

New Facilities and Improvements in LUSAS V22.0

64-bit Modeller 지원

더 큰 모델을 생성하고 해결할 수 있도록 64-bit 버전의 LUSAS Modeller 가 도입되었습니다. 기본적으로 64-bit 와 32-bit 버전이 모두 설치됩니다.

- 새로운 모델은 64-bit geometry 엔진을 사용한 64-bit Modeller 에서 생성됩니다.
- 기존 32-bit 에서 생성한 LUSAS 모델을 64-bit 버전 모델러에서 불러들이면 32-bit 버전 모델러로 재실행됩니다.
- 32-bit 버전에서 작성된 모델을 64-bit 버전 LUSAS 모델러에서 불러오고자 하는 경우, **File> Import** 메뉴를 이용하여 시도할 수 있습니다. 하지만 이 옵션은 주로 32-bit 버전으로는 모델이 너무 커서 열 수 없는 경우에 한해 사용하도록 제공된 기능입니다. 대부분의 사용자는 기존의 32-bit 모델을 위에서 설명한 방식대로 여는 것이 좋습니다.
- 사용자 정의 스크립트를 실행해야 하는 경우와 같이 특별한 이유로 인해 새로운 모델을 32-bit 버전에서 생성해야 하는 경우, **Configuration Utility** 의 **Modeller Setting** 페이지에서 해당 설정을 변경하여 이를 가능하게 할 수 있습니다. 그러나 지원 가능한 모델 크기가 훨씬 큰 64-bit 버전의 LUSAS Modeller 를 사용하는 것이 권장됩니다.

Bill of materials / Embodied carbon calculator

- 선택한 하중 케이스에 대한 자재, 단면 및 수량(길이, 면적, 부피, 질량)의 요약을 제공하는 자재 명세서(BOM) 기능이 추가되었습니다.

Bill of Materials

Analysis: Steel-composite sch... Loadcase: Loadcase 2 Subtotal by: Material attribute

Material	Feature type	Geometric attribute	No. features	Total length [m]	Total area [m²]	Total volume [m³]	Total mass [kg]
Steel S355	line	Corner steel column	20	80.0	N/A	0.610985	4.7957E3
Steel S355	line	Edge steel column	40	160.0	N/A	1.48962	11.6922E3
Steel S355	line	Bracing	40	213.137	N/A	0.450969	3.53971E3
Steel S355	line	Internal steel column	20	80.0	N/A	0.744809	5.8461E3
Steel S355	line	Primary beam	120	360.0	N/A	3.40665	26.7392E3
Steel S355	line	Secondary beam	210	840.0	N/A	7.18265	56.3775E3
Steel S355 (Subtotal)			450	1.73314E3	0.0	13.8857	108.99E3
Concrete C25/30	surface	Comflor 60 thk = 0...	180	N/A	2.16E3	298.08	759.633E3
Concrete C25/30 (Subtotal)			180	0.0	2.16E3	298.08	759.633E3
Total			630	1.73314E3	2.16E3	311.966	868.623E3

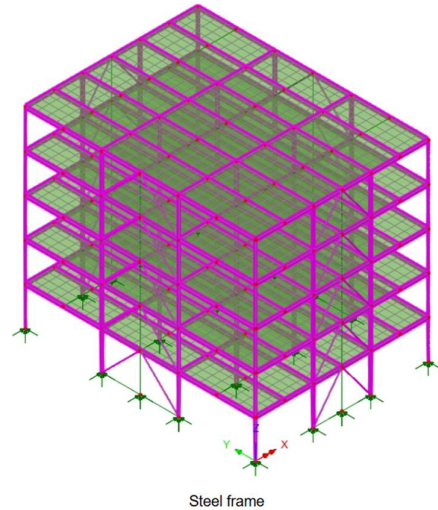
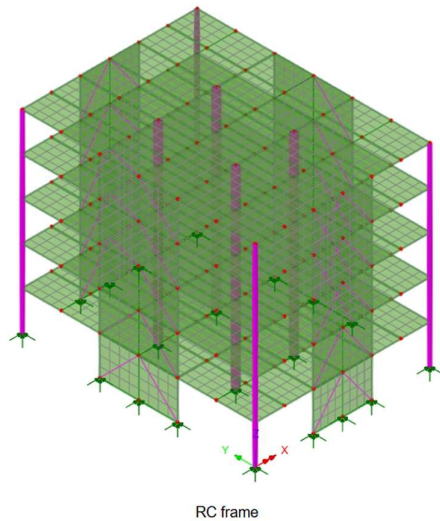
- 사용자 정의된 내재 탄소 계수(ECFs)를 참조하여 모델에 사용된 자재의 내재 탄소량을 계산하는 Embodied Carbon Calculator 가 추가되었습니다.

Embodied Carbon Calculator

Analysis: Steel-composite sch... Loadcase: Loadcase 2 Subtotal by: Geometric attribute Define / Edit ECFs

Material	Feature type	Geometric attribute	Embodied carbon factor (ECF) [kgCO ₂ e/kg]	Total mass [kg]	Total embodied carbon [kgCO ₂ e]	Percentage of total embodied carbon [%]	Normalised embodied carbon [kgCO ₂ e/m³]
Steel S355	line	Corner steel colu...	1.74	4.7957E3	8.34452E3	2.50822	3.8632
Steel S355 Corner steel column (Subtotal)	line	Corner steel colu...		4.7957E3	8.34452E3	2.50822	3.8632
Steel S355	line	Edge steel column	1.74	11.6922E3	20.3444E3	6.1152	9.41872
Steel S355 Edge steel column (Subtotal)	line	Edge steel column		11.6922E3	20.3444E3	6.1152	9.41872
Steel S355	line	Bracing	1.74	3.53971E3	6.1591E3	1.85132	2.85144
Steel S355 Bracing (Subtotal)	line	Bracing		3.53971E3	6.1591E3	1.85132	2.85144
Steel S355	line	Internal steel colu...	1.74	5.8461E3	10.1722E3	3.0576	4.70936
Steel S355 Internal steel column (Subtotal)	line	Internal steel colu...		5.8461E3	10.1722E3	3.0576	4.70936
Steel S355	line	Primary beam	1.74	26.7392E3	46.5262E3	13.985	21.5399
Steel S355 Primary beam (Subtotal)	line	Primary beam		26.7392E3	46.5262E3	13.985	21.5399
Steel S355	line	Secondary beam	1.74	56.3775E3	98.0969E3	29.4863	45.4152
Steel S355 Secondary beam (Subtotal)	line	Secondary beam		56.3775E3	98.0969E3	29.4863	45.4152
Concrete C25/30	surface	Comflor 60 thk = ...	0.1	759.633E3	75.9633E3	22.8333	35.1682
A252 mesh (Concrete C25/30)	surface	Comflor 60 thk = ...	0.76	8.34624E3	6.34314E3	1.90664	2.93664
Steel profile (Concrete C25/30)	surface	Comflor 60 thk = ...	2.83	21.4618E3	60.7368E3	18.2565	28.1189
Concrete C25/30 Comflor 60 thk = 0.17 (Su...	surface	Comflor 60 thk = ...		789.441E3	143.043E3	42.9964	66.2237
Total				898.431E3	332.687E3	100.0	154.022

- LUSAS 웹사이트의 **User Area** 에서 새로운 예제 '**Embodied Carbon Calculator**'를 이용할 수 있습니다. 이 예제는 자재 명세서(Bill of Material)추출 방법, 다층 건물의 두 가지 개념적 구조 형식 즉, 철근콘크리트(RC) 프레임과 강-복합(steel-composite) 프레임에 대해 내재 탄소(Embodied Carbon)를 정량화 하는 방법을 다룹니다.



Vehicle load optimisation

UK CS454 Appendix C 지원

- 영국의 고속도로 교통 하중 평가 코드인 CS 454 부록 C 가 지원되어, HB 하중과 ALL Model1 교통 하중의 효과를 결합할 수 있게 되었습니다.

Automatic identification of influence assignments for alternative load patterns

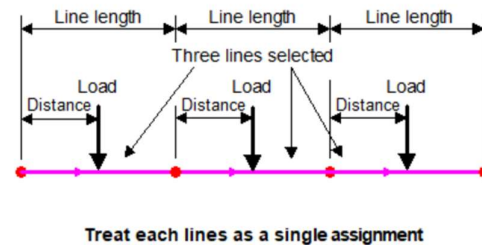
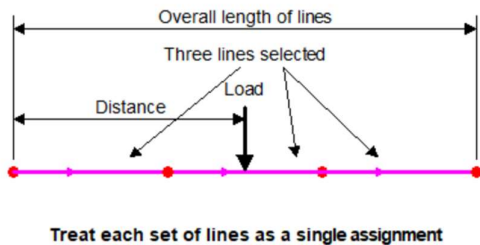
- **VLO Envelope Run** 에서만 제공되던 '**대체 하중 패턴(alternative load pattern)**'과 함께 고려되어야 할 **Direct Method Influence (DMI)** 할당을 자동으로 인식하는 기능이 VLO Run 으로 확장되었습니다. 예를 들어 AASHTO 규정에서 hogging 구간에는 교각 양쪽에 트럭 2 대를 90% 하중으로 배치하고, Sagging 구간에는 설계 트럭 1 대만 배치해야 하는 경우처럼 어떤 DMI 할당에 대체 하중 패턴을 적용해야 하는지를 직접 지정할 필요가 없습니다. 이는 다음 규정의 경우에 특히 유용합니다.
 - AASHTO LFD 표준 규정 3.11.3 항
 - AASHTO LRFD 3.6.1.3.1 조항
 - 연속경간에 대한 한국 차선 하중

Viscous support loading

새로운 **절점 점성 지지 하중(nodal viscous support load)** 유형이 추가되어, 이제 **‘Bicanic Boundaries Method(BBM)’** 를 사용한 지진 해석 (seismic analysis)시 모델의 바닥면에 면 하중(Face loading) 대신 점성 지지 하중을 적용할 수 있게 되었습니다. 이 기능으로 기존 지진 하중을 적용할 때 사용자가 직접 **점성 감쇠 계수(viscous damping coefficients)**를 계산해야했던 번거로움을 덜 수 있게 되었습니다.

Internal beam loading

Internal beam distributed load 와 **Internal beam point load** 를 이제 연결된 선들의 집합의 시작점 기준(start of a set of connected lines)으로 지정할 수 있게 되었습니다.



Post-tensioning

- 이제 **AS5100.5-2017 설계 코드**에 따라, 시간 및 계산된 응력 응력을 기반으로 하는 프리스트레싱 케이블 손실이 정의됩니다.
- Prestress Analysis Options 대화창이 개선되어 다음과 같은 1 차 및 2 차 손실 요소들을 고려할 수 있게 되었습니다.
 - 덕트 마찰(Duct friction)
 - 정착 손실 (Anchorage set)
 - 탄성 단축 (Elastic shortening)
 - 콘크리트의 크리프(Creep of concrete)
 - 콘크리트의 수축(Shrinkage of concrete)
 - 텐던의 이완 (Relaxation of tendons)

Prestress Analysis Options

Tendon loads assigned to lines only

☐ Provide primary and secondary effects

☐ Provide results excluding prestress effects

Tendon losses

	Primary	Secondary
Duct friction	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anchorage set	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elastic shortening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creep of concrete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Shrinkage of concrete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relaxation of tendons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Number of solves to determine post-installation losses: 2

Percentage reduction for end load placement: 0.0

Number of times LUSAS Solver will be invoked: 2

OK Cancel Help

User-defined internal points for beams

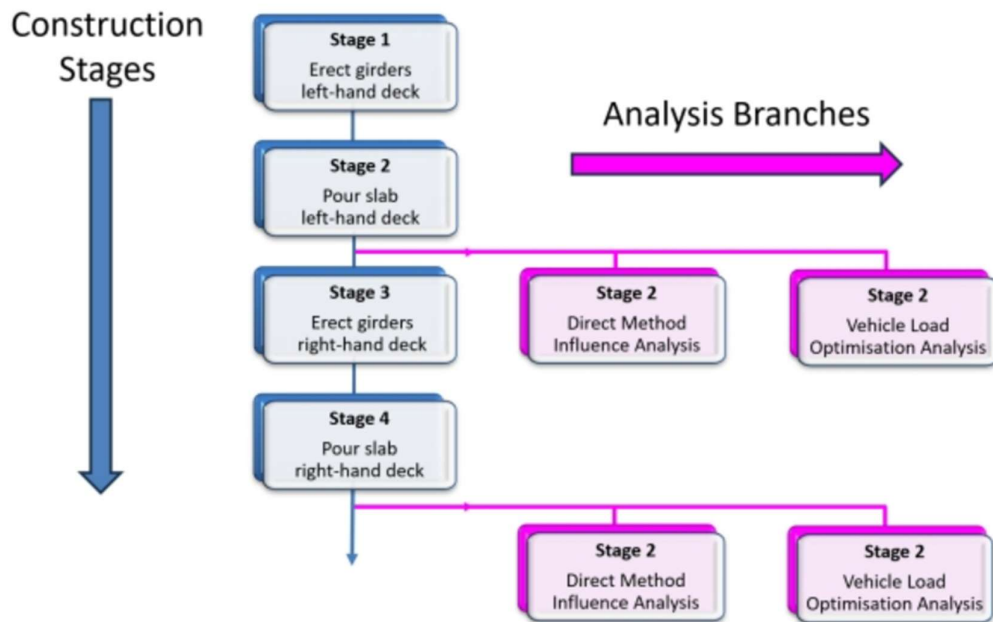
빔 요소를 따라 힘, 모멘트, 변위 결과를 계산할 때 사용하는 내부 포인트의 수를 사용자가 직접 조정할 수 있게 되었습니다. 정밀한 힘/모멘트 다이어그램을 작도하기 위해 내부 포인트 수를 증가시키거나, 해석 속도를 높이기 위해 내부 포인트 수를 줄일 수 있습니다.

Analysis branch types extended

다음의 특수 해석들은 이제 Analysis branch 내에 포함시킬 수 있으며, 이 경우 기본 해석 (Base Analysis)이 아닌 상위 하중케이스(Parent loadcase)로부터 적용된 속성을 상속받게 됩니다. Analysis branch 내에서 정의가 가능한 특수 해석은 다음과 같습니다.

- Direct Method Influence Analysis
- Pedestrian Moving Load Analysis
- Moving Load Analysis
- Vehicle Load Optimisation (VLO)
- VLO Envelope Run
- Rail Load Optimisation (RLO)
- RLO Envelope Run

Analysis Branch 는 하나의 하중케이스 또는 해석 단계(Stage)에 대해 하위 해석(Sub-analysis)을 하나 이상 정의하고 수행할 수 있도록 해주는 구조입니다. 하나의 상위 하중 조건(parent loadcase) 아래에 여러 개의 하위 해석을 정의할 수 있습니다.

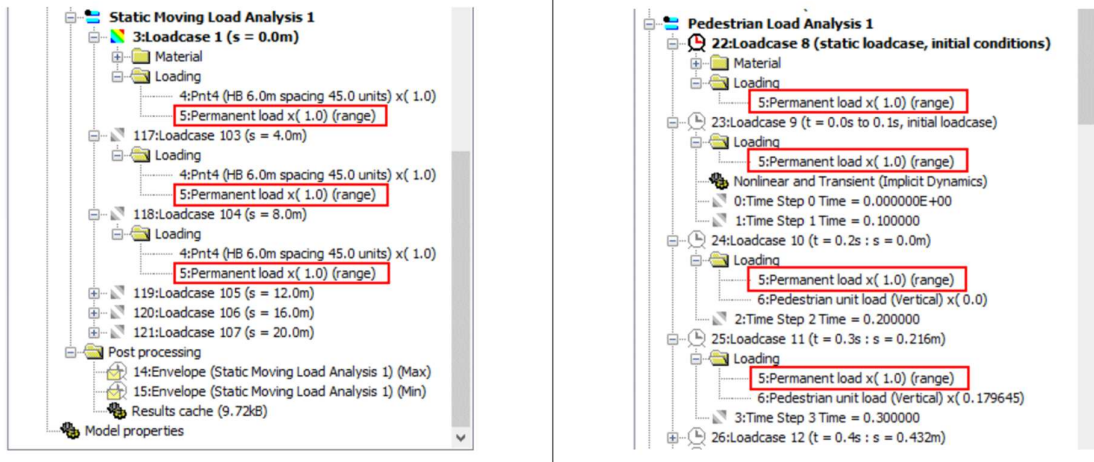


Permanent loading now supported in moving load analysis loadcases

Moving Load Analysis 또는 **Pedestrian Moving Load Analysis** 에서 Modeller 가 자동 생성한 모든 하중조건에 대해 영구 하중을 적용할 수 있게 되었습니다. 이는 해당 해석에 하중을 할당할 때 초기 설정 단계에서 수행됩니다.

- 영구 하중은 정적으로 적용되며, 이후 사용자가 이동 하중 정의를 변경하여 하중 조건이 재생성되더라도 영구 하중은 자동으로 해당 재생성된 하중 조건에 다시 적용됩니다.
- **Moving Load Analysis** 에서 가장 첫 번째 하중케이스에 대해 재료특성이나 그 외 해석과 관련된 속성을 적용할 수 있습니다.

- **Pedestrian Moving Load Analysis** 에서 '**Initial conditions, static loadcase**'가 자동으로 생성되어 여기에 해석에 필요한 재료특성이나 기타 속성을 할당할 수 있으며, 해당 하중 조건을 기반으로 동적 해석의 초기 조건이 결정 됩니다.



Nonlinear control type now reported in the Analyses treeview

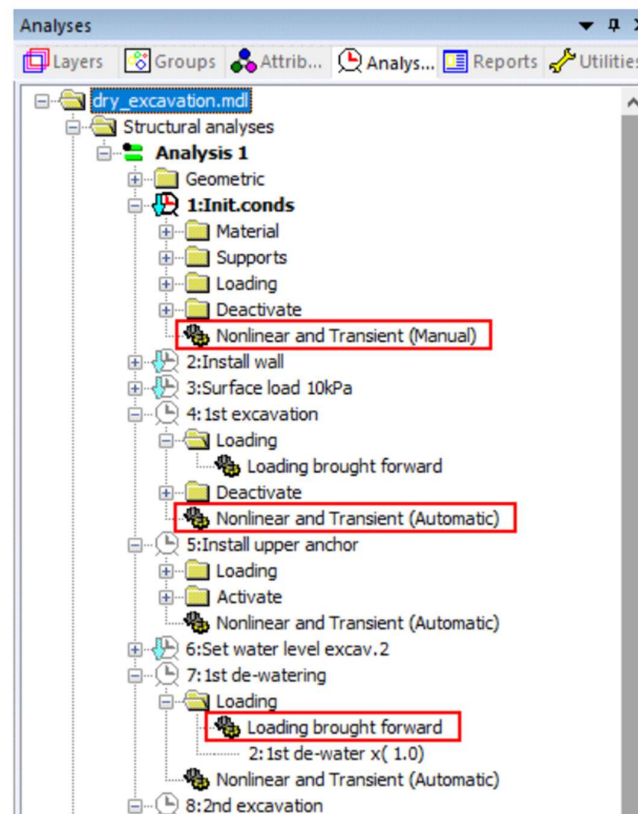
비선형 해석을 수행할 때, 각 하중케이스에 대해 정의된 Nonlinear and transient control type 이 Analyses 트리뷰 내에서 명확하게 표시됩니다.

- Manual Incrementation 은 Nonlinear Control 설명에 (Manual) 추가
- Automatic Incrementation 은 Nonlinear Control 설명에 (Automatic) 추가
- Time domain Control 은 Nonlinear Control 설명에 (Two phase), (Viscous), (Implicit dynamics), (Explicit dynamics), (Thermal) 등이 추가

Easier identification of loading brought forward

- '**Nonlinear and transient control**'이 포함된 해석에 대해, Analysis 트리뷰의 각 하중케이스 또는 하중단계(Stage) 안에 '**Loading brought forward**' 라는 새로운 항목이 Loading 폴더 내에 추가 됩니다.
- 다음의 경우 위의 항목이 표시되지 않습니다.

- 첫 번째 비선형 하중케이스/ 단계 는 이전 하중이 없기 때문에 적용 불가
- 시간 이력 해석 (Transient Analysis) 는 별도의 시간 제어를 따르므로 제외
- 고유치 해석 (Eigenvalue Analysis) 는 하중이 직접 작용하지 않음
- 선형 정적 해석 (Linear Static Analysis) 는 하중 전달 개념이 적용되지 않음
- 로드 커브 사용 해석 (Load Curve Analysis) 은 하중 변화가 커브로 정의되기 때문에 적용되지 않음
- 푸리에 해석 (Fourier Analysis)는 주파수 영역 해석이므로 제외



‘**Loading brought forward**’ 항목을 클릭하면, 해당 하중케이스 또는 하중단계 (Stage)에 대해 이전 단계에서 어떤 하중이 이어지는지 여부를 보여주는 대화창이 열립니다. 여러 개의 탭으로 나누어 표시하며, 각 탭에는 LUSAS Solver 가 이전 단계에서 계속 적용하는 하중들이 정리되어 있고, 하중이 계속 적용되는 경우와 적용되지 않는 경우 모두에 대해 그 이유가 함께 명시됩니다.



Geotechnical results processing

- Geotechnical 옵션에서 ‘**Two -phase results**’ 라는 새로운 결과 항목이 Contour, Values, Vectors, PRW, Graph Wizard 와 함께 결과 처리 도우게 추가 되었습니다. 이 기능은 2D 및 3D 연속체 요소를 사용하는 지반공학 2 상(two-phase) 해석 결과를 후처리 할 수 있도록 설계되었습니다. Saturation(포화도), Suction(흡입력), Excess pore water pressure(초과 간극수압), Hydraulic head(수두), Flow qX/qY/qZ (유량 벡터 구성 요소, 3D 에서 qZ 포함) 결과 항목에 포함되었습니다.
- 새로운 결과 흐름 벡터의 크기인 Flow qRSLT(resultant flow vector magnitude) 가 Two-phase results Entity 에 대한 Vector 대화창에 추가되었습니다.
- Flow qX, qY, qZ vector component 는 로컬 좌표계로 변환 가능합니다. 변환된 결과는 기존의 Results Transformation 대화창을 통해 시각화 할 수 있으며, Flow qX -> Flow qx 와 같이 이름은 소문자로 바뀌어 표시됩니다.

Rail Track Analysis

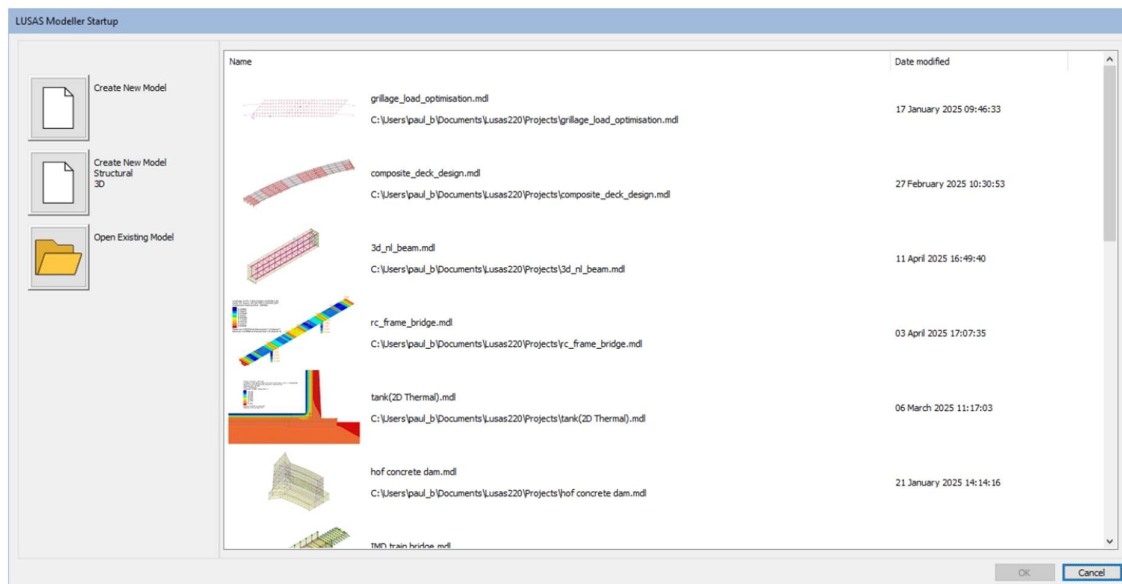
- Rail Track Analysis 옵션은 더 이상 스프레드 시트 파일을 읽고, 쓰고 결과를 계산하는데 MS Excel 을 사용하지 않습니다. 대신, 독립적인 라이브러리가 사용되어 Excel 설치 여부와 무관하게 작동합니다. 그 결과, 읽기, 쓰기

속도가 80~90% 개선되었고, 결과 처리 시간도 기존 대비 약 10~20% 수준으로 크게 단축 되었습니다.

- 결과 처리 중 Copy/Paste 기능을 사용할 수 있습니다.
- 후처리 과정에서 생성되는 Category Charts 가 XY 산점도(XY scatter charts) 형식으로 생성됩니다.
- 기본 색상 팔레트가 도입되어 생성되는 모든 차트가 일관된 색상 테마로 출력됩니다.

New Modeller startup dialog and updated 'File open' and 'File save' dialogs

- 새롭게 도입된 Modeller Startup 대화창은 모델 생성 및 기존 모델 열기 작업을 더욱 간편하게 수행할 수 있도록 개선되었습니다.
- 최근 저장한 모델에 대해 미리보기 이미지(bitmap preview) 를 제공합니다.
- File Explorer 대화창이 사용자 파일을 쉽게 확인할 수 있도록 업데이트 되었습니다.



Prior results-based variations

다른 해석의 results component 를 기반으로 Variation 을 정의할 수 있는 기능이 추가되었습니다. 예를 들어, Pushover Analysis 를 수행하여 Fundamental mode 에서의 정규화된 modal deformation 을 산출하고, 이 변위를 기반으로 구조물에 비례하는 횡하중을 적용할 수 있습니다.

LUSAS Tank

LUSAS Tank 소프트웨어 제품에 여러 가지 기능 개선이 이루어졌습니다. 주요 업데이트는 다음과 같습니다.

- 콘크리트 탱크 3D Shell 모델을 구성할 때, 대화창에 **'Vertical prestress type'** 옵션이 새롭게 추가되었습니다. 이를 이용하여 벽체의 수직방향 프리스트레스 모델링 방식을 **'Tendon Loads'** 또는 **'Global Distributed Loads'** 중 선택하여 정의할 수 있습니다. 초기 설계 단계에서는 **'Global Distributed Loads'**가 더 다루기 쉬우며, 이 방식은 벽 상단 두께의 절반만큼 이격된 위치에 텐던이 배치된 것으로 간주합니다. 단, 벽 두께 변화가 있는 경우에는 벽 중심을 정확히 따르지 않으므로 주의가 필요합니다. 이후 상세 설계 시에는 **Add/Update Rebars and Tendons** 대화창을 통해 **'Tendon Loads'** 방식으로 전환이 가능합니다.
- LUSAS Tank 모듈에서 3D Shell 요소를 이용한 저장 탱크의 시공 단계 정의시, 직사각형 형태의 임시 개구부를 고려할 수 있습니다. 단일, 동일한 2 개의 개구부 또는 2 개의 크기가 다른 개구부를 콘크리트 또는 메탈릭 탱크 모두에서 모델링 가능합니다.

Tank - Openings

Type

Type of openingsTwo non-identical

Dimensions

Description	Opening 1	Opening 2
Opening height (H _o) [m]	0.0	0.0
Opening width (W _o) [m]	0.0	0.0
Opening elevation (H ₊) [m]	0.0	0.0
Opening location angle (θ) [deg]	0.0	180.0
Height without prestress (H ₊) [m]	0.0	0.0
Width without prestress (W _{gap}) [m]	0.0	0.0

Clear dimensions

OK

Cancel

Apply

Help

- 콘크리트 탱크에서 바닥 기초가 양생되는 동안 파일 혹은 지반의 침하 차이로 인한 영향을 얻기 위해서 모델링된 슬래브 파트는 시공 단계별로 자중에 따라 독립적으로 변형되도록 모델링 할 수 있습니다. 이후, 슬래브 파트간 연결은 등가 조인트 요소를 통해 구현됩니다.
- 콘크리트 탱크에서 양생과정 동안 발생하는 벽체의 수직 변형은 각 콘크리트 타설 단계 종료 시점에서 초기화로 제거됩니다. 이는 시공 도면의 타설 높이 기준을 보장하며, Base slab 부터 Roof 까지 정확한 형상을 유지하도록 합니다.
- 시공 중 단열재의 자중이 단계별로 변하는 경우, 이를 정확하게 모델링할 수 있습니다.
- 메탈릭 탱크 Roof 모델링에서 Roof 중심에서 상부 Compression ring 시작점까지의 각도가 벽체, Roof Dome, Compression Ring 의 치수를 기반으로 자동으로 계산됩니다. Roof 구간은 원호형(Arc)로 간주되며, 호의 길이도 자동으로 계산하여 표시됩니다.

IMDPlus

IMDPlus solver 의 **Modal Combination VBScript** 출력 기능이 개선되어 '**Start Combination**'(출력할 모드 Combination 시작 번호 지정) 과 '**Combination**

Increment'(지정된 시작 번호부터 몇 개 간격으로 Combination 을 출력할 지 설정)를 통해 Combination 결과를 선택적으로 출력할 수 있습니다.

Script compatibility

LUSAS v22.0 에서는 새로운 Geometry Engine 이 도입되었으며, 이로 인해 V22.0 이전에 작성된 일부 LVB 스크립트가 정상적으로 작동하지 않을 수 있습니다.

Speed-ups

- 모델 표시(Display), 줌(Zoom), 회전(Rotate) 속도 개선
- Tapering Section 을 가진 모델의 로드 속도 향상
- Print Results Wizard 를 이용한 하중케이스/ Mesh 결과, 가우스 포인트 및 절점 결과 생성 속도 향상
- 고유치 해석에서 지반- 구조물 인터페이스 재료 삭제 처리 속도 향상
- 원통형 볼륨을 포함한 모델에서 볼륨 선택 속도 증가
- 작은 모델에서 Fleshed 모델 View 생성 속도 개선
- LUSAS Programmable Interface (LPI)를 사용하는 외부 Python 코드의 호출 속도 개선
- Rail Track Analysis 결과 처리 속도 대폭 향상

Rhino/Grasshopper plugin (external application)

LUSAS V22 출시 이전, LUSAS 에서 공식 개발한 Rhino/Grasshopper 용 플러그인의 초기 출시 및 이후 업데이트가 발표 되었습니다.

이 플러그인은 'food4rhino' 웹사이트에서 다운로드 가능하며, Grasshopper 내 LUSAS 와 호환 가능한 속성, 할당 등을 직접 정의 하고 배치하여 구조해석 모델을 생성합니다. LUSAS 모델러가 설치되어 있는 경우, LUSAS 모델을 직접 생성할 수 있으며, LVB 스크립트를 생성하여 나중에 LUSAS 에서 열어 모델을 구성할 수 있습니다. Rhino v8.08. 이상이 버전과 함께 사용할 수 있습니다.

플러그인은 'food4rhino' 웹사이트에서 다운로드 가능합니다.

[LUSAS Plugin for Grasshopper – food4rhino](#) 참고



Tekla export to LUSAS (external application)



LUSAS 에서 개발한 '**Export to LUSAS**' Tekla 플러그인은 Tekla 의 해석용 모델을 LUSAS 모델로 원활하게 전할 수 있도록 지원합니다. 이 플러그인은 Tekla Warehouse 에서 제공되며, 구조 설계와 해석 간의 통합을 돕는 강력한 도구입니다.

Documentation

User manuals

- LUSAS v22 출시와 함께 관련 문서들이 업데이트 되었습니다.
- PDF 형식의 선택된 매뉴얼이 제공됩니다. LUSAS 설치시 함께 제공되며, LUSAS 공식 웹사이트에서 다운로드 가능합니다.

Worked Examples

LUSAS v22 출시와 함께 User Area 에서 다운로드 가능한 Worked Examples 가 새롭게 추가되었습니다. 각 예제는 PDF 형식의 문서와 함께 관련 모델 파일이 함께 제공되어, 따라 하며 학습할 수 있도록 구성되어 있습니다.