



# SEISMIC PERFORMANCE based DESIGN

midas Gen 성능기반 내진설계

midas Gen 2023 (Ver.940)

SEISMIC PERFORMANCE based DESIGN



경기도 성남시 분당구 판교로 228번길 17, 마이다스아이티  
TEL 031-789-2000 | FAX 031-789-2112 | EMAIL gen@midasit.com  
고객지원센터 1577-6618

Copyright © Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.

# 성능기반 내진설계 선택이 아닌 필수입니다.

SEISMIC  
PERFORMANCE  
based DESIGN

최근 지진에 대한 전 세계적인 이슈로 구조물의 안전성에 대한 요구수준이 날로 높아지고 있습니다. 기존 주요 건물에 대한 내진성능 확보는 필수가 되었고, 신축 건물에 대해서는 더 정교한 성능기반 내진설계가 요구되고 있습니다. 지금까지의 성능기반 내진설계는 비선형에 대한 깊은 지식이 없는 기술자는 접근이 어렵고, 전문기술자에게는 시간이 오래 걸리고 까다로운 분야였습니다.

**midas Gen Seismic Performance based Design(SPD, 성능기반 내진설계) 옵션은 기존의 시설안전공단 및 교육부의 기존 건축물 내진성능평가옵션(SPE)을 확장하여 대한건축학회의 '철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침(2021)'이 탑재된 옵션입니다.**

midas Gen SPD 옵션은 직관적이고 편리한 인터페이스를 통하여 성능기반 내진설계를 신속하고 편리하게 수행할 수 있는 효율적이고 효과적인 솔루션을 제공합니다. 이를 통해 기술자 여러분께서 충분한 검토와 판단을 할 수 있도록 도움을 드릴 것이며 이와 동시에 많은 항목에서 사용자가 직접 판단하고 결정할 수 있도록 준비해 두었습니다.

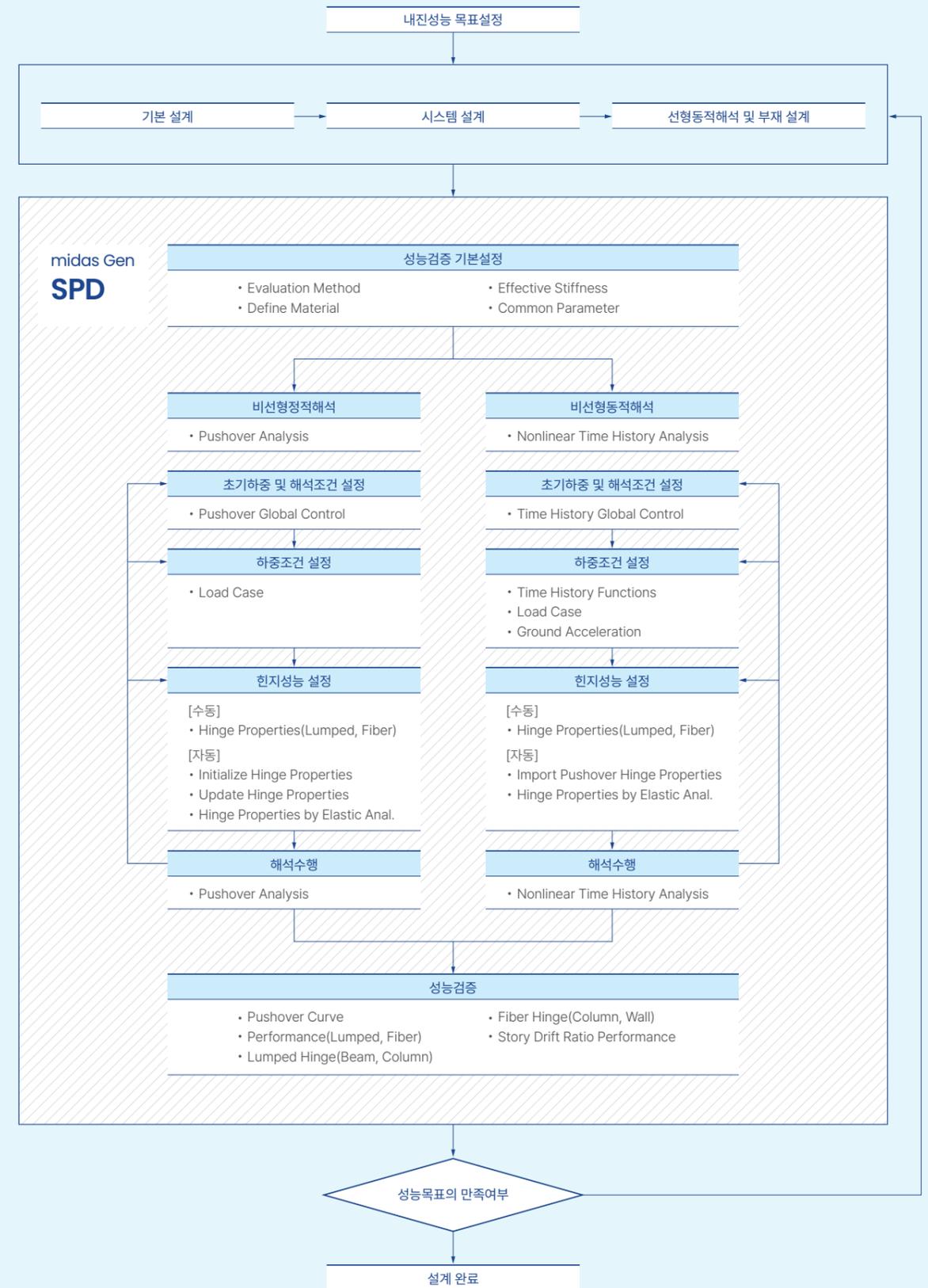
midas Gen SPD 옵션을 통하여 건축구조물의 내진성능 향상을 도모하고, 고객사 여러분의 구조기술력 향상 및 사업발전에 도움이 되기를 기원합니다.



성능기반 내진설계 흐름도



midas Gen SPD를 활용한 성능기반 설계 흐름도

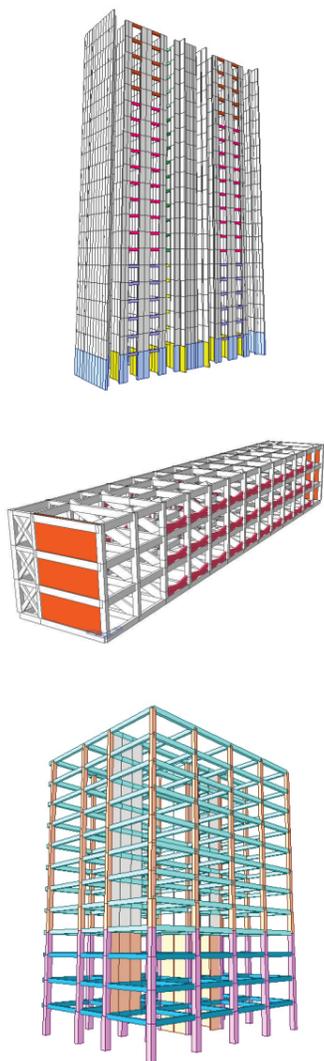


# 성능기반 내진설계 비선형정적해석

선진화된 최신 국내 철근콘크리트 구조물의 성능설계지침을 탑재하여 국내 설계자의 가장 합리적인 엔지니어링과 성능기반 내진설계를 지원합니다

## Evaluation Method

국내 성능설계 지침에 따라 다양한 성능설계 제어변수를 일괄로 제어 가능



**Evaluation Method**

Method : AIK-G-001-2021

Deformation Criteria for CP  
 Acceptance Criteria / 1,2  
 Intermediate Level Between LS & CP

Shear Span & Plastic Hinge Length

Beam (Relative Length)  
 I-end Ls 0,5 J-end 0,5

Column (Relative Length)  
 I-end Ls\_y 0,5 Ls\_z 0,5 J-end 0,5 0,5

Plastic Hinge Length for Fiber Wall  
 Ip = 0,5 x lw

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

- 철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침(2021)
- 내진 1등급 건축물의 붕괴방지 허용기준값 설정
- 전단경간 계산방법 설정
- 소성힌지길이 계산방법 설정
- 내진상세 적용 상태 설정
- 지침(AIK-G-001-2021: 식 6-5)에 따른 콘크리트 압축대의 평균압축응력 산정방법 설정
- 전단강도 및 유효층 계산방법 설정

## Common Parameter

성능계산에 사용될 각종 변수를 개별로 편리하게 설정 할 수 있기 때문에 설계자의 다양한 기술적 판단과 검증 가능

Plastic Hinge Length for Fiber ...

Option  
 Add / Replace  Delete

Plastic Hinge Length ( Fiber Wall )  
 Lp 0,5 x Lw

• 섬유요소 벽체 소성힌지길이 산정

Shear Span of Beam/Column ...

Option  
 Add / Replace  Delete

Member Type  
 Beam  Column

Shear Span  
 Lsyj 0,5 Lsj 0,5 Lszi 0,5 Lszj 0,5

Relative Length

• 보, 기둥 전단경간 산정

Special Boundary Element ( ' ...

Option  
 Add / Replace  Delete

Special Boundary Element  
 Special BE  
 Relaxed Special BE  
 Not Special BE

• 전단벽 특수경계요소 계산방법 설정

Clear Height of Column ...

Option  
 Add / Replace  Delete

Clear Height of Column  
 h0y 0 m h0z 0 m

• 기둥 순높이 사용자 지정

Seismic Rebar Detail ( Beam ...

Option  
 Add / Replace  Delete

Seismic Rebar Detail ( Beam )  
 Seismic Details  
 Non-Seismic Details  
 Auto Calculation

• 보 내진상세 계산방법 설정

Seismic Rebar Detail ( Colurr ...

Option  
 Add / Replace  Delete

Seismic Rebar Detail ( Column )  
 Seismic Details  
 Non-Seismic Details

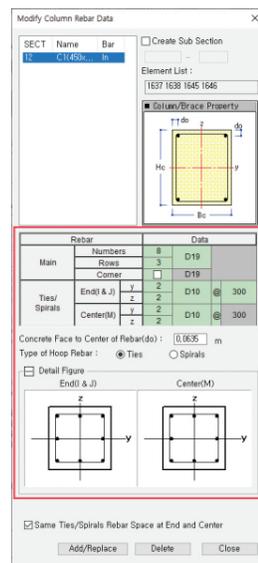
• 기둥 내진상세 계산방법 설정

# 성능기반 내진설계 비선형정적해석

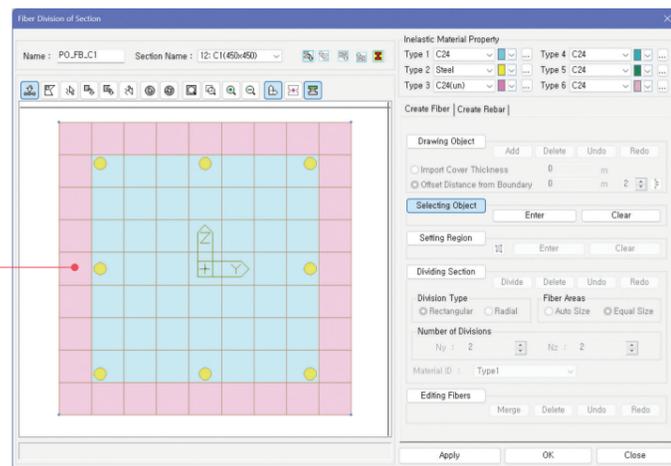
비선형해석을 위한 Fiber 힌지 속성 및 부재지정을 신속하고 편리하게 수행할 수 있는 혁신적인 편의 기능을 통하여 엔지니어링 작업 효율성을 대폭 향상 시킬 수 있습니다

## Fiber 힌지 요소 사용자 분할

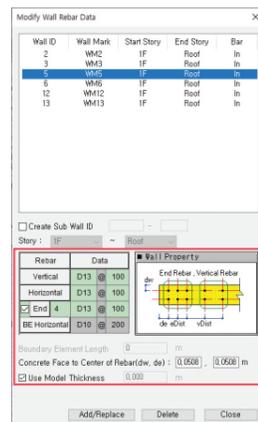
기본설계에 등록된 각 부재별 배근정보를 연동해서 가져오므로 정확하고 편리한 Fiber 힌지 속성 등록 가능



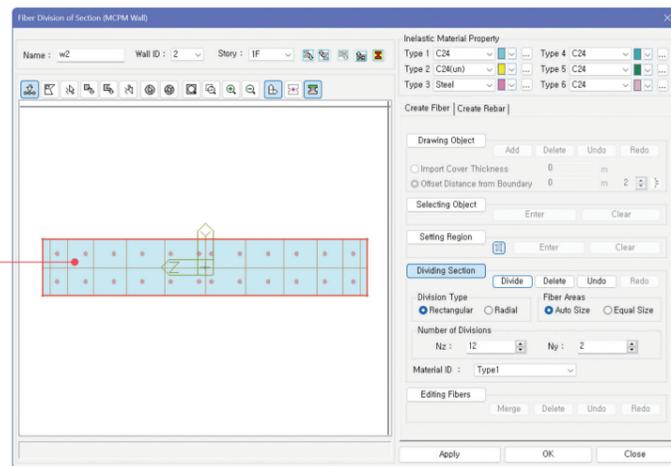
기둥단면 및  
배근정보  
Import



Fiber 영역별 힌지 속성 사용자 정의  
콘크리트 구속/비구속요소 사용자 설정 지원



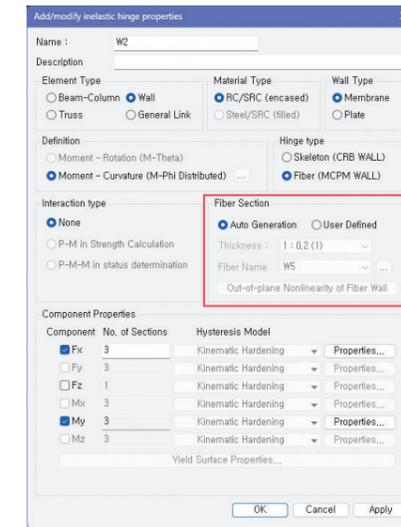
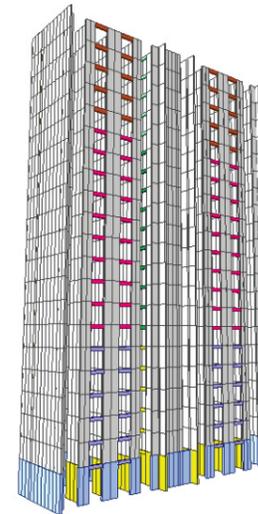
벽 단면 및  
배근정보  
Import



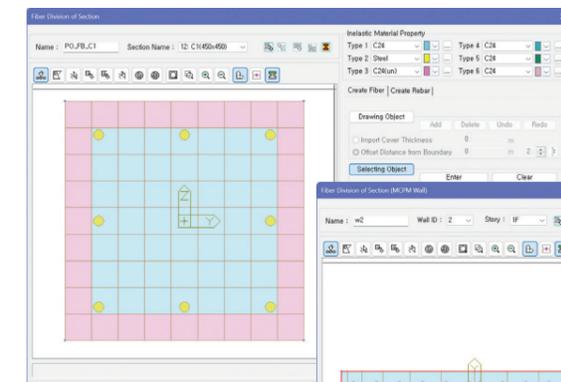
실제 배근 상태와 동일한 2축 섬유요소를 적용한 비선형해석

## Fiber 힌지 요소 자동 분할

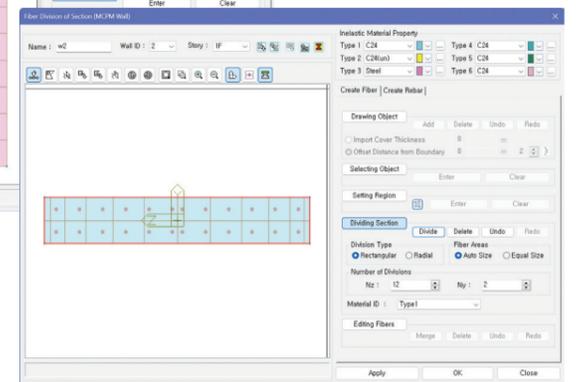
수 많은 기둥, 벽체를 Fiber 요소로 분할하고 속성을 지정하는 작업이며, 이제는 신속하고 편리하게 자동으로 분할하고 힌지 속성 정의 가능



힌지 속성 단면별  
자동 분할 설정



단면 사이즈 및 배근정보를 고려한  
Fiber 요소 자동 분할



벽체 단면 내/외면 위치를 고려한 Fiber 사이즈 자동 분할

# 성능기반 내진설계 비선형정적해석

## Lumped 힌지 속성 자동 계산

철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침 (대한건축학회, 2021)

최신의 선진화된 국내 철근콘크리트 성능설계 지침에 의한 Lumped 힌지 속성을 지원하여 수렴성 향상 및 지침에 근거한 성능 수준 신속하게 도출 가능

[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>	$\frac{\min(\epsilon_{ul}, \epsilon_{cf}, \epsilon_{bl}, \epsilon_{sc})}{c_u}$	$a \leq 0.03$	0	$a/3 \geq 0.0017$	a	b
그 외 경우	$\frac{(\frac{\epsilon_{sc}}{c_u} - \phi_y) l_h}{\leq 0.02}$	$(\frac{\epsilon_{sc}}{c_u} - \phi_y) l_h \leq (2a, 0.03)$	0			
2. 휨에 의해 지배되는 내진상세 단면일 경우						
$\epsilon_{cf}$ 가 지배적인 경우 <sup>4)</sup>	$\frac{\min(\epsilon_{ul}, \epsilon_{cf}, \epsilon_{bl}, \epsilon_{sc})}{c_u} - \phi_y l_h$	a	0	$a/3 \geq 0.0035$	a	b
그 외 경우		$(\frac{\epsilon_{sc}}{c_u} - \phi_y) l_h \leq 2a$	0			
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		0.0015	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 $V_c + V_s \geq V_y$	$\theta_u - \theta_y$	$\theta_s - \theta_y$	$0.5\theta_y$	a	$0.5(a+b)$

비선형해석을 위한 Lumped 힌지 속성 및 부재지정을 신속하고 편리하게 수행할 수 있는 혁신적인 편의기능을 통하여 엔지니어링 작업 효율성을 대폭 향상 시킬 수 있습니다

## 비선형해석 결과 활용한 힌지 속성 정의

비선형해석 정보를 활용한 보, 기둥 Lumped 힌지의 비선형모델을 자동으로 계산함으로써, 작업의 효율성 및 휴먼 에러 최소화

예비 해석결과 성능점 선정

## 선형해석 결과 활용한 힌지 속성 정의

지침(AIK-G-001-2021: 6.10)에 수록된 탄성해석결과를 활용한 힌지 속성 정의가 가능하기 때문에 쉽고 빠르게 부재력 산정으로 자동힌지 할당 가능(AIK-G-001-2021:6.10)

힌지업데이트 조건

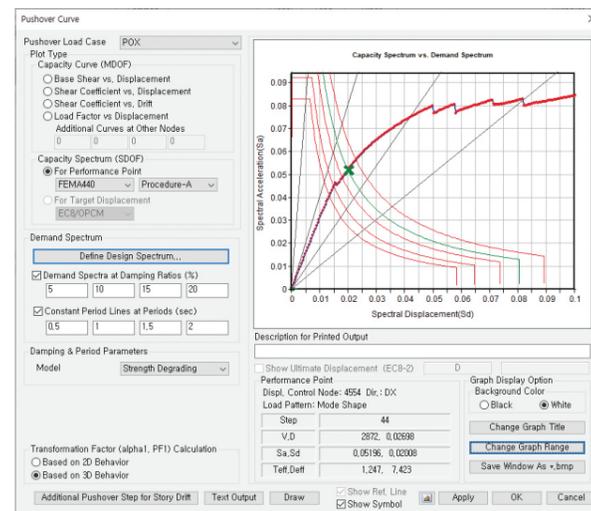
연직하중 및 지진하중 초과강도계수 고려

# 성능기반 내진설계 비선형정적해석

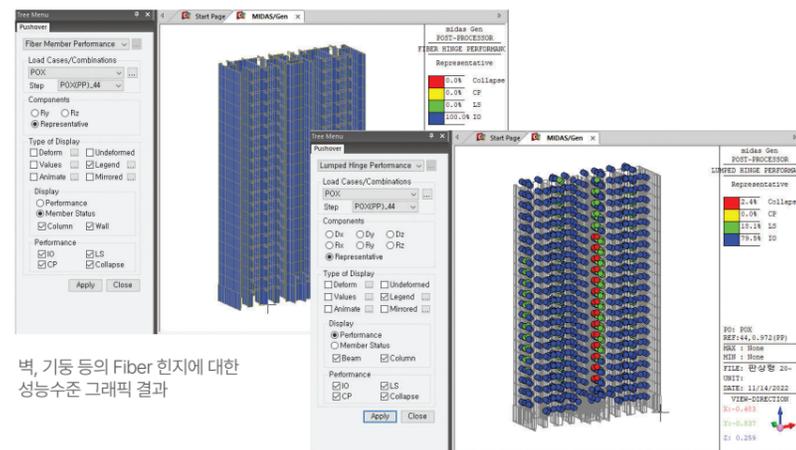
비선형정적해석을 수행하고 구조물의 목표성능 도달에 대한 성능검증을 위해 가독성과 편의성이 탁월한 다양한 그래픽 및 테이블 결과를 확인 할 수 있습니다

## Pushover Performance Graphic Result

Pushover 해석을 수행하고, 성능점 또는 임의의 스텝에서의 성능수준을 탁월한 그래픽으로 가독성 있게 확인함으로써 구조물의 성능상태를 신속하게 검토 가능



비선형정적해석에 의한 성능점 산정



벽, 기둥 등의 Fiber 힌지에 대한 성능수준 그래픽 결과

보, 기둥 Lumped 힌지에 대한 성능수준 그래픽 결과

## Pushover Performance Table Result

부재별 성능수준 테이블에서는 Lumped 힌지 및 Fiber 힌지에 대한 성능판정 근거를 보여줌으로써 설계자의 대응 방향을 수립할 수 있도록 지원

Story	Level (m)	Section Name	Member	Load	Step	Part	Seismic Details	Deform	Yield Strength	Initial Stiff	D1	Force-Controlled Action					Performance	Performance
												Fa (kN)	Fns (kN)	Fns+1.2(Fs-Fns) (kN)	qFn (kN)	Ratio		
20F	49.80	17-RG2	4138	POX	POX(PP)_44	J4179	No	0.00004	111.814	888675.264	1.28105e-04	36.043	15.554	40.141	111.814	0.359	IO	IO
20F	49.80	17-RG2	4138	POX	POX(PP)_44	J4180	No	0.00005	111.814	888675.264	1.28105e-04	40.303	19.814	44.401	111.814	0.397	IO	IO
20F	49.80	17-RG2	4139	POX	POX(PP)_44	J4182	No	-0.00001	111.814	888675.264	-1.28105e-04	-8.627	-20.042	-4.184	-111.814	0.176	IO	IO
20F	49.80	17-RG2	4139	POX	POX(PP)_44	J4183	No	-0.00000	111.814	888675.264	-1.28105e-04	-2.567	-15.782	0.076	-111.814	0.138	IO	IO
20F	49.80	17-RG3	4140	POX	POX(PP)_44	J4213	No	0.00011	228.150	1046276.800	2.18059e-04	117.595	-39.429	148.999	228.150	0.653	IO	LS
20F	49.80	17-RG3	4140	POX	POX(PP)_44	J4214	No	0.00012	228.150	1046276.800	2.18059e-04	120.427	-36.596	151.832	228.150	0.665	IO	LS
20F	49.80	G4(21MPa)	4141	POX	POX(PP)_44	J4207	No	-0.00000	139.499	638406.144	-2.18511e-04	-2.754	-2.754	-2.754	-139.499	0.020	IO	IO
20F	49.80	G4(21MPa)	4141	POX	POX(PP)_44	J4258	No	0.00000	139.499	638406.144	2.18511e-04	2.753	2.754	2.753	139.499	0.020	IO	IO
20F	49.80	17-RG1(21MP)	4142	POX	POX(PP)_44	J4253	No	0.00002	203.410	1064010.304	1.91173e-04	16.356	-42.053	28.037	203.410	0.198	IO	IO
20F	49.80	17-RG1(21MP)	4142	POX	POX(PP)_44	J4275	No	0.00002	203.410	1064010.304	1.91173e-04	19.152	-39.257	30.833	203.410	0.184	IO	IO

Lumped Hinge Member Performance(Beam, Column)

Story	Level	Wall Mark	Wall ID	Load	Step	Concrete				Steel				Performance	Performance			
						Material	Section Position	Cell	ε (max. comp.)	Acceptance Criteria	Performance	Material	Section Position			Cell	ε (max. tens.)	Acceptance Criteria
2F	2.80	WM2	2	PX	148	C24	1	1	-0.00061	0.002	OK	Steel	1	33	0.00150	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM2	2	PX	148	C24	2	1	-0.00008	0.002	OK	Steel	2	33	0.00004	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM2	2	PX	148	C24	3	10	-0.00044	0.002	OK	Steel	3	11	0.00108	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM2	2	PX	201	C24	1	1	0.00000	0.002	OK	Steel	1	11	0.00000	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM2	2	PX	201	C24	2	1	0.00000	0.002	OK	Steel	2	11	0.00000	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM2	2	PX	201	C24	3	1	0.00000	0.002	OK	Steel	3	11	0.00000	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM3	3	PX	148	C24	1	1	-0.00192	0.002	OK	Steel	1	32	0.00658	0.02	OK	OK
2F	2.80	WM3	3	PX	148	C24	2	1	0.00004	0.002	OK	Steel	2	10	0.00000	0.02	OK	OK

Fiber Hinge Member Performance(압축변형률)

Story	Level (m)	Wall Mark	Wall ID	Load	Step	Part	Special Boundary Element	Axial Force Ratio	Shear Force Ratio	lp (m)	θmax	θy	θp	Acceptance Criteria			Performance
														IO	LS	CP	
2F	2.8	WM2	2	PX	PX(PP)_48	Top	Not Special BE	0.03915	0.19460	0.57250	0.00031	0.00015	0.00016	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM2	2	PX	PX(PP)_48	Bottom	Not Special BE	0.03915	0.19460	0.57250	0.00109	0.00015	0.00094	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM3	3	PX	PX(PP)_48	Top	Not Special BE	0.01810	0.22620	0.57250	0.00055	0.00015	0.00041	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM3	3	PX	PX(PP)_48	Bottom	Not Special BE	0.01810	0.22620	0.57250	0.00131	0.00015	0.00117	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM5	5	PX	PX(PP)_48	Top	Not Special BE	0.04017	0.18000	0.93500	0.00018	0.00014	0.00003	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM5	5	PX	PX(PP)_48	Bottom	Not Special BE	0.04017	0.18000	0.93500	0.00061	0.00014	0.00046	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM6	6	PX	PX(PP)_48	Top	Not Special BE	0.00641	0.04507	0.35500	0.00014	0.00014	0.00000	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM6	6	PX	PX(PP)_48	Bottom	Not Special BE	0.00641	0.04507	0.35500	0.00090	0.00014	0.00075	0.002	0.008	0.015	IO
2F	2.8	WM12	12	PX	PX(PP)_48	Top	Not Special BE	0.00000	0.02735	3.42500	0.00004	0.00013	0.00000	0.002	0.008	0.015	IO

Fiber Hinge Member Performance(소성회전각)

# 성능기반 내진설계 비선형정적해석

비선형정적해석을 수행하고 구조물의 목표성능 도달에 대한 성능검증을 위해 가독성과 편의성이 탁월한 다양한 그래픽 및 테이블 결과를 확인 할 수 있습니다

## Pushover Story Drift Ratio Performance

비선형정적해석에 의한 성능설계 지침에 따른 Story Drift Ratio 성능검증결과를 테이블 및 그래픽으로 확인 가능

구조시스템 및 성능수준별 허용응답 변형각  
[표 9-1] 허용최대층간변위비

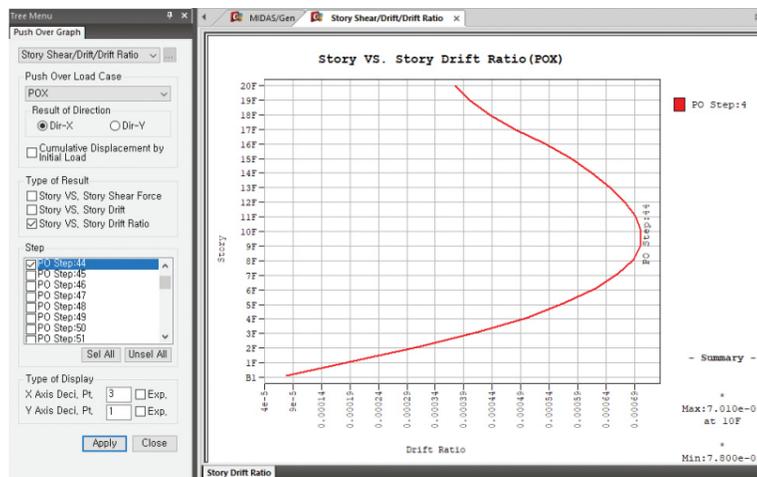
내진등급	재현주기	성능수준	허용 최대층간변위비
특	2400년	인명보호	0.015 <sup>a)</sup> , 0.020 <sup>b)</sup>
	1000년	기능수행	0.010
I	2400년	붕괴방지	0.020 <sup>a)</sup> , 0.025 <sup>b)</sup>
	1400년	인명보호	0.015 <sup>a)</sup> , 0.020 <sup>b)</sup>
II	100년	기능수행	0.005
	2400년	붕괴방지	0.030
III	1000년	인명보호	0.020
	50년	기능수행	0.005

\*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

철근콘크리트 건축구조물의  
성능기반 내진설계 지침  
(대한건축학회, 2021)

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements			Drift at the Center of Mass							
				ID	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark				
20F	POX	44(PP)	2.70	0.005	0.01	0.015	4140	0.0010	0.0004	OK	OK	IO	0.0009	0.0003	OK	OK	IO
19F	POX	44(PP)	2.70	0.005	0.01	0.015	3933	0.0011	0.0004	OK	OK	IO	0.0010	0.0004	OK	OK	IO
18F	POX	44(PP)	2.70	0.005	0.01	0.015	3726	0.0012	0.0004	OK	OK	IO	0.0011	0.0004	OK	OK	IO
17F	POX	44(PP)	2.70	0.005	0.01	0.015	3519	0.0013	0.0005	OK	OK	IO	0.0012	0.0004	OK	OK	IO
16F	POX	44(PP)	2.70	0.005	0.01	0.015	3312	0.0015	0.0005	OK	OK	IO	0.0013	0.0005	OK	OK	IO
15F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	3105	0.0015	0.0006	OK	OK	IO	0.0014	0.0005	OK	OK	IO
14F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	2898	0.0016	0.0006	OK	OK	IO	0.0015	0.0006	OK	OK	IO
13F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	2691	0.0017	0.0007	OK	OK	IO	0.0016	0.0006	OK	OK	IO
12F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	2484	0.0018	0.0007	OK	OK	IO	0.0017	0.0006	OK	OK	IO
11F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	2277	0.0018	0.0007	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	IO
10F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	2070	0.0019	0.0007	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	IO
9F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	1863	0.0019	0.0007	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	IO
8F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	1656	0.0018	0.0007	OK	OK	IO	0.0017	0.0007	OK	OK	IO
7F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	1449	0.0018	0.0007	OK	OK	IO	0.0016	0.0006	OK	OK	IO
6F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	1242	0.0016	0.0006	OK	OK	IO	0.0015	0.0006	OK	OK	IO
5F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	1035	0.0015	0.0006	OK	OK	IO	0.0014	0.0005	OK	OK	IO
4F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	828	0.0013	0.0005	OK	OK	IO	0.0012	0.0005	OK	OK	IO
3F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	621	0.0011	0.0004	OK	OK	IO	0.0010	0.0004	OK	OK	IO
2F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	412	0.0008	0.0003	OK	OK	IO	0.0008	0.0003	OK	OK	IO
1F	POX	44(PP)	2.60	0.005	0.01	0.015	195	0.0005	0.0002	OK	OK	IO	0.0005	0.0002	OK	OK	IO
B1	POX	44(PP)	4.00	0.005	0.01	0.015	2	0.0003	0.0001	OK	OK	IO	0.0003	0.0001	OK	OK	IO

Story Drift Ratio를 통한 구조물의 성능검증

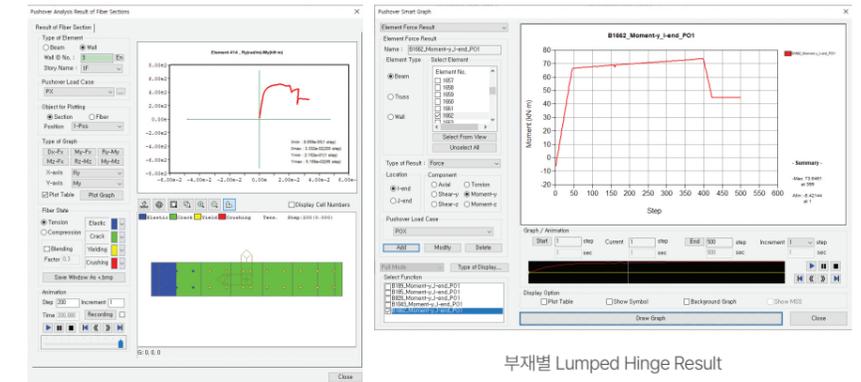


각 스텝별 / 층별 층간변위(비) 그래프

## Pushover Smart Graph

시스템 레벨 및 부재 레벨에서의 성능수준을 다양한 그래프 결과를 통하여 검토 지원  
(기존 Pushover Results 메뉴에서 확인 가능)

- Element Force Graph
- General Link Graph
- Elastic Link Graph
- Pushover Hinge Graph

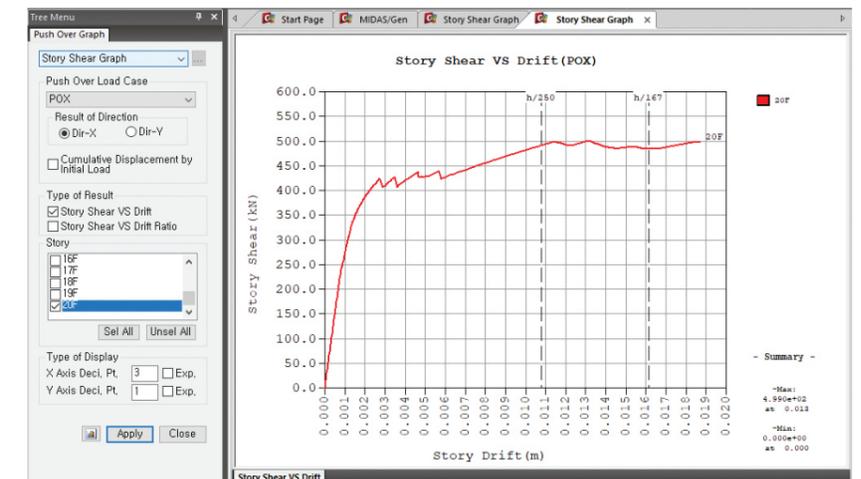


부재별 Fiber Hinge Result

부재별 Lumped Hinge Result

## Pushover Story Graph

- Story Shear Graph
- Member Shear Graph
- Elastic Link Graph
- Story Shear Graph
- Story Drift Ratio Graph



밀면전단력 - 최상층변위 그래프

# 성능기반 내진설계 비선형동적해석

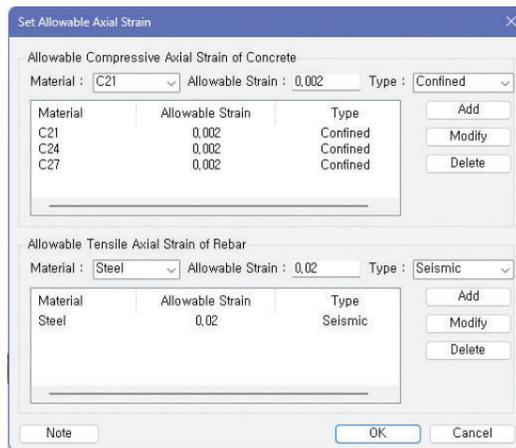
구조물의 예측 거동 시뮬레이션을 통한  
구조물의 목표성능수준 판단에 필요한 데이터를 분석하고  
합리적인 성능기반 내진설계를 지원합니다

## Time History Global Control

비선형동적해석을 위한 초기하중조건 및 수렴조건, 해석결과 출력조건 등에 대한 Global Control 지원



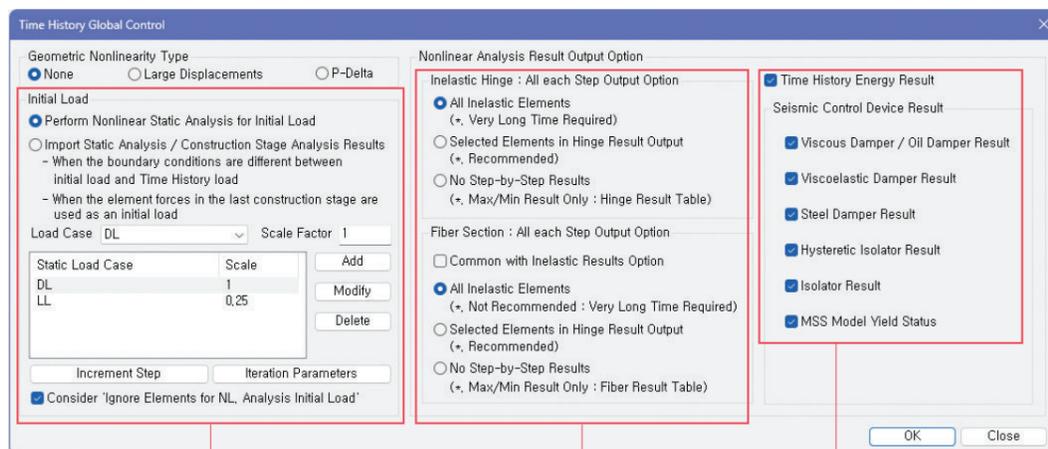
비선형동적해석을 활용한 성능기반 내진설계를 위해 필요한 해석결과 데이터 파일 자동 생성



허용 압축/인장 변형률 사용자 지정



허용층간변위비 사용자 지정



직관적이고 편리한 초기하중조건 설정

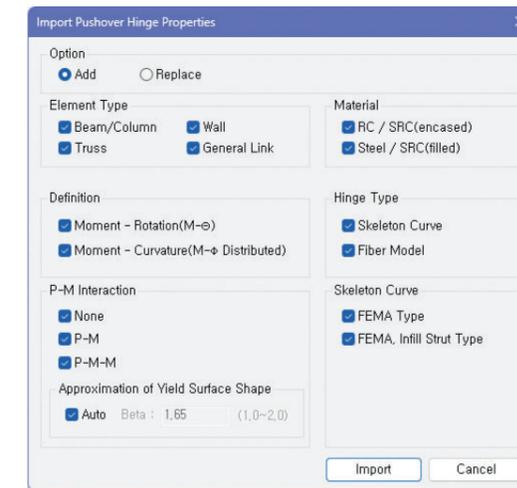
해석결과 출력범위를 사용자에게 따라 정의하고 해석시간 단축 가능

면제진장치를 비롯하여 구조시스템에 대한 에너지 검토결과 검토 지원

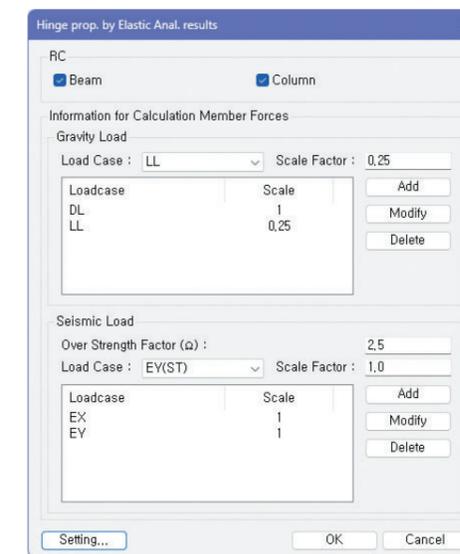
## Time History Hinge Property

비선형동적해석을 위해 보, 기둥, 벽체에 대한 Lumped 힌지 및 Fiber 힌지 설정을 편리하고 직관적으로 지원

- Pushover 해석에 사용했던 힌지 정보를 Import하여, 비선형시간이력해석을 위한 힌지로 자동 입력할 수 있으므로 휴먼에러 방지와 작업시간 혁신적 단축
- 성능기반 내진설계 지침에 따른 탄성해석결과를 이용한 보, 기둥의 Lumped 힌지 자동 설정을 지원하여 교차검토 가능



Pushover해석에 사용한 동일 성능의 힌지 Import 지원



탄성해석결과를 이용한 집중힌지성능 자동설정 지원

# 성능기반 내진설계 비선형동적해석

대용량의 비선형시간이력 해석모델 파일의  
관리 및 결과 정리에 투입되는 시간을  
혁신적으로 단축 할 수 있습니다

## T.H Model File Generator

한 개의 원본 모델을 기준으로, 입력된 Time History load Case 및 요구성능 수준, 사용 지진파의 조합을 사용자가 자유롭게 설정하여 다수의 모델 파일 자동 분할 생성 및 저장

- 모델 데이터의 효율적인 관리를 위해 지진파별로 입력된 하중조건 및 목표성능별로 모델 파일을 분리하여 작성하던 작업을 전산화 처리함으로써, 휴먼에러 방지와 효율적인 시간연용 가능

원본 모델

자동저장 모델

Batch Analysis

하중조건 및 목표수준별 모델 분할

자동 분할 생성된 모델 파일

- 사용자가 지정/조합한 방향별 지진파 이름과 Scale Up Factor가 조합되어 파일명 자동 생성
- 파일이름만으로 입력된 변수를 쉽게 구분 가능

## Create T.H Result Data File

다수의 모델 파일에서 평가에 필요한 주요 해석결과 데이터를 하나의 모델로 import 후, 지진응답의 평균 또는 최대값을 산정하고 성능목표수준 검토 결과를 신속하게 확인 가능

## T.H Results Combination

각 지진응답에 대한 평균값 또는 최대값 산정

T.H 해석결과 중 평가에 필요한 Summary Data 추출

Story	Level (m)	Wall Mark	Wall ID	Load	Special Boundary Element	Axial Force Ratio	Shear Force Ratio	I <sub>p</sub> (m)	By	θ <sub>max</sub>	θ <sub>p</sub>	Acceptance Criteria (Plastic Rotation)			Performance
												ID	LS	CP	
2F	2.6	W2A	2	TH AVG_1_2_PRA_ENV(min)	Not Special BE	0.05835	0.12418	0.57250	0.00000e+00	1.17102e-03	1.17102e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	5	TH AVG_1_2_PRA_ENV(aba)	Not Special BE	0.04675	0.25085	0.93500	0.00000e+00	1.21996e-03	1.21996e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	5	TH AVG_1_2_PRA_AVG(aba)	Not Special BE	0.03030	0.20318	0.93500	0.00000e+00	1.21996e-03	1.21996e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	5	TH AVG_1_2_PRA_ENV(max)	Not Special BE	0.00000	0.24725	0.93500	0.00000e+00	1.13423e-03	1.13423e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	5	TH AVG_1_2_PRA_AVG(max)	Not Special BE	0.00000	0.17674	0.93500	0.00000e+00	1.13423e-03	1.13423e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	5	TH AVG_1_2_PRA_AVG(min)	Not Special BE	0.03030	0.18271	0.93500	0.00000e+00	1.19388e-03	1.19388e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	5	TH AVG_1_2_PRA_ENV(min)	Not Special BE	0.04675	0.22661	0.93500	0.00000e+00	1.19388e-03	1.19388e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	6	TH AVG_1_2_PRA_ENV(aba)	Not Special BE	0.09852	0.16379	0.35500	0.00000e+00	1.15349e-03	1.15349e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	6	TH AVG_1_2_PRA_AVG(aba)	Not Special BE	0.05071	0.12335	0.35500	0.00000e+00	1.15349e-03	1.15349e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	6	TH AVG_1_2_PRA_ENV(max)	Not Special BE	0.00000	0.02643	0.35500	0.00000e+00	9.72533e-04	9.72533e-04	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	6	TH AVG_1_2_PRA_AVG(max)	Not Special BE	0.00000	0.01180	0.35500	0.00000e+00	9.72533e-04	9.72533e-04	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	6	TH AVG_1_2_PRA_ENV(min)	Not Special BE	0.09852	0.16379	0.35500	0.00000e+00	1.15349e-03	1.15349e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	6	TH AVG_1_2_PRA_AVG(min)	Not Special BE	0.05071	0.12335	0.35500	0.00000e+00	1.15349e-03	1.15349e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID
2F	2.6	W2A	12	TH AVG_1_2_PRA_ENV(aba)	Not Special BE	0.02159	0.19365	3.42500	0.00000e+00	4.28508e-04	4.28508e-04	2.00000e-03	8.00000e-03	1.25000e-02	ID

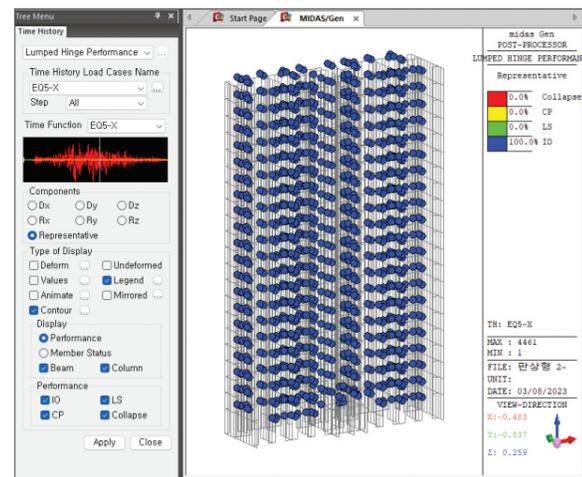
여러 모델에서의 지진응답(최대 또는 평균값)에 대한 성능수준 검토 결과 신속한 확인

# 성능기반 내진설계 비선형동적해석

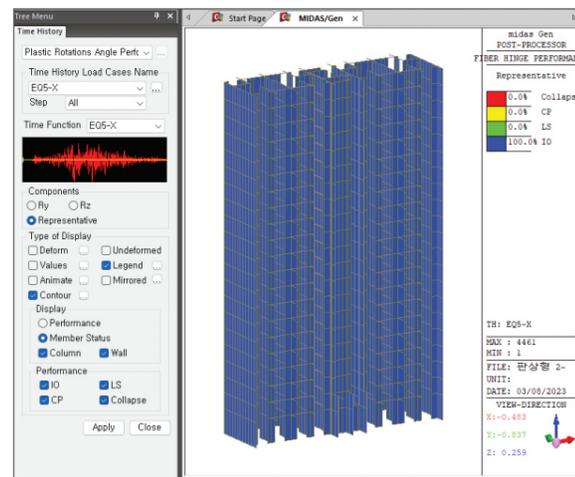
비선형동적해석을 수행하고 구조물의 목표성능 도달에 대한 성능검증을 위해 가독성과 편의성이 탁월한 다양한 그래픽 및 테이블 결과를 지원합니다

## Performance Graphic Result

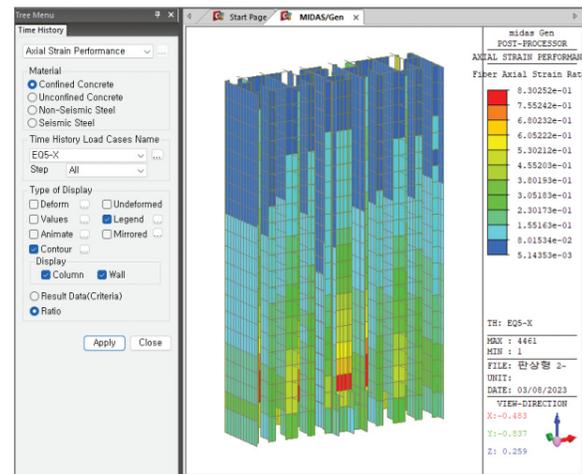
철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침에 의한 성능수준 평가결과 그래픽 출력  
Lumped Hinge, Fiber Hinge 모두 그래픽으로 결과 확인 가능



Lumped Hinge 성능수준 출력



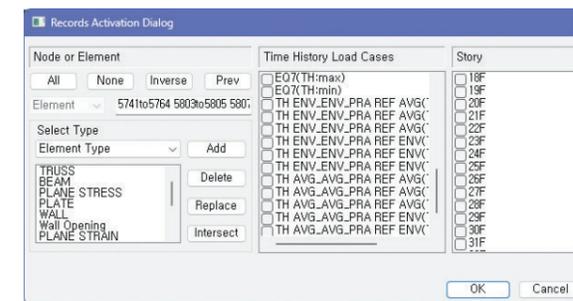
Fiber Hinge 축변형률 성능수준 출력



Fiber Hinge 소성회전각 성능수준 출력

## Performance Table Result

철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계 지침에 의한 성능수준 평가결과 테이블 출력



각 하중조건에 대한 응답 또는 평균/최대 응답 하중조건

Story	Level (m)	Section Name	Member	Load	Part	Analysis Results									
						Yield Strength (kN)	Initial Stiff (kN)	D1	Deform	Fs (kN)	Fna (kN)	Fns+1.2(Fs-Fns) (kN)	φFn (kN)	Ratio	Performance
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	IO
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	IO
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	IO
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(abs)	[4422]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	9138.041	4758.809	10013.887	33269.770	0.301	IO
PIT	22.8	TG1	5741	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(max)	[4422]	33269.770	73593829.478	-4.52073e-04	-	-990.585	-4758.809	-236.940	33269.770	0.007	IO

Lumped Hinge 응답에 대한 성능수준 출력

Story	Level (m)	Wall Mark	Wall ID	Load	Special Boundary Element	Axial Force Ratio	Shear Force Ratio	Ip (m)	Iy	Izmax	Iz	Acceptance Criteria (Plastic Rotation)			Performance
												IO	LS	CP	
Fiber 모델에서의 Lp와 Iy는 추정값으로 Lumped hinge model과 동일한 식에 따라 계산되었습니다.															
PIT	22.8	B4A-HW1	69	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(abs)	Not Special BE	0.10624	0.10338	0.76500	0.0000e+00	8.44958e-04	8.44958e-04	1.95840e-03	7.79200e-03	1.45840e-02	IO
PIT	22.8	B4A-HW1	69	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(max)	Not Special BE	0.02050	0.10338	0.76500	0.0000e+00	8.29843e-04	8.29843e-04	2.00000e-03	8.00000e-03	1.50000e-02	IO
PIT	22.8	B4A-HW1	69	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(min)	Not Special BE	0.10624	0.04639	0.76500	0.0000e+00	5.96842e-04	5.96842e-04	1.95840e-03	7.79200e-03	1.45840e-02	IO
PIT	22.8	B4A-HW1A	81	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(abs)	Not Special BE	0.57061	0.15653	0.59500	0.0000e+00	1.20192e-03	1.20192e-03	1.00000e-03	3.00000e-03	5.00000e-03	LS
PIT	22.8	B4A-HW1A	81	TH AVG_AVG_PRA REF EQ1(max)	Not Special BE	0.00000	0.15653	0.59500	0.0000e+00	1.16713e-03	1.16713e-03	2.00000e-03	8.00000e-03	1.50000e-02	IO

Fiber Hinge 응답에 대한 성능수준 출력

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

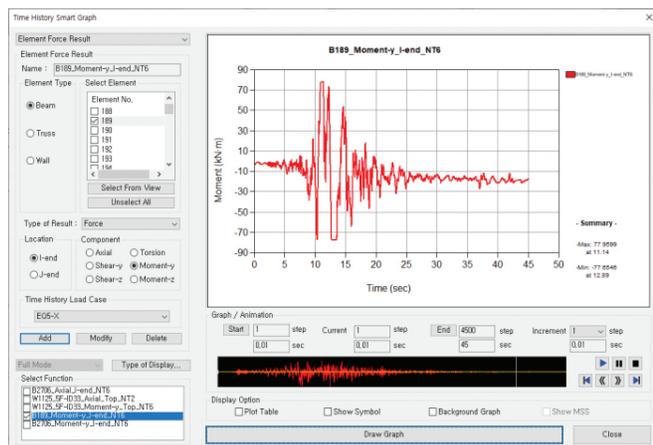
응답 증강변위에 대한 성능수준 출력

# 성능기반 내진설계 비선형동적해석

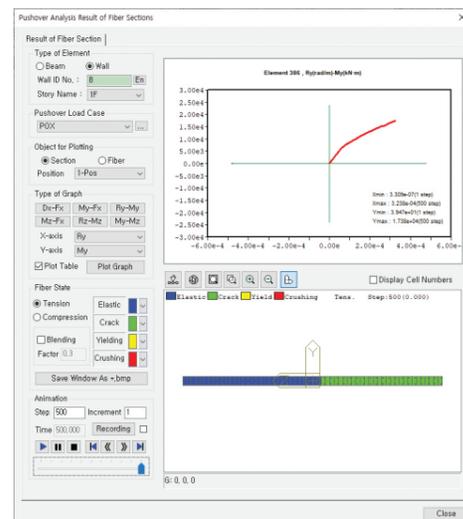
Time Step별로 요소별, 부재별 응답결과를 상세하게 검토할 수 있고, 구조물 및 감쇠장치에 대한 에너지 변화를 그래픽으로 검토하면서 효과적인 엔지니어링을 지원합니다

## Time History Graph Result

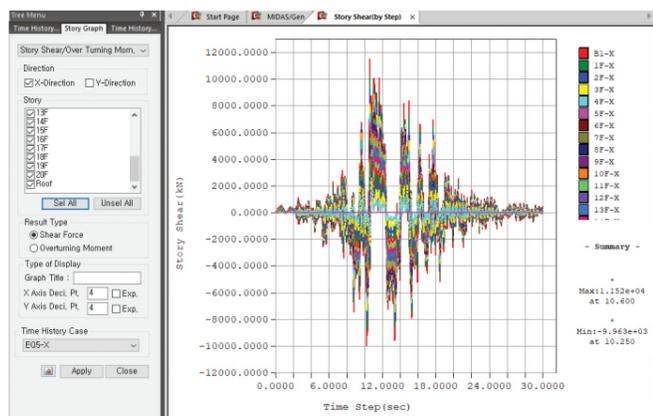
Time History 해석결과 성능수준에 대하여 요소별, 부재별 또는 시스템 관점에서 성능수준을 상세하게 검토할 수 있는 다양한 기능들을 지원 (기존 Time History Result 메뉴에서 확인 가능)



Element Force Graph



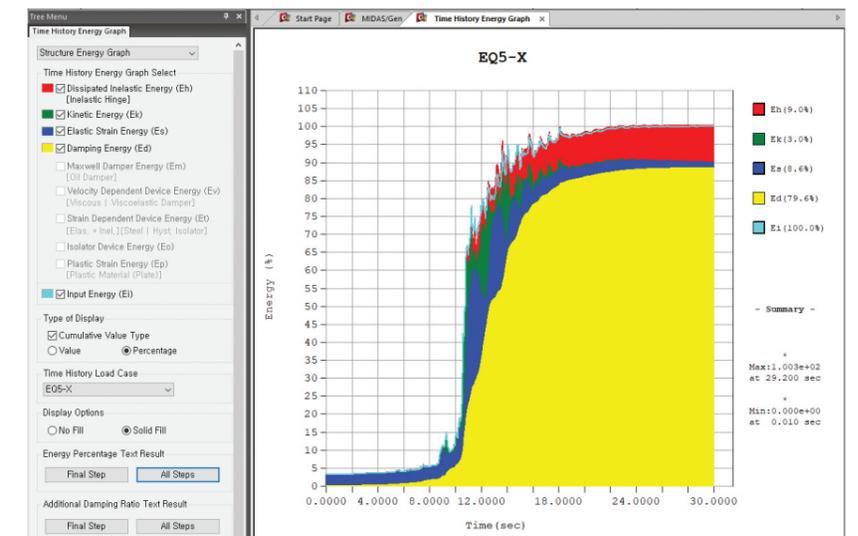
Result of Fiber Section



Story Shear Graph

## Time History Energy Graph

구조물에 대한 비선형시간이력 해석결과 에너지 상태를 검토하기 위해 사용될 수 있으며, 면제진장치가 설치된 구조물에도 효과적으로 사용 가능 (기존 Time History Result메뉴에서 확인 가능)



Structural Energy Graph

TIME HISTORY ANALYSIS   ENERGY RESULT PERCENTAGE   TIME HISTORY LOADCASE NO. = 6	[1] Dissipated Inel. Energy (Eh)	[2] Kinetic Energy (Ek)	[3] Elastic Strain Energy (Es)	[4] Damping Energy (Ed)	[5] Input Energy (Ei)	[6] Error (Ee)
00001						
00002						
00003						
00004						
00005						
00006						
00007						
00008						
00009						
00010						
00011						
00012	0.010	2.909	0.000	97.982	0.000	100.000
00013	0.010	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00014	0.020	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00015	0.030	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00016	0.040	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00017	0.050	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00018	0.060	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00019	0.070	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00020	0.080	2.909	0.000	97.981	0.000	100.000
00021	0.090	2.910	0.000	97.980	0.000	100.000
00022	0.100	2.910	0.000	97.980	0.000	100.000
00023	0.110	2.910	0.000	97.980	0.000	100.000
00024	0.120	2.910	0.000	97.980	0.000	100.000
00025	0.130	2.911	0.000	97.980	0.000	100.000
00026	0.140	2.911	0.001	97.980	0.000	100.000
00027	0.150	2.912	0.001	97.980	0.000	100.000
00028	0.160	2.913	0.002	97.980	0.000	100.000
00029	0.170	2.914	0.003	97.980	0.000	100.000
00030	0.180	2.915	0.004	97.980	0.000	100.000
00031	0.190	2.917	0.006	97.978	0.000	100.000
00032	0.200	2.919	0.008	97.976	0.000	100.000
00033	0.210	2.920	0.011	97.969	0.000	100.000
00034	0.220	2.922	0.013	97.964	0.000	100.000
00035	0.230	2.924	0.016	97.959	0.001	100.000
00036	0.240	2.926	0.020	97.954	0.001	100.000
00037	0.250	2.929	0.024	97.948	0.001	100.000
00038	0.260	2.932	0.029	97.941	0.001	100.000
00039	0.270	2.935	0.035	97.934	0.002	100.000
00040	0.280	2.938	0.042	97.927	0.002	100.000
00041	0.290	2.939	0.042	97.920	0.002	100.000
00042	0.300	2.939	0.041	97.913	0.002	100.000
00043	0.310	2.940	0.042	97.905	0.003	100.000
00044	0.320	2.940	0.041	97.897	0.003	100.000
00045	0.330	2.940	0.041	97.890	0.004	100.000
00046	0.340	2.940	0.040	97.882	0.004	100.000
00047	0.350	2.940	0.040	97.875	0.005	100.000
00048	0.360	2.940	0.040	97.868	0.005	100.000
00049	0.370	2.940	0.040	97.861	0.007	100.000
00050	0.380	2.940	0.040	97.854	0.007	100.000
00051	0.390	2.940	0.040	97.847	0.008	100.000
00052	0.400	2.940	0.040	97.840	0.009	100.000
00053	0.410	2.940	0.040	97.833	0.009	100.000

Structural Energy Text Result