

# QUICK PROCESS

Seismic **P**erformance based **D**esign

midas Gen SPD  
QUICK PROCESS



midas Gen SPD  
QUICK PROCESS

# QUICK PROCESS

---

## midas Gen을 이용한 성능기반 내진설계

midas Gen **Seismic Performance based Design (SPD)** 옵션은 콘크리트 구조물의 성능기반 내진설계 시 필요한 비선형모델링 및 다양한 후처리 편의기능을 탑재한 옵션입니다.

midas Gen SPD에서는 '철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침(대한건축학회, 2021)'에 기반한 비선형정적해석 (Pushover Analysis)와 비선형동적해석(Nonlinear Time History Analysis)을 통한 다양하고 편리한 성능검증 후처리 기능들을 지원하고 있습니다.

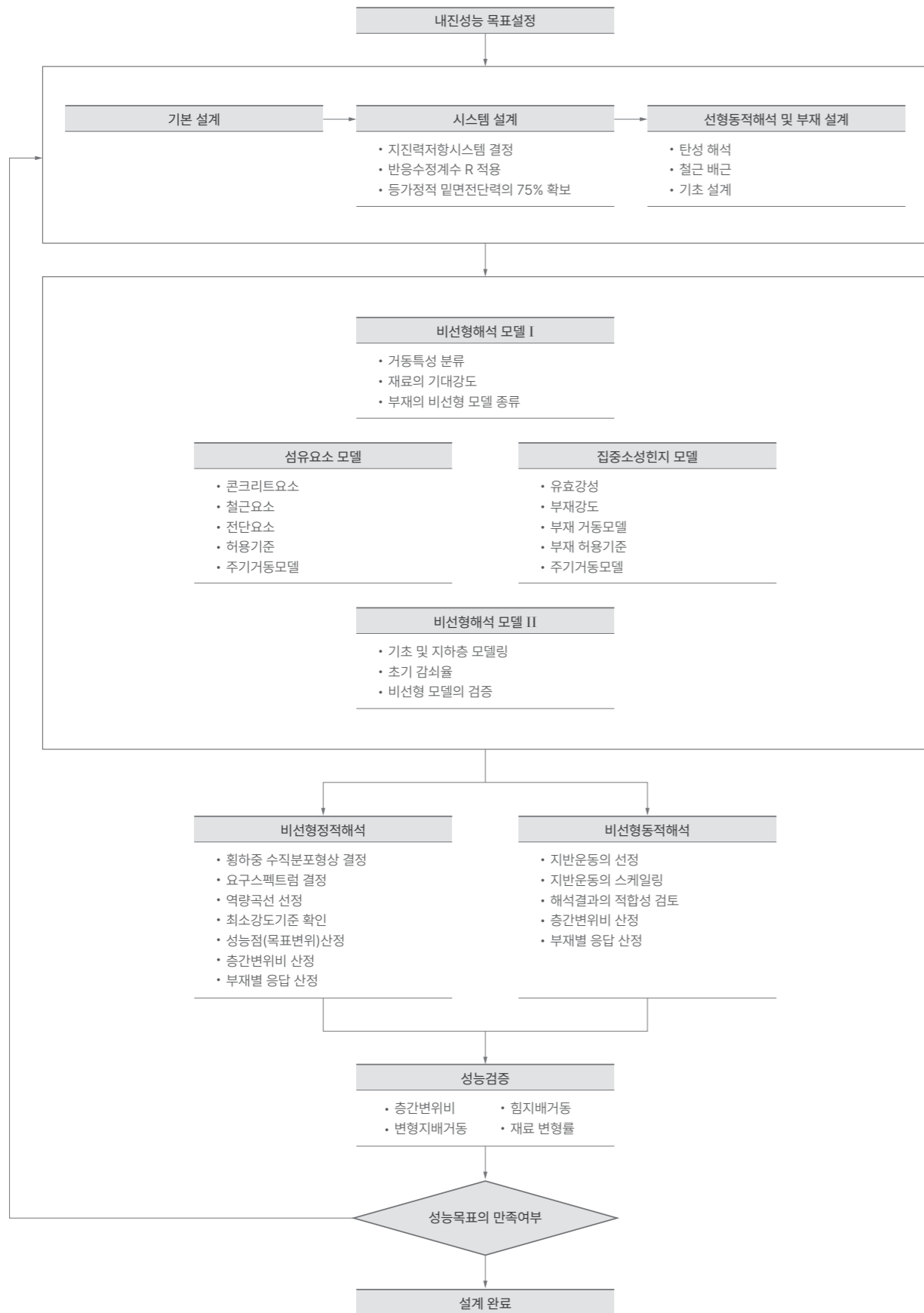
midas Gen SPD는 성능기반설계 업무효율 개선의 차원을 넘어서 건축구조설계 업무혁신이 될 것으로 기대합니다.

국내외 엔지니어 분들의 기술향상 및 수주경쟁력 향상에도 도움이 되기를 기대합니다.

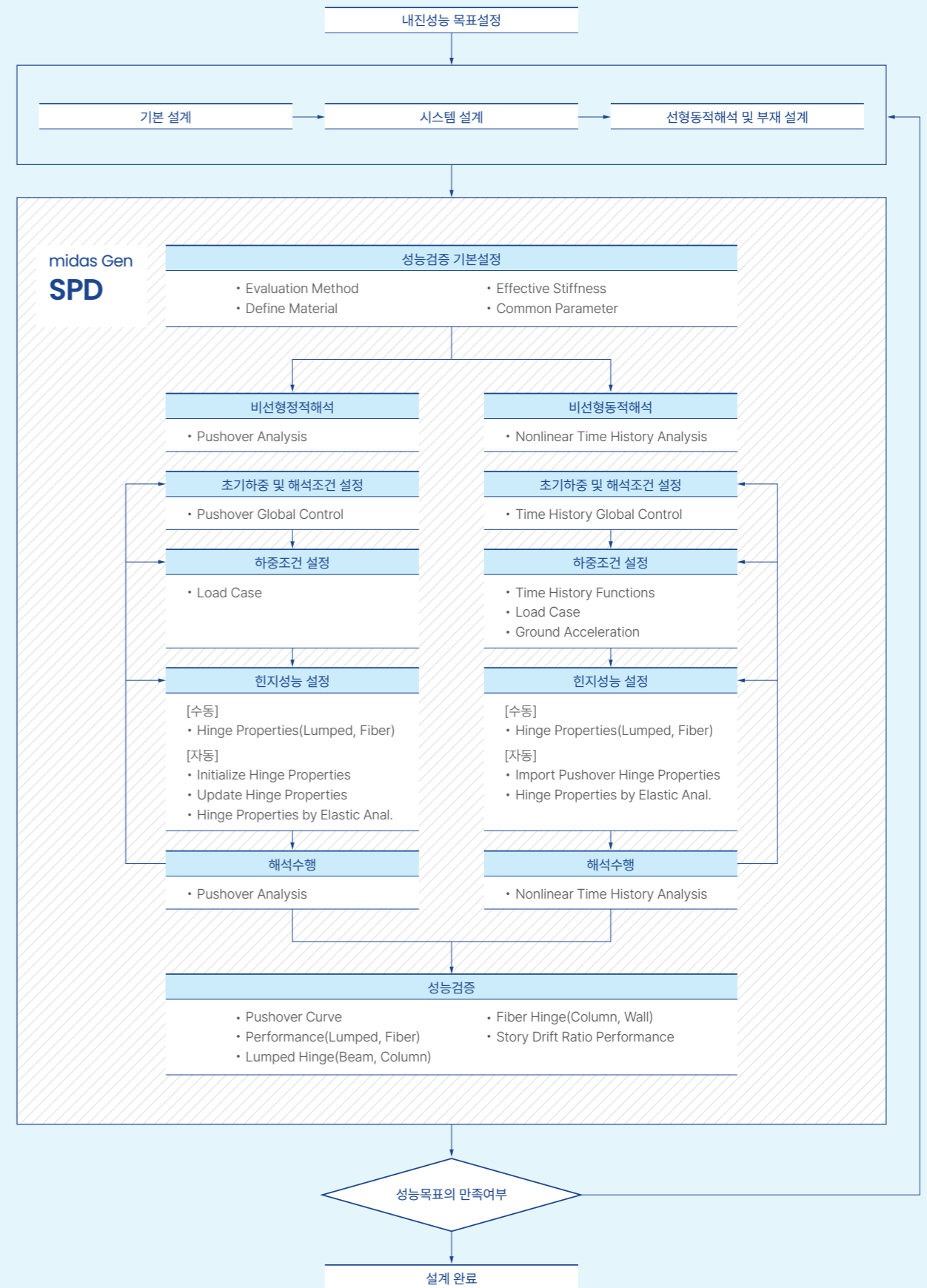
감사합니다.

---

성능기반 내진설계 흐름도



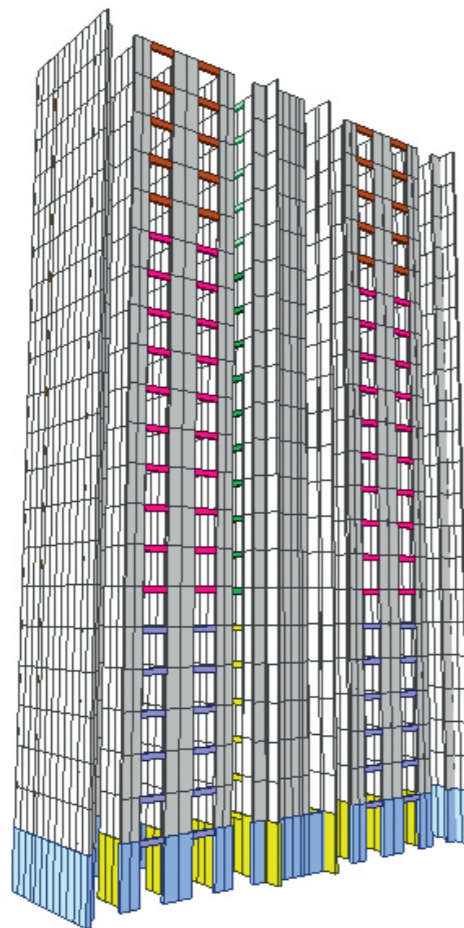
midas Gen SPD를 활용한  
성능기반 설계 흐름도



비선형정적해석

# Pushover Analysis

## 탄성 기본설계



탄성해석에 의한 해석결과를 근거로 탄성기본설계(배근) 모델준비

### 내진성능목표설정 인명안전(LS)

#### 건물개요

규모	지하1층 지상20층	구조형식	철근콘크리트조
층고	2.7m	지반조건	Sd
건설연도	2022년	내진	특등급
지진구역	1구역	중요도 계수	1.5

## 비선형정적해석에 의한 성능검증 기본 설정

## 성능검증 기본 설정

Menu Seismic Performance > Main Control

**Evaluation Method**

Method : AIK-G-001-2021

Deformation Criteria for CP  
 Acceptance Criteria / 1.0  
 Intermediate Level Between LS & CP

Shear Span & Plastic Hinge Length  
 Beam (Relative Length)  
 I-end J-end  
 Ls 0.5 0.5

Column (Relative Length)  
 I-end J-end  
 Ls\_y 0.5 0.5  
 Ls\_z 0.5 0.5

Plastic Hinge Length for Fiber Wall  
 l<sub>p</sub> = 0.5 × l<sub>w</sub>

Applicability of Seismic Rebar Details  
 Beam  
 Seismic  Non-Seismic  
 Auto Calculation  
 Column  
 Seismic  Non-Seismic  
 Wall (Boundary Element)  
 Special  Relaxed Special  
 Not Special

Moment for Vc of Beam Hinge  
 Mu  My

Shear Strength of RC Column ...

Effective Depth(d) for Shear ...

Ignore Yield Rotation of Fiber Wall

OK Close

Evaluation Method

**Concrete Material**

Material List

ID	Name	Material
1	C27	In
2	C30	In
3	C35	In
4	C40	In

Method : AIK-G-001-2021

Auto Generation...

Material (Unit:kN/m<sup>2</sup>)

	Concrete		Main-Rebar		Sub-Rebar	
	fck	fce	Fy	Fye	Fy	Fye
Strength	27000	27000	550000	550000	400000	400000

Light Weight Concrete Factor (Lambda) : 1

Add/Replace Delete Close

Evaluation Method

**Set Allowable Axial Strain**

Allowable Compressive Axial Strain of Concrete  
 Material : C21 Allowable Strain : 0.002 Type : Confined

Material	Allowable Strain	Type
C21	0.002	Confined
C24	0.002	Confined
C27	0.002	Confined

Allowable Tensile Axial Strain of Rebar  
 Material : Steel Allowable Strain : 0.02

Create T.H Data File after Analysis

OK Close

Set Acceptance Criteria

성능검증에 적용할 지침(기준)을 정하고 계산에 사용될 일괄제어옵션을 설정합니다.

비선형정적해석

# Pushover Analysis

## Pushover Global Control 설정

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Global Control

Pushover Analysis를 위한 초기하중조건 및 수렴조건등을 설정합니다.

비선형정적해석에 의한 성능검증  
해석조건 설정

## Pushover Load Case 추가

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Load Case

Pushover Load Case(X-DIR)

Pushover Load Case(Y-DIR)

각 방향별 Pushover Analysis 하중조건을 설정합니다.

# 비선형정적해석 Pushover Analysis

## Fiber 요소 비선형 재료모델 설정

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Hinge Properties

**콘크리트 Fiber요소에 대한 비선형 해석모델 설정**

**철근 Fiber Hinge요소에 대한 비선형 해석모델 설정**

Fiber 요소 해석에 사용할 비선형 재료모델의 거동특성을 설정합니다.

# 비선형정적해석에 의한 성능검증 힌지성능 설정

## Fiber Hinge요소 속성 정의(단면분할, Property설정)

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Hinge Properties

**기둥의 구속/비구속 영역에 대한 Fiber설정**

**면의방향 강성을 고려한 철근의 2단배근 및 콘크리트 벽요소 분할**

Fiber 힌지로 해석 하고자 하는 주요 기둥 및 벽을 Fiber로 분할합니다.

# 비선형정적해석 Pushover Analysis

## Lumped Hinge요소 속성 정의

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Hinge Properties

**Initialize Pushover Hinge Properties**

RC  
 Beam  Column

Setting... OK Close

Initialize Pushover Hinge Properties

**Directional Properties of Pushover Hinge : FEMA**

Input Method:  Auto-Calculation  User Input  
 Shape of FEMA Curve:  General Type  Perfect Plastic Type  
 Strength Loss:  Yes  No Figure  
 Type of I-End & J-End:  Symmetric  Asymmetric

Unloading Stiffness Type:  Select Hyst. Model  Energy Dissipation Factors & Unloading Stiffness Factor  
 Origin-Oriented:  Total Strength Loss at Point E, -E:  No Figure

Properties of I-end | Properties of J-end

Type:  Symmetric  Asymmetric

User Defined

M/MY	D/DY
-E 0	-E -6,5133458460612
-D 0	-D -5,427788205051
-C -1	-C -3,2138941025255
-B -1	-B -1
A 0	A 0
B 1	B 1
C 1	C 3,2138941025255
D 0	D 5,427788205051
E 0	E 6,5133458460612

Primary Curve:

Acceptance Criteria (Current Deform./Yield Deform.)

Immediate Occupancy (IO) 0,7379647008418 0,7379647008418  
 Life Safety (LS) 2,2138941025255 2,2138941025255  
 Collapse Prevention (CP) 4,427788205051 4,427788205051

Yield Strength (MY): (+) 102,55967145 (-) 102,55967145 kN-m  
 Yield Rotation (DY): (+) 0 (-) 0 [rad]

Initial Stiffness:  6EI/L  3EI/L  2EI/L  
 User 0 kN/m  
 Elastic Stiffness :

Cyclic Degradation

Energy Dissipation Factors

Status	B (Yield)	C (Loss)	D (Residual)	E (Rupture)
(+)	0.21088	0.21088	0.21088	0.21088
(-)	0.21088	0.21088	0.21088	0.21088

Unloading Stiffness Factor:  -1.0 ≤ ≤ +1.0 Figure  
 Factor = -1 : Min. Stiff. / Max. Elastic Range  
 = +1 : Max. Stiff. / Min. Elastic Range

OK Cancel

Update Pushover Hinge Properties

Pushover Hinge Properties(My)

철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침(대한건축학회, 2021)에 의한 힌지속성 자동 계산

# 비선형정적해석에 의한 성능검증 힌지성능 설정

## 지침에 의한 Lumped Hinge의 비선형모델 자동계산(참고)

[표 6-2] 철근콘크리트 보의 비선형 모델

	모델링 변수			허용기준(소성회전각, rad)		
	소성회전각(rad.)		잔류강도비	거주가능	인명안전	붕괴방지
	a	b				
1. 휨에 의해 지배되는 비내진상세 단면일 경우						
$\epsilon_{cf}$ 가 지배적인 경우 <sup>4)</sup>	$\frac{\min(\epsilon_{ul, NC}, \epsilon_{cf}, \epsilon_{bl}, \epsilon_{sc})}{c_u}$	$a \leq 0.03$	0	$a/3 \geq 0.0017$	a	b
그 외 경우	$-\phi_y l_h \leq 0.02$	$\frac{\epsilon_{sc}}{c_u} - \phi_y, l_h \leq (2a, 0.03)$	0	$a/3 \geq 0.0017$	a	b
2. 휨에 의해 지배되는 내진상세 단면일 경우						
$\epsilon_{cf}$ 가 지배적인 경우 <sup>4)</sup>	$\frac{\min(\epsilon_{ul}, \epsilon_{cf}, \epsilon_{bl}, \epsilon_{sc})}{c_u}$	a	0	$a/3 \geq 0.0035$	a	b
그 외 경우	$-\phi_y l_h$	$\frac{\epsilon_{sc}}{c_u} - \phi_y, l_h \leq 2a$	0	$a/3 \geq 0.0035$	a	b
3. 전단에 의해 지배되는 경우						
휨철근 간격이 $d/2$ 이하인 경우	0.003	0.01	0	0.0015	0.01	0.02
휨철근 간격이 $d/2$ 초과인 경우	0.003	0.006	0	0.0015	0.005	0.01
4. 정착 혹은 철근이음의 파괴가 예상되는 경우						
휨철근 간격이 $d/2$ 이하인 경우	0.003	0.02	0	0.0015	0.01	0.02
휨철근 간격이 $d/2$ 초과인 경우	0.003	0.01	0	0.0015	0.005	0.01
5. 보-기둥접합부의 정착파괴가 예상되는 경우						
	0.015	0.02	0	0.01	0.02	0.02

[표 6-4] 철근콘크리트 기둥의 비선형 모델링 변수

구분	모델링 파라미터 (소성회전각, rad)		허용기준 (소성회전각, rad)		
	a	b	거주가능	인명안전	붕괴방지
힘지배 $V_c + V_s < V_y$	-	-	-	-	-
변형지배 $V_c + V_s \geq V_y$	$\theta_i - \theta_y$	$\theta_a - \theta_y$	$0.5\theta_y$	a	$0.5(a+b)$

철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침(대한건축학회, 2021)

# 비선형정적해석 Pushover Analysis

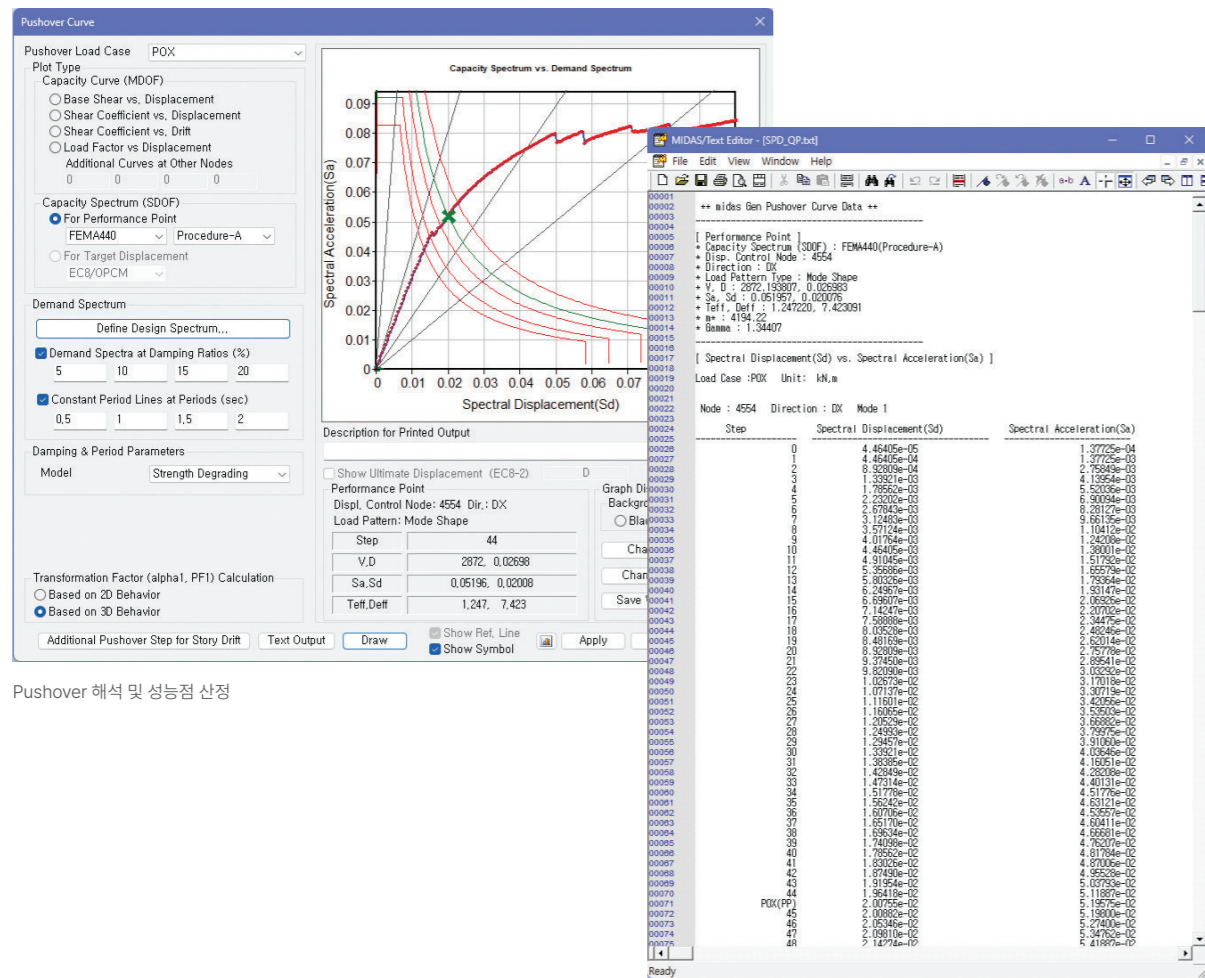
# 비선형정적해석에 의한 성능검증 구조물 전체 성능검증

## Pushover 해석수행 및 수렴성능점 확보

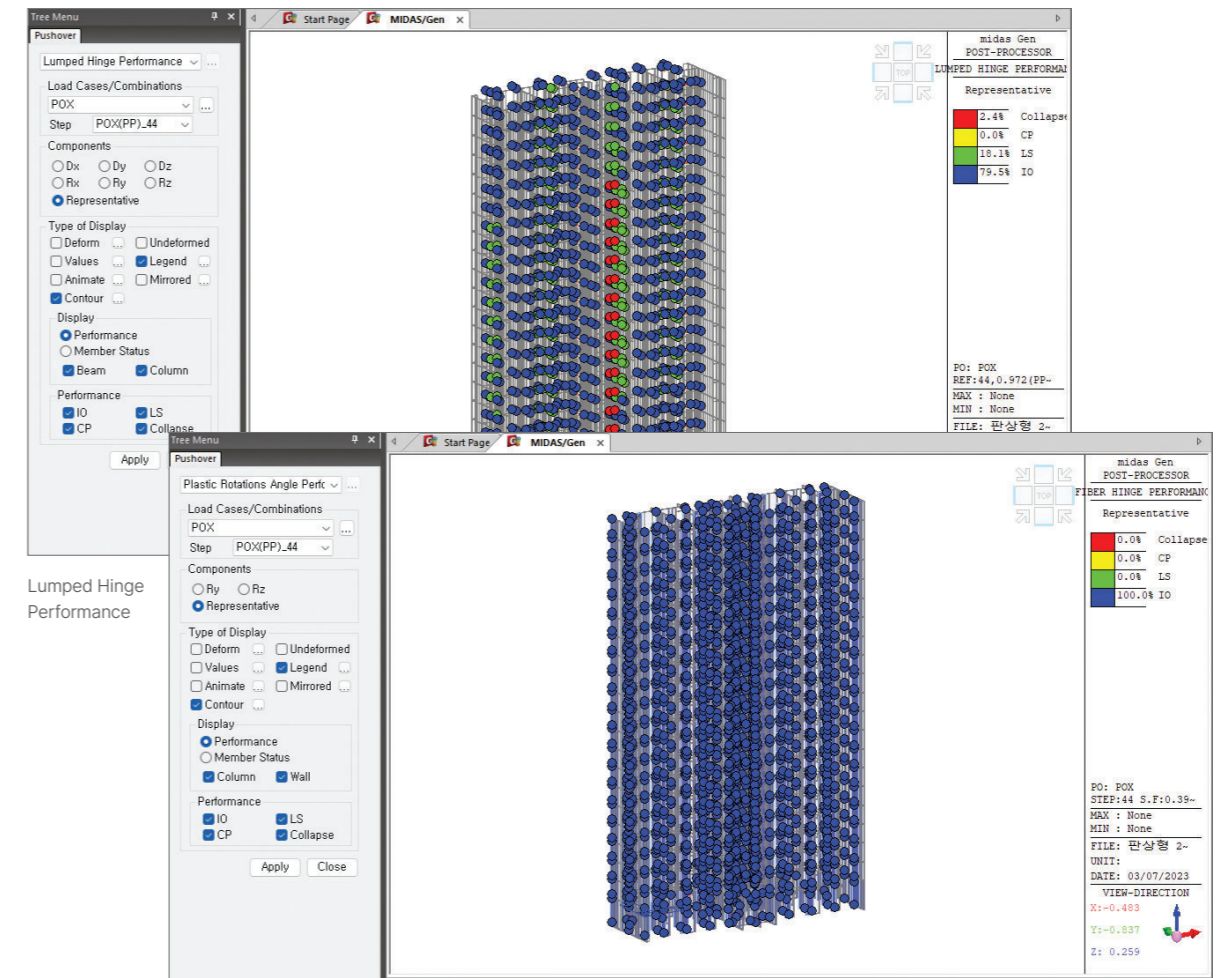
## 성능수준 결과 그래픽 보기

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Pushover Curve

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Performance



Pushover 해석 및 성능점 선정  
스텝별 성능수준 Text Result



Lumped Hinge Performance  
Plastic Rotation Angle Performance

Pushover Analysis를 반복 수행하여 힌지특성 수렴시점의 성능점을 선정합니다.

전체 구조물에서 각 힌지 부재별로 성능수준을 그래픽으로 신속하게 확인할 수 있습니다.



비선형정적해석

# Pushover Analysis

비선형정적해석에 의한 성능검증  
부재별 성능검증

Lumped Hinge부재 성능수준 결과 테이블 보기

Fiber Hinge부재 성능수준 결과 테이블 보기

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Result Table

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Result Table

Story	Level (m)	Section Name	Member	Load	Step	Part	Controlled Action	Seismic Details	Analysis Results									
									Yield Strength (kN-m)	Initial Stiff (kN-m)	By							
Calculation Parameters																		
								Deform	cul	ccf	cbi	csc	cu (m)	φy	h (m)	Acceptance Criteria (By)	Deform/By	Performance
																ID		

RC Beam Member Performance Table

Story	Level	Wall Mark	Wall ID	Section Position	Load	Step	Concrete				Steel						
							Material	Type	Cell	ε (max. comp.)	ε (limit)	Performance	Material	Type	Cell	ε (max. tens.)	ε (limit)
6F	13.00	W3A	13	1	POX	44	C24	Confined	1	-0.00012							

RC Wall 압축변형률에 대한 성능검증

Story	Level (m)	Section Name	Member	Load	Step	Part	Controlled Action	Seismic Details	Analysis Results							
									Yield Strength (kN-m)	Deform	μ	θy				
Calculation Parameters																
									Deform	μ <td>θy <td>θu <td>θa <td>Acceptance Criteria (By)</td> <td>Deform/By</td> <td>Performance</td> </td></td></td>	θy <td>θu <td>θa <td>Acceptance Criteria (By)</td> <td>Deform/By</td> <td>Performance</td> </td></td>	θu <td>θa <td>Acceptance Criteria (By)</td> <td>Deform/By</td> <td>Performance</td> </td>	θa <td>Acceptance Criteria (By)</td> <td>Deform/By</td> <td>Performance</td>	Acceptance Criteria (By)	Deform/By	Performance
														ID		

RC Column Member Performance Table

Story	Level (m)	Wall Mark	Wall ID	Load	Step	Special Boundary Element	Axial Force Ratio	Shear Force Ratio	lp (m)	Acceptance Criteria (Plastic Rotation)						
										θy	θmax	θp	Performance			
15F	36.4	W2A	1	POX	POX(PP)_44	Not Special BE	0.03634	0.01257	0.38000							

RC Wall 소성회전각에 대한 성능검증

Lumped Hinge 부재별 성능검증 근거 및 판정결과가 정리된 테이블로 확인할 수 있습니다.

Fiber Hinge 부재별 압축변형률 및 소성회전각을 통한 성능검증 근거와 판정결과가 정리된 테이블로 확인할 수 있습니다.

# 비선형정적해석 Pushover Analysis

## Story Drift 성능수준 결과 테이블 보기

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Pushover Anal. > Result Table

구조시스템 및 성능수준별 허용층간 변형각

[표 9-1] 허용최대층간변위비

내진등급	성능목표		
	재현주기	성능수준	허용 최대층간변위비
특	2400년	인명보호	0.015 <sup>1)</sup> , 0.020 <sup>2)</sup>
	1000년	기능수행	0.010
I	2400년	붕괴방지	0.020 <sup>1)</sup> , 0.025 <sup>2)</sup>
	1400년	인명보호	0.015 <sup>1)</sup> , 0.020 <sup>2)</sup>
II	2400년	붕괴방지	0.030
	1000년	인명보호	0.020
	50년	기능수행	0.005

\*Note.  
1. 「건축물 내진설계기준」 표 6.2-1의 시스템 및 높이 제한을 만족하지 않는 경우  
2. 「건축물 내진설계기준」 표 6.2-1의 시스템 및 높이 제한을 만족하는 경우

Close

철근콘크리트 건축구조물의  
성능기반 내진설계 지침  
(대한건축학회, 2021)

Story	Load Case	Step	Level (m)	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements				Drift at the Center of Mass								
					IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	IO	LS	CP	Performance	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	IO	LS
20F	POX	44(PP)	49.80	2.70	0.005	0.015	0.02	4140	0.0010	0.0004	OK	OK	OK	IO	0.0009	0.0003	OK	OK	OK	IO
19F	POX	44(PP)	47.10	2.70	0.005	0.015	0.02	3933	0.0011	0.0004	OK	OK	OK	IO	0.0010	0.0004	OK	OK	OK	IO
18F	POX	44(PP)	44.40	2.70	0.005	0.015	0.02	3726	0.0012	0.0004	OK	OK	OK	IO	0.0011	0.0004	OK	OK	OK	IO
17F	POX	44(PP)	41.70	2.70	0.005	0.015	0.02	3519	0.0013	0.0005	OK	OK	OK	IO	0.0012	0.0004	OK	OK	OK	IO
16F	POX	44(PP)	39.00	2.70	0.005	0.015	0.02	3312	0.0015	0.0005	OK	OK	OK	IO	0.0013	0.0005	OK	OK	OK	IO
15F	POX	44(PP)	36.40	2.60	0.005	0.015	0.02	3105	0.0015	0.0006	OK	OK	OK	IO	0.0014	0.0005	OK	OK	OK	IO
14F	POX	44(PP)	33.80	2.60	0.005	0.015	0.02	2898	0.0016	0.0006	OK	OK	OK	IO	0.0015	0.0006	OK	OK	OK	IO
13F	POX	44(PP)	31.20	2.60	0.005	0.015	0.02	2691	0.0017	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0016	0.0006	OK	OK	OK	IO
12F	POX	44(PP)	28.60	2.60	0.005	0.015	0.02	2484	0.0018	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0017	0.0006	OK	OK	OK	IO
11F	POX	44(PP)	26.00	2.60	0.005	0.015	0.02	2277	0.0018	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	OK	IO
10F	POX	44(PP)	23.40	2.60	0.005	0.015	0.02	2070	0.0019	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	OK	IO
9F	POX	44(PP)	20.80	2.60	0.005	0.015	0.02	1863	0.0019	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	OK	IO
8F	POX	44(PP)	18.20	2.60	0.005	0.015	0.02	1656	0.0018	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	OK	IO
7F	POX	44(PP)	15.60	2.60	0.005	0.015	0.02	1449	0.0018	0.0007	OK	OK	OK	IO	0.0016	0.0006	OK	OK	OK	IO
6F	POX	44(PP)	13.00	2.60	0.005	0.015	0.02	1242	0.0016	0.0006	OK	OK	OK	IO	0.0015	0.0006	OK	OK	OK	IO
5F	POX	44(PP)	10.40	2.60	0.005	0.015	0.02	1035	0.0015	0.0006	OK	OK	OK	IO	0.0014	0.0005	OK	OK	OK	IO
4F	POX	44(PP)	7.80	2.60	0.005	0.015	0.02	828	0.0013	0.0005	OK	OK	OK	IO	0.0012	0.0005	OK	OK	OK	IO

Story Drift Ratio Performance

구조물의 시스템 레벨에서의 층간변위비에 대한 성능수준 검증결과가 정리된 테이블로 확인할 수 있습니다.

# 비선형정적해석에 의한 성능검증 층간변위 성능 및 상세검증

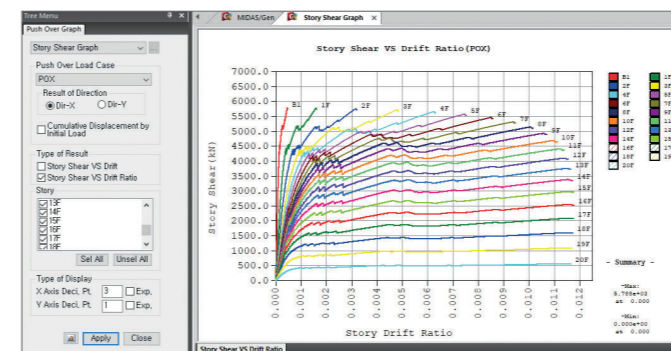
## 부재별, 요소별 해석결과 상세 보기

Menu Pushover > Pushover Results > Pushover Smart Graph, Pushover Story Graph

The image shows two software windows. The left window is 'Pushover Smart Graph' displaying a moment-rotation curve for element B189. The y-axis is Moment (kN-m) ranging from -10 to 70, and the x-axis is Step from 0 to 1050. The right window is 'Pushover Analysis Result of Fiber Sections' showing a plot of fiber stress-strain for element B189. The y-axis is stress (MPa) from -4.00e4 to 4.00e4, and the x-axis is strain (mm/mm) from -0.00e-4 to 0.00e-4. Below the plot is a 3D visualization of the fiber section.

Lumped Hinge 부재별 성능수준 검토

Fiber 힌지 부재별 성능수준 검토



시스템 관점 성능수준 검토

Pushover 해석결과 성능수준에 대하여 단위부재별로 또는 시스템관점에서 성능수준을 상세하게 검토할 수 있는 다양한 기능들을 지원합니다.

비선형동적해석

# Nonlinear Time History Analysis

## Time History Global Control 설정

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > Time History Analysis Data

Seismic Performance > Main Control > Evaluation Method > Set Acceptance Criteria

성능기반 내진설계를 위해, 평가가 필요한 항목의 해석결과를 텍스트 파일로 해석 이후에 자동으로 생성하며, 이 텍스트 파일을 한 파일로 가져와서 여러 지진파에 대한 평균 응답을 구하여 허용기준과 비교 가능

초기하중조건 설정

Time History Global Control

- Geometric Nonlinearity Type:  P-Delta
- Initial Load:  Perform Nonlinear Static Analysis for Initial Load
- Nonlinear Analysis Result Output Option:
  - Inelastic Hinge:  All Inelastic Elements
  - Fiber Section:  All Inelastic Elements
- Seismic Control Device Result:
  - Viscous Damper / Oil Damper Result
  - Viscoelastic Damper Result
  - Steel Damper Result
  - Hysteretic Isolator Result
  - Isolator Result
  - MSS Model Yield Status
- Time History Energy Result:

해석결과물 출력범위 설정

면제진장치 에너지 검토결과 출력설정

초기하중해석 증분설정

Increment Step for Initial Load Case

Increment Step [nstep] 10

Result Output:  Step Number Increment for Output 1

Nonlinear Time History Analysis를 위한 초기하중조건 및 수렴조건, 해석결과 출력조건 등을 설정합니다.

비선형동적해석에 의한 성능검증  
해석조건 설정

## Time History Load Case 추가

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > Time History Analysis Data

Add/Modify/Show Time History Functions

Function Name: EQ1

Time Function Data Type:  Normalized Accel.  Acceleration  Force  Moment  Normal

Scale Factor: 1

Gravity: 9.806 m/sec<sup>2</sup>

Import	Earthquake	Heel Drop
1	0.0200	0.0003
2	0.0400	0.0002
3	0.0600	0.0002
4	0.0800	0.0001
5	0.1000	0.0001
6	0.1200	0.0000
7	0.1400	-0.0000
8	0.1600	-0.0001
9	0.1800	-0.0001
10	0.2000	-0.0001
11	0.2200	-0.0001
12	0.2400	-0.0001
13	0.2600	-0.0000
14	0.2800	-0.0000

Load Case 정의

Add/Modify Time History Load Cases

General

Name: EQ1 Description:

Analysis Type:  Linear  Nonlinear

Analysis Method:  Modal  Direct Integration  Static

Time History Type:  Transient  Periodic

End Time: 40 sec Time Increment: 0.02 sec

Step Number Increment for Output: 1

Initial Load (Global Control):  Use Initial Load (Defined in TMHS Global Control)

Geometric Nonlinearity Type:  None  Large Displacements  P-Delta

Damping

Damping Method: Mass & Stiffness Proportional

Mass and Stiffness Coefficients

Damping Type:  Mass Proportional  Stiffness Proportional

Calculate from Modal Damping: 0.27940168979% 0.00078459141%

Coefficients Calculation

	Mode 1	Mode 2
Frequency [Hz]:	0	0
Period [sec]:	1.0152	0.1092
Damping Ratio:	0.025	0.025

Time Integration Parameters

Newmark Method: Gamma 0.5 Beta 0.25

Constant Acceleration  Linear Acceleration  User Input

Nonlinear Analysis Control Parameters

Perform Iteration

Damping Matrix Update:  No  Yes

지진파 정의

지반가속도 정의

지진파 및 각 방향별 Time History Analysis 하중을 입력합니다.

비선형동적해석

# Nonlinear Time History Analysis

힌지성능 사용자 정의

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > Hinge Properties

M/MY	D/DY
-E -0.2	-E -5.575228948519
-D -0.2	-D -4.646024123766
-C -1.05	-C -2.8230120618830
-B -1	-B -1
A 0	A 0
B 1	B 1
C 1.05	C 2.8230120618830
D 0.2	D 4.646024123766
E 0.2	E 5.575228948519

벽, 기둥의 Fiber 힌지속성 설정

보, 기둥의 Lumped 힌지속성 설정

주요 구조부재에 Lumped Hinge 및 Fiber Hinge조건을 입력합니다.

비선형동적해석에 의한 성능검증  
힌지성능 설정

힌지성능 자동 정의

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > Hinge Properties

Pushover 해석에 사용한 힌지 Import

탄성해석결과를 이용한 집중힌지성능 자동설정

Pushover 해석에 사용했던 힌지정보를 Import하여, 비선형시간이력해석을 수행할 수 있습니다.  
또는 탄성해석결과를 이용하여 보, 기둥의 Lumped 힌지를 자동으로 설정할 수 있습니다.

비선형동적해석

# Nonlinear Time History Analysis

비선형동적해석에 의한 성능검증  
해석결과 검증

하중조건별 모델파일 자동 분할생성

다수의 지진파에 대한 평균 또는 최대응답 하중조건 생성

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > File Generator

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > T.H Results Combination

The image shows the 'File Generator for Performance Based Design' dialog box with 'Create Ground Acceleration' checked. It lists load cases THLC1 through THLC7 and their corresponding X and Y directions. Below the dialog is a file explorer window showing a list of generated files in the 'TEMP' directory. The files are named with the load case and direction, such as 'SPD-SAM\_THLC1\_EQ1-X.EQ1-Y\_1.2.mgb'. Annotations point to the original model file and the generated files.

원본 모델  
자동생성 모델 (28개)

File Generator for PBD :  
7개의 시간이력하중조건 및 성능목표를 고려한  
28개의 해석모델로 자동 분할 생성

The 'Results Averaging' dialog box shows a table with columns for 'Load Combination Name' and 'Type'. It lists combinations like '1.2\_PRA\_AVG' with an 'Average' type. Buttons for 'Add', 'Modify/Show', 'Delete', and 'Close' are visible.

사용자 정의 하중조합조건

The 'Time History Results Combination' dialog box shows the 'Name' field set to '1.2\_PRA\_AVG'. It displays a table of 'Time History Result Data' with columns for Name, Status, and Location. The 'Results Combination Method' is set to 'Average'.

평균값을 계산하고자 하는 데이터 파일 지정

The 'Records Activation Dialog' box shows a list of 'Node or Element' types and 'Time History Load Cases'. It allows selecting specific records for activation, such as 'TH AVG\_1.2\_PRA\_AVG(THCB:abs)'.

후처리 테이بل 확인 시 하중조합조건 선택

해석시간 효율을 위해서 한 개의 모델을 해석조건별 별개의 모델로 자동분할 생성을 지원합니다.

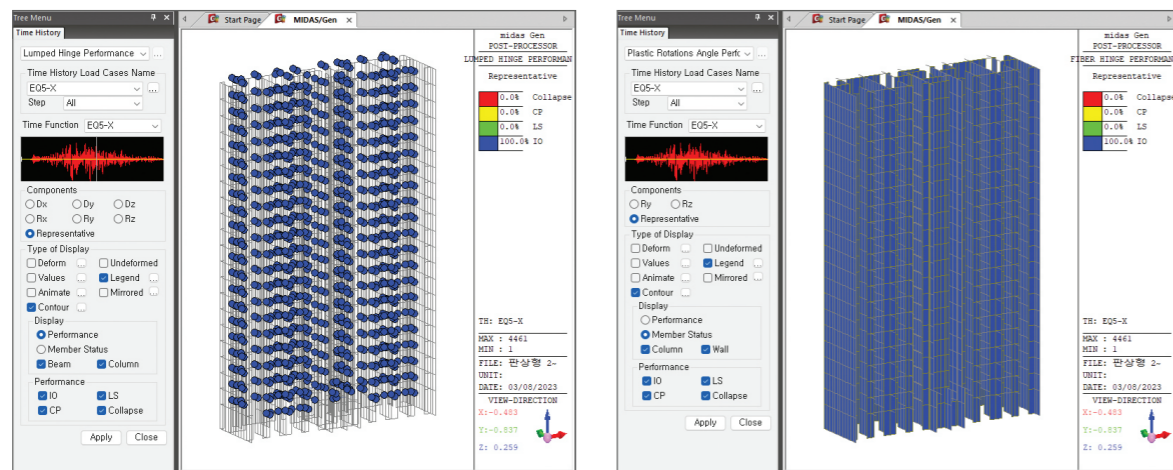
14개 모델 해석결과와 평균값에 대한 하중조합조건을 자동생성 합니다.

비선형동적해석

# Nonlinear Time History Analysis

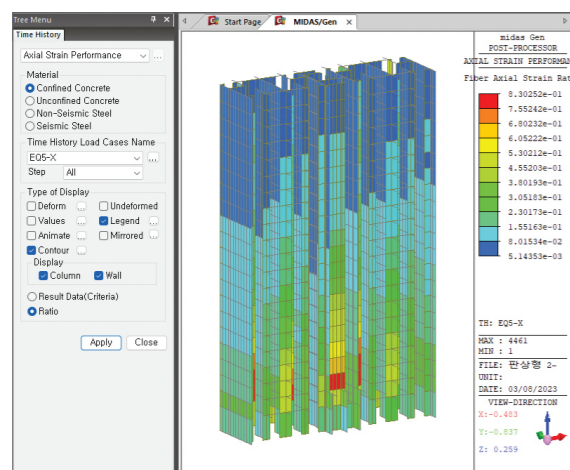
성능수준 결과 그래픽 보기

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > Performance



Lumped Hinge 성능수준

Fiber Hinge 축변형률 성능수준 확인



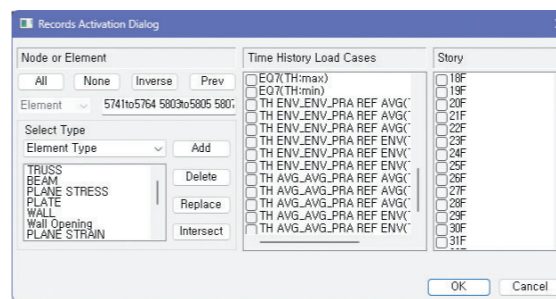
Fiber Hinge 소성회전각 성능수준 확인

각 하중조건에 대한 성능수준을 그래픽으로 확인할 수 있습니다.

비선형동적해석에 의한 성능검증  
해석결과 검증

성능수준 결과 테이블 보기

Menu Seismic Performance > Analysis Type : Time-History Anal. > Result Table



각 하중조건에 대한 응답 또는 14개 모델 평균응답 하중조건

Story	Level (m)	Section Name	Member	Load	Part	Analysis Results				Force-Controlled Action					Performance
						Yield Strength (kN)	Initial Stiff (kN)	D1	Deform	Fc (kN)	Fcs (kN)	Fcs+1.2(Fc-Fcs) (kN)	gFn (kN)	Ratio	
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(abs)	[4409]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	9394.680	5015.447	10270.526	33269.770	0.309	ID
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(max)	[4409]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	-1247.223	-5015.447	-493.578	33269.770	0.015	ID
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(min)	[4409]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	-9394.680	-5015.447	-10270.526	33269.770	0.309	ID
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(abs)	[4422]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	9158.041	4758.809	10013.887	33269.770	0.301	ID
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(max)	[4422]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	-990.585	-4758.809	-298.940	33269.770	0.007	ID

14개 모델 Lumped Hinge 응답 평균에 대한 성능수준

Story	Level (m)	Wall Mark	Wall ID	Load	Special Boundary Element	Axial Force Ratio	Shear Force Ratio	Ip (m)	By	θmax	θp	Acceptance Criteria (Plastic Rotation)			Performance
												ID	LS	CP	
Fiber 모델에서의 Lp와 θy는 추정값으로 Lumped hinge model과 동일한 식에 따라 계산되었습니다.															
PIT	22.8	84A-HW1	69	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(abs)	Not Special BE	0.10624	0.10338	0.78500	0.00000e+00	8.44959e-04	8.44959e-04	1.95840e-03	7.79200e-03	1.45840e-02	ID
PIT	22.8	84A-HW1	69	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(max)	Not Special BE	0.02050	0.10338	0.78500	0.00000e+00	0.29643e-04	0.29643e-04	2.00000e-03	0.00000e-03	1.50000e-02	ID
PIT	22.8	84A-HW1	69	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(min)	Not Special BE	0.10624	0.04639	0.78500	0.00000e+00	5.98542e-04	5.98542e-04	1.95840e-03	7.79200e-03	1.45840e-02	ID
PIT	22.8	84A-HW1A	81	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(abs)	Not Special BE	0.57061	0.15653	0.59500	0.00000e+00	1.20192e-03	1.20192e-03	1.00000e-03	3.00000e-03	5.00000e-03	LS
PIT	22.8	84A-HW1A	81	TH AVG_AVG_PRA_REF EQ1(max)	Not Special BE	0.00000	0.15653	0.59500	0.00000e+00	1.16713e-03	1.16713e-03	2.00000e-03	0.00000e-03	1.50000e-02	ID

14개 모델 Fiber Hinge 응답 평균에 대한 성능수준

Story	Load Case	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
			ID	LS	CP					ID	LS	CP	
7F	TH ENV_ENV_PRA_REF	2.90	0.005	0.015	0.02	-	-	0.0118	0.0041	OK	OK	OK	ID
7F	TH ENV_ENV_PRA_REF	2.90	0.005	0.015	0.02	-	-	0.0118	0.0041	OK	OK	OK	ID
7F	TH ENV_ENV_PRA_REF	2.90	0.005	0.015	0.02	-	-	-0.0115	-0.0040	OK	OK	OK	ID
8F	TH ENV_ENV_PRA_REF	2.90	0.005	0.015	0.02	-	-	0.0142	0.0049	OK	OK	OK	ID
8F	TH ENV_ENV_PRA_REF	2.90	0.005	0.015	0.02	-	-	0.0142	0.0049	OK	OK	OK	ID

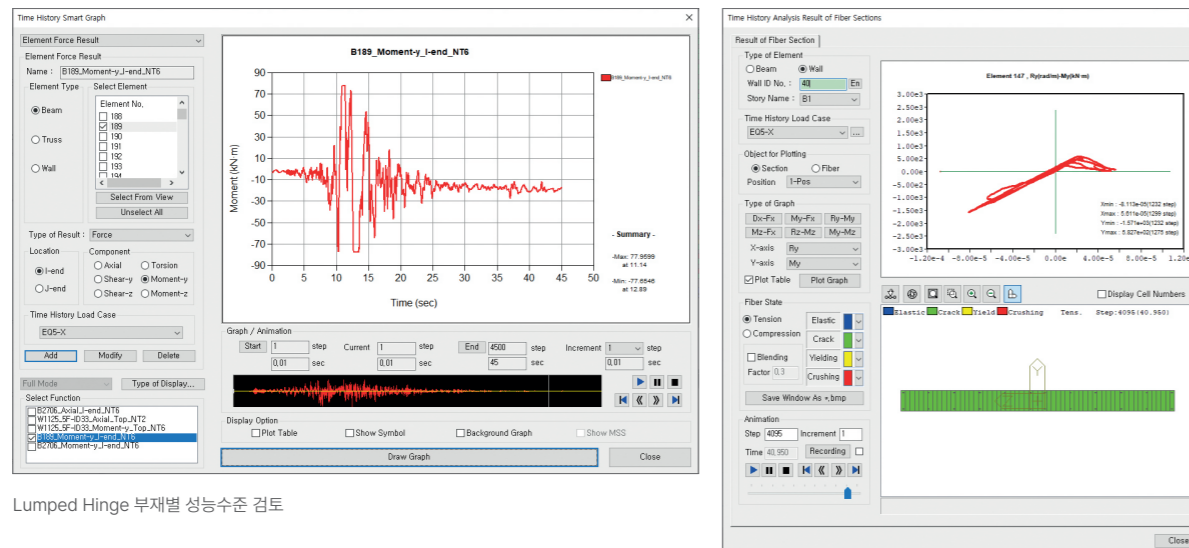
14개 모델 층간변위 평균값에 대한 성능수준

각 지진파 또는 평균값에 대한 성능수준을 테이블로 확인할 수 있습니다.

# 비선형동적해석 Nonlinear Time History Analysis

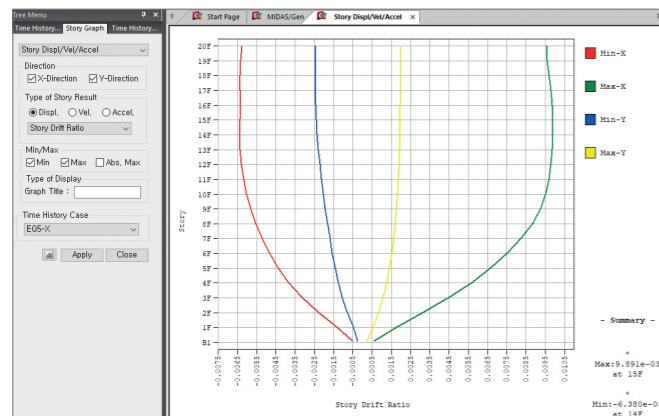
## 부재별, 요소별 해석결과 상세 보기

Menu Results > Time History > T.H Results, T.H Graph/Text



Lumped Hinge 부재별 성능수준 검토

Fiber 힌지 부재별 성능수준 검토



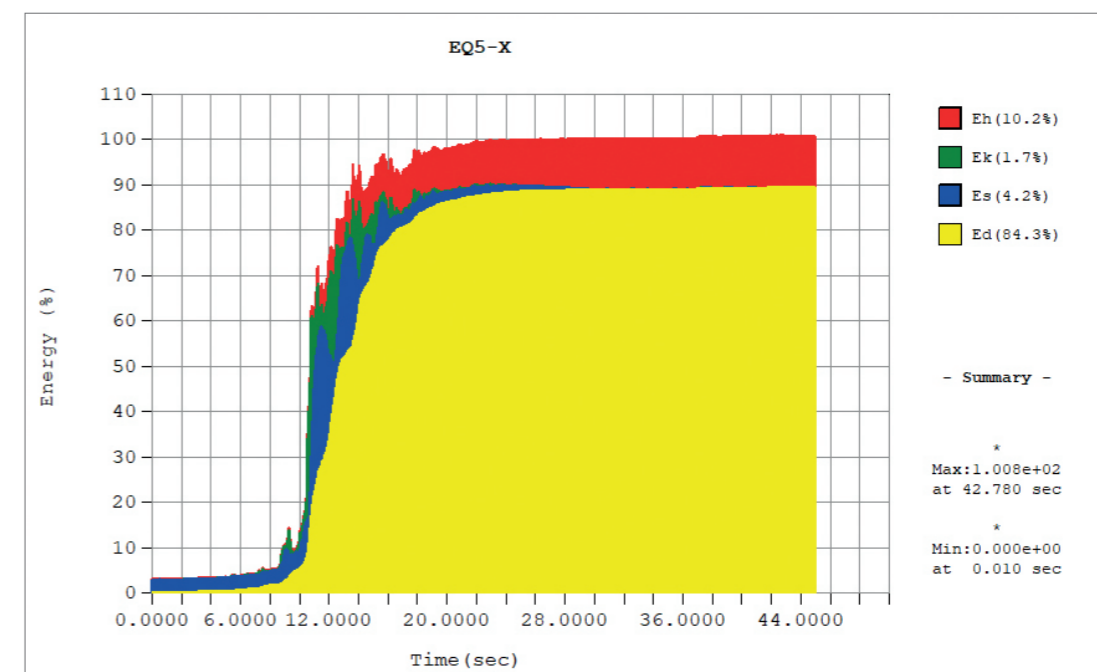
시스템관점 성능수준 검토

Time History 해석결과 성능수준에 대하여 단위부재별로 또는 시스템관점에서 성능수준을 상세하게 검토할 수 있는 다양한 기능들을 지원합니다.

# 비선형동적해석에 의한 성능검증 해석결과 상세검증

## 구조물과 감쇠장치의 에너지 변화 그래프 보기

Menu Results > Time History > T.H Results, T.H Graph/Text



Structural Energy Graph

Time(Step)별 비선형시간이력해석결과에 대한 에너지 그래프를 확인할 수 있습니다.

SEISMIC PERFORMANCE based DESIGN