량



Von Mises 응력

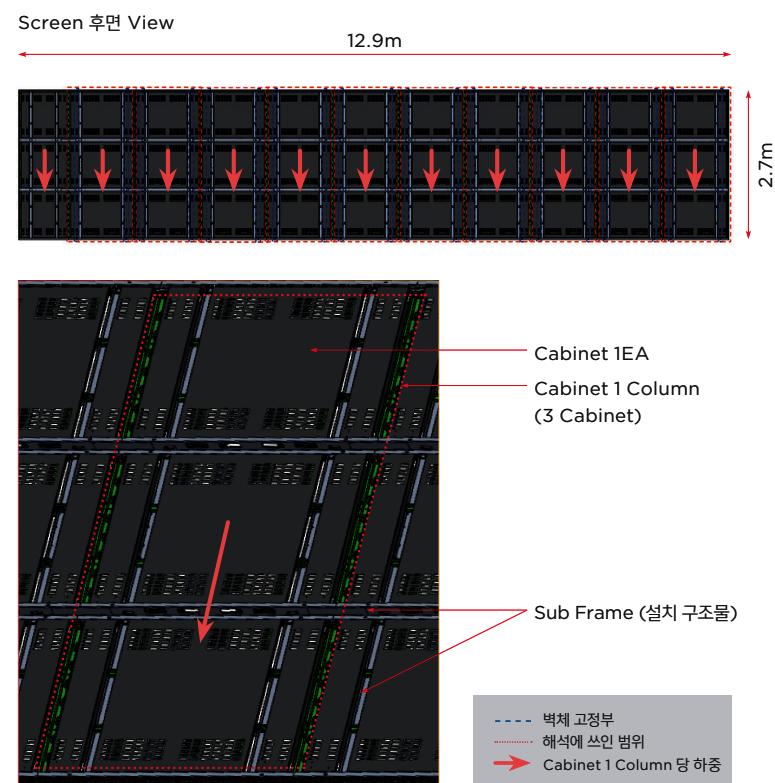
Y축 방향 자중에 의한 변형의 최대값은 0.14mm 이며 해당 부위 Von Misses 응력값은 85.4N/m² ~ 73.5 MN/m²로 탄성 한계 이내로 문제가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

Von Misses 응력 값의 최대치 역시 73.48MN/m²로 알루미늄 판재 (AL5052H32) 계열의 재료 항복강도인 195MN/m²의 37.7% 정도로 구조에 영구적인 변형을 일으키지 않으므로 안전하다고 판단했다.

최대 변형	0.14	mm
Von Misses 응력(max)	73,481,152	N/m ²
Aluminum 항복 응력	195,000,000	N/m ²
Von Misses 응력(max) / AI 항복 응력 X 100%	37.7	%

J-Project P 빌딩 18.75mm pitch Big Banner

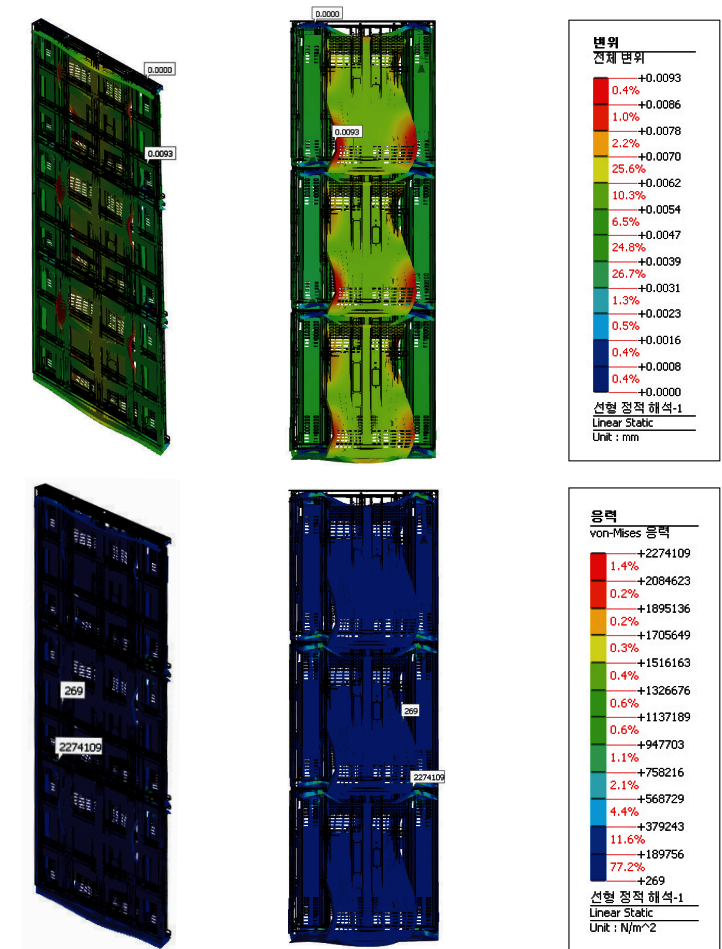
• 전체 Screen의 구조해석



Screen은 4X3 Cabinet 30EA, 3X3 Cabinet 3EA, Cabinet을 연결하는 Sub Frame으로 구성되어 있다. 벽체 고정부가 Cabinet 4X3 1EA당 반복적으로 되어 있어서 Cabinet 1 Column(세로줄 Cabinet 3EA)에 대해 구조 해석을 진행해도 무방하다. (Computing Power 부족으로 해석의 계산 범위를 줄이고자 함)

Cabinet 1 Column 무게	37.4	kg
LDM / 회로 자재 무게	44.3	kg
Cabinet에 대한 자중	366.52	N
LDM / 회로 자재 하중으로 대치	434.14	N
구조 해석 조건		

자중과 하중 작용으로 총 799.66N(81.6kgf)의 자중이 걸린 상태로 해석을 진행했다.



구조해석 결과 자중에 의한 변형은 0.0093mm로 사실상 변형이 없다고 봐도 무방하다. 구조에 영구적인 변형을 일으키는 Von Misses 응력 값의 최대치 역시 2.27MN/m²로 알루미늄 판재(AL5052H32)의 재료 항복강도인 195MN/m²의 1.2% 정도로 매우 안정되어 있다. 종합적으로 봤을 때 해당 스크린의 설계 구조는 구조 계산 결과 문제가 없다는 것으로 분석된다.

최대 변형	0.0126	mm
Von Misses 응력(max)	2,274,109	N/m ²
Aluminum 항복 응력	195,000,000	N/m ²
Von Misses 응력(max) / AI 항복 응력 X 100%	1.2	%

IS IT REALLY SAFE?
LED DISPLAY SCREEN BOARD

CASE STUDY

4

실무 적용 사례 2

Julian Opie 10mm pitch 단면 Screen 구조 해석

1.9m X 1.9m 경량화 Wall Mount(벽걸이) Screen 구조해석 사례

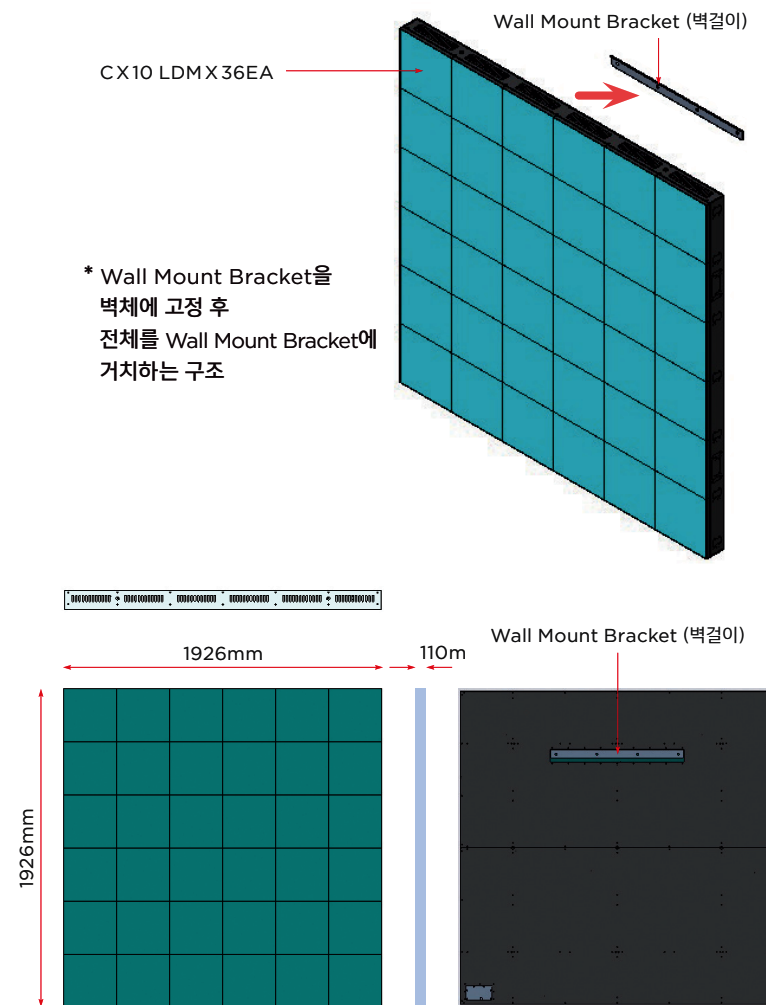
설계자의 입장으로 경험을 얘기하자면
MeshFree는 사용하기 쉽다.



실무 적용 사례2

Julian Opie 10mm pitch 단면 Screen 구조 해석

- 1.9m X 1.9m 경량화 Wall Mount (벽걸이) Screen 구조해석 사례



Size	1926 X 1926 X 110	mm
재질	AL5052H32	
Cabinet무게	47.6	kg
Total 무게	105(approx.)	kg

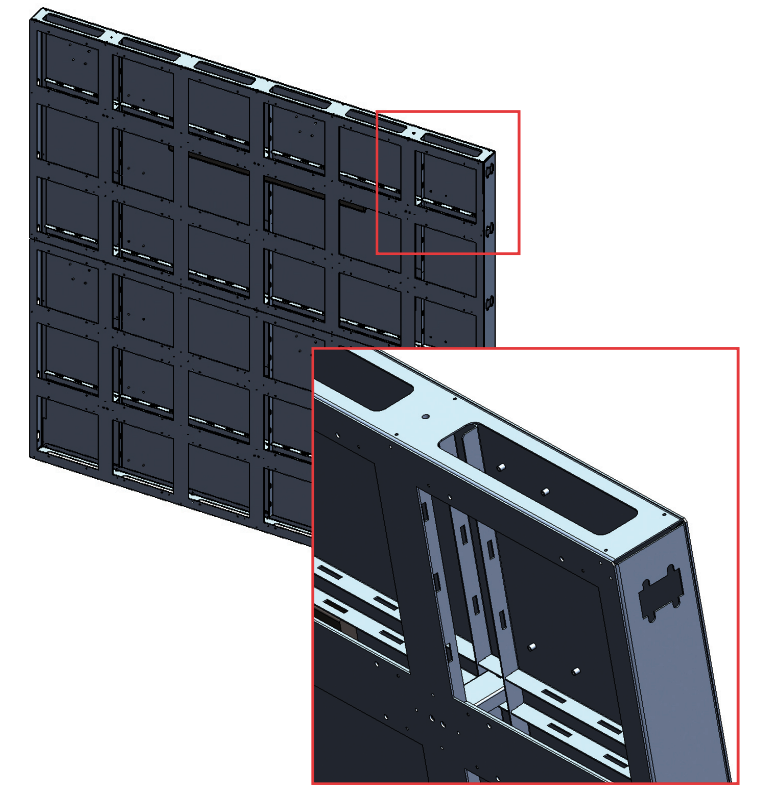
01

해석 모델에 대한 설명

기존 스크린 Cabinet 재질은 EGI 1.6t/3t로 Cabinet 무게만 137kg, LDM 포함 회로 자재 무게까지 포함하면 195kg정도로 2인 또는 4인이 거치하기에는 무게가 너무 많이 나가는 문제가 있었다.

Cabinet 재질은 Aluminum 2t/1.5t로 변경하였을 때는 Cabinet 무게는 47.6kg, 회로 자재 포함 총 무게는 105kg으로 EGI 재질 대비 54%정도 무게 절감이 되어 2인 또는 3인이 들어서 거치하기에 용이해졌다.

이 때 재질 변경에 따라 Cabinet 강도는 약해지지만 자중이나 적정 외력에 견딜 수 있는지 확인된다면 무게 절감에 따른 효과 측면에서는 재질을 EGI에서 Aluminum으로 변경하는 것이 타당하다고 생각하였고 이를 확인하기 위해서 MeshFree 구조계산으로 검증하고자 했다.

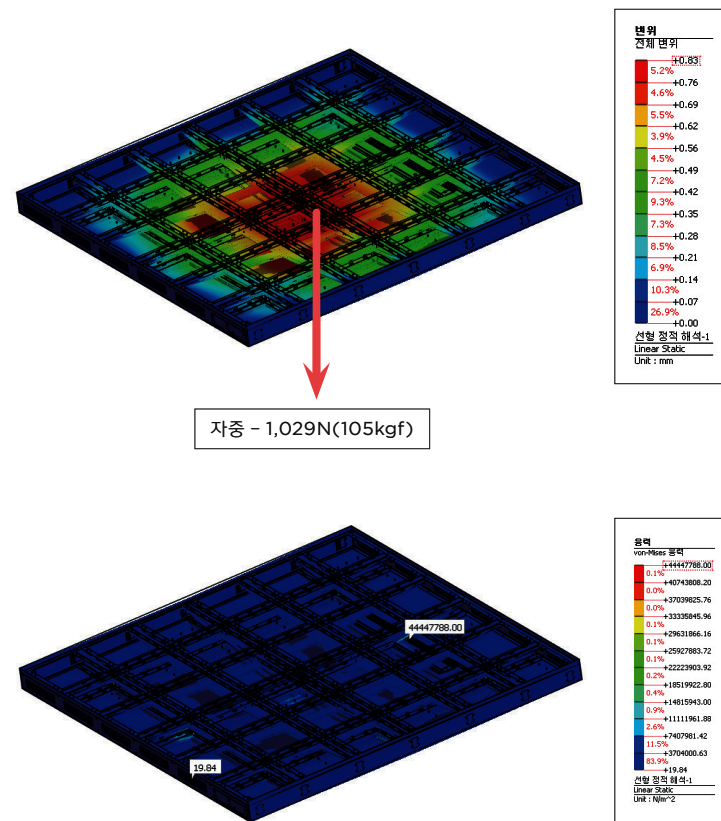


Cabinet 제작 형태는 기존 Steel 판재에 용접 형태에서 AL판재를 Rivet으로 고정하는 타입으로 제작형태를 변경했다.

02

해석 목적

1) 운반 시 자중에 의한 변형 정도를 파악

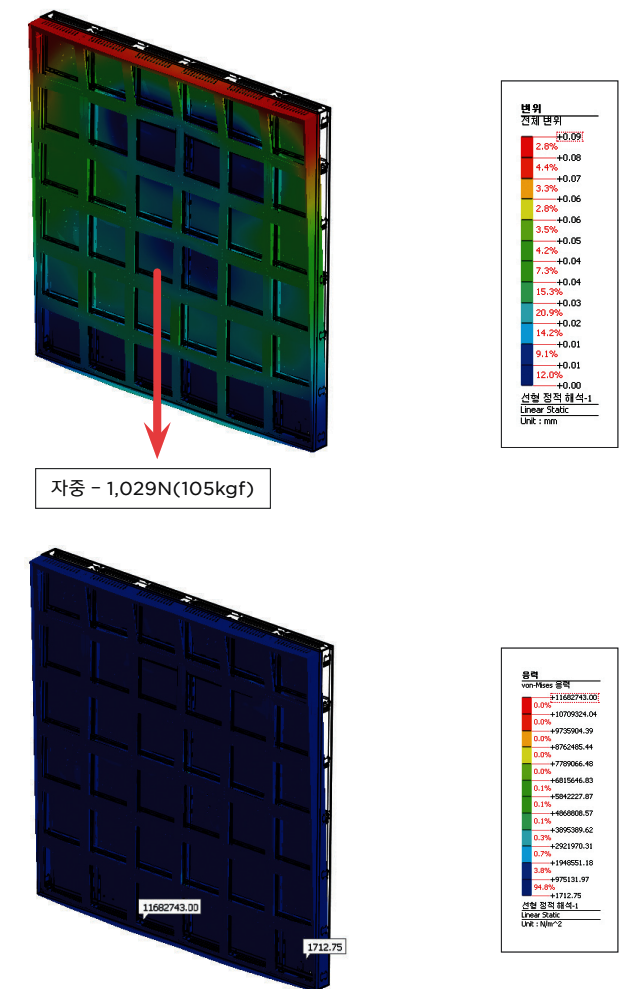


구조해석 결과 Z축 방향에 자중 1,029N(105kgf)이 가해졌을 때 변형의 최대값은 0.083mm로 Von Misses 응력 값은 44.4MN/m²로 AL5052H32 판재의 항복강도 대비하여 22.8% 밖에 되지 않는다.

탄성 한계 내이기 때문에 문제가 없다고 판단되며 따라서 운반 시 자중에 의한 변형에는 안전하다고 판단되었다.

최대 변형	0.83	mm
Von Misses 응력(max)	44,447,788	N/m²
Aluminum 항복 응력	195,000,000	N/m²
Von Misses 응력(max) / AI 항복 응력 X 100%	22.8	%

2) 벽체에 거치 후 자중에 의한 변형 정도를 파악



구조해석 결과 Y축 방향에 자중 1,029N(105kgf)이 가해졌을 때 변형의 최대값은 0.09mm이며 Von Misses 응력값은 11.7MN/m²로 AL5052H32 판재의 항복강도 대비 6% 정도 밖에 되지 않았다. 따라서 벽체 거치 후 자중에 의한 변형에 안전하다고 판단하였다.

최대 변형	0.09	mm
Von Misses 응력(max)	11,682,743	N/m²
Aluminum 항복 응력	195,000,000	N/m²
Von Misses 응력(max) / AI 항복 응력 X 100%	6	%

READY TO START

진짜 이대로 설계 해도 될까?



구조해석을 진행하면서 제품 경량화를 위해 필요 없는 구조 보강재를 과감하게 삭제하고 구조물의 두께와 재질을 얇고 가볍게 적용할 수 있었다. 이는 수치에 대한 객관적인 근거가 되었을 뿐 아니라 구조해석에 대한 자신감을 주었다. 특히 MeshFree는 설계 초기 단계에서부터 해석을 할 수 있는 쉽고 빠른 소프트웨어였다. 그 연장선으로 설계 완료 후 구조적 취약점에 대한 수정 행위를 최소화할 수 있었다고 생각한다.

여전히 통상적인 기구 설계 방식의 관성을 깨기는 쉽지 않다. CAE 도입의 필요성을 느끼지 못하는 경영자 뿐 아니라 CAE의 이해도와 업무 부담을 먼저 느끼는 설계자들이 많다.

그래도 설계자의 입장으로 내 경험을 얘기하자면, 나는 CAE를 한다고 말하기 부끄러울 정도로 MeshFree 이전에 해석 소프트웨어를 사용해본 적이 없다. 지금도 여전히 Mesh를 편집할 줄 모른다. 단지 MeshFree의 세미나를 한 번 참석 한 뒤에 실무에 바로 적용해보았을 뿐이다. 그만큼 MeshFree는 사용하기 쉽다.

‘진짜 이대로 설계 해도 될까?’
의심을 확신으로 바꾸는 경험을 많은 기구 설계자들이 할 수 있기를 바란다.

글 | 이재왕 연구원



SIMULATION
OF SUCCESS

에스오에스는 기계분야 엔지니어들을 위한
다양한 기술자료를 제공합니다.

SIMULATION OF SUCCESS WHITE PAPER
CASE STUDY | VOL. 1

CONTACT

E MAIL | meshfree@midasit.com
TEL | 031-789-1235

PUBLISHED BY

인바운드마케팅팀 | 염영중, 류은성, 배성민

DESIGNED BY

브랜드디자인팀 | 그래픽편집2파트

본 문서에 대한 권리는 (주)마이다스아이티에 있습니다.
상기 회사의 동의 없이 문서에 실린 글과 사진, 그림 등을 사용할 수 없습니다.
©MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.

MIDAS IT Tower, 17, Pangyo-ro 228 beon-gil
Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13487, KOREA
midasmec.com

