## 건축구조기준과 상용 컴퓨터프로그램

상용 컴퓨터프로그램에 의존하여 설계한 건축물이 현행 건축구조기준에 적합한 안전성과 합리성을 가지고 있나 ?

2018년 10월 1일, 뉴테크구조기술사사사무소 대표 김승원 (kimseungweon@nate.com)

#### 건축구조기준

KBC2016을 포함하여 각 국가들의 건축구조기준은 그 나라의 공학과 철학을 바탕으로 하여 합리적 수준의 안전성, 사용성, 내구성 및 친환경성을 확보하기 위한 최소한의 규정으로서 기준의 준수를 의무화하고 있습니다.

또한, "<u>건축구조물의 구조체에 대한 **구조설계도서**는 **책임구조기술자**가 이 기준에 따라 작성하여 <u>구조적합성과 구조안전이 확보되도록 설계하였음을 **확인**하여야 한다.</u>"라고 KBC2016에 규정되어 있습니다.</u>

#### ▶ 상용 컴퓨터프로그램에 의한 구조설계

근래의 구조설계는 기준의 정확한 적용과 생산성 향상을 위해 상용 **컴퓨터프로그램에 의존**하는 것이 현실입니다. 상용 컴퓨터프로그램을 사용하려면 사용자는 '프로그램 공급자의 <u>Disclaimer에 동의</u>'를 해야 합니다. 이 동의는 '상용 컴퓨터프로그램을 사용한 결과에 대해 **사용자 자신의 전적인 책임**을 전제로 하여 프로그램을 사용하겠다.'고 약속하는 것이므로, 프로그램의 실행결과들을 스스로 검증하지 않고 구조설계실무에 반영하여 생긴 피해나 손실에 대한 1차적인 **책임은 책임구조기술자에 있다**고 보는 것이 통념입니다.

하지만 현재 국내에서 사용하고 있는 **대부분의 상용 컴퓨터프로그램**에서 구조공학원리는 물론 기준에서 요구하는 안전성, 사용성, 경제성 등에 있어서 매우 **심각한 오류**도 발견되고 있습니다. 이러한 오류는 개발자의 구조기준에 대한 이해 부족, 실무경험 부족, 프로그램 검증 부족 등에 기인합니다.

#### 신뢰성 있는 컴퓨터프로그램의 개발

이에 대한 대책으로 뉴테크구조기술사사무소는 신뢰성 있는 프로그램을 개발하기 위해 다음과 같은 기본원칙과 목표를 설정하고, 다양한 경험을 한 여러 구조설계 실무자들과 오랜 기간 동안 협의하면서 직접 개발하고 검증하였습니다.

- 1. 구조기준(안전성, 사용성, 내구성)에 따른 정확한 설계
- 2. 구조기준(친환경성, 경제성)에 적합한 합리적인 설계
- 3. 실행과정의 정확성과 합리성을 직감적으로 확인하기 위한 설계과정의 시각화
- 4. 실행결과를 항목별로 일목요연하게 검토할 수 있는 보고서(각종 요약표와 상세계산서)

개발된 프로그램 중에서 합성구조와 강구조 설계용 프로그램은 외부 구조전문가들의 요청에 의해 상용 화하였습니다.

이제 여러분께 모든 개발과정을 마치고 탄생한 신뢰성 있는 Structural Expert Family 프로그램을 다음과 같이 소개합니다.

# 목 차

- ▷ 프로그램 소개말
- ▷ 프로그램 구성 현황
- ▷ 프로그램 사용자 매뉴얼
- ▷ 프로그램 지식재산권
- ▷ 프로그램 사용 문의
- ▷ **Com**Expert의 주요특징과 소개
  - ComColumn
  - ComBeam
  - ComFloorVib

### ▷ <u>Steel</u> Expert의 주요특징과 소개

- SteelColumn
- SteelBeam
- SteelStairVib

구조설계 실무자들이 직접 개발하고 검증한

신뢰성 있는 **Structural Expert** Family를 소개합니다.

Structural Expert Family 프로그램은 다음 2 종류의 패키지로 구성되어 있습니다.

Com Expert : 합성구조 검토 및 설계 프로그램 (Com Column, Com Beam, Com Lloor Vib) Steel Expert : 강구조 검토 및 설계 프로그램 (Steel Column, Steel Beam, Steel Stair Vib)

- Com Expert 패키지는 합성기둥과 합성보의 검토 및 설계와 합성바닥구조시스템의 진동을 평가할 수 있습니다.
- Steel Expert 패키지는 강재기둥과 강재보의 검토 및 설계와 선형 강재계단의 스트링거 검토 및 설계와 진동을 평가할 수 있습니다.
- ComColumn, SteelColumn 및 Steel Seam은 설계자의 안정성해석방법(직접해석법, 일반1차탄성해석법)에 따른 횡층강성 데이터를 이용하여 횡력에 저항하는 부재(합성기둥, 강재기둥 및 강재보)의 소요강도를 산정하고 검토할 수 있습니다.

상기 프로그램 이외에도 현재 개발 중이거나 개발이 완료된 유용한 프로그램들도 충분한 검증과정을 거 친 후에 순차적으로 소개할 계획입니다.

- Structural Expert Family 프로그램들은 국내외의 기존 상용프로그램에는 없는 중요한 기능들도 포함되어 있습니다.
- Structural Expert Family 프로그램들은 AISC Design Examples 및 AISC Steel Design Guide 11의 여러 예제와 이외 가능한 많은 예제들과 비교하여 기준에 따른 정확성과 합리성을 검증하였습니 다.

Structural Expert Family 프로그램들에 대한 이해와 정확하고 효율적인 사용을 돕기 위한 사용자 교육
및 기술지원 등이 준비되어 있습니다.

Structural Expert Family 프로그램들을 컴퓨터에 설치하는 순간부터 각 전문가들이 여러분들의 합성구조와 강구조 설계에 많은 도움을 줄 것이라고 확신합니다.

**StructuralExpert Family** 프로그램들에 대한 주요특징, 적용범위, 정확성 검증 예, 실행 예, 타 프로그램과 의 차이 등은 뒤에 첨부한 자료에서 간략하게 확인할 수 있고, <u>www.newtechstructure.com/software/</u>에서 상세히 확인할 수 있습니다. 또한 이 웹사이트에서는 각 프로그램의 다양한 기능을 충분히 활용할 수 있도록 작성된 사용자 매뉴얼, 예제 입력데이터 파일 등도 내려 받을 수 있습니다.

감사합니다.

뉴테크구조기술사사무소 소프트웨어 웹사이트 <u>www.newtechstructure.com/software/</u>

### Structural Expert Family 프로그램 구성현황

현재까지 당사에서 개발한 프로그램 중에서 충분한 검증과정을 마친 프로그램들을 다음과 같이 구성하여 상용화하였습니다.

Structural Expert는 문제점이 많은 국내 기존 상용프로그램을 대체할 수 있는 유일한 대책입니다.

이외 개발 중인 다른 유용한 프로그램들도 충분한 검증과정을 거친 후에 순차적으로 소개할 계획 입니다.



### Structural Expert Family 프로그램 사용자 매뉴얼

뉴테크구조기술사사무소의 홈페이지(<u>http://www.newtechstructure.com</u>)에서 '회원가입' 아이콘을 클릭하 여 일정한 절차에 따라 가입하고, 매뉴얼의 사용승인을 득한 후에 소프트웨어 페이지 (<u>http://www.newtechstructure.com/software/manuals/</u>)에서 내려 받을 수 있습니다.

Comparer Family		
사용자 매뉴얼	사용자 매뉴얼	사용자 매뉴얼
	Com	ogrifin 22018 AR Rights Reserved.
developed by NEWTECH and ASSOCIATES <u>http://www.newtechstructure.com</u>	25 http://www.newtechstructure.com	FFE ASSOCIATES <u>http://www.newfechstructure.com</u> - 1 -

ComExpert 사용자 매뉴얼

روب روبون Family		
Steel Column Cognigat dolla-sa Equita Semine 강제기동 설계를 위한 컴퓨터 프로그램	Steel Jean Cognigat colle-La Esper Semente 장제보 설계를 위한 컴퓨터 프로그램	Steel Stair Vib Coprogr could-us Expert Secure 스티링거 설계와 시스럽 진동평가를 위한 컴퓨터 프로그램
사용자 매뉴얼	사용자 매뉴얼 (Ver.18-1)	사용자 매뉴얼
Copyright ©2018-All Rights Reserved.	18 AI Rights Reserved.	Copyright @2018 All Rights Reserved.
Steel Expert developed by NEWTECH and ASSOCIATES http://www.newtechtructure.com	i http://www.newtechstructura.com	Expert and ASSOCIATES http://innr.newtechstructure.com - 1 -

SteelExpert 사용자 매뉴얼

# Copyright

# Structural Expert Family 컴퓨터 프로그램 지식재산권

StructuralExpert은 ComExpert 패키지와 SteelExpert 패키지로 구성되어 있습니다. ComExpert 패키지에 는 ComColumn, ComBeam 및 ComFloorVib가 포함되어 있으며, SteelExpert 패키지에는 SteelColumn, SteelBeam 및 SteelStairVib가 포함되어 있습니다. StructuralExpert에 포함된 모든 프로그램과 관련 문서 들은 독점적이며 지식재산권의 보호를 받는 제품입니다.

StructuralExpert에 포함된 모든 프로그램 및 관련 문서들에 대한 모든 지식재산권의 소유는 뉴테크구조 기술사사무소에게 있습니다.

StructuralExpert에 포함된 모든 프로그램 및 관련 문서들은 컴퓨터 프로그램 보호법과 저작권법에 의하 여 보호를 받고 있습니다.

StructuralExpert에 포함된 프로그램과 관련 문서에 대한 추가 정보는 다음 웹 사이트에서 얻을 수 있습니다.

http://www.newtechstructure.com/(뉴테크구조기술사사무소 메인 홈페이지)http://www.newtechstructure.com/software/manuals/(사용자 매뉴얼)postmaster@newtechstructure.com(일반 문의 및 계약 문의)

# NEWTECH AND ASSOCIATES

**뉴테크구조기술사사무소** 서울특별시 송파구 송파대로 201, 송파테라타워2 B동 1223호, 1224호

Tel: (02)881-5599 Fax: (02)881-5597

대표 김승원 E-mail: <u>kimseungweon@nate.com</u>

# Structural Expert Family 프로그램 사용 문의

뉴테크구조기술사사무소의 홈페이지(<u>http://www.newtechstructure.com</u>)에서 '회원가입' 아이콘을 클릭하 여 일정한 절차에 따라 가입한 후에 프로그램의 사용권 계약을 체결하고 프로그램의 사용승인을 득한 후에 계약 프로그램(ComExpert 또는 SteelExpert)을 내려 받아 사용자의 컴퓨터에 설치할 수 있습니다.

각 프로그램의 사용은 1년 단위 임대기간으로 계약을 체결하며, 1개 라이선스 단위로 계약합니다. (본 제품의 1개 라이선스는 1대의 로컬컴퓨터에서만 설치하여 사용할 수 있습니다.)

프로그램 사용 문의는 다음 방법을 이용할 수 있습니다.

- 웹페이지 : <u>www.newtechstructure.com/software/buy/</u>
- 이 멜 : <u>postmaster@newtechstructure.com</u> (일반 문의 및 계약 문의)
- 팩 스: 02) 881-5597
- 전 화: 02) 881-5599

뉴테크구조기술사사무소 NEWTECH and ASSOCIATES 주소 : 서울특별시 송파구 송파대로 201, 송파테라타워2 B동 1223호/1224호

# **Com**Expert의 주요특징

뉴테크구조기술사사무소의 웹사이트(www.newtechstructure.com/software/comexpert/)에서 **Com**€xpert 프로그램의 주요특징, 적용범위, 정확성 검증 예, 실행 예, 사용자 매뉴얼, 타 프로그램과의 비교 예 등을 확인할 수 있습니다.

Com Expert는 여러분이 상상하는 그 이상의 전문가들로 구성되어 있습니다. Com Expert는 국내외의 기존 상용프로그램에는 없는 중요한 기능들이 포함되어 있습니다. Com Expert를 컴퓨터에 설치하는 순간부터 이 전문가들이 여러분들의 합성구조 설계에 많은 도움을 줄 것 입니다.



ComExpert 의 메인 메뉴 창

# Com Column의 주요특징

- 현행구조기준(KBC2016)에 따른 매우 정확한 해석 및 설계
- 현행기준 중에 안전하지 않거나 매우 비합리적인 부분은 최근 AISC 360-16적용
- 부재 검토 및 설계 시에 프로그램이 계산한 강재단면특성을 적용(철강회사나 서적에서 제공한 자료에 오류가 있을 수 있음.)
- 기준에 허용된 2축 대칭 합성단면의 종류는 모두 적용(충전형은 조밀단면만 적용)
- 단주에서 장주까지 모두 적용
- 안정성 해석법에 따른 소요강도, 설계강도 산정
- 횡력방향(Global 좌표 축)과 기둥단면방향(Local 좌표 축)의 관계를 고려한 소요강도 산정
- 사용자가 수행한 직접해석법에 의한 2차해석값, 직접해석법에 의한 1차해석값 또는 일반1차탄성해석값을 적용하여 소요강도를 결정
- 부재의 인장, 압축, 휨, 전단 및 조합력에 대한 검토 및 설계
- 기준의 3가지 설계전단강도를 모두 계산. 소요전단강도에 대한 검토는 최대 설계전단강도 사용
- 하중도입부 구간의 길이방향 전단력 검토 및 설계
- 하중도입부 이외 구간의 길이방향 전단력 검토 및 설계
- 합성단면의 구성요소간 상세요구 검토
- 각종 그래픽 화면, 각종 분석표, 요약표 및 상세계산서 출력
- 프로그램의 정확성을 AISC Steel Design Examples의 예제와 비교하여 검증

•	그래픽	화면	: ComColumn의	모든	실행과정을	화면에	그래픽으로	나타닌	비다	
---	-----	----	--------------	----	-------	-----	-------	-----	----	--

구분	그래픽에 포함된 내용
화면 1	소요강도산정법, 기둥단면축의 방향(각도), 기둥의 구속조건, 축력 및 휨모멘트 다이아그람
화면 2	횡단면도, 기둥길이, 단면크기, 재료강도, 충전강관 단면분류, 강재 비율, 철근 비율, 단면 구성요소 간 치수 검토결과 및 하중
화면 3	x축에 대한 횡단면도 및 소성응력 분포도, PM상관도, 세장영향 감소계수, 힘의 평형, 소성 중립축
화면 4	y축에 대한 횡단면도 및 소성응력 분포도, PM상관도, 세장영향 감소계수, 힘의 평형, 소성 중립축
화면 5	각 하중 조합에 대한 축력, 조합력, 전단력에 대한 검토 그래프 및 검토 값
화면 6	하중도입부 구간 및 이외 구간에 대한 부재 길이방향 수평전단 검토 그래프. 부착강도 검 토 후 스터드 전단연결 및 지압판 설계 횡단면도

• 텍스트 파일 보고서 : 설계일람표를 포함한 각종 요약표 및 상세계산서를 텍스트파일로 저장한다.

구분	텍스트 출력 파일보고서의 내용
***.CC1	부재 일람표
***.CC2	상세 계산서
***.CC3	강도 검토 요약표
***.CC4	하중도입부 구간 검토 요약표
***.CC5	하중도입부 이외 구간 검토 요약표
***.CC6	단면 구성요소 간 간격 검토 요약표
***.CC7	안정성 해석 방법 검토용 요약표
***.CC8	기둥공사 물량 요약표

#### ComColumn에 의한 소요강도 산정

횡력저항 기둥의 설계강도는 안정성 설계법에서 요구하는 소요강도를 만족시켜야 한다.

ComColumn은 다음 흐름도-1과 같이 사용자가 수행한 직접해석법에 의한 2차해석모델로부터 얻은 소요강도를 이용한 검토뿐만 아니라, 흐름도-2 또는 흐름도-3과 같이 사용자가 수행한 1개의 1차해석모델로부터 얻은 부재력과 층횡강성 데이터를 이용하여 소요강도(근사2차해석값)를 산정하여 검토할 수 있다.

SteelExpert 패키지에 있는 SteelColumn도 3가지 방법을 적용할 수 있다.



직접해석법에 의한 소요강도 산정 흐름도-1



단순화한 증폭1차 직접해석법에 의한 소요강도 산정 흐름도-2



#### 단순화한 증폭1차 해석법에 의한 소요강도 산정 흐름도-3

#### ComColumn의 기둥단면 방향을 고려한 소요강도

실제 해석모델들은 아래 그림과 같이 기둥단면의 방향은 해석모델의 횡력방향과 일치하지 않는 경우가 많다.

ComColumn은 해석모델의 횡력방향(Global 좌표 축)과 기둥단면방향(Local 좌표 축)의 관계를 고려한 증폭계수를 계산하여 소요강도를 산정할 수 있다.





단순화한 증폭1차해석법을 적용한 H형강 매입형 기둥

사용자가 입력한 단부구속조건, Global 좌표, 부재단면 방향, 소요강도 산정법, 부재력 등을 나타낸다.



단순화한 증폭1차해석법을 적용한 H형강 매입형 기둥

단면도는 구성요소간의 간격 및 피복을 나타내며, 기준에서 요구하는 상세를 검토하여 단면도의 상부에 결과 메시지를 나타낸다. 기준에서 요구하는 상세를 만족하면 청색 메시지, 한 가지라도 만족하지 않으면 빨간색 메시지로 나타낸다.

이외 기둥치수, 요소치수, 재료강도, 단면분류, 강재비, 철근비, 입력하중 등을 나타낸다.

하중조합의 입력은 1000종류까지 적용할 수 있으며, 화면에서는 12번째 하중조합까지 나타낸다.



단순화한 증폭1차해석법을 적용한 H형강 매입형 기둥

상부 그림은 x축 휨모멘트에 대한 소성응력 분포도 하부 그림은 x축에 대한 PM상관도, 흰색 점들은 1차해석값, 청색 점들은 2차해석값(설계강도를 초과하는 경우 빨간색 점)



단순화한 증폭1차해석법을 적용한 H형강 매입형 기둥

상부 그림은 y축 휨모멘트에 대한 소성응력 분포도 하부 그림은 y축에 대한 PM상관도, 흰색 점들은 1차해석값, 청색 점들은 2차해석값(설계강도를 초과하는 경우 빨간색)



단순화한 증폭1차해석법을 적용한 H형강 매입형 기둥

축력, 휨-압축 조합력 및 전단력에 대한 검토 그래프와 U/R(소요강도/설계강도)를 나타낸다. 각 그래프에서 소요강도가 설계강도를 초과하는 경우는 빨간색 점, 초과하지 않는 경우는 청색 점으로 나타낸다. 전단력에 대한 그래프에서 소요강도가 설계강도의 50%를 초과하나 100%이하인 경우는 노랑색 점으로 나타낸다(대부분의 해외기준들은 50%를 초과하면 압축강도와 휨강도를 감소시킴).



단순화한 증폭1차해석법을 적용한 H형강 매입형 기둥

상부 그림에 하중도입부의 부착강도 검토와 스터드 전단연결재의 설계 결과를 나타낸다. 하부 그림에 하중도입부 이외구간의 부착강도 검토와 스터드 전단연결재의 설계 결과를 나타낸다.

충전강관부재의 하중도입부는 부착강도가 부족한 경우에 스터드 대신 지압판으로 설계한다.



### ComColumn의 검증 예

AISC의 Design Examples (ver 15)에 있는 예제(I.11 매입형 정사각형 합성기둥)와 비교하여 ComColumn 의 정확성을 검증하였다. 다만 Design Examples의 예제에서는 3자리 유효 숫자를 사용하고 ASTM의 철 근 단면적 및 H형강 Fillet 치수가 KS와 다소 차이가 있어 공학적으로 의미 없는 정도의 매우 작은 오차 가 발생하였다. AISC Examples이 3자리 유효숫자를 사용함을 고려할 때 ComColumn의 설계 값이 더 정확하다. 이외 가능한 한 많은 조건들을 포함한 검증용 예제들을 통해 소프트웨어의 정확성을 확인하 였다.

섵	설계강도 	Program/AISC	차이
	$\phi P_{n,A}$	1.002	0.002
아ᄎ	$\phi P_{n,B}$	1.0	0
입독	$\phi P_{n,C}$	1.002	0.002
	$\phi P_{n,D}$	1.004	0.004
휨 -	$\phi M_{n,A}$	1.0	0
	$\phi M_{n,B}$	1.007	0.007
	$\phi M_{n,C}$	1.007	0.007
	$\phi M_{n,D}$	1.000	0.000
ᅯᄃᄔ	$\phi  V_{n,Steel}$	1.003	0.003
연단	$\phi V_{n,RC}$	1.010	0.010
조합력	P-M U/R	0.993	-0.007

Design	Examples Ol	예제아	비교하	검증	예
Design	LAUNDICS_			по	~ II



4 Anchor Points의  $\phi M_n$ 과  $\phi P_n$ 에 대한 비교

P-M 조합력에 대한 비교

AISC Design Examples(v 15)의 예제 I.11

#### Com Column과 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

#### 합성기둥 설계용 상용 컴퓨터프로그램 비교표

구분		М	В	ComColumn	
서게버	매입형		콘크리트구조(PM)	합성구조	합성구조
실계립	30	충전형	강구조(PM)	합성구조	합성구조
휨강성		EI <sub>eff</sub>	KBC2016	KBC2016	AISC 360-16
소요강도	C	안정성	Х	Х	
설계강도	압축, 인	]장, 전단, 휨			••••
길이방향	하	중도입부		Х	
수평전단	0	외 구간	Х	Х	
상세요구사항	기준	요구사항	Х	Х	
상세계산서	설	계근거		Х	
	순	수 축력			
		단주	▲(콘크리트구조)		
매입형	고송니거	중간	▲(콘크리트구조)		
(지각영/권영)	소압덕	장주	▲(콘크리트구조)	Х	
		PM 상관도	▲(콘크리트구조)	●?	
	순수 축력			Х	
+ -1 -1		단주	●(강구조)	Х	
중선형	조합력	중간	●(강구조)	Х	
(시작 8)		장주	●(강구조)	Х	
		PM 상관도	Х	Х	
	순	수 축력		•	
+ -1 -1		단주	●(강구조)		
(의형)	ㅈ하려	중간	●(강구조)		
(편평)	소입덕	장주	●(강구조)		
		PM 상관도	Х	•?	
설계과정 검증 그래픽	Х		Х	Х	
다양한 종류의 보고서		Х	Х	Х	
비.	고		설계법 일관성 없음	비경제적 기준에 부적합	
X : 적용할 수	없음				

• : 적용할 수 있음

▲ : 적용할 수 있으나 맞지 않음

●? : ▲으로 인해 맞지 않음

\* AISC 360-16에서 Pe값 산정에 사용하는 휨강성 ELeff의 공식이 실험결과를 기반하여 수정되었다. 결과 적으로 이전에 비해 C<sub>1</sub> 값은 증가되고, C<sub>3</sub> 값은 감소된다. 경제성과 안전성을 고려하여 ComColumn은 이를 반영하였다. ComColumn과 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

구분		М	В	ComColumn
매입형	사각형	T T		
합성기둥	원형			
충전형	사각형		Х	
합성기둥				$\bigcirc \bigcirc$
	원형		$\bigcirc$	

각 프로그램의	적용	가능한	단면	종류
---------	----	-----	----	----

\* 비록 KBC2016과 AISC 360의 충전형 설계조항에 조밀단면 이외에 비조밀단면과 세장단면에 대한 설 계방법이 포함되어 있지만 비조밀, 세장 단면은 조밀단면에 비해 매우 비경제적이고, 보와의 모멘트접 합부설계조건을 만족시키지 못하고, 강관에 직접 외력도입이 제한적이고, 사각형 강관은 콘크리트 타 설압력에 취약하고, 유럽기준이나 일본기준 등은 KBC 2016보다 엄격한 조밀단면에만 적용하므로 ComColumn에는 적용하지 않았다.

# Com Jeam의 주요특징

- 현행구조기준(KBC2016)에 따른 매우 정확한 해석 및 설계
- H형강 노출형 합성보
- 다양한 조건의 하중 분포(등분포, 집중, 삼각형 및 각종 하중분포 조합) 적용
- 2축 대칭 단면의 KS표준 압연H형강 및 용접H형강 적용
- 부재 검토 및 설계 시에 프로그램이 계산한 강재단면특성을 적용(철강회사나 서적에서 제공한 자료에 오류가 있을 수 있음.)
- 평 슬래브, 골데크 슬래브(기준에 적합한 데크)
- 보 단부 근처의 슬래브 개구부
- 동바리 적용 여부에 따른 설계
- 합성 전/후의 휨강도, 전단강도 및 처짐 검토
- 합성 후 최대휨모멘트 위치 및 이외 전구간의 위험단면 검토
- 최적 강재단면 자동선택(합성 전/후 강도, 처짐) 및 사용자 입력조건 검토
- 치올림 최적화 자동설계 및 사용자 입력조건 검토
- 전단연결부 최적화 자동설계(구간별 배치 포함) 및 사용자 입력조건 검토
- 최소 전단연결정도 자동설계 및 사용자 입력조건 검토
- 불완전합성보의 전단연결부 연성 검토
- 완전합성보의 콘크리트 취성거동 방지를 위한 휨강도 감소계수 β 계산
- 슬래브의 길이방향 전단력(철근, 콘크리트)을 스트럿-타이 모델로 자동 검토 및 설계
- 각종 그래픽, 각종 분석표, 요약표 및 상세계산서 출력
- 프로그램의 정확성을 AISC Steel Design Examples의 예제와 비교하여 검증
- 그래픽 화면 : ComBeam의 모든 실행과정을 화면에 그래픽으로 나타낸다.

구분	그래픽에 포함된 내용
화면 1	각 하중종류에 대한 하중 분포도. 동바리 사용시 동바리를 나타냄
화면 2	자동 최적화를 선택한 경우에는 최적화 과정을 텍스트로 나타냄. 검토를 선택한 경우는 입력 H형강 정보를 텍스트로 나타냄.
화면 3	스터드의 배치과정과 배치결과를 텍스트로 나타냄
화면 4	합성보의 전구간에 대한 해석과정을 텍스트로 나타냄
화면 5	합성보의 단면 형상, 슬래브의 길이방향 전단력, 합성보의 입면 형상, 스터드의 배치도를 나타냄. 결과 메시지
화면 6	합성보의 전구간에 대한 소요휨강도 및 설계휨강도를 그래프로 나타냄 합성보의 전구간에 대한 소요전단강도 및 설계전단강도를 그래프로 나타냄 합성보의 전구간에 대한 치올림, 각종 처짐과 허용한계를 그래프로 나타냄 결과 메시지

• 텍스트 파일 보고서 : 설계일람표를 포함한 각종 요약표 및 상세계산서를 텍스트파일로 저장한다.

구분	텍스트 출력 파일보고서의 내용
***.CB1	설계 일람표
***.CB2	상세 계산서
***.CB3	합성 전 전단강도, 휨강도 검토 요약표
***.CB4	합성 후 전단강도, 휨강도 검토 요약표
***.CB5	합성 전/후의 각종 처짐 검토 요약표
***.CB6	슬래브의 길이방향 전단 검토 요약표
***.CB7	보의 양 단부 반력 요약표

### Com, 𝔅eam의 실행 예 : 그래픽 화면 1

사용자가 입력한 하중분포를 공사시 고정하중, 공사시 활하중, 합성후 추가고정하중, 합성후 활하중 순서로 나타낸다. 공사시 동바리를 사용한 경우에는 동바리를 나타낸다.

ComBeam(ver 18.1) : C	Composite Beam Design Expert	- 🗆 X
Com Beam	[[[ SB1 ]]] on Grid AUTO, L = 12.000 m Design Option : H-Section Size by Program, Shear Connection by Program w/U, Open Slab	at Left End
4	Dead Load (Wet Concrete and H-Beam Self weight)	
4	Temporary Live Load (under Pre-Composite Condition)	
4	↓ Super Imposed Dead Load (under Post Composite Condition)	
4	Live Load (under Post Composite Condition)	





#### <u>Com, ₯ 의 실행 예 : 그래픽 화면 5</u>

합성보의 횡단면, 입면, 스터드배치를 나타내고, 스트럿-타이 모델에 의한 슬래브의 길이방향 전단력 검 토 내용, 연성전단연결부를 갖기 위한 최소합성비의 검토 결과를 나타낸다.

입면도의 왼쪽 부분은 슬래브개구부 부분이고, 스터드배치도에서 왼쪽 부분에 스터드를 배치하지 않은 것을 확인할 수 있다. 합성보의 휨강도와 휨강성은 이를 고려하여 계산한다.

ComBeam(ver 18.1) : Composite I	a Beam Design Expert —	
<b>Com Beam</b> b1= 1.500 m	[ SB1 ] on Grid AUTO 235 H- 450 x 200 x 9.0 x 14 92.2 % Composite Action Design Option : H-Section Size by Program, Shear Connection by Program w/U, Open Slab at L Cross Section, Side View and Longitudinal Shear in Slab F b2= 1.500 m F F C C C - Reg'd Min. Tie Bars = 422 mm - Strut Concrete: 0.51 < 1.0	.eft End 
Cross Se	Uh T Uh ection View Strut-Tie Model for Logitudinal Shear in Slab	
	Side Veiw	
	Steel Headed Stud Anchor Layout	
	Shear Connection Degree = 92 % > Min.Linit = 41 %	
Segment- 1 : Ls = 1.80 Segment- 2 : Ls = 4.13 Segment- 3 : Ls = 6.07		

#### Com Jeam의 실행 예 : 그래픽 화면 6

상부 그림은 합성보의 전구간 단면에 대한 설계휨강도(빨간 실선)와 소요강도(연두색 실선)를 연속적으로 나타낸다. 연두색 수직 실선은 최대 휨모멘트 위치, 빨간색 수직 점선은 전구간 중에서 가장 불리한 단면 위치를 나타낸다. 왼쪽 슬래브 개구부구간은 슬래브와 전단연결재가 없어 강재만의 휨강도(빨간 수평 실선)를 나타낸다.

중간 그림은 전구간 단면에 대한 설계전단강도(빨간 실선)와 소요강도(연두색 실선)를 연속적으로 나타낸다.

하부 그림은 전구간에 대한 치올림(연두색), 활하중처짐(흰색), 총처짐(빨간색) 곡선들을 연속적으로 나타낸다. 흰색 수평점선은 활하중처짐 제한값, 빨간색 수평실선은 총처짐 제한값을 나타낸다.



### Com, Ceam의 실행 예 (골데크슬래브 사용): 그래픽 화면 1

사용자가 입력한 하중분포를 공사시 고정하중, 공사시 활하중, 합성후 추가고정하중, 합성후 활하중 순서로 나타낸다. 공사시 동바리를 사용한 경우에는 동바리를 나타낸다.

ComBeam(ver 18.1) :	Composite Beam Design Expert	-	×
ComReam	[[[ SG2 ]]] on Grid AUTOA, L = 9.000 m Design Option : H-Section Size by Program, Shear Connection by Program w/2P, No Open S Input File: Manual-: NonFactored Load Diagram	Slab 1.CBI	 
4	Dead Load (Wet Concrete and H-Beam Self weight)		
4	↓ ↓	A.	
	Temporary Live Load (under Pre-Composite Condition)		
4	Super Imposed Dead Load (under Post Composite Condition)		
		Å	
	Live Load (under Post Composite Condition)		



#### Com Ceam의 실행 예 (골데크슬래브 사용) : 그래픽 화면 5

합성보의 횡단면, 입면, 스터드배치를 나타내고, 스트럿-타이 모델에 의한 슬래브의 길이방향 전단력 검 토 내용, 연성전단연결부를 갖기 위한 최소합성비의 검토 결과를 나타낸다.

이 예는 스트럿-타이모델에 의해 슬래브의 길이방향 전단력을 검토한 결과, 횡철근(타이)은 896 mm<sup>2</sup>/m가 필요하 나 콘크리트 스트럿의 압축강도가 부족(U/R=1.96)하여 합성보를 다시 설계하여야 함을 보여준다. 가장 큰 슬래브 길이방향 전단력은 최하부 중앙 그림의 빨간 점선상자 안에 있는 구간에서 발생된다.

omBeam(ver 18.1) : Composit	e Beam Design Expert								
b1= 1.125 m	[ SG2 ] on G Design Option Cross h b2= 1.125 m	Srid AUTDA : H-Section Section, Si	325 H- 482 x 3 Size by Progra de View and Lou F C Vh	300 x 11.0 x 15 am, Shear Connect ngitudinal Shear F C T Uh	94.0 % 1 ion by Pro in Slab - * Logitu - Req'd l - Strut (	Composit gram w/21 Input Fi dinal Shu Min. Tie Concrete	e Action P, No Ope le: Manua ear Check Bars = : 1.96 >	en Slab al-1.CBI k in Slab 896 mm <sup>*</sup> 1.0 —	2/m N.G
Cross :	Section View	Strut-	Tie Model for )	Logitudinal Shear	in Slab				
¢			L= 9.000	n				∲	
			L= 9.000 Side Vein	n J					
¢		Steel	L= 9.000 Side Veiu Headed Stud And	m ø chor Layout					<u></u>
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		Steel	L= 9.000 Side Veiu Headed Stud And Shear	n w chor Layout e Connection Degr	ee = 94 %	> Hin.L	init = 4		0.K





U/R=1.96>1.0 A<sub>s</sub>= 896 mm<sup>2</sup>/m

슬래브길이방향 전단력 검토 스트럿-타이모델

휨모멘트도 및 전단력도

#### Com Ceam의 실행 예 (골데크슬래브 사용) : 그래픽 화면 6

상부 그림은 합성보의 전구간 단면에 대한 설계휨강도(빨간 실선)와 소요강도(연두색 실선)를 연속적으로 나타낸다. 연두색 수직 실선은 최대 휨모멘트 위치, 빨간색 수직 점선은 전구간 중에서 가장 불리한 단면 위치를 나타낸다.

중간 그림은 전구간 단면에 대한 설계전단강도(빨간 실선)와 소요강도(연두색 실선)를 연속적으로 나타낸다.

하부 그림은 전구간에 대한 치올림(연두색), 활하중처짐(흰색), 총처짐(빨간색) 곡선들을 연속적으로 나타낸다. 흰색 수평점선은 활하중처짐 제한값, 빨간색 수평실선은 총처짐 제한값을 나타낸다.



#### Com Jeam의 검증 예

AISC의 Design Examples (ver 15)에 있는 예제 및 Steel Design (15 edition)에 있는 예제와 비교하여 소프트웨어의 정확성을 검증하였다. 다만 Design Examples에서는 3자리 유효 숫자를 사용하고 ASTM H 형강의 Fillet 치수가 KS와 다소 차이가 있어 공학적으로 의미 없는 정도의 매우 작은 오차(-1.2% ~ 1.3%, 평균 -0.067%)가 발생하였다. AISC Examples이 3자리 유효숫자를 사용함을 고려할 때 ComBeam 의 설계 값이 더 정확하다. 이외 가능한 한 많은 조건들을 포함한 검증용 예제들을 통해 소프트웨어의 정확성을 확인하였다.

		등분포하중(Ex	I.1)	2점 대칭 집중하중(Ex I.2)		
구분		$\frac{\Pr{ogram}}{AISC}$	차이	$\frac{Program}{AISC}$	차이	
	$I_{sx}$	0.997	-0.003	0.998	-0.002	
	$A_s F_y$	1.000	0	0.999	-0.001	
합성 전	$\phi M_{n,steel}$	1.001	0.001	1.001	0.001	
	$\phi  V_n$	0.999	-0.001	1.0	0	
	$\Delta_{DL}$	1.002	0.002	1.004	0.004	
	a	0.978	-0.022	0.994	-0.006	
	$d_1$	AISC는 표 값 a 이용	?.???	1.0	0	
	$d_2$	AISC는 표 값 a 이용	?.???	1.004	0.004	
합성 후	$d_3$	1.0	0	1.0	0	
	$\phi M_n$	0.995	-0.005	0.988	-0.012	
	$I_{LB}$	0.991	-0.009	0.994	-0.006	
	$\Delta_{LL}$	1.013	0.013	1.004	0.004	

AISC EXAMPLES와 비교한 검증 예 (노출형 합성 w/골데크 슬래브)



AISC EXAMPLES와의 비교 검증 그래프 예 (AISC Examples I.1, I.2)

### Com, 중eam과 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

구분		М	В	ComReam			
설계법		소성응력분포법	소성응력분포법	소성응력분포법			
슬래브유효폭		보의 간격, T, L입력 보의 간격, T, L 입력		유효폭 직접 입력			
친주 가	등분포	면적 당 단위하중 입력	면적 당 단위하중 입력	길이 당 단위하중 입력			
ਾਠ ਘ	집중	직접 입력	Х	직접입력			
-11 <b>T</b>	등분포						
하 중 비 교	집중		Х				
· 군조 종류	삼각분포	Х	Х				
011	조합분포	Х	Х	•			
전단연결	열부 수평저항력			•			
합성	최대휨모멘트						
휨강도	이외 구간	Х	Х				
합성.	보의 휨강성			•			
합성	성보의 처짐	●?	●?	•			
H단면	크기 자동선택	●?	●?				
스터.	드 자동배치	Х	Х	•			
전단	연결부 연성	Х	Х				
슬래브	길이방향 전단	Х	Х				
	치올림	Х	Х	•			
슬리	배브개구부	Х	Х	$\bullet$			
설계과경	형 검증 그래픽	Х	Х	•			
다양한 종류의 보고서		Х	Х				
비고		기준에 부적합	기준에 부적합				
x	: 적용할 수 없을	2					
	: 적용할 수 있을	2					
	: 적용할 수 있으	- 그나 맞지 않음					
•?	:▲으로 인해 및	느 것 이 없는					
•	●: . ▲프노 한에 갖지 않음						

#### 합성보 설계용 상용 컴퓨터프로그램 비교표

\* AISC 360-16에서 전단연결부의 연성 고려가 추가되었다. ComBeam에 이를 반영하였다.

#### Com Ceam과 기존 상용컴퓨터프로그램의 최적화 설계 비교 예

강구조 건축물에서 합성보에 사용하는 강재량은 건물 전체 강재량(기둥, 보, 가새, 접합부 등)의 약 70% (업무시설 기준인 경우) 이상을 차지하므로 합리적인 강구조 건축물로 설계하기 위해서 특히 합성보는 기준에 적합한 최적화 설계가 필요하다.

아래와 같은 일반 사무실 용도의 합성바닥구조 설계조건 예에 대하여 각 프로그램에 의해 합성보들(붉 은 점선 안에 있는 합성보)의 최적화 설계를 실행한 결과, ComBeam은 M프로그램에 비해 약 33.6 % 강재량이 절감되었다. B프로그램은 SG1, SG2와 같이 집중하중을 받는 합성보를 설계할 수 없어 최적화 설계 비교에서 제외하였다.



#### 각 프로그램의 최적화 설계 결과 비교표

	М	В	ComReam
부재 기호	전단연결재 배열 입력 H형강 자동 친적화 선택	전단연결재 배열 입력 H형강 자동 친적화 선택	전단연결재 배열 및 H형강 자동 최적화 선택
SB1	H-336 x 249 x 8 x 12(69.2kg/m)	H-396 x 199 x 7 x 11(56.6kg/m)	H-346 x 174 x 6 x 9(41.4kg/m)
SG1	H-298 x 201 x 9 x 14(65.4kg/m)	설계기능 없음	H-396 x 199 x 7 x 11(56.6kg/m)
SG2	H-482 x 300 x 11 x 15(114kg/m)	설계기능 없음	H-500 x 200 x 10 x 16(89.6kg/m)
수량	4,532 kg, 198ea		3,009 kg, 176ea

• M 프로그램에 의한 강재 중량 : (5 x 9.0 x 69.2) + (1 x 6.0 x 65.4) + (1 x 9.0 x 114) = 4,532 kg

• ComBeam에 의한 강재 중량 : (5 x 9.0 x 41.4) + (1 x 6.0 x 56.6) + (1 x 9.0 x 89.6) = 3,009 kg

#### 3,009 kg/ 4,532 kg = 0.664 ⇔ 1 - 0.664 = 0.336 ⇔ ComBeam은 약 33.6 % 절감

이러한 결과는 M 및 B 프로그램의 휨강도 및 휨강성 등이 구조기준에 적합하지 않고, 최적화 알고리즘 이 부적절하기 때문이다.

# Com *L*loor **√**ib의 주요특징

- 바닥 진동 해석 및 평가 방법 : AISC Steel Design Guide 11(2<sup>nd</sup> Edition, 2016)에 따른 매우 정확한 해석 및 평가
- AISC Steel Design Guide 11에서 다룬 주요 구조형식, 용도 및 인간 활동에 대한 진동평가 적용범위가 대부분 포함됨(StructuralExpert Family 프로그램 ComFloorVib와 SteelStairVib의 진동평가 체계도 참조).
- 다양한 바닥용도 적용 : 사무실, 주거, 교회, 쇼핑몰, 리듬활동, 병원, 정밀장비사용, 실내/외 보행교 등
- 일반 보행 및 달리기(보행교에 해당)에 대한 진동영향 평가
- 리듬활동(댄싱, 에어로빅, 라이브 콘서트)에 대한 진동영향 평가, 리듬활동면적 고려
- 진동에 민감한 대상(환자실, 수술실, 장비 등)에 대한 진동영향 평가
- 민감대상은 보행속도(아주 느리게, 느리게, 보통, 빠르게), 대상 및 보행자 위치를 고려한 진동영향 평가
- 다양한 바닥 위치, 벽 위치 및 구조시스템 적용 : 내부 베이, 보외곽 베이, 거더외곽 베이, 모서리 베이, 보행다리 등
- 구조 시스템모드로 평가 : 바닥 (슬래브, 보 및 거더 패널의 조합모드) 및 기둥
- 에어로빅 등의 군무활동 바닥은 기둥모드를 고려하여 진동영향 평가
- 인접 바닥구조 조건 고려 : 전체 바닥의 폭, 길이 및 주변 베이 바닥구조의 연속성 등
- 층간 높이 벽(커튼월, 내력벽 등)의 위치 영향을 고려
- 낮은 진동수(9Hz 이하) 및 높은 진동수(9Hz 초과)를 갖는 바닥구조에 대한 평가
- 다양한 동적 변수 및 평가기준 내장
- 각종 그래픽, 요약표 및 상세계산서 출력
- 프로그램의 정확성을 AISC Steel Design Guide 11의 예제와 비교하여 검증
- 그래픽 화면 : ComFloorVib의 모든 실행과정을 화면에 그래픽으로 나타낸다.

구분	그래픽에 포함된 내용
화면 1	평가 대상 베이의 평면도, 바닥구조에 대한 각종 입력정보, 동적특성 등
화면 2	일반 활동에 대한 평가인 경우, 나타내지 않음 리듬활동에 대한 평가인 경우, 스텝 진동수에 대한 가속도 곡선그래프 민감대상에 대한 평가인 경우, 보행경로에 따른 보행속도별 진동속도 곡선그래프
화면 3	일반보행 또는 리듬활동에 대한 평가인 경우, 진동가속도 평가그래프 민감대상에 대한 평가인 경우, 진동속도 평가그래프

#### • 텍스트 파일 보고서 : 상세계산서와 진동평가 요약표를 텍스트파일로 저장한다.

구분	텍스트 출력 파일보고서의 내용
***.VBO	상세 계산서
***.VBT	진동평가 요약표

#### Com Cloor Vib와 Steel Stair Vib의 진동평가 체계도



StructuralExpert Family 프로그램 ComFloorVib와 SteelStairVib의 진동평가 체계도

			평가 방법 및 적용 범위				
76		가속도 a			속도 V		
		千正	일반		리듬	보행	
			보행	글디기	활동	(아주 느리게, 느리게, 보통, 빠르게)	
	1	종이 사무실					
	2	전자 사무실					
보행	3	주거					
	4	교회, 학교, 좌석					
	5	쇼핑몰					
	6	식사/댄싱					
티금	7	에어로빅					
활공	8	콘서트(고정좌석)					
	9	옥내 보행교					
	10	옥외 보행교					
민감	11	병원(환자실, 수술실)				•	
대상	12	민감 장비 설치 바닥				•	
고유	기본	진동수(Hz) 적용 범위		3~9, 9~15	5	4~80, 3~80	

#### ComFloorVib의 합성바닥구조에 대한 진동 평가 방법 및 적용 범위

※ 선형 강재계단에 대한 진동 평가 방법 및 적용 범위는 SteelExpert의 SteelStairVib 참조

### <u>Com</u> *C*loor **√***i*b의 실행 예1 : 그래픽 화면 1

사무실용도/일반보행

사용자가 입력한 조건들과 조합모드에 대한 고유기본진동수, 가진력 등을 나타낸다.

ComFloorVib(ver 18.1) ; Composite Floor Vibration Expert			¥		×
Com Cloar the [[[ 6-Floor ]]] on Grid x6-x9/1	y2-y3				
Condition : Typical Building	Floor, Walki	ng, Paper Of	fices		
Evaluation of Floor Vibration acco	ording to AIS	C Steel Desi	ign Guide-11 (2016 Edition)		
$\longleftarrow$ Direction of Floor Width $\longrightarrow$	Oc Ac	cupancy Type tivity Type	e : Paper Offices : Walking		
III	F1 F1	oor Width oor Length	: 27.000 m : 31.500 m		
	Bay Edg	y Location ge Location	: Corner Bay : Left Edge Beam, Left Edge Girder		
Direction	Wa Wa	11 on Beam 11 on Girder	: Left edge beam • : Left edge girder		
	rection Bag	y Size :	$Lb \times Lg = 10.500 \text{ m} \times 9.000 \text{ m}$		
P Le	loor Sla ength	ab :	Ribbed Slab fck = 24 MPa, Mc = 2400 kg∕m^3 Thk = 130 mm tc = 80 mm		
	Be	am :	hr = 50 mm :H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8 Lb = 10.500 m Sb = 3.000 m		
	↓ Le:	ft Girder :	:H-528 x 166 x 9.6 x 13.6 Lg = 9.000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2)		
	Ri	ght Girder :	: H- 528 x 166 x 9.6 x 13.6 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)		
	Cor	mbined Mode	Properties :		
			Floor Fundamental Frequency= 3.5 Floor Modal Damping Ratio = 0.6 Equivalent Panel Weight = 575.4	38 Hz 30 09 kN	
	Apj	plied Load :	Super Imposed Dead Load = 0.2 Super Imposed Live Load = 0.5	00 kN/n 00 kN/n	n^2 n^2
			Constant Force Po = 0.2	90 kN	

#### <u>Com</u> *J*loor **√**ib의 실행 예1 : 그래픽 화면 3

사무실용도/일반보행

수정된 ISO 진동가속도 평가기준곡선에 평가대상에 대한 진동가속도를 나타낸다. 청색 곡선은 고유기본진동수에 따른 사무실의 진동가속도 허용한계선을 나타낸다. 보행에 의한 진동가 속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



### <u>Com</u> *c*loor **√***i*b의 실행 예2 : 그래픽 화면 1

병원 수술실/보행

사용자가 입력한 조건들과 조합모드에 대한 고유기본진동수, 가진력, 민감대상 위치, 보행자 위치 등을 나타낸다.

🔀 ComFloorVib(ver 18.1) : Composite Floor Vibration Expert	– 🗆 X
Com Class the [[[ VC-3-Floor ]]] on Grid x6-x9/y2-y3	
Condition : Typical Building Floor, Wa	alking near Sensitive Operating Rooms, Sensitive Occupancy
Evaluation of Floor Vibration according to	AISC Steel Design Guide-11 (2016 Edition)
● Sensitive Object Location	
Walker Location	Occupancy Type : Sensitive Occupancy Activity Type : Walking near Sensitive Operating Rooms
← Direction of Floor Width →	
	Floor Width : 25.602 m Floor Length : 18.288 m
	Bay Location  : Side Bay Edge Location  : Left Edge Girder
×	Wall on Beam    : No Wall Wall on Girder : Left edge girder
Direction	Bay Size : Lb x Lg = 9.144 m x 8.534 m
- Floor Length	Slab : Ribbed Slab fck = 24 MPa, Mc = 2400 kg/m <sup>^</sup> 3 Thk = 130 mm tc = 80 mm hr = 50 mm
	Beam : H- 399 x 140 x 6.3 x 8.8 Lb = 9.144 m Sb = 2.134 m
; <u> </u>	Left Girder : H- 599 x 140 x 10.0 x 12.8 Lg = 8.534 m Sg = 4.572 m (Lb/2 + left_Lb/2)
	Right Girder : H- 599 x 140 x 10.0 x 12.8 Lg = 8.534 m Sg = 9.144 m (Lb/2 + right_Lb/2)
	Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= 6.987 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.030 Equivalent Panel Weight = 401.004 kN
	Location of Sensitive Object and Walker : Object ; Lx= 2.286 m, Ly= 2.438 m, phi(O)= 0.69 Walker ; Lx= 4.724 m, Ly= 7.163 m, phi(W)= 0.94
	Walking Speed and Walking Force : Very Slow ; 22.6 N.m/s Slow/Moderate/Fast; fn<=f(L) 13.6 N.m/s fn>=f(U) 22.6 N.m/s
* Note ; The x-direction is always parallel to the beam span:	S .

### Com floor 기/ib의 실행 예2 : 그래픽 화면 2

병원 수술실/보행

민감 대상(병원 수술실) 위치에 대한 수직 진동속도를 보행자의 보행경로에 따라 보행속도별로 나타낸 다. 빨간색 곡선은 빠른 보행, 초록색 곡선은 보통 보행, 보라색 곡선은 느린 보행, 노란색 곡선은 아주 느린 보행에 의한 진동 속도를 나타낸다. 각 곡선상의 점들은 민감대상 위치의 수직진동 속도를 나타낸 다.

청색의 수평점선은 수술실에 대한 진동속도 허용한계선을 나타낸다.

보행에 의한 진동속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



#### Com Lloor ♥ib의 실행 예2 : 그래픽 화면 3

병원 수술실/보행

민감 대상 종류별로 일반화한 진동속도 평가기준곡선에 평가대상에 대한 진동속도를 나타낸다. 청색 곡선은 고유기본진동수에 따른 병원 수술실의 진동속도 허용한계선을 나타낸다. 보행에 의한 진동 속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



# Com ୁtoor ✔ib의 실행 예3 : 그래픽 화면 1

에어로빅 클래스/에어로빅

사용자가 입력한 조건들과 조합모드에 대한 고유기본진동수, 가진력 등을 나타낸다.

<pre>(11 24-Ploor 1)) on Grid x5-x3/y2-y3 Condition : Typical Building Ploor, Aerobic Class Evaluation of Ploor Vibration according to AlSC Steel Design Guide-11 (2016 Edition)</pre>	GomFloorVib(ver 18.1) ; Composite Floor Vibration Expert	– D X
Condition:       Typical Building Plaor, Aerobic Chass         Condition:       Evaluation of Plaor Ubration according to AISC Steel Design Buide-11 (2016 Edition)         Condition:       Direction of Plaor Width →         Direction of Plaor Width →       Direction:         Planet       The planet         Image: Planet Plane	Com Correction [[[ 24-Floor ]]] on Grid x6-x9/y2-y3	
Evaluation of Floor Vibration according to AISC Steel Design Guide-11 (2016 Edition) ← Direction of Floor Width → ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	Condition : Typical Building Floor,	Aerobic, Aerobic Class
← Direction of Floor Width → Curpancy Type :: Aerobic Class Activity Type :: Aerobic Floor Width :: Z2.000 n Floor Length :: 31.500 n Bay Location :: Left Edge Girder Wall on Girder :: Left Edge Girder Wall on Girder :: Left Edge Girder Wall on Girder :: Left Edge Girder Bay Size :: Lb x Lg = 10.500 n x 9.000 n For Hald the state of	Evaluation of Floor Vibration according	to AISC Steel Design Guide-11 (2016 Edition)
<ul> <li>← Direction of Floor Width →</li> <li>Floor Width →</li> <li>Floor Width →</li> <li>Floor Uidth : 27.000 n</li> <li>Floor Length : 31.500 n</li> <li>Floor Length : 31.500 n</li> <li>Floor Length : Side Bay</li> <li>Edg Location : Left Edge Girder</li> <li>Wall on Beam : No Wall</li> <li>Wall on Birder : Left edge girder</li> <li>Wall on Birder : Left edge girder</li> <li>Bay Size : Lb × Lg = 10.590 n × 9.000 n</li> <li>Slab : Ribbed Slab</li> <li>Floor Hidth nt : 290 mn</li> <li>to = 90 mn</li> <li>to = 90 mn</li> <li>to = 50 mn</li> <li>Beam : H- 450 × 152 × 7.6 × 10.8</li> <li>Lb ± 10.500 n</li> <li>Slab : Ribbed Slab</li> <li>Sg = 5.250 n</li> <li>Left Girder : H- 599 × 178 × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 m</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 m</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.0000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 12.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 10.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 10.8</li> <li>Lg = 9.000 n</li> <li>Sg = 10.500 n × 10.0 × 10.8</li> <li>Lg = 10.500 n × 10.0 × 10.8&lt;</li></ul>		
Floor Width :: 27.000 m Floor Length :: 31.500 m Bay Location :: Left Edge Girder Wall on Girder :: Left Edge girder Direction of Floor Length Bay Size :: Lb x Lg = 10.500 m x 9.000 m of Slab :: Ribbed Slab fck = 28 MPa, Mc = 2400 kg/m <sup>2</sup> 3 Thk = 140 mm tc = 90 mm hr = 50 mm Beam :: H-450 x 152 x 7.6 x 10.8 Lb = 10.500 m Sb = 2.250 m Left Girder :: H-599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2) Right Girder :: H-599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2) Combined Mode Properties : Floor Modal Damping Ratio = 0.0660 Equivalent Panel Weight := 603.846 kM	$\leftarrow$ Direction of Floor Width $\longrightarrow$	Occupancy Type : Aerobic Class Activity Type : Aerobic
Floor Length : 31.500 n Bay Location : Left Edge Girder Wall on Beam : No Wall Wall on Girder : Left edge girder Direction Picor Slab : Ribbed Slab rck = 20 HPa, Hc = 2400 kg/m^3 Thk = 140 nm tc = 90 nm hr = 50 nm Beam : H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8 Lb = 10.500 m Sb = 2.250 m Left Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2) Right Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m Sg = 10.		Floor Width : 27.000 m
Bay Location :: Side Bay Edge Location :: Left Edge Girder Wall on Bean :: No Wall Wall on Girder :: Left edge girder Direction of Floor Length Direction Slab :: Ribbed Slab fck = 28 HPa, Hc = 2400 kg/m <sup>*</sup> 3 Thk = 140 mm tc = 90 mm hr = 50 mm Bean :: H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8 Lb = 10.500 m Sb = 2.250 m Left Girder :: H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9,000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2) Right Girder :: H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9,000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2) Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency = 4.466 Hz Floor Fundamental Floor Fundament		Floor Length : 31.500 m
Wall on Bean : No Wall Wall on Girder : Left edge girderDirection of FloorDirection of FloorBay Size (Ength)Direction of FloorBay Size (Ength)Direction of FloorBay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Direction (Floor)Bay Size (Ength)Bean (Floor)Bean (Floor)H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8 (Lb 2 x 7.6 x 10.8) (Lb 2 x 10.0 x 12.8) (Lg = 9.000 m) Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2)Bight Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 (Lg = 9.000 m) Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kMApplied Load : Panel		Bay Location : Side Bay Edge Location : Left Edge Girder
Direction of Floor Length       Bay Size       : Lb x Lg = 10.500 m x 9.000 m         Slab       : Ribbed Slab fck = 28 MPa, Mc = 2400 kg/m^3 Thk = 140 mm tc = 90 mm hr = 50 mm         Beam       : H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8 Lb = 10.500 m Sb = 2.250 m         Left Girder       : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2)         Right Girder       : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)         Combined Mode Properties : Floor Fundal Dapping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kN         Applied Load :		Wall on Beam    : No Wall Wall on Girder : Left edge girder
Direction of       Bay Size       : Lb x Lg = 10.500 n x 9.000 n         of       Slab       : Ribbed Slab fck = 28 MPa, Mc = 2400 kg/m^3 Thk = 140 mm bc = 90 mm hr = 50 mm         Beam       : H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8 Lb = 10.500 m Sb = 2.250 m         Left Girder       : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2)         Right Girder       : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)         Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency = 4.466 Hz Floor Fundamental Frequency = 4.466 Hz Floor Fundanental Frequency = 603.846 kM         Applied Load :       :		
Floor       Slab       : Ribbed Slab         fck = 28 MPa, Mc = 2400 kg/m <sup>3</sup> 3       Thk = 140 nn         tc = 90 nn       hr = 50 nn         Bean       : H - 450 x 152 x 7.6 x 10.8         Lb = 10.500 n       Sb = 2.250 n         Left Girder       : H - 599 x 178 x 10.0 x 12.8         Lg = 9.000 m       Sg = 5.250 n (Lb/2 + left_Lb/2)         Right Girder       : H - 599 x 178 x 10.0 x 12.8         Lg = 9.000 m       Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)         Combined Mode Properties :       Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz         Floor Modal Damping Ratio = 0.060       Equivalent Panel Weight = 603.846 kM         Applied Load :	Direction	Bay Size : Lb x Lg = 10.500 m x 9.000 m
$tc = 90 \text{ mm}$ $hr = 50 \text{ mm}$ $Beam : H- 450 \times 152 \times 7.6 \times 10.8$ $Lb = 10.500 \text{ m}$ $Sb = 2.250 \text{ m}$ $Left \text{ Girder} : H- 599 \times 178 \times 10.0 \times 12.8$ $Lg = 9.000 \text{ m}$ $Sg = 5.250 \text{ m} (Lb/2 + 1eft_Lb/2)$ $Right \text{ Girder} : H- 599 \times 178 \times 10.0 \times 12.8$ $Lg = 9.000 \text{ m}$ $Sg = 10.500 \text{ m} (Lb/2 + right_Lb/2)$ $Combined Mode Properties :$ $Floor Fundamental Frequency = 4.466 \text{ Hz}$ $Floor Fundamental Frequency = 4.466 \text{ Hz}$ $Floor Fundamental Frequency = 0.0600$ $Equivalent Panel Weight = 603.846 \text{ kM}$ $Applied Load :$	Floor Length	Slab : Ribbed Slab fck = 28 MPa, Mc = 2400 kg∕m^3 Thk = 140 mm
Beam       : H- 450 x 152 x 7.6 x 10.8         Lb       = 10.500 m         Sb       = 2.250 m         Left Girder       : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8         Lg       = 9.000 m         Sg       = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2)         Right Girder       : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8         Lg       = 9.000 m         Sg       = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)         Combined Mode Properties :       Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz         Floor Fundamental Frequency=       4.466 Hz         Floor Fundamental Frequency=       4.466 Hz         Floor Fundamental Frequency=       603.846 kM         Applied Load :		tc = 90 mm hr = 50 mm
✓ Left Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2) Right Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2) Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kM Applied Load :		$\begin{array}{rcl} \text{Beam} & : \mbox{H-} \mbox{450 x 152 x } 7.6 \ \mbox{x 10.8} \\ \mbox{Lb} & = \mbox{10,500 m} \\ \mbox{Sb} & = \ \mbox{2.250 m} \end{array}$
$Lg = 9.000 \text{ m}$ $Sg = 5.250 \text{ m} (Lb/2 + \text{left}_Lb/2)$ Right Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 $Lg = 9.000 \text{ m}$ $Sg = 10.500 \text{ m} (Lb/2 + \text{right}_Lb/2)$ Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kN Applied Load :		Left Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8
Right Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8 Lg = 9.000 m Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2) Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kN Applied Load :		Lg = 9.000 m Sg = 5.250 m (Lb/2 + left_Lb/2)
Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2) Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kN Applied Load :		Right Girder : H- 599 x 178 x 10.0 x 12.8
Combined Mode Properties : Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kM Applied Load :		Sg = 10.500 m (Lb/2 + right_Lb/2)
Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kN Applied Load :		Combined Mode Properties :
Applied Load :		Floor Fundamental Frequency= 4.466 Hz Floor Modal Damping Ratio = 0.060 Equivalent Panel Weight = 603.846 kN
		Amplied Load :
Super Imposed Jead Load = 0.190 kH/m 2 Super Imposed Live Load = 0.200 kH/m <sup>2</sup> 2 Constant Force Po = 0.290 kN		Super Imposed Dead Load = 0.190 kN/m <sup>2</sup> 2 Super Imposed Live Load = 0.200 kN/m <sup>2</sup> 2 Constant Force Po = 0.290 kN

<u>Com</u> *J*loor **√**ib의 실행 예3 : 그래픽 화면 2

에어로빅 클래스/에어로빅

에어로빅 활동에 의해 형성된 조화모드에 의한 진동가속도를 나타낸다. 분홍색 곡선은 1차 조화, 연두색 곡선은 2차 조화, 보라색 곡선은 3차 조화의 진동가속도를 나타내며 빨 간색 굵은 곡선은 이 3가지 조화 진동가속도에 의해 형성된 진동가속도를 나타낸다. 빨간색의 굵은 곡선 상에 있는 원형은 최대가속도를 나타낸다.

청색의 수평점선은 에어로빅 클래스에 대한 진동가속도 허용한계선을 나타낸다. 에어로빅에 의한 최대진동가속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 원형으 로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 원형으로 나타낸다.

일반적으로 강도한계상태와 처짐에 대한 사용성한계상태만 고려하여 설계된 바닥구조는 에어로빅활동에 대한 진동가속도 허용한계를 대부분 크게 벗어난다. 테크노마트의 군무에 의한 진동사건도 같은 예이다.



#### Com *L*loor √ib의 실행 예3 : 그래픽 화면 3

에어로빅 클래스/에어로빅

수정된 ISO 진동가속도 평가기준곡선에 평가대상에 대한 진동가속도를 나타낸다.

청색 곡선은 고유기본진동수에 따른 에어로빅 클래스의 진동가속도 허용한계선을 나타낸다. 에어로빅활 동에 의한 진동가속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



#### Com Lloor √ib의 검증 예

AISC의 Steel Design Guide 11(2016)에 있는 예제와 비교하여 ComFloorVib의 정확성을 검증하였다. 다 만, SDG 11의 예제에서는 3자리 유효 숫자를 사용하고 ASTM H형강의 Fillet 치수가 KS와 다소 차이가 있어 표 1.2와 그림 1.1에 나타낸 것처럼 공학적으로 의미 없는 정도의 매우 작은 오차가 발생하였다. SDG 11의 예제에서 3자리 유효숫자를 사용함을 고려할 때 ComFloorVib의 설계 값이 더 정확하다. 이 외 가능한 한 많은 조건들을 포함한 검증용 예제들을 통해 소프트웨어의 정확성을 확인하였다.

		SDG-11의 예제 조	건	SDG-11	비율	
	4-1	종이 사무실	거더 외곽 베이	0.49 %g	0.493 %g	1.006
ОГНГ	4-3	종이사무실	메자닌/보외곽	0.634 %g	0.633 %g	0.998
일반	4-4	종이 사무실	메자닌/거더외곽	0.764 %g	0.759 %g	0.993
리듬	1 E		걷기	2.69 %g	2.64 %g	0.981
	4-5	속 외 인 노 교	달리기	12.8 %g	12.6 %g	0.984
리듬 활동	5-2	에어로빅	거더 외곽 베이	김곽 베이 40.1 %g 40.8 %g		1.017
	6-1	민감장비 컴퓨터 장비 거더 외곽 베이	빠른 걸음	186.9 mmps	185.9 mmps	0.995
			매우 느린 걸음	7.37 mmps	7.0 mmps	0.953
민감	6.2	민감장비 VC-C 개방 내부 베이	느린 걸음	11.89 mmps	12.0 mmps	1.007
내성	0-5		보통 걸음	16.43 mmps	16.2 mmps	0.986
			빠른 걸음	20.96 mmps	20.9 mmps	0.999
	6.4	법이 하지시	매우 느린 걸음	41.90 mmps	41.6 mmps	0.993
	6-4	경권 환작결	빠른 걸음	128.0 mmps	127.5 mmps	0.996

#### SDG 11의 예제와 비교한 검증 예



AISC Steel Design Guide 11(2016)의 예제와 비교한 검증 예 그래프

### **Com floor √ib**와 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

구분		М	В	Com Lloor Vib
설계법	AISC	SDG11(1997, 2003)	SDG11(1997, 2003)	SDG11(2016)
고유진동수	적용범위	3≤fn≤9 Hz	3≤fn≤9 Hz	3≤fn≤15, 80Hz
그도 허시	기둥 베이	•	•	•
구조 영식	보행교			•
	내부	$\bullet$	•	•
평가베이	측부/보		Х	•
위치	측부/거더		•	•
	모서리	Х	Х	•
	1변 (보)	Х	Х	•
평가베이의	1변 (거더)	Х	Х	•
평가베이의 벽 위치	모서리 2변	Х	Х	•
(층간 높이의	좌우대칭 2변	Х	Х	•
벽, 커튼월)	상하대칭 2변	Х	Х	•
	3변, 4변	Х	Х	•
바닥 크기	폭 및 길이	Х		•
주변 베이	상하/좌우	Х		•
보행	사무실	• ?	• ?	•
	주거	• ?	• ?	•
	교회	• ?	• ?	•
	쇼핑몰		• ?	•
	실내보행교			● 달리기포함
	실외 보행교			● 달리기포함
	댄싱	Х	Х	•
리듬활동	에어로빅	Х	Х	•
	콘서트	Х	X	•
	빠른 보행	Х	X	● 80Hz까지
미그나미나	보통 보행	Х	Х	● 80Hz까지
민쉽네경	느린 보행	Х	Х	● 80Hz까지
	아주 느린 보행	Х	Х	● 80Hz까지
E	비고	SDG 11에 부적합	SDG 11에 부적합	
X ·전	용학 수 없을			
● ·전·	용학 수 있음			
▲ : 전·	요즘 두 쓰다 용핰 수 있으나 모	나지 않음		
	으로 이해 만지 않	같음		
	프스 단체 자시 법			

#### 합성바닥시스템 진동평가용 상용 컴퓨터프로그램 비교표

\* AISC Steel Design Guide 11은 2016년도에 많은 내용의 수정과 추가가 있었다. ComFoorVib에 이를 반영하였다.

# Steel Expert의 주요특징

뉴테크구조기술사사무소의 웹사이트(www.newtechstructure.com/software/steelexpert/)에서 **Steel** *S*xpert 프로그램의 주요특징, 적용범위, 정확성 검증 예, 실행 예, 사용자 매뉴얼, 타 프로그램과의 비교 예 등을 확인할 수 있습니다.

 Steel Expert
 여러분이 상상하는 그 이상의 전문가들로 구성되어 있습니다.

 Steel Expert
 국내외의 기존 상용프로그램에는 없는 중요한 기능들을 포함하고 있습니다.

 Steel Expert
 컴퓨터에 설치하는 순간부터 이 전문가들은 여러분들의 강구조 설계에 많은 도움을 줄 것 입니다.



SteelExpert의 메인 메뉴 창

# Steel Column의 주요특징

- 현행구조기준(KBC2016)에 따른 매우 정확한 해석 및 설계
- 현행기준 중에 안전하지 않거나 매우 비합리적인 부분은 최근 AISC 360-16적용
- 기준에 허용된 2축 대칭 강재단면의 종류는 모두 적용
- 부재 검토 및 설계 시에 프로그램이 계산한 강재단면특성을 적용(철강회사나 서적에서 제공한 자료에 오류가 있을 수 있음.)
- 단주에서 장주까지 모두 적용
- 안정성 해석법에 따른 소요강도, 설계강도 산정
- 횡력방향(Global 좌표 축)과 기둥단면방향(Local 좌표 축)의 관계를 고려한 소요강도 산정
- 사용자가 수행한 직접해석법에 의한 2차해석값, 직접해석법에 의한 1차해석값 또는 일반1차탄성해석값을 적용하여 소요강도를 결정
- 부재의 인장, 압축, 휨, 전단 및 조합력에 대한 검토 및 설계
- 국부좌굴에 대한 모든 한계상태와 횡좌굴, 비틀림좌굴, 횡비틀림좌굴에 대한 모든 한계상태를 검토하여 강도를 결정.
- 각종 그래픽, 각종 분석표, 요약표 및 상세계산서 출력
- 프로그램의 정확성을 AISC Steel Design Examples의 예제와 비교하여 검증
- 그래픽 화면 : SteelColumn의 모든 실행과정을 화면에 그래픽으로 나타낸다.

구분	그래픽에 포함된 내용
화면 1	소요강도산정법, 기둥단면축의 방향(각도), 기둥의 구속조건, 축력 및 휨모멘트 다이아그람
화면 2	자동 단면설계를 선택한 경우에 최적단면 선택과정
화면 3	횡단면도, 기둥길이, 단면크기, 재료강도, 단면분류, 각 강도결정 한계상태, 입력 하중 등
화면 4	x축에 대한 횡단면도, PM상관도(단면강도, 공칭강도, 설계강도), 세장영향 감소계수, 2차효 과가 포함된 소요강도(축력, 모멘트)
화면 5	y축에 대한 횡단면도, PM상관도(단면강도, 공칭강도, 설계강도), 세장영향 감소계수, 2차효 과가 포함된 소요강도(축력, 모멘트)
화면 6	각 하중 조합에 대한 축력, 조합력, 전단력에 대한 검토 그래프 및 검토 값

• 텍스트 파일 보고서 : 설계일람표를 포함한 각종 요약표 및 상세계산서를 텍스트파일로 저장한다.

구분	텍스트 출력 파일보고서의 내용
***.SC1	부재 설계 일람표
***.SC2	상세 계산서
***.SC3	강도 검토 요약표
***.SC4	안정성해석 방법 검토용 요약표

#### Steel Column의 기둥단면 방향을 고려한 소요강도

실제 해석모델들은 아래 그림과 같이 기둥단면의 방향은 해석모델의 횡력방향과 일치하지 않는 경우가 많다.

SteelColumn은 해석모델의 횡력방향(Global 좌표 축)과 기둥단면방향(Local 좌표 축)의 관계를 고려한 증폭계수를 계산하여 소요강도를 산정할 수 있다.





#### Steel Column의 소요강도 산정 흐름도 예

횡력저항 기둥의 설계강도는 안정성 설계법에서 요구하는 소요강도를 만족시켜야 한다.

SteelColumn은 다음 흐름도와 같이 사용자가 수행한 1개의 1차해석모델(직접해석법)로부터 얻은 부재력과 층횡강성 데이터를 이용하여 소요강도(근사2차해석값)를 산정할 수 있다.



#### <mark>Steel Column</mark>의 실행 예 : 그래픽 화면 1

단순화한 증폭1차 직접해석법 적용한 H형강기둥

사용자가 입력한 단부구속조건, Global 좌표, 부재단면 방향, 소요강도 산정법, 부재력 등을 나타낸다.



#### Steel Column의 실행 예 : 그래픽 화면 4

단순화한 증폭1차 직접해석법 적용한 H형강기둥

하부 그림은 x축에 대한 PM상관도, 흰색 점들은 1차해석값, 청색 점들은 2차해석값(설계강도를 초과하는 경우 빨간 색)



#### Steel Column의 실행 예 : 그래픽 화면 6

단순화한 증폭1차 직접해석법 적용한 H형강기둥

휨-압축 조합력, 양축 휨 및 전단력에 대한 검토 그래프와 U/R

각 그래프에서 소요강도가 설계강도를 초과하는 경우는 빨간색 점, 초과하지 않는 경우는 청색 점으로 나타낸다. 전단력에 대한 그래프에서 소요강도가 설계강도의 50%를 초과하나 100%이하인 경우는 노랑색 점으로 나타낸다(대부분의 해외기준들은 50%를 초과하면 압축강도와 휨강도를 감소시킴).



#### Steel Column의 검증 예

AISC의 Design Examples (ver 15)에 있는 예제들과 비교하여 SteelColumn의 정확성을 검증하였다. 다만 Design Examples의 예제에서는 3자리 유효 숫자를 사용하고 ASTM의 H형강 Fillet 치수와 각형강관 모 서리 반경치수가 KS와 다소 차이가 있어 공학적으로 의미 없는 정도의 매우 작은 오차가 발생하였다. AISC Examples이 3자리 유효숫자를 사용함을 고려할 때 SteelColumn의 설계 값이 더 정확하다. 이외 가능한 한 많은 조건들을 포함한 검증용 예제들을 통해 소프트웨어의 정확성을 확인하였다.

KS표준의 각형강관 모서리 반경은 R=2t이다. 구조기준에서 모서리 반경을 알 수 없는 경우 구조계산에 R=1.5t를 사용한다.

사각형 강관의 강도계산과정에 AISC Example(E.10-1, E.10-2)은 R=1.5t, SteelColumn은 R=2t를 적용하였다. 원형 강관의 강도계산과정에 AISC Example(E.11)에 사용한 단면적은 실제 값보다 크게 적용하였다.

#### Design Examples의 예제와 비교한 검증 예

예제 번호	내용		Program/AISC	차이
E.1C-1	압연 H형강(비세장)	압축	0.996	-0.004
E.1C-2	압연 H형강(비세장)	압축	1.004	+0.004
E.1D-1	압연 H형강(비세장)	압축	0.997	-0.003
E.1D-2	압연 H형강(비세장)	압축	0.995	-0.005
E.2	용접 H형강(세장웨브)	압축	0.996	-0.004
E.3	용접 H형강(세장플랜지)	압축	0.998	-0.002
E.9	사각형 강관(비세장), ERW	압축	0.994	-0.006
E.10-1	사각형 강관(세장 장변), ERW	압축	1.015	+0.015
E.10-2	사각형 강관(세장 단장변), ERW	압축	1.033	+0.033
E.10-3	사각형 강관, ERW	압축	1.000	+0.0
E.11	원형 강관(비세장), ERW	압축	0.969	-0.031
H.1B	압연 H형강(비세장)	압축/휨 조합력	0.996	-0.004
H.3	압연 H형강(비세장)	인장/휨 조합력	1.003	+0.003
H.4	압연 H형강(비세장)	압축/휨 조합력	1.006	+0.006



AISC EXAMPLES와 비교한 검증 예 그래프

#### Steel Column과 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

#### 강재기둥 설계용 상용 컴퓨터프로그램 비교표

구분		М	В	<b>Steel</b> Column			
		LRFD	LRFD	LRFD	LRFD		
설계법	설계기준		KBC2016	KBC2016	KBC2016,		
소요간도		아저서	X	X	AISCZUIU		
	안성성 압축, 인장, 흼, 전단						
	압숙, 인상, 흼, 전난 설계근거			X			
PM 산과도	안정성 설계고려 비세장		×	X			
	<u> </u>	비세자		×			
	압축	비제공					
····································		지이					
	히	비즈미					
	김	비꼬ㄹ					
		지하려	▲ ●2	▲ ●2			
	고입덕	•	•	•			
사각형 강관	압축	비세경	•	U A	•		
		세상			•		
	휨	소말	•		•		
		비소밀			•		
		세상		X	•		
	소압덕		•?	•?	•		
		비세상					
	입축 	세장					
		세장제한초과			적용 금지		
원형 강관		조밀	$\bullet$				
	휘	비조밀			•		
		세장			•		
		세장제한초과			적용 금지		
		조합력	•?	●?	•		
기타 단면	드 형	강, 앵글 등	미확인	미확인	Х		
최적화 자동설계	부자	단면 선택			$\bullet$		
설계과정 검증 그래픽	엄증 그래픽 화면		Х	Х	$\bullet$		
다양한 종류의 보고서 파일			Х	Х	$\bullet$		
비고 비고 기준에 부적합 기준에 부적합							
│ │ X : 적용할 수 G	없음						
● : 적용할 수 9	있음						
▲ : 적용할 수 9	있으나 및	'지 않음					
●? : ▲으로 인해	···· · · · · · · · · · · · · · · · · ·						
<ul> <li>● : 적용할 수 있음</li> <li>▲ : 적용할 수 있으나 맞지 않음</li> <li>●? : ▲으로 인해 맞지 않음</li> </ul>							

 \* AISC 360-16에서 안정성설계, 각종 횡좌굴공식, 세장요소가 있는 단면의 부재의 압축강도 및 휨강도, 각형 강관의 설계법 등이 수정되었다. 경제성과 안전성을 고려하여 SteelColumn에 이를 반영하였다.
 \* 구조기준에서 제한한 직경두께비를 초과하는 원형강관단면부재는 SteelColumn에 적용할 수 없다.

# Steel Beam의 주요특징

- 현행구조기준(KBC2016)에 따른 매우 정확한 해석 및 설계
- 현행기준 중에 안전하지 않거나 매우 비합리적인 부분은 최근 AISC 360-16적용
- 다양한 2축 대칭 단면(압연 H형강, 용접 H형강, 사각형 강관, 용접 Box, 원형 강관) 적용
- 부재 검토 및 설계 시에 프로그램이 계산한 강재단면특성을 적용(철강회사나 서적에서 제공한 자료에 오류가 있을 수 있음.)
- 부재의 최적 단면 선택기능(KS표준 규격의 압연 H형강, 사각형 강관, 원형 강관)
- 강관의 제작방법(ERW, SAW)에 따른 설계두께에 의해 강도 계산
- 국부좌굴에 대한 모든 한계상태와 횡비틀림좌굴에 대한 모든 한계상태를 검토하여 강도를 결정.
- Structural Supert Family 프로그램에 있는 ComColumn 또는 Steel Column에 의해 구한 증폭계수를 사용하여 안정성 설계에서 요구하는 강재보의 소요강도 산정
- 모든 설계과정을 화면에 그래픽 출력
- 각종 분석표, 요약표 및 상세계산서를 텍스트 파일로 출력
- 프로그램의 정확성을 AISC Steel Design Examples의 예제와 비교하여 검증
- 그래픽 화면 : SteelBeam의 모든 실행과정을 화면에 그래픽으로 나타낸다.

구분	그래픽에 포함된 내용
화면 1	부재단면이 방향과 부재의 단부 구속조건, 사용자가 입력한 부재력 및 증폭계수 등
화면 2	사용자가 부재 단면의 자동 최적화를 선택할 경우에는 선택과정을 텍스트로 나타냄.
화면 3	안정성설계를 고려한 소요강도(Mr, Vr)와 소요강도/설계강도에 대한 U/R값, 검토 그래프 및 최종판정

#### • 텍스트 파일 보고서 : 설계일람표를 포함한 각종 요약표 및 상세계산서를 텍스트파일로 저장한다.

구분	텍스트 출력 파일보고서의 내용
***.SB1	부재 설계 일람표
***.SB2	상세 계산서
***.SB3	강도 검토 요약표

#### <u>Steel ♂eam</u>의 실행 예 : 그래픽 화면 1

압연 H형강보 자동 최적단면 설계

사용자가 입력한 양단 구속조건, 단면의 방향, 비횡지지길이, 부재력, 증폭계수, 휨강도 조정계수 등을 나타냄

증폭계수는 ComColumn 또는 SteelColumn에 의해 구한 값을 적용할 수 있다.

Cb 값은 부재내의 전구간 하중분포를 입력하지 않기 때문에 SteelBeam은 자동 최적단면 선택 시에 1을 사용한다. 다만 사용자가 지정한 단면을 검토할 경우에는 사용자가 입력한 Cb값을 사용하여 검토한다.





#### Member Forces (Input Data of User)

LRFD Load			Moment		Shear	Amplificat	Amplification Factor		
Comb: Numb	ination . Name	Mu(Left) kN.m	Mu(Mid) kN.m	Mu(Right) kN.m	Vu(max) kN	B2(x)	B2(y)	Modif. Factor Cb	
1	LCB-1	-900.0	450.0	-900.0	200.0	1.100	1.100	1.000	
2	LCB-2	-850.0	400.0	-950.0	215.0	1.120	1.240	1.000	
3	LCB-3	-950.0	400.0	-850.0	215.0	1.240	1.120	1.000	
4	LCB-4	-1050.0	395.0	-750.0	245.0	1.200	1.350	1.000	
5	LCB-5	-750.0	395.0	-1050.0	245.0	1.350	1.200	1.000	
6	LCB-6	-875.0	385.0	-725.0	185.0	1.200	1.180	1.000	
7	LCB-7	-725.0	385.0	-875.0	185.0	1.180	1.200	1.000	
8	LCB-8	-1150.0	360.0	-800.0	275.0	1.350	1.320	1.000	
9	LCB-9	-800.0	360.0	-1150.0	275.0	1.320	1.350	1.000	

### 

압연 H형강보 자동 최적단면 설계

자동 최적단면선택 기능을 선택한 경우에는 최적단면 선택과정을 나타낸다. 프로그램에 내장된 데이터베이스(KS표준 압연형강규격)에 있는 단면이 소요강도를 만족시키지 못하는 경우에는 아래에 빨간색 메시지를 나타낸다.

SteelBeam(v	er 18.1) :	: Steel Beam Design E	Expert						
2-SG1	96	355 H- 298 x	201 x 9.0	x 14.0 >	18.0	Weight = 65.4 kg∕m	Moment R/U = 5.247	Shear R∕U =	0.650
2-SG1	97	355 H- 400 x	200 x 8.0	× 13.0 >	16.0	Weight = 66.0 kg∕m	Moment R/U = 4.103	Shear R/U =	0.545
2-SG1	98	355 H- 446 x	199 x 8.0	x 12.0 >	18.0	Weight = 66.2 kg∕m	Moment R/U = 3.839	Shear R∕U =	0.488
2-SG1	99	355 H- 336 x	249 x 8.0	× 12.0>	20.0	Weight = 69.2 kg∕m	Moment R/U = 4.141	Shear R/U =	0.648
2-SG1	100	355 H- 404 x	201 x 9.0	x 15.0 >	16.0	Weight = 75.5 kg∕m	Moment R/U = 3.526	Shear R∕U =	0.479
2-SG1	101	355 H- 450 x	200 x 9.0	x 14.0 >	18.0	Weight = 76.0 kg∕m	Moment R/U = 3.278	Shear R/U =	0.430
2-SG1	102	355 H- 496 x	199 x 9.0	x 14.0>	20.0	Weight = 79.5 kg∕m	Moment R/U = 2.917	Shear R∕U =	0.390
2-SG1	103	355 H- 340 x	250 x 9.0	x 14.0 >	20.0	Weight = 79.7 kg∕m	Moment R/U = 3.549	Shear R/U =	0.570
Z-SG1	104	355 H- 500 x	200 x 10.0	x 16.0 >	20.0	Weight = 89.7 kg∕m	Moment R/U = 2.540	Shear R/U =	0.349
2-SG1	105	355 H- 386 x	299 x 9.0	x 14.0 >	22.0	Weight = 94.3 kg∕m	Moment R/U = 2.624	Shear R/U =	0.502
2-SG1	106	355 H- 596 x	199 x 10.0	x 15.0 >	22.0	Weight = 94.6 kg∕m	Moment R/U = 2.156	Shear R∕U =	0.292
2-SG1	107	355 H- 506 x	201 x 11.0	x 19.0 x	20.0	Weight = 103.1 kg∕m	Moment R/U = 2.141	Shear R/U =	0.313
2-SG1	108	355 H- 600 x	200 x 11.0	x 17.0 x	22.0	Weight = 105.5 kg∕m	Moment R/U = 1.897	Shear R/U =	0.264
2–SG1	109	355 H- 434 x	299 x 10.0	x 15.0 x	24.0	Weight = 106.0 kg∕m	Moment R/U = 2.074	Shear R/U =	0.402
2-SG1	110	355 H- 390 x	300 x 10.0	x 16.0 >	22.0	Weight = 106.7 kg∕m	Moment R/U = 2.228	Shear R/U =	0.447
2-SG1	111	355 H- 482 x	300 x 11.0	x 15.0 x	26.0	Weight = 114.2 kg∕m	Moment R/U = 1.774	Shear R/U =	0.329
2–SG1	112	355 H- 606 x	201 x 12.0	x 20.0 x	22.0	Weight = 119.7 kg∕m	Moment R/U = 1.621	Shear R∕U =	0.240
2-SG1	113	355 H- 440 x	300 x 11.0	x 18.0 >	24.0	Weight = 123.5 kg∕m	Moment R/U = 1.720	Shear R/U =	0.360
2-SG1	114	355 H- 488 x	300 x 11.0	× 18.0 >	26.0	Weight = 128.4 kg∕m	Moment R/U = 1.505	Shear R∕U =	0.325
2-SG1	115	355 H- 612 x	202 x 13.0	x 23.0 >	22.0	Weight = 134.0 kg∕m	Moment R/U = 1.410	Shear R/U =	0.219
2-SG1	116	355 H- 582 x	300 x 12.0	x 17.0 x	28.0	Weight = 137.0 kg∕m	Moment R/U = 1.240	Shear R/U =	0.250
2-SG1	117	355 H- 588 x	300 x 12.0	x 20.0 x	28.0	Weight = 151.1 kg∕m	Moment R/U = 1.087	Shear R/U =	0.247
2-SG1	118	355 H- 692 x	300 x 13.0	x 20.0>	28.0	Weight = 166.0 kg∕m	Moment $R/U = 0.876$	Shear R/U =	0.194

***	Selected	Optimum	Section	Size o	of Stee	1 H-shape	For	Strength	Design	***
-----	----------	---------	---------	--------	---------	-----------	-----	----------	--------	-----

118 355 H- 692 x 300 x 13.0 x 20.0 x 28.0 Weight = 166.0 kg/m Moment R/U = 0.876 Shear R/U = 0.194 2-SG1

Press Any Key to continue !

#### Steel Zeam의 실행 예 : 그래픽 화면 3

압연 H형강보 자동 최적단면 설계

휨모멘트와 전단력에 대한 검토결과를 그래프와 텍스트로 나타낸다.



#### Steel Beam의 검증 예

AISC의 Design Examples (ver 15)에 있는 예제들과 비교하여 SteelBeam의 정확성을 검증하였다. 다만 Design Examples의 예제에서는 3자리 유효 숫자를 사용하고 ASTM의 H형강 Fillet 치수와 각형강관 모 서리 반경치수가 KS와 다소 차이가 있어 공학적으로 의미 없는 정도의 매우 작은 오차가 발생하였다. AISC Examples이 3자리 유효숫자를 사용함을 고려할 때 SteelBeam의 설계 값이 더 정확하다. 이외 가 능한 한 많은 조건들을 포함한 검증용 예제들을 통해 소프트웨어의 정확성을 확인하였다.

KS표준의 각형강관 모서리 반경은 R=2t이다. 구조기준에서 모서리 반경을 알 수 없는 경우 구조계산에 R=1.5t를 사용한다.

사각형 강관의 강도계산과정에 AISC Examples(F.7-B, G.4)은 R=1.5t, SteelColumn은 R=2t를 적용하였다.

내용		Program/AISC	차이
압연 H형강(조밀)	강축 휨	1.001	+0.001
압연 H형강(조밀)	강축 휨	1.006	+0.006
압연 H형강(조밀)	강축 휨	1.012	+0.012
압연 H형강(비조밀플랜지)	강축 휨	0.996	-0.004
압연 H형강(조밀)	강축 휨	1.000	0.0
압연 H형강(조밀)	약축 휨	1.000	0.0
사각형 강관(조밀), ERW	강축 휨	1.002	+0.002
사각형 강관(비조밀플랜지), ERW	강축 휨	1.037	+0.037
사각형 강관(세장플랜지), ERW	강축 휨	1.015	+0.015
원형 강관(조밀), ERW	휨	0.999	-0.001
압연 H형강(조밀)	강축 전단	0.997	-0.003
압연 H형강(비조밀플랜지)	약축 전단	0.999	-0.001
사각형 강관(조밀), ERW	강축 전단	0.908	-0.092
원형 강관(비조밀), ERW	전단	0.999	-0.001
	내용 입연 H형강(조밀) 입연 H형강(조밀) 입연 H형강(조밀) 입연 H형강(조밀) 입연 H형강(조밀) (11 년 11	내용압연 H형강(조밀)강축 휨압연 H형강(조밀)강축 휨압연 H형강(조밀)강축 휨압연 H형강(비조밀플랜지)강축 휨압연 H형강(조밀)강축 휨압연 H형강(조밀)양축 휨사각형 강관(조밀), ERW강축 휨사각형 강관(비조밀플랜지), ERW강축 휨원형 강관(조밀), ERW강축 휨입연 H형강(조밀), ERW경축 휨입연 H형강(조밀), ERW기국축 취입연 H형강(조밀), ERW양축 전단압연 H형강(비조밀플랜지)약축 전단사각형 강관(비조밀), ERW강축 전단원형 강관(비조밀), ERW건축 전단	내용Program/AISC압연 H형강(조밀)강축 휨1.001압연 H형강(조밀)강축 휨1.006압연 H형강(조밀)강축 휨1.012압연 H형강(지밀플랜지)강축 휨0.996압연 H형강(조밀)강축 휨1.000압연 H형강(조밀)양축 취1.000사각형 강관(조밀), ERW강축 휨1.002사각형 강관(네조밀플랜지), ERW강축 휨1.037사각형 강관(네조밀플랜지), ERW강축 휨1.015원형 강관(조밀), ERW양축 전단0.999압연 H형강(조밀)양축 전단0.997압연 H형강(비조밀플랜지)약축 전단0.908원형 강관(비조밀), ERW전단0.909

Design Examples의 예제와 비교한 검증 예



AISC EXAMPLES와 비교한 검증 예 그래프

#### Steel, Seem과 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

#### 강재보 설계용 상용 컴퓨터프로그램 비교표

구분		Μ	В	Steel Beam	
	LRFD		LRFD	LRFD	LRFD
설계법	설계기준		KBC2016	KBC2016	KBC2016, AISC2016
소요강도		안정성	Х	Х	•
설계강도		휨, 전단	●? ●?	●? ●?	••
상세계산서		설계근거	•	Х	•
		조밀	•	•	•
	휨	비조밀			•
		세장			•
H 영경		조밀	•	•	•
	전단	비조밀			•
		세장			•
		조밀	•		•
	휨	비조밀			•
니 가수, 가기		세장		Х	•
시작영 강판		조밀	•	•	•
	전단	비조밀	•	•	•
		세장			•
		조밀	•	•	•
	히	비조밀			•
	윔	세장			•
이러 가기		세장제한초과			적용 금지
천영 강관		조밀	•	•	•
	ᅯᄃᄔ	비조밀	•	•	•
	신단	세장			•
		세장제한초과			적용 금지
기타 단면	ㄷ형강, 앵글 등		미확인	미확인	Х
최적화 자동설계	부재 단면 선택		●?	●?	•
설계과정 검증 그래픽	화면		Х	Х	•
다양한 종류의 보고서	·양한 종류의 보고서 파일		Х	Х	•
비고		기준에 부적합	기준에 부적합		
<ul> <li>X : 적용할 수 없음</li> <li>● : 적용할 수 있음</li> <li>▲ : 적용할 수 있으나 맞지 않음</li> <li>●? : ▲으로 인해 맞지 않음</li> </ul>					

\* AISC 360-16에서 안정성설계, 각종 횡좌굴공식, 세장요소가 있는 단면의 부재의 휨강도, 각형 강관의 설계법 등이 수정되었다. 경제성과 안전성을 고려하여 SteelBeam에 이를 반영하였다.

\* 구조기준에서 제한한 직경두께비를 초과하는 원형강관단면부재는 SteelBeam에 적용할 수 없다.

## Steel Stair Vib의 주요특징

#### 적용 범위

- 형상 : 선형 강재계단, 중간참이 있는 선형 강재계단
- 다이아프램 : 유연 및 강체 시스템
- 스트링거 단면 : 플레이트, ㄷ형강, 사각형강관, H형강

#### 스트링거 설계

- 현행구조기준(KBC2016)에 따른 매우 정확한 해석 및 설계
- 현행기준 중에 안전하지 않거나 매우 비합리적인 부분은 최근 AISC 360-16적용
- 부재 검토 및 설계 시에 프로그램이 계산한 강재단면특성을 적용(철강회사나 서적에서 제공한 자료에 오류가 있을 수 있음.)
- 스트링거 부재의 휨강도, 전단강도, 처짐, 진동 계산
- 사용자가 정의한 단면의 스트링거 검토
- 자동설계기능에 의해 강도, 처짐, 진동을 고려한 스트링거의 최적단면 선택

#### 계단 시스템에 대한 진동평가

- AISC Steel Design Guide 11에 따른 매우 정확한 진동 해석 및 평가
- 수직 및 횡 방향에 대한 고유진동수, 위치 보정계수, 가속도, 진동영향 평가
- 반응자의 위치와 보행자의 위치에 따른 가속도 산정
- 보행자의 하강경로에 따른 반응자 위치의 가속도 산정
- 사용자가 정의한 반응자와 보행자의 위치에 대한 진동영향 평가
- 자동설계기능에 의한 가장 불리한 반응자와 보행자의 위치에 대한 진동영향 평가
- 1인 및 그룹의 하강속도에 따른 진동영향 평가
- 프로그램의 정확성을 AISC Steel Design Guide 11의 예제와 비교하여 검증
- 그래픽 화면 : SteelStairVib의 모든 실행과정을 화면에 그래픽으로 나타낸다.

구분	포함 내용
화면 1	사용자가 스트링거 부재단면의 자동최적화를 선택한 경우에는 선택과정을 텍스트로 나타 냄(사용자가 스트링거 부재단면을 직접 정의한 경우에는 나타나지 않음).
화면 2	사용자가 입력한 강재 계단의 설계조건, 입면도, 평면도, 횡단면도 등
화면 3	휨부재(Mx)의 국부좌굴에 대한 단면분류, 스트링거의 소요강도(Mr, Vr)와 소요강도/설계강 도에 대한 U/R값, 검토 그래프
화면 4	보통 속도로 하강하는 1인 보행자에 의해 유발된 진동 가속도 그래프 등
화면 5	빠른 속도로 하강하는 1인 보행자에 의해 유발된 진동 가속도 그래프 등
화면 6	빠른 속도로 하강하는 그룹 보행자에 의해 유발된 진동 가속도 그래프 등

• 텍스트 파일 보고서 : 설계일람표를 포함한 각종 요약표 및 상세계산서를 텍스트파일로 저장한다.

구분	텍스트 출력 파일보고서의 내용
***.ST1	스트링거 부재 단면 일람표
***.ST2	상세 계산서
***.ST3	강도 검토 요약표
***.ST4	처짐 검토 요약표
***.ST5	진동 평가 요약표

#### Steel Stair ✔ib의 진동 해석 및 평가 개념도

AISC Steel Design Guide 11의 선형 강재계단에 대한 진동 해석과 평가방법을 도식화한 개념도

이 그림은 AISC Steel Design Guide 11의 예제 4.6에 해당된다.



#### <u>Steel Stair</u> ✔ib의 실행 예 : 그래픽 화면 2

1개소 중간참이 선형강재계단(사각형 강관 스트링거)

사용자가 입력한 설계조건에 대한 데이터(SDG11의 예제 적용)를 나타낸다. 계단의 입면형상, 반응자와 하강자의 위치, 계단 횡단면



#### Steel Stair ♥ib의 실행 예 : 그래픽 화면 3

1개소 중간참이 선형강재계단(사각형 강관 스트링거)

스트링거의 단면방향, 휨강도, 전단강도 및 처짐 검토 내용을 나타낸다.



#### Steel Stair Vib의 실행 예 : 그래픽 화면 4

1개소 중간참이 선형강재계단(사각형 강관 스트링거)

화면 상부에 수직 고유기본진동수, 수평고유진동수와 고유진동수의 제한을 검토한 내용을 나타낸다.

보통 속도로 하강하는 1인에 의해 발생되는 반응자 위치의 진동가속도 곡선을 나타내고 평가한다.

빨간 곡선은 보행자의 경로에 따른 반응자 위치의 진동가속도를 나타낸다. 이 곡선상에 있는 원형 점은 보행자의 하강 위치에 따른 반응자 위치의 최대 진동가속도를 나타낸다.

청색의 수평점선은 진동가속도 허용한계선을 나타낸다.

보통 속도로 하강하는 1인에 의해 발생되는 반응자 위치의 최대진동가속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



#### Steel Stair Vib의 실행 예 : 그래픽 화면 5

1개소 중간참이 선형강재계단(사각형 강관 스트링거)

화면 상부에 수직 고유기본진동수, 수평고유진동수와 고유진동수의 제한을 검토한 내용을 나타낸다.

빠른 속도로 하강하는 1인에 의해 발생되는 반응자 위치의 진동가속도 곡선을 나타내고 평가한다.

빨간 곡선은 보행자의 경로에 따른 반응자 위치의 진동가속도를 나타낸다. 이 곡선상에 있는 원형 점은 보행자의 하강 위치에 따른 반응자 위치의 최대 진동가속도를 나타낸다.

청색의 수평점선은 진동가속도 허용한계선을 나타낸다.

빠른 속도로 하강하는 1인에 의해 발생되는 반응자 위치의 최대진동가속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



#### Steel Stair Vib의 실행 예 : 그래픽 화면 6

1개소 중간참이 선형강재계단(사각형 강관 스트링거)

화면 상부에 수직 고유기본진동수, 수평고유진동수와 고유진동수의 제한을 검토한 내용을 나타낸다.

빠른 속도로 하강하는 그룹에 의해 발생되는 반응자 위치의 진동가속도 곡선을 나타내고 평가한다.

빨간 곡선은 보행자의 경로에 따른 반응자 위치의 진동가속도를 나타낸다. 이 곡선상에 있는 원형 점은 보행자의 하강 위치에 따른 반응자 위치의 최대 진동가속도를 나타낸다.

청색의 수평점선은 진동가속도 허용한계선을 나타낸다.

빠른 속도로 하강하는 그룹에 의해 발생되는 반응자 위치의 최대진동가속도가 이 허용한계선 아래에 있어 기준을 만족하는 경우에는 청색 점으로 나타내고 위에 있어 기준을 만족하지 않는 경우에는 빨간색 점으로 나타낸다.



#### Steel Stair Vib의 검증 예

AISC Steel Design Guide 11, Vibrations of Steel-Framed Structural Systems Due to Human Activity, 2016)에 있는 예제(Ex. 4.6)과 비교하여 SteelStairVib의 정확성을 검증하였다. 다만 AISC Steel Design Guide 11의 예제에서는 3자리 유효 숫자를 사용하고 ASTM의 각형강관의 모서리 반경 등이 KS의 표준 규격과 다소 차이가 있어 공학적으로 의미 없는 정도의 매우 작은 오차가 발생하였다. AISC Steel Design Guide 11의 예제에서 3자리 유효숫자를 사용함을 고려할 때 SteelStairVib의 설계 값이 더 정확 하다. 이외 가능한 한 많은 조건들을 포함한 검증용 예제들을 통해 소프트웨어의 정확성을 확인하였다.

	SD	)G-11의 예제 조건	SDG-11	Program	비율
계단 하강 Ex.4		1인의 보통 속도 하강	1.44 %g	1.450 %g	1.007
	Ex.4.6	1인의 빠른 속도 하강	2.49 %g	2.500 %g	1.004
		그룹의 빠른 속도 하강	7.47 %g	7.501 %g	1.004

SDG 11의 예제와 비교한 검증 예



AISC Steel Design Guide 11(2016)의 예제 4.6과 비교한 검증 예 그래프

#### Steel Stair ♥ib와 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

국내의 기존 상용프로그램에는 강재계단에 대한 진동 평가프로그램이 없어 미국의 상용프로그램과 비교 하였다.

구분		М	В	US Program	Steel Stair Vib
설계법	AISC	Х	Х	SDG11(2016)	SDG11(2016)
스트링거	사용자 지정 단면	Х	Х	Х	
부재설계	자동 단면 선택	Х	Х	Х	•
	1인의 보통 속도 하강	Х	Х		•
진동 평가	1인의 빠른 속도 하강	Х	Х	$\bullet$	
	그룹의 빠른 속도 하강	Х	Х	$\bullet$	
	설계조건	Х	Х	$\bullet$	
화면 그래픽	강도 및 처짐	Х	Х	Х	•
	3가지 하강에 대한 진동	Х	Х	Х	
보고서	스트링거부재 설계 일람표	х	Х	Х	•
	각종 검토 요약표	Х	Х	Х	$\bullet$
	요약 계산서	Х	Х	•	각종 검토 요약표에 포함
	상세 계산서	Х	Х	Х	
비고		프로그램 없음	프로그램 없음	부재설계 불가	국내 유일
X : 적· ● : 적· ▲ : 적· ●? : ▲·	용할 수 없음 용할 수 있음 용할 수 있으나 맞지 않음 으로 인해 맞지 않음				

강재계단 설계용 상용 컴퓨터프로그램 비교표

\* AISC 360-16에서 각종 횡좌굴공식, 세장요소가 있는 단면의 부재의 휨강도, 각형 강관의 설계법 등이 수정되었다. 경제성과 안전성을 고려하여 SteelStairVib에 이를 반영하였다.

\* 구조기준에서 제한한 폭두께비를 초과하는 비조밀 ㄷ형강단면부재는 SteelStairVib의 스트링거 설계에 적용할 수 없다.

#### Steel Stair ♥ib와 기존 상용 컴퓨터프로그램의 비교

현재 국내에는 계단진동 평가에 대한 상용프로그램이 없어 미국의 상용프로그램과 비교하였다.

AISC SDG 11의 예제 4.6와 비교한 결과 SteelStairVib는 매우 정확하다.

[AISC SDG 11(2018.7.27 변경) : 빠른 속도 하강 R=0.6적용]

	구분	AISC SDG 11 Example 4.6	US Program	Steel Stair Vib
설계법	AISC	SDG11(2016)	SDG11(2016)	SDG11(2016)
고유	수직	7.02≥5.0Hz	f_n≥5.0Hz	7.00≥5.0Hz
진동수	수평	4.73≥2.5Hz	f_n≥2.5Hz	4.73≥2.5Hz
취드	1인의 보통 속도 하강	1.44 %g	1.44 %g	1.45 %g
활종 구분	1인의 빠른 속도 하강	2.49 %g	2.49 %g	2.50 %g
	그룹의 빠른 속도 하강	7.47 %g	7.48 %g	7.50 %g



뉴테크구조기술사사무소의 소프트웨어 웹사이트(<u>www.newtechstructure.com/software/</u>)에서 **Structural Expert Family** 프로그램들의 주요특징, 적용범위, 정확성 검증 예, 실행 예, 타프로그램과의 비교 등을 상세히 확인할 수 있습니다.



합성바닥 진동 전문가 ComFloorVib

강재계단 전문가 SteelStairVib