

SeisHaz_GUI

Ver. 1.0

사용자 매뉴얼



PN's Solution

목 차

1. SeisHaz_GUI의 개요	1
1.1 SeisHaz_GUI의 특징	1
1.2 SeisHaz_GUI의 구조	2
1.3 SeisHaz_GUI의 수정 및 컴파일	2
1.4 SeisHaz_GUI 설치	2
1.5 단위 프로그램의 실행	3
1.6 매뉴얼의 글자 모양	3
2. SeisHazCal	4
2.1 시작하기	4
2.2 메뉴 항목	4
2.2.1 File	4
2.2.2 Edit	6
2.2.3 Hazard	34
2.3 논리수목	36
2.3.1 논리수목의 구축	36
2.3.2 논리수목의 그래픽 표출	38
2.4 입출력 파일	40
2.4.1 입력 파일	40
2.4.2 출력 파일	40
2.5 참고문헌	41
3. SeisHazPPr	42
3.1 시작하기	42
3.2 메뉴 항목	42
3.2.1 File	42
3.2.2 Select	44
3.2.3 Hazard	47
3.2.3A Work Type: Single site analysis I	47
3.2.3B Work Type: Single site analysis II	59
3.2.3C Hazard Mapping	64
3.2.4 Graph	69
3.2.5 Contribution	70
3.2.6 Correction	72
3.2.7 Application	73

3.3 설명 구획	74
3.4 참고문헌	74
4. DrawGMM	76
4.1 시작하기	76
4.2 메뉴 항목	76
4.2.1 File	76
4.2.2 Select	78
4.3 분석 옵션	83
4.3.1 선택정보 구획	83
4.3.2 지진동 모델 구획	83
4.3.2A Single Set	83
4.3.2.B Multiple Sets	85
4.3.3 그래프 옵션 구획	89
4.3.4 출력파일 구획	92
4.4 참고문헌	93
부록 A 예제에 사용된 입력변수	94
부록 B 지진동 모델 코딩	100
부록 C 규모-파일크기 관계식 코딩	105

1. SeisHaz_GUI의 개요

SeisHaz_GUI는 확률론적 지진재해도 분석(Probabilistic Seismic Hazard Analysis; PSHA) 프로그램이다. SeisHaz_GUI는 지진원 기반(Source-based) 프로그램으로서, 면적지진원¹⁾과 단층지진원에 의한 지진재해도를 계산한다.

1.1 SeisHaz_GUI의 특징

SeisHaz_GUI의 가장 큰 장점은 GUI(Graphic-User Interface)를 사용한다는 것이다. 해석적 불확실성(Epistemic Uncertainty)의 처리는 현대의 PSHA를 구성하는 핵심 요소 중의 하나다. 해석적 불확실성을 구성하는 인자는 매우 다양하여 문서편집기(Text Editor)를 사용하여 입력할 경우, 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 편집 오류의 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 GUI를 사용하였다. SeisHaz_GUI에서, 모든 입력은 그림 1-1과 같이, 다양한 대화창(Popup Dialog)을 통해 이루어진다. 대화창을 구성하는 입력란(Field)에는 입력값이 타당한 범위 내에 있음을 확인하는 기능이 있으며, 하나의 대화창 입력이 완료되면 전체적으로 입력 내용의 적합성을 확인하는 기능이 있어(예를 들면 여러 대안의 가중치 합은 1.0) 입력자료 편집 오류의 가능성을 현저하게 낮추었다. 또한, 입력 결과는 즉시 그래픽으로 구현되므로 오류 발생 여부를 시각적으로 확인할 수 있다. 대화창의 입력란에는 입력자료에 대한 간략한 설명이 제시되어 있어, PSHA에 대한 기본적인 지식만 있는 사용자도 올바른 분석을 수행할 수 있다.

The screenshot shows a dialog box titled "Edit Sub-Fault Source". It contains the following fields and controls:

- F01: 1 E
- Seismic Activity: 1.000 << 0.0~1.0
- Maximum Magnitudes section:
 - Mmin: 5.0 << As set in "Edit-Common Options"
 - Mmax: M01 | 7.0 | 1.000 (with dropdown arrow)
 - Buttons: New, Delete, Edit
- (a, b) Pairs section:
 - Table with columns: a, b, Weight
 - Row: S01 | 0.4170 | 1.0000 | 1.000 (with dropdown arrow)
 - Buttons: New, Delete, Edit
 - Legend:
 - a: annual rate of a whole sub-fault (M>Mmin)
 - b: Richter-b value
- Buttons: OK, Cancel

그림 1-1. 대화창 예시

1) 면적지진원(Area Source)의 진원 깊이는 고정된 것이 아니고 일정 구간에 분포하므로 체적지진원(Volume Source)이 더 적합한 용어나, 관례에 따라 면적지진원으로 표기한다.

1.2 SeisHaz_GUI의 구조

SeisHaz_GUI는 2개의 본 프로그램과 1개의 보조 프로그램으로 구성된다(그림 1-2). 이하에서 이들 3개의 프로그램은 각각 단위 프로그램이라 한다.

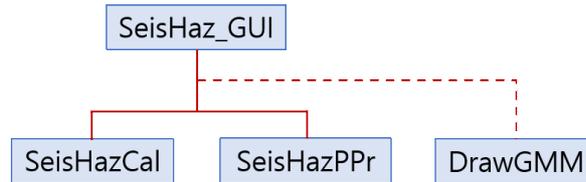


그림 1-2. SeisHaz_GUI의 구조

SeisHazCal은 SeisHaz_GUI의 핵심 프로그램으로서, 대화창을 통해 PSHA 입력자료 받아 논리수목(Logic Tree)을 구성한다. 그리고 논리수목의 종단가지(End Branch)에 대한 지진재해도를 계산하여 파일로 출력한다. **SeisHazPPr**은 후처리(Post-processing) 프로그램이다. SeisHazCal이 종단가지 별로 계산한 재해도로부터 재해도 곡선, 등재해도응답스펙트럼(Uniform Hazard Response Spectrum), 재해도 분해(Deaggregation) 등을 계산한다. 한편, **DrawGMM**은 일종의 유틸리티 프로그램이다. PSHA에 사용할 지진동 모델²⁾(Ground Motion Model; GMM)에 대한 부프로그램(Subroutine)을 검증하고, 지진동 모델의 특성을 분석한다. SeisHazCal과 DrawGMM에서 지진동 모델에 대한 부프로그램은 'include'를 통해 삽입되므로, DrawGMM에서 검증된 지진동 모델 부프로그램은 별도의 추가 작업 없이 그대로 SeisHazCal에서 사용할 수 있다.

1.3 SeisHaz_GUI의 수정 및 컴파일

SeisHaz_GUI는 Lahey-Fujitsu Fortran 7.7을 사용하여 작성되었다. 계산 모듈은 Fortran 90을 기반으로 하였으며, GUI는 “*Winteracter Starter Kit*”의 Fortran GUI Toolset을 이용하였다. 그러므로 SeisHaz_GUI의 소스코드(Source Code)를 수정한 경우(예를 들면 새로운 지진동 모델의 추가) GUI Application 옵션을 추가하여 컴파일해야 한다. 컴파일에 대한 자세한 방법은 Lahey-Fujitsu Fortran의 사용자 매뉴얼을 참고한다.

1.4 SeisHaz_GUI 설치

SeisHaz_GUI의 소스코드는 드라이브 C:\의 루트 디렉토리 환경에서 작성되었다. 그러므로 SeisHaz_GUI이 소스코드를 설치할 때에는 전체 파일을 드라이브 C:\의 루트 디

2) 과거에는 감쇄식(Attenuation relation) 또는 예측식(Predictive Equation)이라고 하였으며, 본 매뉴얼에서는 혼용한다.

렉토리에 복사해야 한다.

소스코드의 수정이 필요 없는 경우에는 실행파일만 복사해도 된다. SeisHaz_GUI의 실행파일은 'Windows 10 Enterprise'에서 생성된 것이다. 다른 버전의 윈도우에서 실행할 경우 프로그램이 실행되지 않거나, 일부 그래픽이 손상될 수 있다. SeisHaz_GUI의 실행파일만 복사하는 경우에는 실행파일을 하드 드라이브의 어느 곳에 복사해도 무방하다. 다만, "Winteracter Starter Kit"는 GUI 기능의 실현에 윈도우의 그래픽 자원을 이용하므로, 올바른 그래픽 표출을 위해 반드시 'manifest' 파일(예를 들어, SeisHazCal의 경우 SeisHazCal.exe.manifest)을 동일한 폴더에 함께 복사해야 한다. 실행파일 및 manifest 파일은 각 프로그램 모듈의 Debug 폴더에 있다. 예를 들어 DrawGMM의 실행파일 및 manifest 파일은 다음의 폴더에 있다.

C:\SeisHaz_GUI\DrawGMM\bin\Debug

1.5 단위 프로그램의 실행

각 단위 프로그램은 실행파일을 더블클릭함으로써 실행된다. 각 단위 프로그램의 실행파일은 그림 1-3과 같은, 고유의 아이콘을 갖고 있다.



그림 1-3. 단위 프로그램 아이콘: (좌) DrawGMM, (중) SeisHazCal, (우) SeisHazPPr

1.6 매뉴얼의 글자 모양

이 매뉴얼에서 글자 모양(Font)은 다음의 규칙에 따라 표기되었다.

- 메뉴항목(Menu Item)은 Courier 폰트를 사용한다.
- 상위 항목과 하위 항목 사이에 '-'를 넣는다(예: File-Open)

2. SeisHazCal

2.1 시작하기

SeisHazCal을 실행하면 그림 2-1과 같은 초기화면이 나타난다. 구역 ①은 Window Title로서 현재 실행하고 있는 프로그램이 SeisHazCal임을 나타내고 있다. 하이픈(-) 뒤의 'NoName'은 현재 작업하고 있는 파일의 이름으로서, 아직 파일 이름이 지정되지 않았음을 나타낸다(2.2.1절을 참고). 구역 ②는 Menu Bar이다(2.2절 참고). 구역 ③은 논리수목의 절점(Node)에 대한 설명이다. 예를 들어 첫 번째 절점은 지진원도(Source Map)에 대한 것으로서, 위 칸에는 지진원도의 번호(ID)가 표출되며, 아래 칸에는 해당 지진원도의 가중치(Weight)가 표출된다는 것을 의미한다(2.3절 참조). 대화창을 통해 사용자가 입력한 절점의 정보는 논리수목에 반영되어 그 결과가 즉각적으로 구역 ④에 그래픽으로 표출된다(2.3절 참조). 마지막으로 구역 ⑤는 Status Bar이다. Status Bar는 3개 부분으로 구성되어, 첫 번째 부분에는 선택 대상 메뉴항목(Menu Item)에 대한 간략한 설명이 표출되고, 두 번째 부분에는 현재까지 구성된 논리수목의 종단가지의 부지 당 수가 표출되며, 세 번째 부분에는 부지 당 지진원 조합의 수가 표출된다.

2.2 메뉴 항목(Menu Item)

그림 2-1의 구역 ②에 나타난 바와 같이 SeisHazCal이 제공하는 메뉴 항목은 총 4개이다. 각 메뉴항목은 여러 개의 소 메뉴항목을 갖는다.

2.2.1 File

SeisHazCal에서 작업한 모든 내용을 파일로 저장할 수 있으며, 저장한 파일을 나중에 불러들여 추가 작업을 하거나 수정할 수 있다. 이 파일의 확장자는 'job'이며 파일 저장 시 자동으로 부여된다. 메뉴항목 File은 Job 파일의 취급에 관한 5개의 소 메뉴항목을 포함하고 있다(그림 2-2).

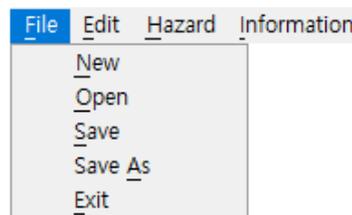


그림 2-2. 메뉴항목 File의 소메뉴 항목

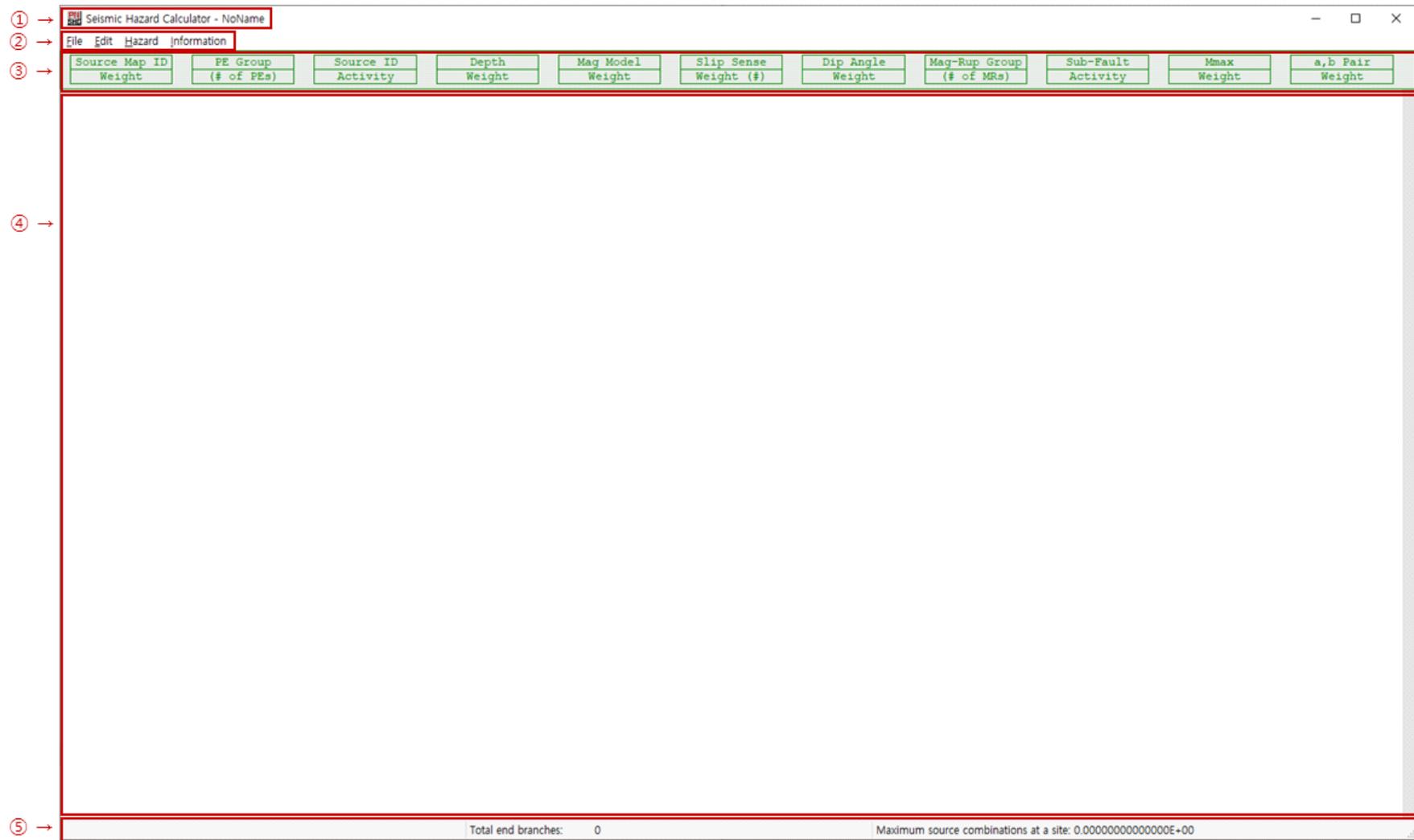


그림 2-1. SeisHazCal의 초기 화면

2.2.1.1 File-New

현재 진행하던 작업을 중단하고 새 작업을 시작한다. 모든 입력변수의 값이 초기화된다. 현재 작업을 처음 연(Open) 이후 저장하지 않은 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다. 저장된 이력이 없는 경우 NoName으로 표시된 파일 이름 대신 적절한 이름을 지정할 수 있으며, 저장된 이력이 있는 경우에는 현재의 이름으로 저장된다.

2.2.1.2 File-Open

기존에 작업한 파일을 연다. 만일 현재 작업하던 내용 중에 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다.

2.2.1.3 File-Save

현재 작업 중인 내용을 저장한다. 저장된 이력이 없는 경우(=NoName) 적절한 파일 이름을 지정할 수 있으며, 저장된 이력이 있는 경우에는 현재의 이름으로 저장된다.

2.2.1.4 File-Save As

현재 작업 중인 내용을 다른 이름으로 저장한다.

2.2.1.5 File-Exit

SeisHazCal을 종료한다. 만일 현재 작업하던 내용 중에 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다.

2.2.2 Edit

PSHA 계산에 필요한 자료를 입력한다. 총 4개의 소 메뉴항목이 있으며(그림 2-3), 소 메뉴항목마다 관련 자료를 입력하기 위한 대화창이 제공된다. Edit 메뉴는 SeisHazCal의 핵심 메뉴이다.

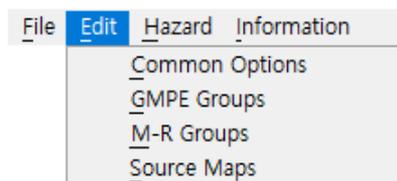


그림 2-3. 메뉴항목 Edit의 소메뉴 항목

2.2.2.1 Edit-Common Options

Edit 메뉴(그림 2-3)에서 소 메뉴 Common Options를 선택하면 그림 2-4와 같은 대화창이 나타난다.

Common Options

Project Title: Coord. System: lat(N)/lon(E), deg x/y, km

Minimum Magnitude: << 0.0~9.9 Maximum source distance (km):

Epsilon Bins
 No. of Bins:
 Upper Boundary Values (0.01~99.99) >>

Ground Motion Type
 PGA PGV PGD
 SA SV SD at Hz
 Use PGA as SA at Hz

Ground Motion Level
 No. of GM Levels:
 Acceleration - gals; Velocity - cm/s; Dispalcement - cm

Distance Bins
 No. of Bins:
 Upper Boundary Values (km) >>

Magnitude Bins
 No. of Bins:
 Upper Boundary Values >>

Site Condition & Location

 Single site Grid sites
 Lon/X: <-- Positive Eastward (X) --> Lon/X:
 Lat/Y: <-- Positive Northward (Y) --> Lat/Y:

그림 2-4. Common Options 입력을 위한 대화창

Common Options는 PSHA를 위해 기본적으로 입력해야 하는 항목으로서, 다른 모든 항목에 앞서 가장 먼저 입력해야 하는 공통 항목의 집합이다. 그러므로 대화창 Common Options가 완료되어야 후속 작업을 진행할 수 있다. Common Options를 완료하지 않은 상태에서 다른 메뉴를 선택할 경우 그림 2-5와 유사한 알림창이 나타난다.

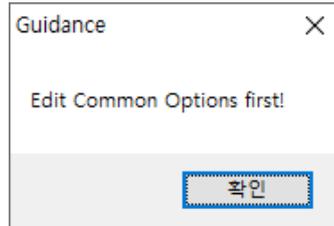


그림 2-5. Common Options 관련 알림창

위에서 첫 번째 입력란 Project Title에는 프로젝트를 정의하는 간단한 설명(33자 이내)을 입력한다. 이는 사용자의 편의를 위한 입력이다.

Coord. System에서는 위/경도 좌표계를 사용할 것인지, 아니면 직각 좌표계를 사용할 것인지 선택한다. 설명에 나타난 바와 같이, 위/경도 좌표계의 단위는 도(degree)이며 직각 좌표계의 단위는 km이다.

Minimum Magnitude에는 PSHA에 사용할 지진 규모의 최솟값(Mmin)을 입력한다. 0.0~9.9 사이의 값을 입력할 수 있으며, 이 범위 밖의 값은 입력이 거부되며, 다른 항목으로 진행할 수 없다.

Maximum Source Distance에는 재해도 계산에 포함된 지진원의 최단 거리(km)를 입력한다. 부지로부터 최단 거리가 이 거리보다 먼 지진원은 재해도 계산에서 제외된다. 체크박스가 체크되어야 거리를 입력할 수 있다. 그림 2-4에서는 체크박스가 체크되지 않았으므로 입력영역이 비활성화되어 거리를 입력할 수 없다.

Epsilon Bins에서는 Epsilon에 대한 재해도 분해를 위한 구간을 입력한다. No. of Bins 우측의 ▲ 또는 ▼을 클릭하여 구간의 수를 증가시키거나 감소시킨다. 최대 5개까지 선택할 수 있으며, 선택한 개수만큼의 입력영역이 활성화된다. 구간의 개수가 0인 경우에는 지진동 예측식의 변동성이 고려되지 않는다. 즉, 지진동 예측식의 평균값만 고려된다. 입력영역에 입력한 값은 각 Epsilon 구간의 상한값이다. 0.01~99.99 범위 내에서 구간의 상한값을 입력할 수 있으며, 입력된 구간에 대해 대칭으로 음(-)의 구간이 결정된다. 그러므로 그림 2-4의 경우 Epsilon 구간은 -3~-2, -2~-1, -1~0, 0~1, 1~2, 2~3의 6개 구간이다. Epsilon 구간의 상한값은 크기순으로 입력되어야 한다.

Ground Motion Type에서는 분석하고자 하는 지진동 종류를 결정한다. 첨두 지반 가속도(PGA), 지반속도(PGV), 지반변위(PGD)와 스펙트럼 가속도(SA), 속도(SV), 변위(SD) 중에서 선택할 수 있다. 스펙트럼 지진동(SA, SV, 또는 SD)을 선택한 경우 원하는 고유진동수 값을 추가로 입력해야 한다. 첨두 지진동(PGA, PGV, 또는 PGD)을 선택한 경우에는 고유진동수 영역이 비활성화된다. PGA를 SA의 고진동수 점근값으로 사용하고

자 하는 경우 체크박스 Use PGA as SA를 체크한다. 활성화된 고유진동수 입력영역에 적절한 진동수 값을 입력한다. 그림 2-4의 경우 PGA를 고유진동수 100 Hz의 스펙트럼 가속도로 이용한다는 것을 의미한다. 이는 스펙트럼 지진동이 선택된 경우에만 유효하다. 이를 더 자세히 설명하면 다음과 같다. SeisHazCal은 지진동 예측식별로 제시한 고유진동수에 대한 스펙트럼 지진동뿐만 아니라, 내삽을 통하여 두 고유진동수 사이의 고유진동수에서의 스펙트럼 지진동도 계산한다. 만일 지진동 예측식이 고유진동수 2, 5, 20 Hz에 대한 스펙트럼 지진동을 제공한다면 내삽을 통해 고유진동수 구간 [2, 20]의 모든 값에서 스펙트럼 지진동을 계산할 수 있다. 동일한 예측식에서 만일 Use PGA as SA를 체크하고 고유진동수 값을 그림 2-4와 같이 입력한 경우, 내삽의 통해 계산이 가능한 스펙트럼 지진동의 고유진동수 구간은 [2, 100]으로 확장된다. 그러나 Use PGA as SA를 체크 하지 않았을 경우, 내삽을 통해 제공 가능한 스펙트럼 지진동의 고유진동수 구간은 [2, 20]이다. PSHA는 하나의 지진동 종류에 대해 실행된다. 그러므로 등재해도 응답스펙트럼(Uniform Hazard Response Spectrum) 작성에서와 같이, 여러 가지 상이한 고유진동수의 지진동 예측식에 대한 재해도 분석이 필요한 경우에는 지진동 종류를 바꾸어 가면서 재해도 계산을 반복해야 한다.

Ground Motion Level에서는 재해도를 계산할 지진동의 수준을 입력한다. No. of Bins 우측의 ▲ 또는 ▼을 클릭하여 지진동 수준의 수를 증가시키거나 감소시킨다. 최대 20개까지 선택할 수 있으며, 선택한 개수만큼의 입력영역이 활성화된다. 구간의 최소 개수는 1이다. 지진동의 단위는 cgs 단위이다. 지진동 수준의 값은 크기순으로 입력되어야 하며, 이는 프로그램이 자동으로 점검한다.

Distance Bins에서는 거리에 대한 재해도 분해를 위한 거리 구간의 상한값을 입력한다. No. of Bins 우측의 ▲ 또는 ▼을 클릭하여 구간의 수를 증가시키거나 감소시킨다. 최대 20개까지 선택할 수 있으며, 선택한 개수만큼의 입력영역이 활성화된다. 구간의 최소 개수는 1이다. 거리의 단위는 km이다. 거리 구간의 하한값은 직전 거리 구간의 상한값이다. 단 첫 번째 거리 구간의 하한값은 0이다. 거리 구간의 상한값은 크기순으로 입력되어야 하며, 이는 프로그램이 자동으로 점검한다.

Magnitude Bins에서는 지진의 규모 대한 재해도 분해를 위한 규모 구간의 상한값을 입력한다. No. of Bins 우측의 ▲ 또는 ▼을 클릭하여 구간의 개수를 증가시키거나 감소시킨다. 최대 20개까지 선택할 수 있으며, 선택한 개수만큼의 입력영역이 활성화된다. 구간의 최소 개수는 1이다. 규모 구간의 하한값은 직전 규모 구간의 상한값이다. 단 첫 번째 규모 구간의 하한값은 위에서 입력한 Minimum Magnitude(Mmin)이다. 규모 구간의 상한값은 크기순으로 입력되어야 하며, 이는 프로그램이 자동으로 점검한다.

Edit Site Conditions는 누름버튼(Push Button)으로서, 이를 클릭하면 그림 2-6과 같이, 부지 변수를 입력하기 위한 새로운 대화창이 나타난다. 모든 지진동 예측식에 이러한 부지 변수가 필요한 것은 아니며, 대부분의 예측식이 이 중 일부의 부지 변수만을 사용한다. 그러므로 대화창 Edit Site Conditions의 부지 변수는, 사용할 지진동 예측식의 요건에 따라 입력한다. 즉 이 대화창의 Edit Site Conditions의 입력은

필수가 아니다. 다만, 이 대화창을 입력하지 않고 OK 버튼을 클릭하여 Common Options를 종료할 경우, Edit Site Conditions가 편집되지 않았다는 알림창이 나타난다.

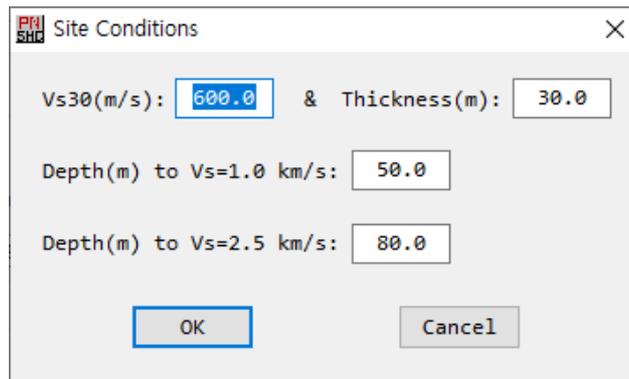


그림 2-6. 부지 변수 입력을 위한 대화창

마지막으로 부지 좌표의 입력이다. 한 부지에서 지진재해도를 분석하고자 하는 경우에는 Single Site를 선택한다. 그러면 좌측의 좌표 입력영역이 활성화되므로 여기에 부지 좌표를 입력한다. 재해도 Mapping을 수행하려면 Grid Sites를 선택한다. 활성화된 우측의 좌표 입력영역에 시작점 및 종료점의 부지 좌표와 그리드 간격을 입력한다.

2.2.2.2 Edit-GMPE Groups

Edit 메뉴(그림 2-3)에서 소 메뉴 GMPE Groups를 선택하면 그림 2-7과 같은 지진동 예측식 편집 대화창이 나타난다.

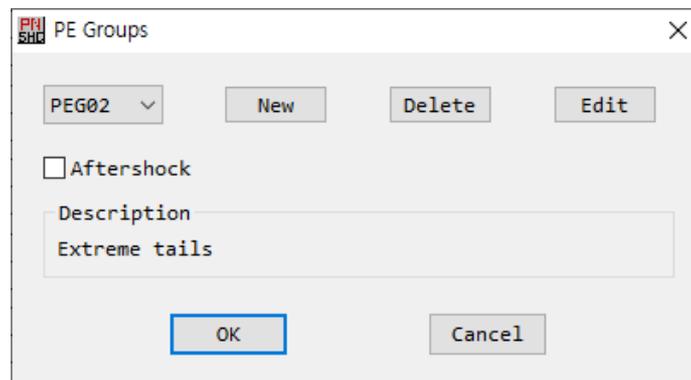


그림 2-7. 지진동예측식(GMPE) 그룹 편집을 위한 대화창

지진동예측식(GMPE)의 편집은 2단계로 구성된다. 1단계에서는 대화창 PE Groups(그림 2-7)을 통해 지진동 예측식 그룹을 편집하며, 2단계에서는 대화창 PEG Editing

(그림 2-8)을 통해 하나의 그룹을 구성하는 지진동 예측식을 선정하고 가중치를 부여한다. SeisHazCal은 Common Options(그림 2-4)에서 지정한 조건을 만족하는 지진동 예측식을 자동으로 추출하므로, 사전에 Common Options의 편집이 완료되었어야 한다. 그렇지 않은 경우, Common Options를 먼저 편집하라는 알림창이 나타난다. 먼저 지진동 예측식 그룹 관리 대화창 PE Groups(그림 2-7)에 대해 설명한다.

대화창 상단의 가장 왼쪽 박스는 드롭다운(Drop-down) 메뉴로서, 박스 우측의 √ 표식을 클릭하면 현재까지 편집한 모든 예측식 그룹이 나타난다. 그중에서 원하는 그룹명을 클릭하면 그 그룹에 대해 원하는 후속 작업을 할 수 있다. 예측식 그룹명은 자동으로 부여된다. 현재는 2번째 예측식 그룹(PEG02)이 선택되어 있음을 나타낸다. 처음으로 지진동 예측식 그룹을 편집하는 경우 편집된 지진동 예측식 그룹이 없으므로 드롭다운 메뉴에 아무것도 나타나지 않는다.

지진동 예측식 그룹을 처음 시작하는 경우 대화창 상단 좌측 2번째 누름버튼(New) 클릭한다. 그림 2-8과 같은 지진동 예측식 편집 대화창이 나타나면 원하는 예측식 선택, 예측식별 가중치 입력 등 필요한 편집을 시행한다(상세한 내용은 그림 2-8에 대한 설명을 참조한다). 새로운 지진동 예측식 그룹을 추가할 때도 이 누름버튼(New)을 클릭한다. 최대 10개의 지진동 예측식 그룹을 지정할 수 있다.

편집한 지진동 예측식 그룹 중 불필요한 것을 제거하려면, 드롭다운 메뉴에서 해당 그룹을 선택한 후 3번째 누름버튼>Delete)을 클릭한다.

이미 편집한 지진동 예측식 그룹을 재편집하려면, 드롭다운 메뉴에서 해당 그룹을 선택한 후 4번째 누름버튼>Edit)을 클릭하면 선택한 예측식 그룹을 편집하기 위한 대화창이 나타난다(그림 2-8 참조).

대화창 상단 2번째 줄의 체크박스(Aftershock)를 체크하면, 여진에 대한 지진동 예측값을 계산한다. 이 기능은 여진에 대한 지진동을 별도로 제공하는 지진동 예측식에 대해서만 유효하다. 원칙적으로 이러한 기능은 지진동 예측식별로 선택해야 하나, 현재는 모든 지진동 예측식 그룹에 일괄적으로 선택하도록 설정되어 있다. 이 기능은 단지 지진동 예측식의 기능을 시험(Hale et al., 2008)하기 위해 도입된 것으로서 실제 PSHA에서 사용할 일은 없을 것이다.

Description 박스에서는 현재 선택한 지진동 예측식에 대한 간략한 설명을 제공한다. 이 설명의 편집에 대해서는 아래 그림 2-8에서 설명한다.

앞에서 설명한 바와 같이, 누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 그림 2-8과 같은 지진동 예측식 편집을 위한 대화창이 나타난다. 이 대화창을 통해 2단계 지진동 예측식 편집 작업을 한다.

첫 번째 줄에는 현재 편집하고자 하는 지진동 예측식 그룹에 대한 정보가 나타난다. 즉, 현재 3번째 예측식 그룹(PEG03)을 편집하고 있으며, 지진동의 종류는 최대지반가속도(PGA)로서 이를 스펙트럼 가속도로 이용할 경우 고유진동수 50 Hz로 가정한다는 것을 알려준다(후자는 Common Options에서 선택한 것임을 상기하자).

박스 Extreme Tails에는 Extreme Tail(Hale et al., 2008)을 구현하기 위한 배수

(Multiplication factor)와 가중치를 기입한다. 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 원칙적으로 Extreme Tail은 지진동 예측식별로 적용해야 하나, SeisHazCal에서는 지진동 예측식 그룹별로 이 그룹에 속하는 모든 예측식에 똑같이 적용하도록 구현되어 있다.

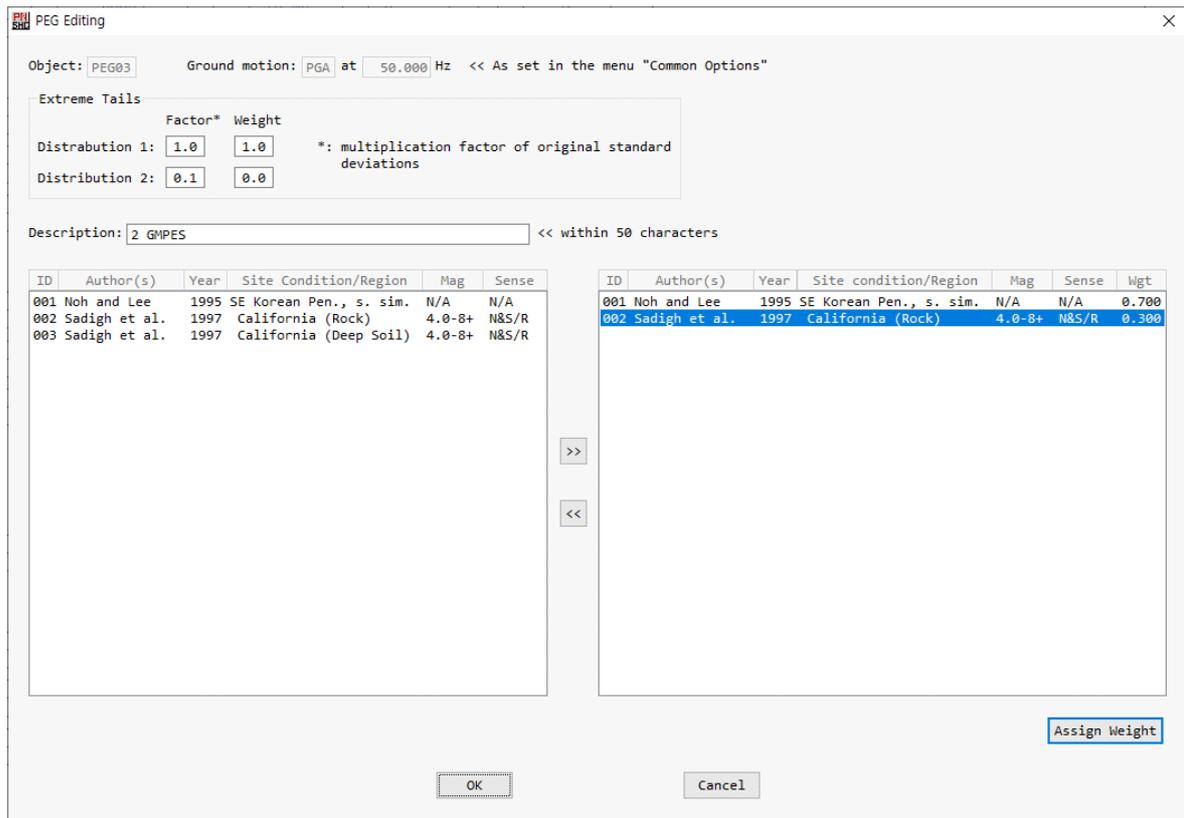


그림 2-8. 지진동예측식 그룹의 편집을 위한 대화창

Description 박스에는 현 지진동 예측식 그룹에 대한 설명을 50자 이내로 입력한다. 여기에 입력한 내용이 PE Groups(그림 2-7)의 Description 박스에 나타난다.

Description 박스 아래 2개의 박스 중 왼쪽 박스는 현재 SeisHazCal이 제공하는 지진동 예측식 중 Common Options에서 선택한 지진동 조건을 만족하는 예측식만을 보여주는 리스트박스(List box)이다. 최대 100개까지 지진동 예측식을 나열한다. 그러므로 SeisHazCal에는 여러 지진동 예측식에 대한 코딩이 사전에 완료되어 함께 컴파일되었어야 한다. 또한, 새로운 지진동 예측식이 추가될 때마다 다시 컴파일해야 한다. 지진동 예측식의 코딩에 대해서는 부록 B를 참조한다. 리스트의 왼쪽부터 예측식 ID, 저자, 출간연도, 부지 조건(암반/토양) 또는 연구 지역, 적용 규모 구간, 그리고 운동감각(Slip sense)에 대한 정보를 제공한다. 지진동 예측식은 ID를 통해 호출된다. 운동감각에 대한 표기에서 N/A는 운동감각을 지정하지 않은 예측식이며, N, S, R은 각각 정단층, 주향이동단층, 역단층을 의미한다. 원하는 예측식을 클릭하면 선택되고, 다시 클릭하면 선택이 해제된다. 복수 선택이 가능하다. 원하는 예측식을 선택한 후, 두 박스 사이의 >> 버

튼을 클릭하면 선택한 예측식이 오른쪽 리스트박스에 복사된다. 이러한 과정은 반복하여 수행할 수 있다. 반복과정에서 중복 선택된 예측식은 자동으로 제외된다(알림창 출현).

오른편의 리스트박스는 왼편의 리스트박스에서 선택한 예측식을 보여준다. 오른쪽 끝의 가중치(Weight: wgt)를 제외한 나머지 내용은 오른쪽 리스트박스에서의 내용과 동일하다. 만일 오른편 리스트박스에 나열된 예측식 중에서 선택을 취소하고자 하는 예측식이 있으면, 해당 예측식을 클릭한 후 << 버튼을 클릭한다. 한 번에 하나의 예측식만을 선택할 수 있다.

예측식별로 가중치를 부여해야 한다. 오른쪽 리스트박스에서 예측식 중 하나를 클릭한 후 박스 아래의 누름버튼 Assign Weight를 누르면 대화창 PE Weight가 나타난다(그림 2-9). 그림 2-9의 첫 번째 줄에는 현재 편집하고 있는 지진동 예측식에 대한 정보가 나타난다. 2번째 줄에는 현재까지 예측식별로 부여한 가중치의 합을 나타낸다. 모든 예측식에 부여된 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 3번째 줄에 현재 선택한 예측식에 대한 가중치를 입력한 후 OK 버튼을 클릭하면 해당 예측식에 대한 가중치 입력이 완료되고 이전 대화창(PEG Editing)으로 복귀한다. 이렇게 입력한 가중치는 그림 2-9의 오른쪽 리스트박스의 끝(Wgt)에 표시된다.

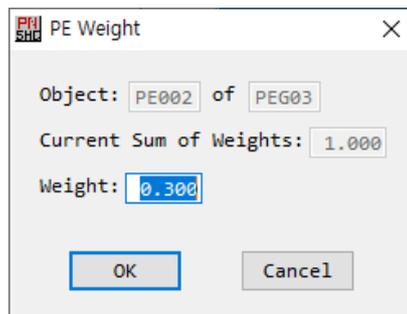


그림 2-9. 지진동예측식의 가중치 편집을 위한 대화창

2.2.2.3 Edit-M-R Groups

M-R Groups는 규모-파열크기 관계식 그룹을 의미한다. Edit 메뉴(그림 2-3)에서 소 메뉴 M-R Groups를 선택하면 그림 2-10과 같은 대화창이 나타난다.

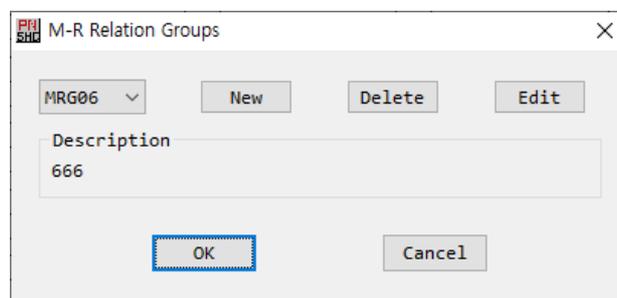


그림 2-10. 대화창 M-R Groups

규모-파열크기 관계식 그룹 편집 방법은 PE Groups 편집과 같다. 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면 대화창 MRG Editing이 나타난다(그림 2-11).

그림 2-11은 개별 M-R Group의 구성요소를 편집하기 위한 대화창이다. 편집 방법은 PEG Editing에서와 같다. 그러므로 SeisHazCal에는 여러 규모-파열크기 관계식에 대한 코딩이 사전에 완료되어 함께 컴파일되었어야 한다. 또한, 새로운 규모-파열크기 관계식이 추가될 때마다 다시 컴파일해야 한다. 규모-파열크기 관계식의 코딩에 대해서는 부록 B를 참조한다. 왼쪽 리스트박스에 나열된 내용을 설명하면 다음과 같다. 처음 4개 항목의 의미는 PEG Editing에서와 같다. 5번째 항목은 파열길이 (Length), 파열폭 (Width), 또는 파열면적 (Area) 중 어떤 것에 대한 관계식인지를 나타낸다. 마지막 항목은 어떤 운동감각에 대한 관계식을 제공하는지를 나타낸다. PEG Editing에서처럼 최대 100개의 M-R 관계식을 나열할 수 있다. PEG Editing에서와 같은 방법으로 왼쪽 리스트박스에 나열된 모든 관계식의 가중치를 편집한다. 모든 관계식에 대한 가중치의 합은 1.0이어야 한다.

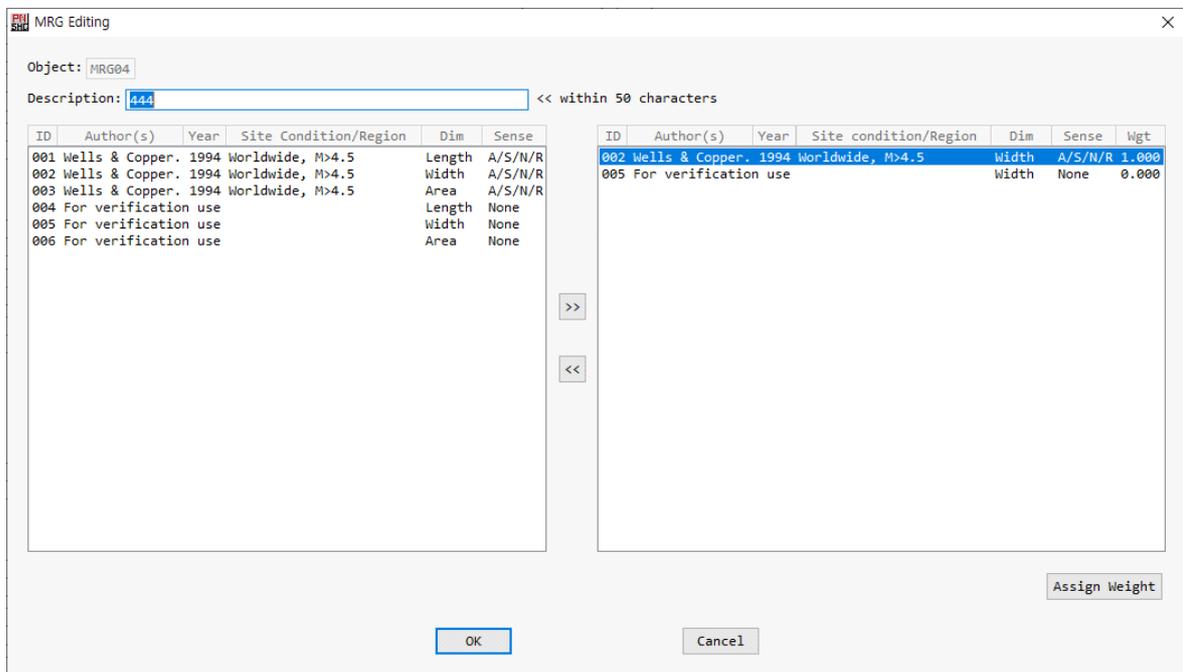


그림 2-11. MRG Editing 대화창

2.2.2.4 Edit-Source Maps

Edit 메뉴(그림 2-3)에서 소 메뉴항목 Source Maps를 선택하면 그림 2-12와 같은 대화창이 나타난다. 이 대화창과 몇 개의 부속 대화창을 통해 지진원도(Source Map)와 각 지진원도를 구성하는 지진원(Source), 그리고 각 지진원의 입력자료를 편집할 수 있다.

그림 2-12에서, 상단의 source Map은 편집된 지진원도 중에서 원하는 지진원도를

선택하기 위한 드롭다운 메뉴이다. 현재 지진원도 Map03이 선택되어 있다. 지진원도의 이름은 생성 순서에 따라 자동으로 지정된다. 최대 10개의 지진원도를 정의할 수 있다. 우측의 누름버튼 New를 클릭하여 새로운 지진원도를 추가하거나, Delete를 클릭하여 선택된 지진원도를 제거할 수 있다. 누름버튼 Edit를 클릭하면 그림 2-13과 같이, 선택한 지진원도(현재 Map03)에 적용할 지진동 예측식 그룹과 가중치를 편집하는 대화창이 나타난다. 누름버튼 Copy를 클릭하면 현재 선택한 지진원도(Map03) 전체를 복사한다. 복사된 지진원도는 복사전 마지막 지진원도 다음의 지진원으로(즉 Map04) 추가된다.

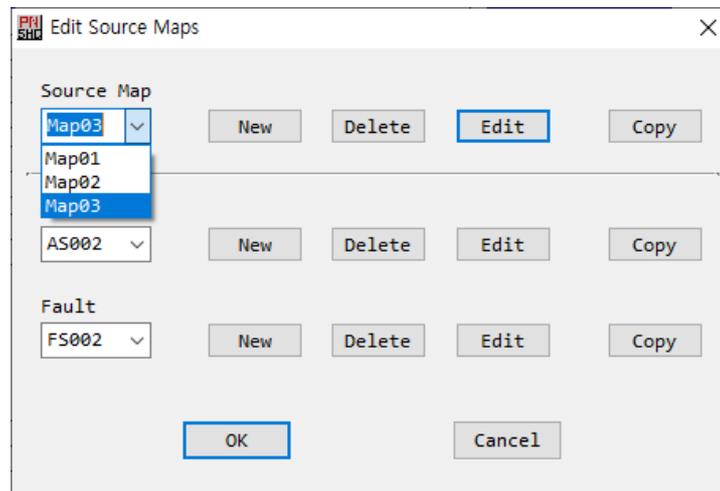


그림 2-12. 지진원도(Source Map) 대화창

지진원도의 가중치 편집을 위한 대화창(그림 2-13)의 첫째 줄은 편집 대상 지진원도의 이름을 보여준다. 둘째 줄에서는 지진원에 적용할 지진동 예측식 그룹을 지정한다. 드롭다운 메뉴의 표식 ∨을 누르면 Edit-GMPE Groups에서 편집한 지진동 예측식 그룹이 나타나며, 이 중 하나의 그룹을 선택하면 된다. 셋째 줄은 이전 지진원도에 부여한 가중치의 합을 보여준다. 넷째 줄의 입력 영역에 현 지진원도의 가중치를 입력한 후 누름버튼 OK를 클릭하면 이전 대화창 즉, 그림 2-12의 지진원도 대화창으로 복귀한다. 모든 지진원도에 대한 가중치 합은 1.0이어야 한다.

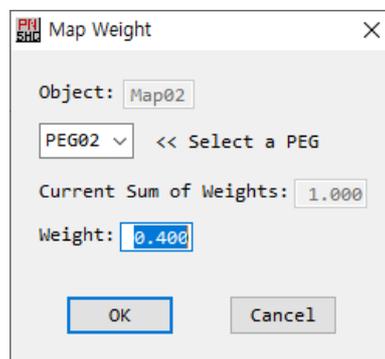


그림 2-13. 지진원도 가중치 편집 대화창

그림 2-12의 Source Map 드롭다운 메뉴에서 지진원도를 선택하면, 선택한 지진원도를 구성하는 면적지진원(Area)과 단층지진원(Fault)의 목록이 하단의 드롭다운 메뉴에 표시된다. 그림 2-12를 예로 설명하면, 현재 선택한 지진원도는 Map03이다. 이 지진원도를 구성하는 (3개의) 면적지진원 중 2번째 면적지진원인 AS002가 선택된 상태이며, (4개의) 단층지진원 중 2번째 단층지진원인 FS002가 선택된 상태이다. 현재까지 편집한 모든 지진원의 개수를 확인하거나 다른 지진원을 선택하고자 하는 경우 드롭다운 메뉴 우측 끝의 기호 \vee 를 클릭한다. 면적지진원과 단층지진원은 지진원도별로 각각 100개까지 정의할 수 있다. 지진원의 이름은, 면적지진원은 AS로, 단층지진원 FS로 시작하며 편집한 순서에 따라 번호가 자동으로 부여된다.

면적지진원 편집

그림 2-12의 면적지진원에 대한 드롭다운 메뉴(Area) 우측의 누름버튼 New를 클릭하여 새 면적지진원을 추가하거나, 누름버튼 Delete를 클릭하여 현재 선택한 면적지진원을 삭제할 수 있다. 또한, 오른쪽 끝의 누름버튼 Copy를 클릭하면 현재 선택한 면적지진원이 새로운 면적지진원으로 복사되어 마지막 지진원으로 추가된다. 선택한 면적지진원을 편집하려면 누름버튼 Edit를 클릭한다.

누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 그림 2-14와 같은, 면적지진원 편집을 위한 대화창 Edit Area Source가 나타난다.

Object: Area Source AS002 of Source Map Map03 Alternative of AS 1

Seismic Activity
Mmax: 1.000 << 0.0~1.0

Predictive Equation Group
PEG02 << From "Edit-GMPE Groups"

Vertex Coordinates
Unit: Lon(E)/Lat(N), deg << From "Edit-Common Options" Hollowed

Lon/X	Lat/Y	<< Counter-clockwise	Lon/X	Lat/Y	<< Counter-clockwise
V090	-122.00000	38.90100	V001	-122.00000	38.89900

(a, b) Pairs

a	b	Weight
S01	0.0395	0.9000 1.000

a: annual rate of a whole source (M>Mmin)
b: Richter-b value

Focal Depth

Upper	Lower	Apex	Weight
Z01	5.000	10.000	8.000 1.000

Upper, Lower: focal depth range (km)
Apex: only for triangular distribution (km)

Focal depth distribution:
 Uniform Triangular

Buttons: OK, Cancel

그림 2-14. 면적지진원 편집을 위한 대화창

첫째 줄 좌측에는 현재 편집하는 면적지진원에 대한 정보가 나타난다. 즉, 그림 2-14는 3번째 지진원도(Map03)의 2번째 면적지진원(AS002)을 편집하고 있다는 것을 알려주고 있다.

대화창 Edit Area Source는 고정된 형상(Geometry)의 면적지진원을 가정한다. 만일 지진원 경계의 불확실성으로 인해 다른 기하학적 형상을 고려해야 하는 경우, 먼저 하나의 형상에 대한 면적지진원의 편집을 완료한 후, 새 면적지진원을 추가하여 이를 두 번째 면적지진원(대안 지진원)으로 편집한다. 이때, 두 번째 면적지진원에서 체크박스 Alternative of AS를 반드시 체크 하여야 한다. 그 후 활성화된 입력영역에 첫 번째 면적지진원, 즉 기준 지진원의 번호(그림 2-14에서는 “1”)를 입력한다. 이때 주의할 점은, 지진원은 자신의 대안 지진원이 될 수 없다는 것이다. 그러므로, 만일 그림 2-14에서 자신의 번호인 “2”를 입력한 상태에서 OK 버튼을 누르면 오류를 알리는 알림창이 나타난다. 이렇게 함으로써, SeisHazCal은 이 면적지진원(AS002)을 면적지진원 AS001의 대안 면적지진원으로 인식한다. 만일 대안 면적지진원(AS002)에서 형태를 제외한 나머지 입력자료가 AS001과 큰 차이가 없다면, 지진원도 대화창(그림 2-12)에서 누름버튼 New 대신 Copy를 통하여 AS002를 생성하여 편집하면 시간과 노력을 절약할 수 있다. 총 면적지진원의 수가 100개를 초과하지 않는 범위에서 원하는 만큼의 대안 면적지진원을 정의할 수 있다(대안 면적지진원도 하나의 면적지진원으로 취급됨).

하나의 면적지진원에 대한 지진활동도(Seismic Acitivity)는 1.0이어야 한다. 그러므로 대안 면적지진원이 있는 경우, 모든 대안 면적지진원과 기준 면적지진원에 대한 지진활동도 합이 1.0이 되어야 한다. SeisHazCal은 지진원도 대화창(그림 2-12)을 종료하는 시점에서 지진원 별로 지진활동도(합)를 점검한다. 지진활동도(합)이 1.0이 아닌 경우 알림창이 나타난다. 지진활동도의 합이 1.0이 되도록 수정해야 다음 단계로 진행할 수 있다.

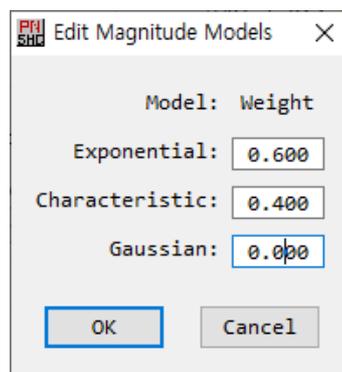


그림 2-15. 규모분포모델 편집 대화창

규모분포(Magnitude Distributions) 박스의 첫째 줄은 규모분포모델 설정을 위한 누름버튼이다. 누름버튼 Edit MDM을 클릭하면 규모분포모델 편집을 위한 대화창 Edit Magnitude Models가 나타난다(그림 2-15 참조). 지수모델(Exponential), 특

성지진모델(Characteristic), 가우스분포(Gaussian) 모델에 가중치를 부여하여 규모 분포에 대한 대안 모델을 구성할 수 있다. 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 특성지진모델에서 특성지진의 규모는 $m_{chr} = m_{max} - 0.25$ 이다.

규모분포 박스의 두 번째 줄은 최소규모(Mmin)가 5.0임을 알려준다. 이 값은 Edit-Common Options에서 사용자가 입력한 값이다.

규모분포 박스의 세 번째 줄은 최대규모(Mmax) 편집을 위한 도구를 제공한다. 첫 번째 박스는 현재까지 편집한 규모-가중치를 선택하는 드롭다운 메뉴이다. 왼쪽부터 Mmax의 이름(M01, 순차적으로 자동 부여), Mmax의 값(6.5), 가중치(1.000)를 나타낸다. Mmax를 최대 5개까지 설정할 수 있으며, 가중치의 총합은 1.0이어야 한다. 누름버튼 New를 클릭하여 새로운 Mmax를 추가하거나, Delete를 클릭하여 선택된 Mmax를 삭제할 수 있다. 기존에 편집한 Mmax를 수정하려면 누름버튼 Edit를 클릭한다.

누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 그림 2-16과 같은 Mmax 편집을 위한 대화창 Mmax가 나타난다. 첫째 줄은 2번째 면적지진원(AS002)의 첫 번째 Mmax(M01)를 편집하고 있음을 알려주고 있다. 두 번째 줄의 입력영역에 Mmax 값을 입력한다. 세 번째 줄은 현재까지 편집한 Mmax 가중치의 합을 나타내고 있다. 네 번째 줄의 입력영역에 가중치를 입력한다.

Mmax=Mmin인 경우, 앞에서 선택한 규모 분포와 무관하게 델타 분포가 가정된다.

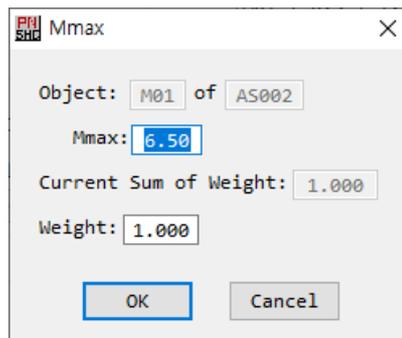


그림 2-16. Mmax 편집을 위한 대화창

대화창 Edit Area Source(그림 2-14)의 왼쪽 위에서 두 번째 박스에서 면적지진원에 적용할 지진동 예측식 그룹을 보여준다. 이 지진동 예측식 그룹은 지진원도 편집 대화창(그림 2-13)에서 선택한 것이다.

그 밑의 박스(Vertex Coordinates)에서는 면적지진원의 형상을 규정하는 좌표를 입력한다. 좌표의 단위는 Edit-Common Options에서 선택한 좌표계에 따른다. SeisHazCal에서 면적지진원의 경계는 단순 다각형(Simple Polygon)으로 근사 된다. 다각형의 변과 변은 교차하지 않아야 한다. 다각형의 꼭짓점 좌표는 반시계 방향으로 입력해야 한다. Vertex Coordinates의 드롭다운 메뉴에는 사용자가 입력한 꼭짓점의 좌표를 보여주는데, 왼쪽부터 꼭짓점 이름(v090), 경도 또는 x축 좌표(Lon/X), 위도 또는 y축 좌표(Lat/Y)이다. 꼭짓점의 이름은 입력순서에 따라 자동으로 부여된다. 누름버튼

New를 클릭하여 새로운 꼭짓점을 추가하거나, Delete를 클릭하여 현재 선택된 꼭짓점을 삭제할 수 있다. 특정 꼭짓점의 좌표를 변경하려면 드롭다운 메뉴에서 꼭짓점을 선택한 후 누름버튼 Edit를 클릭한다.

지진원도 편집 대화창(그림 2-12)에서 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면, 면적지진원 편집 대화창(그림 2-14)과 함께 그림 2-17과 같은 그래픽 창이 모니터 좌상 모퉁이에 나타난다. 이 그래픽 창에는 현재까지 입력한 면적지진원의 형상이 도시된다. 회색 음영 영역이 면적지진원의 내부이다. 지진원도 편집 대화창에서 누름버튼 New를 클릭한 경우, 이 그래픽 창은 아무것도 없는 빈 영역으로 나타난다. 면적지진원의 좌표가 3개 일 때 다각형(삼각형)이 그려지며, 좌표를 추가함에 따라 다각형의 형상이 갱신된다. 최대 100개의 꼭짓점을 갖는 다각형을 정의할 수 있다. 이 그래픽 창의 목적은 사용자가 입력한 면적지진원의 좌표를 시각적으로 확인하는 데 있다. 통상적으로 면적지진원 좌표 입력과정에서 많은 오류가 발생하며, 꼭짓점 좌표의 수가 증가할수록 오류 발생 가능성이 급격하게 증가한다. 그러므로 이 그래픽 창은 면적지진원 좌표의 입력오류 확인에 매우 유용하게 이용될 수 있다.



그림 2-17. Area Polygon 그래픽 창

면적지진원 편집 대화창(그림 2-14)에서 누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 면적지진원의 좌표 편집을 위한 대화창(그림 2-18)이 나타난다. 대화창의 첫째 줄에는 현재 편집 대상 좌표가 2번째 면적지진원(AS002)의 90번째 꼭짓점 좌표(v090)임을 나타낸다. 둘째 줄 Lon/X에는 경도 또는 x축 좌표를 입력한다. 경도의 경우 동쪽이 양(+)의 값이다. 셋째 줄 Lat/Y에는 위도 또는 y축 좌표를 입력한다. 위도를 사용하는 경우 북쪽이 양(+)의 값이다.

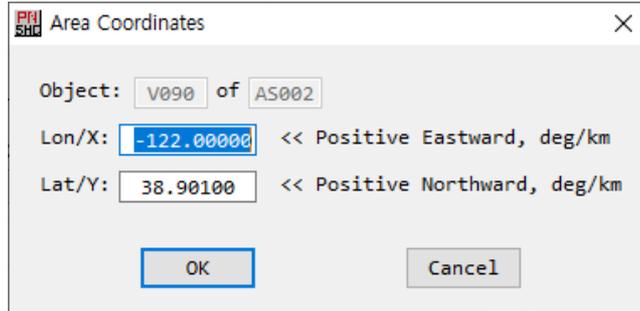


그림 2-18. 면적지진원 좌표 편집을 위한 대화창

하나의 면적지진원 내부에 다른 면적지진원이 존재할 때가 있다. 이 경우, 바깥의 지진원 측면에서 보면 내부의 지진원이 차지하는 영역은 공간(Hollow)이어야 한다. 면적지진원 안에 공간이 필요한 경우 체크박스 HOLLOWED를 체크 한다. 그러면 공간(Hollow) 형상을 결정하는 좌표를 입력할 수 있다. 좌표 입력 방법은 면적지진원 좌표 입력 방법과 같다. 공간의 형상 역시 그래픽 창에 도시된다. 그림 2-19는 원형의 면적지진원 내에 삼각형의 공간이 있는 경우를 보여준다. 공간의 좌표를 입력한 상태라도 HOLLOWED 체크를 취소하면 공간은 무시되며, 그 결과를 반영하여 그래픽 창이 갱신된다.

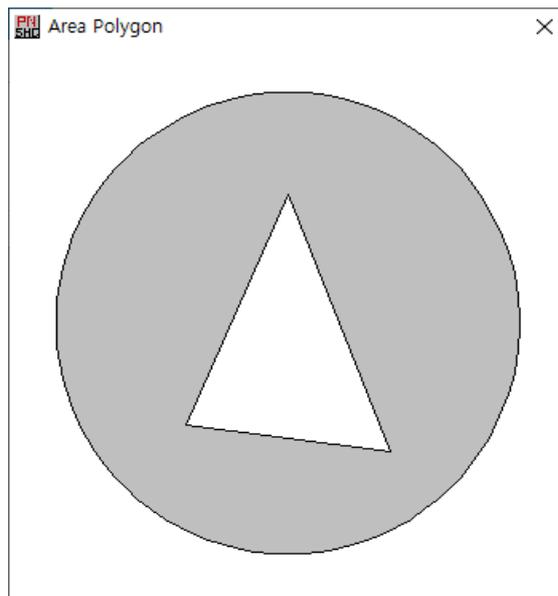


그림 2-19. 면적지진원 내 공간의 정의 예

다음은 (a,b) Pairs의 편집이다. (a,b) Pairs는 Gutenberg-Richter의 규모-빈도 관계식 $\log N = a - bM$ 의 상수이다. SeisHazCal에서는 a와 b를 독립적인 변수로 취급하지 않으므로, 쌍으로 묶어 입력한다. (a,b) Pairs 편집 박스의 드롭다운 메뉴에서 현재까지 편집한 (a,b) Pair를 확인하거나 선택할 수 있다. 드롭다운 메뉴의 좌측부터

(a,b) Pair의 이름(s01), a 값(0.0395), b 값(0.9000), 가중치(1.000)가 표시된다. 최대 10개의 쌍을 입력할 수 있으며, 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 드롭다운 메뉴 밑에 설명된 바와 같이, a는 면적지진원 전체에서 발생한 지진 중 최소지진(Mmin)보다 크거나 같은 지진의 연간 발생빈도이다. 면적지진원에서 발생한 총 연간 발생빈도를 입력한다. 누름버튼 New를 클릭하여 새 (a,b) Pair를 추가하거나, 드롭다운 메뉴에서 불필요한 (a,b) Pair를 선택한 후 Delete를 클릭하여 삭제할 수 있다. 이미 편집한 (a,b) Pair를 수정하려면 드롭다운 메뉴에서 해당 항목을 선택한 후 누름버튼 Edit를 클릭한다. 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면 (a,b) Pair를 편집하는 대화창이 나타난다(그림 2-20).

첫 줄에는 현재 편집하는 (a,b) Pair에 대한 정보가 나타난다. 즉, 그림 2-20에서 현재 2번째 면적지진원(AS002)의 첫 번째 (a,b) Pair(S01)를 편집하고 있음을 알 수 있다. 둘째 줄과 셋째 줄의 입력영역에 a 값과 b 값을 입력한다. 넷째 줄은 현재까지 편집이 완료된 (a,b) Pairs 가중치의 합이 나타난다. 다섯째 줄의 입력영역에 현재 편집 중인 (a,b) Pair의 가중치를 입력한다. 여섯째 줄의 누름버튼은 이동률(Slip Rate)로부터 a 값을 계산하는 기능을 부르기 위한 버튼인데, 이 기능은 단층지진원에서만 사용되므로 단층지진원에서 다시 설명하겠다.

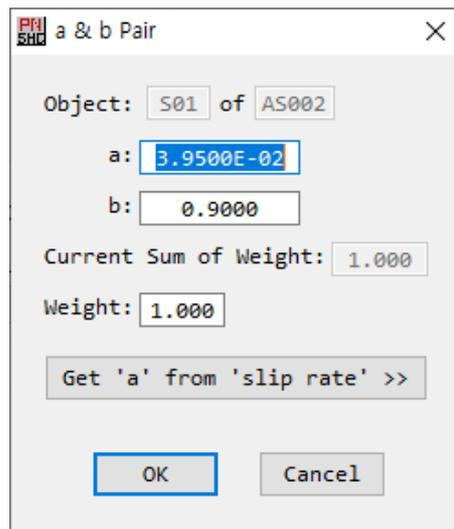


그림 2-20. (a,b) Pair 편집을 위한 대화창

면적지진원 편집 대화창(그림 2-14) 좌측 하단의 누름버튼 Edit Slip Senses를 클릭하면 운동감각(Slip Sense) 편집을 위한 대화창이 나타난다(그림 2-21). 총 3가지 Case를 설정할 수 있으며, 각 Case에서 주향이동단층(Strike), 정단층(Normal), 역단층(Reverse)의 3가지 운동감각을 가중치와 함께 조합할 수 있다.

그림 2-21의 대화창 우측 끝의 가중치(Weight)는 하나의 Case에 대한 가중치이다. 전체(3개) Case에 대한 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 각 Case에서 3가지 운동감각에 대한 가중치를 입력한다. 이때 3가지 운동감각에 대한 가중치의 합 역시 1.0이어야 한

다. 여기서 유의할 점은, 이 가중치들은 운동감각에 대한 가중치로서, 대화창 우단의 Case에 대한 가중치와 다르다는 것이다. 그림 2-21에서 Case-1은 주향이동단층, 정단층, 역단층에 각각 0.1, 0.5, 0.4의 가중치를 부여하여 조합한 경우이며, Case-2는 주향이동단층, 정단층, 역단층에 각각 0.3, 0.4, 0.3의 가중치를 부여하여 조합한 경우이다. 그리고 Case-1과 Case-2에 각각 0.7과 0.3의 가중치가 부여된다. Case-3은 가중치가 0.0이므로 이 조합은 사용되지 않으며, 이 경우에는 운동감각에 대한 가중치의 합이 1.0이 아니어도 상관없다.

Slip:	Strike	Normal	Reverse	Weight
Case-1:	0.100	0.500	0.400	0.700
Case-2:	0.300	0.400	0.300	0.300
Case-3:	0.000	0.000	0.000	0.000

If slip senses are not available, input zeros (0) in fields for all senses, but non-zero in the field for the weight.

그림 2-21. 운동감각 편집을 위한 대화창

면적지진원의 경우, 우세한 운동감각이 결정되지 않은 경우가 많다. 그런 경우에는 그림 2-22처럼, 모든 운동감각의 가중치를 0.0으로 입력하고, Case-1의 가중치만 1.0으로 입력하면 된다.

Slip:	Strike	Normal	Reverse	Weight
Case-1:	0.000	0.000	0.000	1.000
Case-2:	0.000	0.000	0.000	0.000
Case-3:	0.000	0.000	0.000	0.000

If slip senses are not available, input zeros (0) in fields for all senses, but non-zero in the field for the weight.

그림 2-22. 운동감각 편집을 위한 대화창: 운동감각을 지정하지 않는 경우 예

면적지진원 지진특성 편집의 마지막 단계는 진원깊이(Focal Depth)의 설정이다. 한 때 진원깊이의 불확실성을 고려하기 위해, 몇 개의 진원깊이를 가중치와 함께 설정한 사례가 많았다. 이는 진원깊이의 변동성을 해석적 불확실성(Epistemic Uncertainty)으로 간주한 것이다. 그러나 진원깊이의 불확실성은 지진발생에 내재된 확률적 불확실성(Aleatory Uncertainty)이므로 해석적 불확실성으로 취급해서는 안된다(Bommer, 2008). 확률적 불확실성을 취급하기 위해 진원깊이에 대한 확률분포가 필요하다. 그림 2-14의 진원깊이 박스의 하단의 라디오 버튼과 같이, SeisHazCal은 진원깊이에 대한 확률분포 모델로 균질분포(Uniform)와 삼각분포(Triangular)를 제공한다(그림 2-23 참조). 하나의 면적지진원에 대해 하나의 확률분포 모델을 선택할 수 있다. 사용자는 선택한 확률분포 모델에 대해 적절한 매개변수의 값을 입력한다. 확률분포 모델(Uniform 또는 Triangular)이 같더라도 확률분포 모델을 구성하는 매개변수의 값이 다르면 다른 확률분포이다. 하나의 확률분포에 대해 총 10개의 확률분포 매개변수 집합을 설정할 수 있다. 확률분포 매개변수 집합에 대한 가중치의 총합은 1.0이어야 한다.

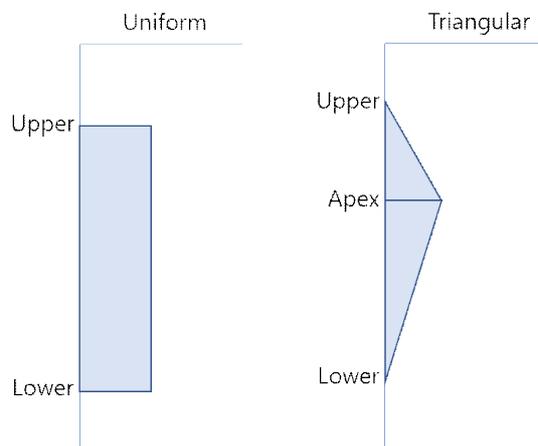


그림 2-23. 진원깊이 분포함수

누름버튼 New를 클릭하여 새 분포를 추가하거나, Delete를 클릭하여 선택한 분포를 삭제할 수 있다. 누름버튼 Edit를 클릭하여 선택한 확률분포를 수정할 수 있다. 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면 진원 확률분포의 매개변수 편집을 위한 대화창이 나타난다(그림 2-24).

첫째 줄에는 현재 편집하는 확률분포에 대한 기본 정보가 나타난다. 입력영역 Upper, Lower, Apex의 의미는 그림 2-23을 참조한다. Apex는 삼각분포에만 필요한 매개변수이다. 그림 2-14에서 균질분포를 선택하였으므로, 이 입력영역은 비활성화 되어 있다. 그림 2-14에서 삼각분포를 선택한 경우에는 Apex 입력영역이 활성화된 대화창이 나타난다. Weight 입력영역에 현 확률분포의 가중치를 입력한 후 OK 버튼을 클릭하면 그림 2-14로 복귀한다.

어떤 영역에서 발생하는 지진의 진원깊이에 대해 1개 또는 몇 개의 고정된 값을 가

정한다면, 기하학적 특성으로부터 면적지진원(Area Source)이라는 용어가 적절할 수 있다. 한편 그림 2-23과 같이 진원깊이가 일정 영역에 걸쳐 분포한다고 가정하면, 이때는 면적지진원보다는 체적지진원(Volume Source)이라는 용어가 더 적합하다. 그럼에도 불구하고 본 사용자 매뉴얼에서는 면적지진원이라는 용어를 사용할 것이다. 이는 단지, 새로운 용어를 만들지 않기 위한 방편일 뿐이다.

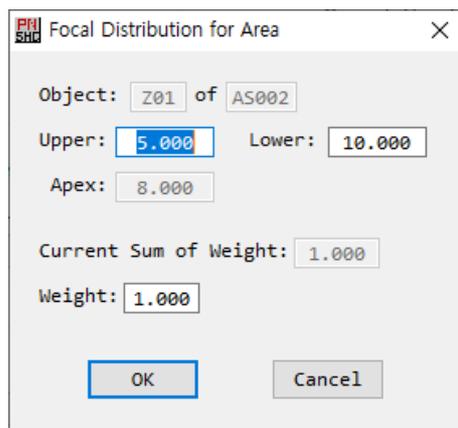


그림 2-24. 진원분포 매개변수 편집을 위한 대화창

이상과 같이 그림 2-14의 면적지진원 편집을 완료한 후 OK 버튼을 클릭하면, SeisHazCal이 각종 입력자료(주로 가중치)가 규칙에 맞게 입력되었는지 확인한 후 이상이 없으면 그림 2-12의 지진원도 편집을 위한 대화창으로 복귀한다. 이상이 있는 항목에 대해서는 알림창이 나타나므로, 이를 참조하여 해당 항목을 적절하게 수정한다.

단층지진원 편집

그림 2-12에서 단층지진원 드롭다운 메뉴(Fault) 우측의 누름버튼 New를 클릭하여 새 단층지진원을 추가하거나, 누름버튼 Delete를 클릭하여 현재 선택한 단층지진원을 삭제할 수 있다. 또한, 오른쪽 끝의 누름버튼 Copy를 클릭하면 현재 선택된 단층지진원이 새로운 단층지진원으로 복사되어 마지막 단층지진원으로 추가된다. 이미 편집한 단층지진원을 다시 편집하려면 누름버튼 Edit를 클릭한다. 누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 그림 2-25와 같이 단층지진원 편집을 위한 대화창 Edit Fault Source가 나타난다.

첫째 줄 좌측에는 현재 편집하는 단층지진원에 대한 정보가 나타난다. 즉, 그림 2-25는 1번째 지진원도(Map01)의 3번째 단층지진원(FS003) 편집을 위한 대화창임을 알려주고 있다.

대화창 Edit Fault Source는 고정된 형상(Geometry)의 단층지진원을 가정한다. 만일 단층연장(Fault Trace)의 불확실성으로 인해 다른 단층연장을 고려해야 하는 경우, 먼저 하나의 단층연장에 대한 단층지진원(기존 단층지진원)의 편집을 완료한 후, 새 단층

지진원을 추가하여 이를 두 번째 단층지진원(대안 단층지진원)으로 편집한다. 이때, 두 번째 단층지진원에서는 체크박스 Alternative of FS를 반드시 체크하여야 한다. 그 후 활성화된 입력영역에 첫 번째 단층지진원, 즉 기준지진원의 번호(그림 2-25에서는 “1”)를 입력한다. 이때 주의할 점은, 지진원은 자신의 대안 지진원이 될 수 없다는 것이다. 그러므로, 만일 그림 2-25에서 자신의 번호 “3”을 입력한 상태에서 OK 버튼을 누르면 오류를 알리는 알림창이 나타난다. 이상의 과정은 면적지진원에서와 동일하다. 이렇게 함으로써, SeisHazCal은 이 단층지진원(FS003)을 기준 단층지진원 FS001의 대안 단층지진원으로 인식한다. 만일 대안 단층지진원(FS004)에서 단층연장을 제외한 나머지 입력자료가 FS001와 큰 차이가 없다면, 지진원도 대화창(그림 2-12)에서 누름버튼 New 대신 Copy를 통하여 FS003을 생성하여 편집하면 시간과 노력을 절약할 수 있다. 총 단층지진원의 수가 100개를 초과하지 않는 범위에서 원하는 만큼의 대안 단층지진원을 정의할 수 있다(대안 단층지진원도 하나의 단층지진원으로 취급됨).

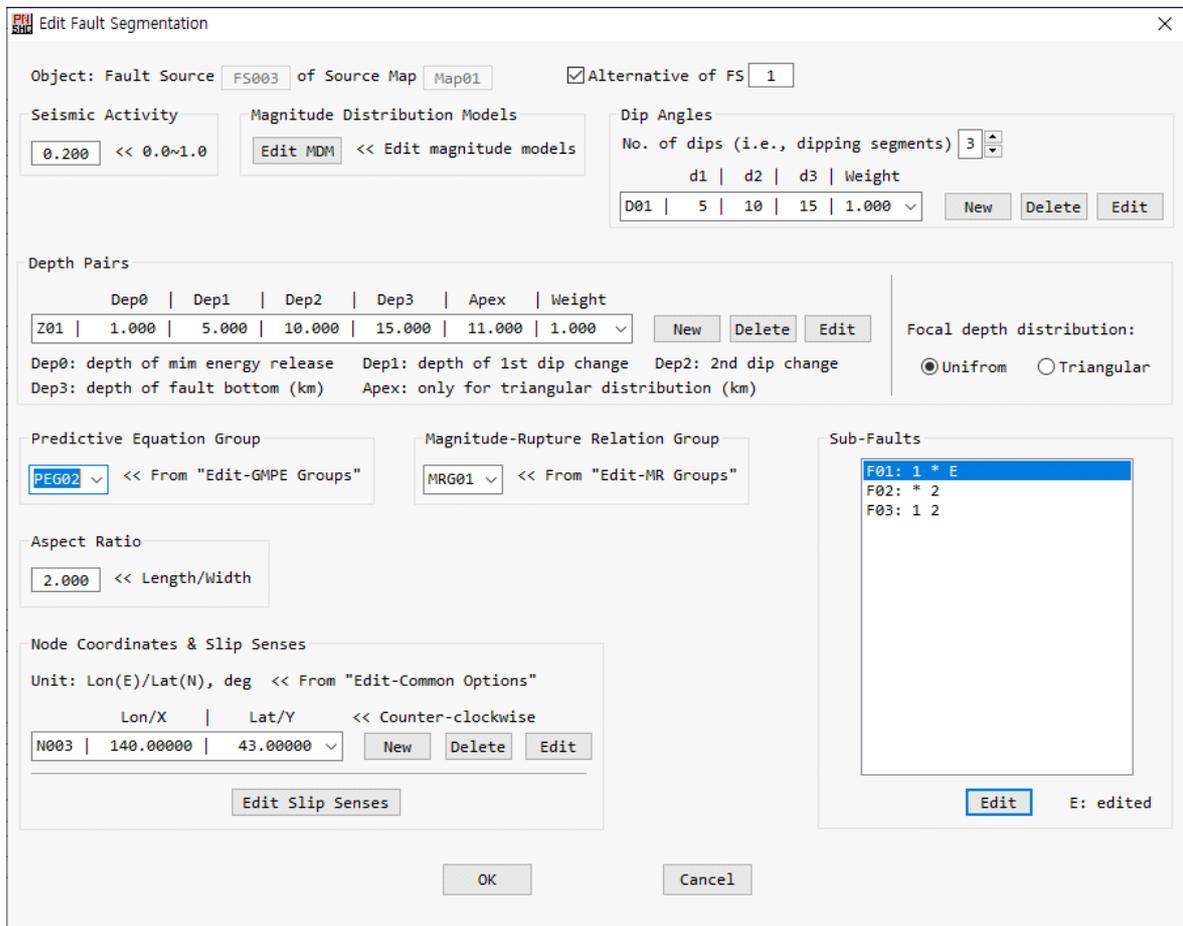


그림 2-25. 단층지진원 편집을 위한 대화창

하나의 단층지진원의 지진활동도(Seismic Acitivity)는 반드시 1.0이어야 한다. 그러므로 대안 단층지진원이 있는 경우, 모든 대안 단층지진원과 기준 지진원에 대한 지

진활동도 합이 1.0이 되어야 한다. SeisHazCal은 지진원도 대화창(그림 2-12)을 종료하는 시점에서 지진원별로 지진활동도(합)를 점검한다.

규모분포모델(Magnitude Distribution Models) 박스는 규모분포모델 설정 기능을 제공한다. 누름버튼 Edit MDM을 클릭하면 그림 2-26과 같이 규모모델 편집을 위한 대화창 Edit Magnitude Models가 나타난다. 이 대화창은 면적지진원의 규모분포모델 편집을 위한 대화창(그림 2-15)과 같다. 지수모델(Exponential), 특성지진모델(Characteristic), 가우스분포(Gaussian) 모델에 가중치를 부여하여 규모분포에 대한 대안 모델을 구성할 수 있다. 가중치의 합은 1.0이어야 한다.

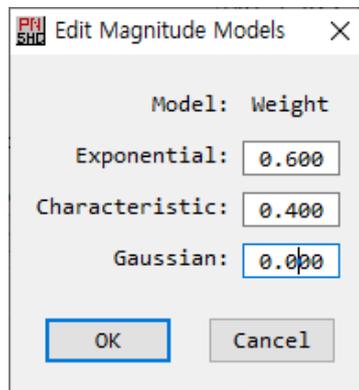


그림 2-26. 규모모델 편집 대화창

규모분포모델 박스 우측의 경사(Dip Angles) 박스에서 단층의 경사를 편집할 수 있다. SeisHazCal은 총 3개의 경사면(Dipping Segment)을 수용할 수 있다(그림 2-27 참조).

단층 경사의 측정 방법은 단층연장(Fault Trace)을 나타내는 절점(Node)의 입력순서와 관련된다. 단층연장을 두 다리 사이에 두고, 하나의 절점에서 다음 절점을 바라보고서 있는 상태에서, 단층연장의 오른쪽 수평면에서 경사를 측정하면 양(+)의 값이고, 왼쪽 수평면에서 측정하면 음(-)의 값이다. 측정단위는 도(Degree)이다. 그러므로 단층의 경사는 $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 의 값을 갖는다. 단, 0° 의 값(수평면)은 사용할 수 없다. 또한 경사는 단층연장의 굴곡에 관계 없이, 단층 전체 걸쳐 일정한 것으로 가정한다. 경사를 편집하려면, 먼저 경사면(Dipping Segments)의 수를 입력해야 한다. 단층경사 박스 상단의 입력영역 옆의 ▲을 클릭하여 경사면의 수를 늘리거나 ▼을 클릭하여 줄일 수 있다. 총 3개의 경사면을 정의할 수 있다. 그 밑의 드롭다운 메뉴에서 현재까지 편집한 경사 값을 확인하거나 특정 편집 값을 선택할 수 있다. 드롭다운 메뉴의 첫 번째 표식(D01)은 경사 옵션의 이름으로서 현재 첫 번째 옵션이 선택된 상태임을 나타낸다. 이후의 d1, d2, d3는 경사면의 경사를 나타낸다(그림 2-27 참조). 위에서 설정한 경사면 수만큼의 값만이 표시된다. 예를 들어, 2개의 경사면을 설정했다면, d3의 값은 표시되지 않는다. 마지막으로 현재 경사 옵션의 가중치(weight)가 나타난다. 최대 5개까지 경사 옵션을 설정할 수 있으며, 모든 경사 옵션의 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 누름버튼 New를 클릭하

여 새로운 경사 옵션을 추가하거나, Delete를 클릭하여 선택된 경사 옵션을 삭제할 수 있다. 기존에 편집한 경사 옵션을 재편집하려면 누름버튼 Edit를 클릭한다.

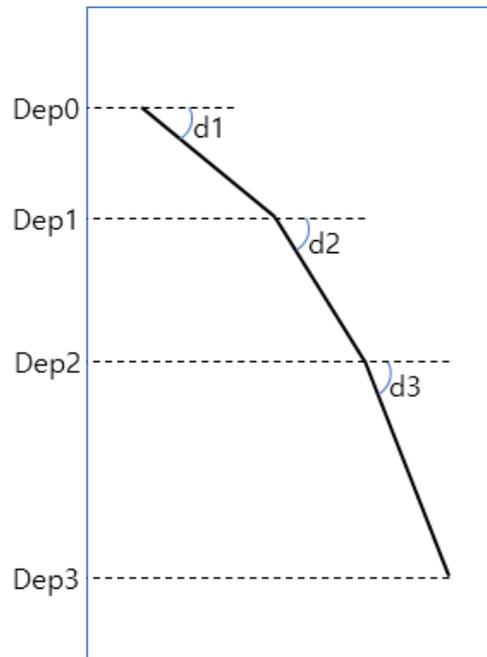


그림 2-27. 단층 경사면의 경사와 경사면 깊이의 정의

누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 경사 옵션 편집을 위한 대화창 Dip Angles가 나타난다(그림 2-28).

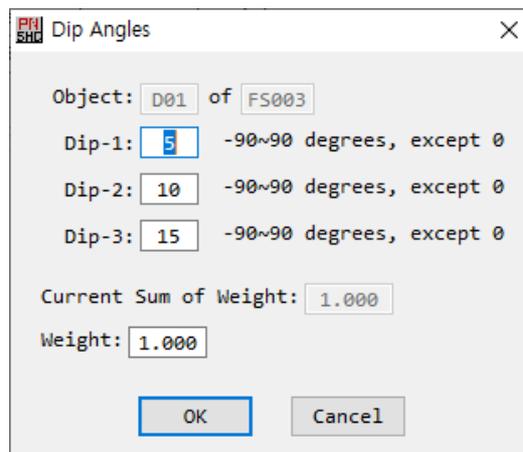


그림 2-28. 경사 옵션 편집을 위한 대화창

첫 번째 줄은 현재 편집하는 경사 옵션이 3번째 단층지진원(FS003)의 1번째 경사 옵션(D01)임을 나타낸다. 그다음 3개의 입력영역에 경사면의 경사를 입력한다. 전술한 바와 같이 경사는 $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 사이의 값이며, 0° 는 입력할 수 없다. 전 단계에서 설정한

경사면의 수만큼의 입력영역만 활성화된다. 예를 들어, 전 단계에서 2개의 경사면을 설정하였다면, 입력영역 Dip-3는 비활성화된다. 다음 줄에는 현재까지 편집한 경사 옵션 가중치의 합을 나타내며, 그 밑의 입력영역에 현재 경사 옵션의 가중치를 입력한다. 모든 입력값 편집이 완료되면 OK 버튼을 클릭하여 이전 단계의 대화창(그림 2-25)으로 복귀한다.

깊이 쌍(Depth Pairs) 박스에서 단층 경사면의 깊이와 진원깊이에 대한 분포모형을 설정한다. 깊이 쌍 옵션은 경사면의 깊이뿐만 아니라, 진원깊이에 대한 삼각분포모형의 Apex를 포함하고 있다.

그림 2-25의 깊이 쌍 드롭다운 메뉴는 왼쪽부터 깊이 쌍의 옵션 번호(z01)가 표시되며, 뒤이어 4개의 경사면 깊이가 표시된다. 최대 10개의 깊이 쌍이 정의될 수 있으며, 모든 쌍에 대한 가중치의 합은 1.0이어야 한다. 전술한 바와 같이, 최대 3개의 경사면이 정의될 수 있으며, 경사면(Dipping Segment) 3개의 깊이를 표현하기 위해 4개의 깊이 정보가 필요하다(그림 2-27 참조). 경사면의 수는 경사각 박스에서 설정한 값을 따른다. 경사면의 수가 3보다 작은 경우, 예를 들어 1개인 경우, Dep3와 Dep4는 표시되지 않는다. 하단에 설명된 바와 같이 Dep-0은 첫 번째 경사면의 상단 깊이로서, 전체 단층면의 상단 깊이와 같다. 여기에서 단층면의 상단 깊이는 탄성에너지가 방출되는 최소깊이로서, 실제 단층의 기하학적 형상과 다를 수 있다는 점에 유의한다. 즉, 실제 단층면이 지표까지 연장되더라도, 지표 가까운 부분에서는 실질적인 탄성에너지가 방출되지 않으므로, Dep-0은 0보다 큰 값으로 지정될 수 있다. 나머지 깊이는 각 경사면의 하단 깊이를 나타낸다. Apex는 진원깊이가 삼각분포(그림 2-23 참조)를 따를 때 첨두(Apex)의 위치이다. 즉 단층지진원에서 첨두의 위치는 경사면의 깊이와 함께 정의된다. 드롭다운 메뉴의 끝에 깊이 쌍 옵션의 가중치가 표시된다. 누름버튼 New를 클릭하여 새로운 깊이 쌍 옵션을 추가하거나, Delete를 클릭하여 선택된 깊이 쌍 옵션을 삭제할 수 있다. 기존에 편집한 깊이 쌍 옵션을 재편집하려면 누름버튼 Edit를 클릭한다.

누름버튼 New나 Edit를 클릭하면 깊이 쌍 편집을 위한 대화창 Depths for Fault가 나타난다(그림 2-29).

첫째 줄은, 현재 3번째 단층지진원(FS003)의 첫 번째 깊이 쌍(z01)을 편집하고 있음을 알려주고 있다. 그 밑으로 경사면의 깊이 설정을 위한 4개의 입력영역이 있다. 경사면의 개수가 3개보다 작은 경우, 불필요한 입력영역은 비활성화된다. 그 밑의 영역은 Apex의 위치 설정을 위한 입력영역으로서, 뒤에 설명할 진원깊이 분포모형에서 삼각분포모형을 설정한 경우에만 활성화된다. 진원깊이에 대해 균질분포 모델을 선택한 경우, Apex 값은 사용되지 않는다.

깊이 쌍 박스의 오른쪽에서 원하는 진원깊이 모델을 선택한다. Hale(2008)에 따라, SeisHazCal은 진원깊이가 단층 파열면의 중앙에 있는 것으로 가정한다. 또한 SeisHazCal에서 단층 파열면은 단층면을 벗어날 수 없다. 그 결과, 진원깊이는 단층면 상단과 하단으로부터 단층 파열면 폭의 1/2보다 안쪽에 분포하며, 이러한 조건에 따라 그림 2-24의 진원깊이 분포함수가 결정된다.

그림 2-29에서 다음 줄은 현재까지 편집한 깊이 쌍 옵션들의 가중치 합을 나타내고 있다. 마지막 줄의 입력영역에 가중치를 입력한 후 OK 버튼을 클릭하여 이전 단계의 대화창(그림 2-25)으로 복귀한다.

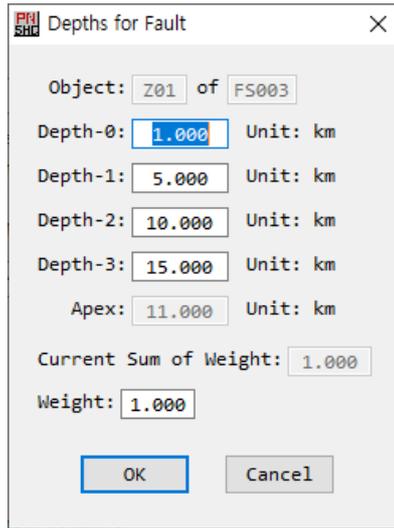


그림 2-29. 깊이 쌍 편집을 위한 대화창

그림 2-25의 깊이 쌍 박스 밑의 왼쪽 박스는 단층지진원에 적용할 지진동 예측식 그룹을 나타낸다. 이 지진동 예측식 그룹은 지진원도 편집 대화창(그림 2-13 설명 참조)에서 선택한 것이다.

지진동 예측식 박스 오른쪽에서는 규모-파열 관계식 그룹을 선택한다. 드롭다운 메뉴의 표식 \vee 을 누르면 Edit-M-R Groups에서 편집한 규모-파열 관계식 그룹이 나타나며, 이 중 하나의 그룹을 선택하면 된다.

다음 단의 형상비(Aspect Ratio) 박스에 파열면의 형상비를 입력한다. 형상비는 단층 파열면의 길이와 폭의 비로서 파열면의 길이를 폭으로 나눈 값이다. SeisHazCal은 이 형상비에 따라 단층 파열면을 구현한다. 그러나 파열면이 커짐에 따라 파열면의 길이나 폭 중 어느 하나가 단층면의 길이나 폭을 초과할 수 있다. 이 경우, 파열면이 단층면을 벗어나지 않도록 형상비를 포기하고 파열면의 면적을 유지한다. 파열면이 단층면보다 큰 경우에는 전체 단층면이 파열되는 것으로 간주한다. 즉, 어떤 경우에도 파열면은 단층면을 초과하여 벗어나지 않는다.

단층지진원 편집을 위한 대화창(그림 2-25)의 하단에서는 단층tjs(Fault Trace)의 절점 좌표와 단층의 운동감각(Node Coordinates & Slip Sense)을 편집한다. SeisHazCal에서 단층지진원은 단층면 상단의 수평좌표(그림 2-30)와 지하에서의 단층경사(그림 2-27)로 표현된다. 전술한 바와 같이, 단층면 상단은 실제 단층면의 상단이 아니고 에너지 방출 최소깊이에서의 단층면 상단이다.

단층면 상단은 단층선의 절점 좌표로 기술된다. 단층선의 양단 중 어느 한 지점에서 시작하여 순차적으로 단층선의 절점 좌표를 입력한다. 어느 쪽에서 시작했는가에 따라

경사 측정값의 부호가 달라진다는 점에 유의한다.

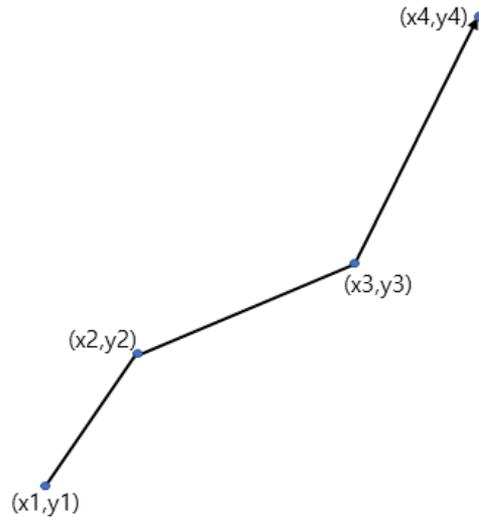


그림 2-30. 단층연장 절점의 좌표

절점 좌표 및 단층의 운동감각(Node Coordinates & Slip Sense) 박스에서 누름 버튼 New, Delete, Edit를 이용하여 절점 좌표의 추가, 삭제, 편집을 수행할 수 있다. 최대 10개까지 절점 좌표를 입력할 수 있다. 그러므로 최대 9개의 단층면(Segment)을 정의할 수 있다. 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면, 절점 좌표 편집 대화창(그림 2-31)과 함께 그림 2-32과 같은 단층선 그래픽 창이 모니터 좌상단 모퉁이에 나타난다. 대화창(그림 2-31)의 첫째 줄에는 현재 편집 대상 좌표가 3번째 단층지진원(FS003)의 3번째 절점좌표(N003)임을 나타낸다. 둘째 줄 Lon/X에 경도 또는 x축 좌표를 입력하고, 셋째 줄 Lat/Y에 위도 또는 y축 좌표를 입력한다. 좌표의 단위는 Edit-Common Options에서 선택한 좌표계에 따른다.

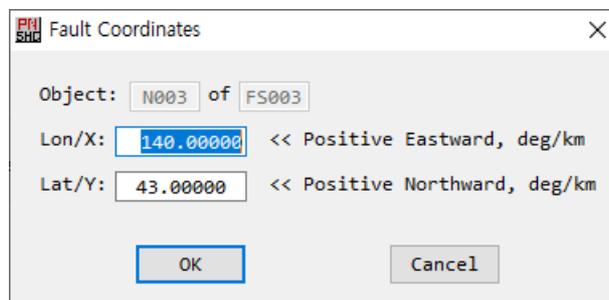


그림 2-31. Area Polygon 그래픽 창면적지진원 좌표 편집을 위한 대화창

단층선 그래픽 창(그림 2-32)에는 현재까지 입력한 단층선의 형상이 도시된다. 입력한 절점 좌표의 수가 2보다 작은 경우, 이 그래픽 창은 아무것도 없는 빈 영역으로 나타난다. 절점 좌표가 2개 일 때 단층선이 그려지며, 좌표를 추가함에 따라 단층선의 형상

이 갱신된다. 절점 좌표로 정의된 단층선(Trace)의 중심에 경사의 방향을 나타내는 삼각형 표식이 나타난다. 경사가 90°인 경우에는 경사 표식이 원으로 나타난다. 이 그래픽 창의 목적은 사용자가 입력한 단층지진원의 좌표를 시각적으로 확인하는 데 있다.

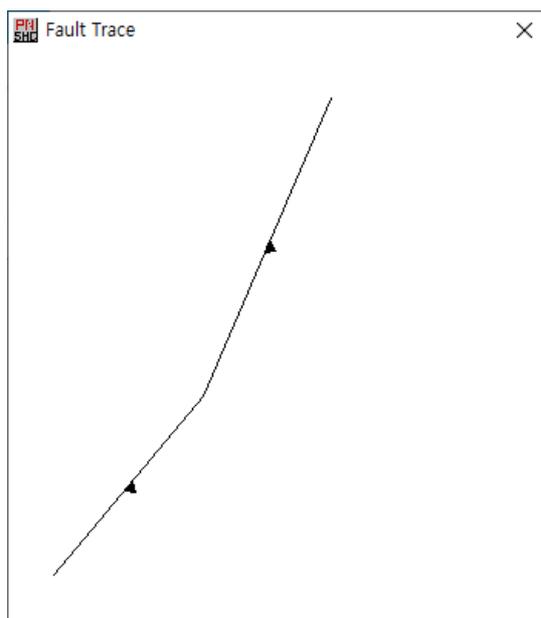


그림 2-32. Fault Trace 그래픽 창

절점 좌표의 편집을 위한 메뉴 밑에는 단층의 운동감각 편집을 위한 누름버튼이 있다. 누름버튼 Edit Slip Senses를 클릭하면 면적지진원에서 설명한 그림 2-21과 동일한 대화창이 나타난다. 이 대화창을 통해 운동감각을 편집하는 방법은 면적지진원에서와 같다.

대화창 Edit Fault Segmentation(그림 2-25)의 하단 우측은 분절에 의한 부단층(Sub-Faults)을 편집하는 영역이다. 하나 이상의 분절(Segment)로 구성된 부단층에서, 이 부단층을 구성하는 모든 분절은 서로 인접하여야 한다. 그러므로 총 n 개의 분절로 구성된 단층에서 가정할 수 있는 부단층의 개수는 $n(n+1)/2$ 개다. SeisHazCal은 좌표절점을 입력할 때마다 가능한 부단층을 구성하여 대화창 Edit Fault Segmentation에 나열한다(그림 2-33). 그림 2-33은 그림 2-25에서 해당 부분만을 잘라낸 그림이다. 현재 절점좌표가 3개이므로 가능한 부단층의 개수는 3개이다. 그림 2-33에서, F01, F02, F03은 SeisHazCal이 자동으로 부여한 부단층의 이름이다. 부단층 이름 우측에서, 숫자는 활성으로 가정된 분절이며, 별표(*)는 비활성으로 가정된 분절이다. 즉 F01에서는 1번 분절만 활성으로 가정되고, F02에서는 2번 분절만 활성으로 가정되며, F03에서는 두개 분절 모두 활성으로 가정된다. 분절의 번호는 절점 좌표의 입력순서에 따라 부여된다. 오른쪽 끝에 알파벳 E는 이 부단층의 지진특성이 편집되었음을 지시한다. 그림에서 부단층 F02와 F03은 지진특성이 편집되지 않은 상태이다. 지진특성 편집이 완료되지 않은 부단층은 비활성으로 간주되어 재해도 계산에 포함되지 않는다.

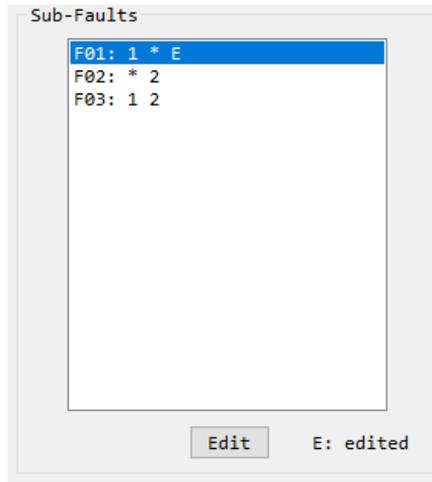


그림 2-33. 부단층 편집 영역

부단층의 지진특성을 편집하려면 먼저 해당 부단층을 마우스 좌측 버튼으로 클릭하여 선택한 후, 아래의 누름버튼 Edit를 클릭한다. 그러면 그림 2-34와 같이, 부단층의 지진특성 편집을 위한 대화창이 나타난다.

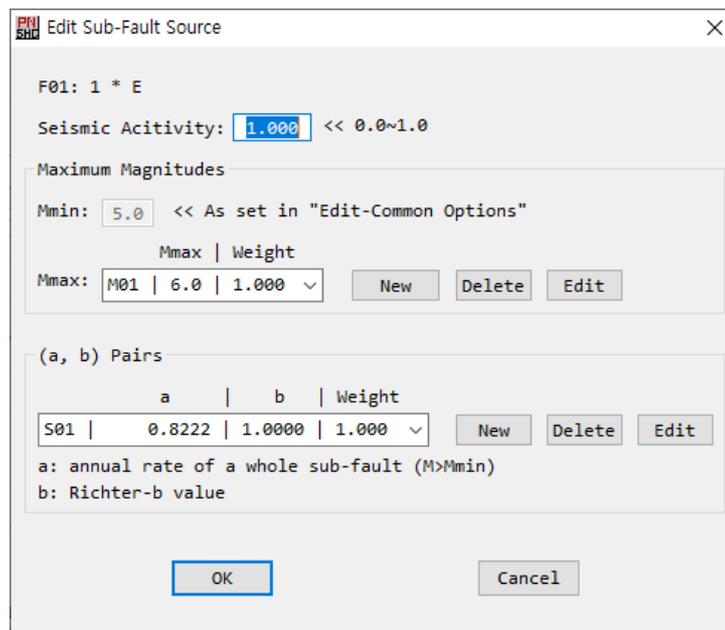


그림 2-34. 부단층 지진특성 편집 대화창

첫째 줄에는 현재 편집하고 있는 부단층의 정보가 표시된다. 둘째 줄 입력영역에 이 부단층의 지진활동도(Seismic Activity)를 입력한다. 지진활동도는 미래에 이 부단층이 운동할 가능성이다. 모든 부단층의 지진활동도 합은 1.0이어야 한다. 부단층의 지진활동도가 0.0보다 크면 이 부단층이 편집된 것으로 간주된다. 부단층이 편집되지 않은

상태로 되돌리려면 해당 부단층의 지진활동도를 0.0으로 하면 된다. 최대지진(Maximum Magnitude) 박스에서 부단층의 최대지진 규모(Mmax)를 편집한다. 누름버튼 New, Delete, Edit를 이용하여 최대지진 규모의 추가, 삭제, 편집을 수행할 수 있다. 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면, 면적지진원에서 설명한, 그림 2-16과 동일한 Mmax 편집 대화창이 나타난다. Mmax 편집 방법은 그림 2-16에 대한 설명을 참조한다. (a,b) Pairs 박스에서 (a,b) 쌍을 편집한다. 누름버튼 New, Delete, Edit를 이용하여 (a,b) 쌍의 추가, 삭제, 편집을 수행할 수 있다. 누름버튼 New 또는 Edit를 클릭하면, 그림 2-20과 동일한 (a,b) 쌍 편집 대화창이 나타난다. 면적지진원에서와 같이 (a,b) 쌍의 값을 직접 입력할 수도 있다. 단층지진의 경우 누름버튼 Get 'a' from 'slip rate'를 클릭하여 단층의 이동률(Slip Rate)로부터 a 값을 계산할 수 있다. 누름버튼 Get 'a' from 'slip rate'를 클릭하면, 이동률로부터 a 값 계산을 위한 대화창이 나타난다(그림 2-35). 위에서부터 지진모멘트-모멘트규모 관계식의 계수, 규모분포모델(Exponential/Characteristic), Richter-b 값, Rigidity, Slip rate를 입력한 후 누름버튼 Calculate activity >>를 클릭하면 계산된 a 값이 누름버튼 우측에 나타난다. Mmin, Mmax, Fault area는 자동으로 입력된다. 특히, Mmax는 부단층 지진그성 편집 대화창(그림 2-34)의 Mmax 메뉴에서 현재 선택된 값이다. 규모분포가 델타 분포(Mmax=Mmin)인 경우 Richter-b 값은 사용되지 않는다.

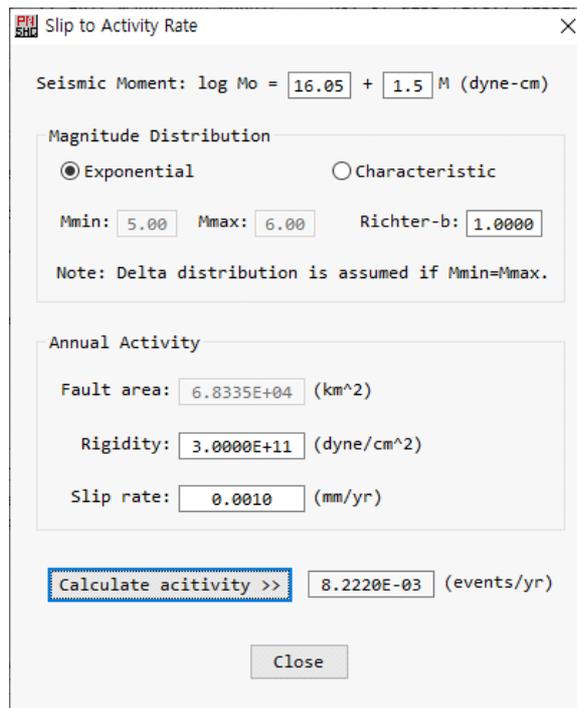


그림 2-35. 이동률로부터 a 값 계산을 위한 대화창

단층지진원의 지진특성 편집(그림 2-15)을 마치고, OK 버튼을 클릭하면 그림 2-12의 지진원도 편집 대화창으로 복귀한다. 모든 단층지진원과 면적지진원의 편집이 완료되었

다면 OK 버튼을 클릭하여 Root Window로 복귀한다.

2.2.3 Hazard

수치적분에 필요한 파라메타를 결정하고, PSHA 계산을 시행한다. 총 2개의 소 메뉴 항목이 있으며(그림 2-36), 소 메뉴항목마다 관련 자료를 입력하기 위한 대화창이 제공된다.

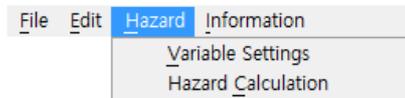


그림 2-36. 메뉴항목 Hazard의 소메뉴 항목

2.2.3.1 Hazard-Variable Settings

Hazard 메뉴(그림 2-36)에서 소 메뉴 Variable Settings를 선택하면 그림 2-37과 같은 대화창이 나타난다.

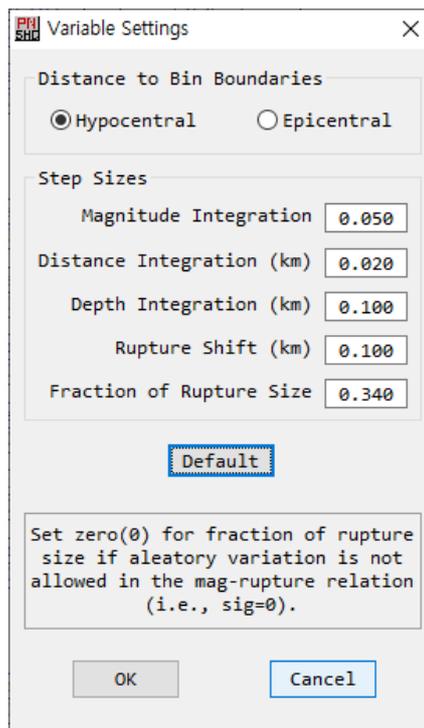


그림 2-37. 수치적분을 위한 파라메타 편집 대화창

상단의 라디오 버튼에서, 거리의 종류가 진원거리(Hypocentral)인지, 아니면 진앙거리(Epicentral)인지 결정한다. 단계 값 박스 Step Sizes에서는 수치적분에 필요한 파

라메타의 값을 결정한다. 규모에 대한 적분 단계 값(Magnitude Integration)과 거리에 대한 적분 단계 값(Distance Integration)은 면적지진원과 단층지진원 모두에 공통적으로 적용되므로, 이 두 값은 항상 적절한 값으로 입력되어야 한다. 깊이에 대한 적분 단계 값(Depth Integration)은 단층지진원에는 항상 필요하나, 면적지진원에서 깊이 분포가 고려된 경우, 즉 체적지진원인 경우에 필요하다. Rupture Shift는 단층의 면적보다 파열면적이 작은 경우, 단층면 내에서 파열면이 이동할 때 이동량의 크기를 나타낸다. 그러므로 이 값은 단층지진원에서만 필요하다. Fraction of Rupture Size는 규모-파열 관계식의 확률적 불확실성에 대한 적분을 위한 단계 값이다. 이 값은 규모-파열 관계식의 확률적 불확실성을 나타내는 표준편차에 대한 비율(Fraction)로서, 단층지진원에만 필요한 값이다. 만일 규모-파열 관계식의 확률적 불확실성을 고려하지 않는다면 0.0을 입력한다. 이상의 수치적분 단계 값은 주어진 문제에 따라 다를 것이다. 그러나 기본값을 사용하고자 하는 경우 누름버튼 Default를 클릭한다. 그림 2-37에 나타난 값은 기본값으로서, PEER(2008)의 검증모델에 대한 검증계산 과정에 사용한 값이다.

2.2.3.2 Hazard-Hazard Calculation

Hazard 메뉴(그림 2-36)에서 소 메뉴 Hazard Calculation을 선택하면 그림 2-38과 같은 대화창이 나타난다.

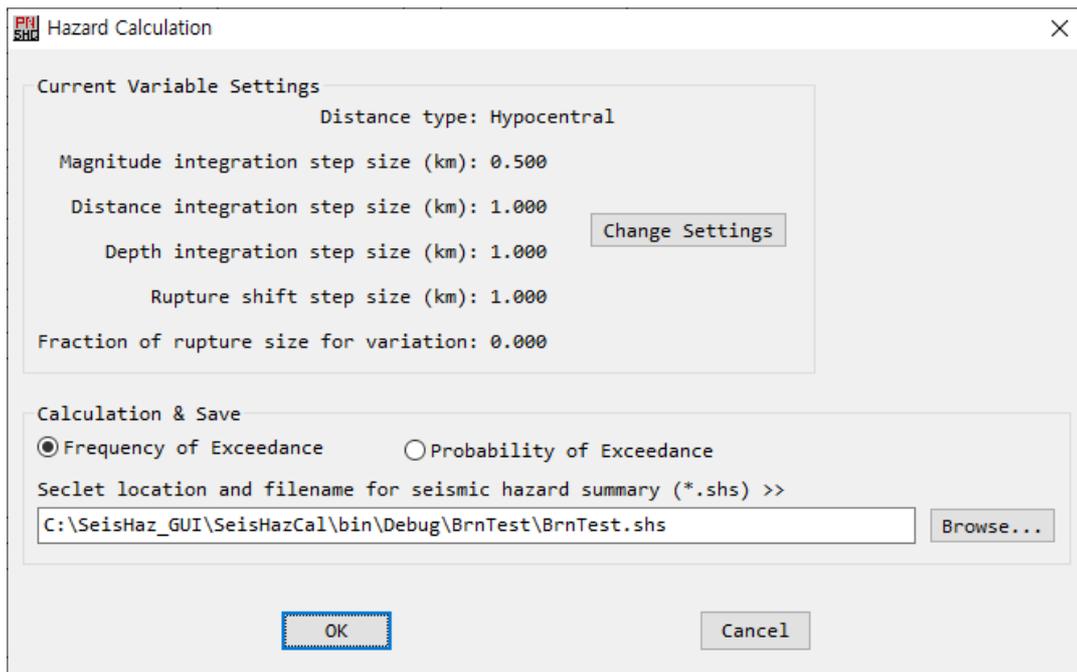


그림 2-38. PSHA 계산 시행을 위한 대화창

상단의 Current Variable Settings 박스에는 현재 설정된 수치적분 단계 값이 표출된다. 만일 단계 값을 변경하고자 하면 우측의 누름버튼 Change Settings를 클릭

한다. 그러면 수치적분을 위한 파라메타 편집 대화창(그림 2-37)이 나타나며, 이 대화창에서 필요한 변경을 할 수 있다. 하단의 Calculation & Save 박스의 라디오 버튼에서 PSHA 결과를 초과빈도(Frequency of Exceedance)로 나타낼지, 아니면 초과확률(Probability of Exceedance)로 나타낼지 선택한다. 후처리 프로그램인 SeisHazPPr(제3장 참조)는 초과빈도를 기반으로 모든 계산을 수행하므로, 그림 2-38에서 초과빈도를 선택했을 때 수치적으로 가장 정확한 결과를 구할 수 있다. 마지막 줄의 입력영역에는 출력파일의 위치와 이름을 입력한다. 입력영역에 직접 입력하거나, 아니면 우측의 누름버튼 Browse...를 클릭하여 입력할 수 있다. 출력파일의 확장자 shs는 자동으로 부여되므로 실제 파일 이름만 입력하면 된다. 확장자 shs는 Seismic Hazard Summary의 머리글자로서, 자세한 내용은 다음 절에서 설명한다.

2.3 논리수목

2.3.1 논리수목의 구축

SeisHazCal의 논리수목(Logic Tree)은 지진원도(Source Map), 지진동예측식(PE Group), 지진원(Source), 진원깊이(Depth), 규모분포모델(Mag Model), 운동감각(Slip Sense), 경사각(Dip Angle), 규모-파열 관계식(Mag-Rup Group), 부단층(Sub-Fault), 최대지진 규모(Mmax), (a,b) 쌍(a,b Pair)의 11개 절점(Node)으로 구성된다(그림 2-39). 이 중에서 경사각(Dip Angle), 규모-파열 관계식(Mag-Rup Group), 부단층(Sub-Fault)은 단층지진원에만 적용된다. 각 절점은 대안(Alternative) 개수만큼의 가지(Branch)를 갖는다.

SeisHazCal의 지진원 지진특성 논리수목에서 기술하는 절점 중 하위 절점의 가지가 상위 절점의 모든 가지에 동일하게 적용된다. 이것은 일반적인 논리수목 구성에서 제약이 될 수 있다. 예를 들어, 단층의 운동감각에 따라 최대지진 규모나 (a,b) 쌍이 달라질 수 있으나, SeisHazCal에서는 이를 고려할 수 없다. 한편, 이러한 상황은 이론적으로 충분히 가능하나, 현실적으로 운동감각에 따라 변동되는 최대지진 규모나 (a,b) 쌍을 신뢰도 있게 추정(구분)할 수 있는 경우는 희박하므로, 동일한 가지의 적용이 심각한 제약이라 할 수 없다. 그럼에도 불구하고, 만일 동일 가지 적용이 부적합한 증거가 확보된 경우에는 면적지진원(또는 단층지진원)의 체크박스 Alternative of AS(또는 Alternative of FS) 기능을 이용하여 해결할 수 있다. 예를 들어, 단층지진원의 운동감각이 [역단층(0.7), 정단층(0.3)]이고, 역단층에 대한 최대지진 규모가 [6.5(0.4), 7.0(0.6)], 정단층에 대한 최대지진 규모가 [6.0(0.5), 6.5(0.5)]라고 하자. 소괄호 내의 수치는 상대적인 신뢰도에 따른 가중치(또는 확률)이다. 이 경우에는 동일가지 가정을 적용할 수 없으므로 대안 지진원 기능을 이용해야 한다. 먼저 운동감각이 [역단층(1.0), 정단층(0.0)]인 순수한 역단층을 구성하고 여기에 최대지진 규모 [6.5(0.4), 7.0(0.6)]를 적용한다. 이때 이 단층의 지진활동도(Seismic Activity)를 역단층에 대한 가중치인 0.7로 하고, 이 단층의

Seismic Hazard Calculator - C:\SeisHaz_GUI\SeisHazCal\bin\Debug\BrtTestNew\Test.job

File Edit Hazard Information

Source Map ID Weight	PE Group (# of PEs)	Source ID Activity	Depth Weight	Mag Model Weight	Slip Sense Weight (#)	Dip Angle Weight	Mag-Rup Group (# of MRs)	Sub-Fault Activity	Mmax Weight	a,b Pair Weight	
Map01 0.600	PEG01 (2)	AS001 1.000	5,5,F 1.000	Exponential 1.000	Case-1 1.000(1)				6.00 1.000	0.00100,1.000 1.000	
		AS002 0.700	7,10,U 1.000	Exponential 1.000	Case-1 1.000(1)				7.00 0.500	0.00200,1.000 1.000	
									8.00 0.500		
		AS003/002 0.300	7,7,F 0.500	Exponential 1.000	Case-1 1.000(1)				6.00 1.000	0.00300,1.000 1.000	
			8,8,F 0.300								
			9,10,U 0.200								
		Map02 0.400	PEG02 (1)	AS001 1.000	7,7,F 1.000	Exponential 1.000	Case-1 1.000(1)			7.00 1.000	0.01000,1.000 1.000
		AS002 1.000		7,10,T8 1.000	Characterist. 1.000	Case-2 1.000(1)				7.00 1.000	0.00300,1.000 1.000
		FS001 1.000		5,10,T8 1.000	Characterist. 1.000	Case-1 1.000(1)	75 1.000	MRG01 (1)	SubFlt-1 0.200	6.00 1.000	0.00100,1.000 1.000
									SubFlt-4 0.300	6.00 1.000	0.00100,1.000 0.500
									0.00200,1.000 0.500		
							SubFlt-6 0.500	6.10 0.800	0.00050,1.000 1.000		
								6.20 0.100			
							6.30 0.100				

Total end branches: 20 Maximum source combinations at a site: 1.6000000000000000E+01

그림 2-39. 논리수목 그래픽 화면

번호를 1이라고 하자. 다음, 운동감각이 [역단층(0.0), 정단층(1.0)]인 순수한 정단층을 구성하고 여기에 최대지진 규모 [6.0(0.5), 6.5(0.5)]를 적용한다. 그리고 이 단층의 지진활동도(Seismic Activity)를 정단층에 대한 가중치인 0.3으로 한다. 여기에서, 반드시 체크박스 Alternative of FS에 체크를 하고 우측의 입력영역에 선행 편집한 단층지진원의 번호 1을 기입해야 한다. 그렇게 하지 않으면 이들 두 단층지진원은 별개의 지진원으로 취급된다. 이러한 방식으로 단층의 운동감각별로 서로 다른 하위 절점의 가치를 구현할 수 있다. 그러나 면적지진원과 단층지진원은 최대 100까지 정의할 수 있으므로 대안 지진원을 이용하는 데 한계가 있다.

2.3.2 논리수목의 그래픽 표출

앞의 2.2.2.4 Edit-Source Maps에서 편집한 결과는 즉시 논리수목(Logic Tree)로 구성되어 화면에 그래픽으로 표출된다(그림 2-39).

논리수목 그래픽 화면은 2개의 구획(Pane)으로 구성된다. 녹색 계통의 상단 구획은 파란색 계통의 하단 구획에 표출된 11개 절점(Node)이 기술하는 내용을 설명한다. 예를 들어, 가장 왼쪽의 절점에는 윗줄에 지진원도 번호(Source Map ID)를 기술하고 아랫줄에는 이 지진원도의 가중치(Weight)를 기술한다는 것을 설명한다. 파란색 계통의 하단 구획에는 실제 편집한 11개 절점(면적지진원의 경우 8개 절점)에 대한 정보를 제공한다. 가중치가 표시되는 절점에 대해서는 복수의 대안 모델을 편집할 수 있다.

왼쪽에서 첫 번째 절점은 지진원도(Seismic Source Map)이다. 최대 10개의 지진원도를 가중치와 함께 정의할 수 있다. 하나의 지진원도와 다른 지진원도는 서로 배반(Exclusive)이므로 지진원도별로 별도의 논리수목이 구축된다.

두 번째 절점은 지진원도에 적용할 지진동 예측식이다. 지진동 예측식은 개별 식이 아닌, 사전에 편집된(2.2.2.2절 참조) 지진동 예측식 그룹을 표기한다. 윗줄에는 선택된 지진동 예측식 그룹이 표시되고, 아랫줄에는 이 지진동 예측식 그룹을 구성하는 지진동 예측식의 개수가 소괄호 안에 표시된다. 그룹 내 개별 지진동 예측식의 가중치는 표시되지 않는다. 개별 지진동 예측식의 가중치를 확인하려면, 메뉴항목 Edit-PMPE Groups에서 해당 PEG 번호를 선택한 후 누름버튼 Edit를 클릭한다. 지진원도별로 하나의 지진동 예측식 그룹을 선택할 수 있으므로, 지진동 예측식 절점의 가치는 1개이다.

세 번째 절점은 지진원(Seismic Source)이다. 윗줄에는 지진원 이름이 표시된다. 면적지진원의 이름은 AS로 시작되고, 단층지진원의 이름은 FS로 시작된다. 아랫줄에는 지진원의 활동도(Activity)가 표시된다.

네 번째 절점은 진원깊이 분포모델이다. 윗줄에는 분포모델의 특성이 표시된다. 분포모델의 특성은 진원깊이 분포구간과 분포형상으로 나타낸다. 예를 들어 그림 2-39에서 Map01-AS001의 진원깊이 박스에 표시된 5, 5, F 중 숫자 두 개는 각각 진원깊이 분포구간의 상한(5)과 하한(5)을 나타내며, 상한과 하한이 같다는 것은 진원깊이는 5 km에 고정(Fixed)되었다는 것을 의미하므로 F로 표시되었다. Map01-AS002의 진원깊이 박스

에 표시된 7, 10, U는 진원깊이가 7~10 km 구간에서 균질분포(Uniform Distribution)임을 나타낸다. Map02-AS002의 진원깊이 박스에 표시된 7, 10, T8은 Apex가 8 km에 위치한 삼각분포(Triangular Distribution)임을 나타낸다. 각 박스의 아랫줄에는 분포모델의 가중치가 표시된다.

다섯 번째 절점은 규모 분포모델이다. 윗줄에는 선택된 규모분포 모델이 표시되고, 아랫줄에는 가중치가 표시된다.

여섯 번째 절점은 운동감각(Slip Sense)이다. 윗줄에는 선택된 운동특성(Normal, Strike, 또는 Reverse)의 조합 이름이 표시되고, 아랫줄에는 이 조합의 가중치와 함께 소괄호 안에 운동특성 개수가 표시된다. 예를 들어, 그림 2-39의 위에서 첫 번째 박스는 현재 선택된 운동특성 조합이 Case-1이고, 이 조합의 가중치는 1.0이므로 하나의 Case만이 선택되었다. 한편, 소괄호 안의 숫자 1은 조합 Case-1에서 3가지 운동특성(Normal, Strike, 또는 Reverse) 중 1개만이 고려되었음을 나타낸다. 조합별로 몇 가지 운동특성이 고려되었고, 고려된 운동특성별 가중치가 얼마인가 확인하려면 지진원 편집 대화창(그림 2-14 또는 그림 2-25)에서 누름버튼 Edit Slip Senses를 클릭한다.

일곱 번째 절점은 경사각이다. 윗줄에는 경사면별 경사각이 표시되고, 아랫줄에는 가중치가 표시된다. 예를 들어 Map02-FS001에서 1개의 경사각(75)만이 표시되어 있으므로, 이 단층은 1개의 경사면을 갖는 단층지진원이다.

여덟 번째 절점은 규모-파열관계식 그룹이다. 지진동모델 그룹에서와 동일하게, 규모-파열관계식은 개별 관계식이 아닌, 사전에 편집된(2.2.2.3절 참조) 규모-파열관계식 그룹을 표기한다. 윗줄에는 선택된 관계식 그룹이 표시되고, 아랫줄에는 이 관계식 그룹을 구성하는 관계식의 개수가 소괄호 안에 표시된다. 그룹 내 개별 관계식의 가중치는 표시되지 않는다. 개별 관계식의 가중치를 확인하려면, 메뉴항목 Edit-M-R Groups에서 해당 MRG 번호를 선택한 후 누름버튼 Edit를 클릭한다. 지진원별로 하나의 규모-파열관계식 그룹을 선택할 수 있으므로, 규모-파열관계식 절점의 가치는 1개이다.

아홉 번째 절점은 부단층(Sub-Fault)이다. 윗줄에는 부단층의 이름이 표시되고, 아랫줄에는 지진활동도가 표시된다. 활동도가 0.0보다 작거나, 지진특성 편집이 안 된 부단층은 화면에 표출되지 않는다.

열 번째 절점은 최대지진(Mmax)이다. 윗줄에는 최대지진의 규모가 표시되고, 아랫줄에는 가중치가 표시된다.

열한 번째 절점은 (a,b) 쌍이다. 윗줄에는 a와 b의 값이 표시되고, 아랫줄에는 (a,b) 쌍의 가중치가 표시된다.

논리수목 그래픽 화면(그림 2-39)에서 가장 최근에 편집한 지진원도 박스(Map-02)은 회색 음영으로 채워져 표출된다. 마찬가지로, 해당 지진원도에서 마지막으로 편집한 지진동 감쇄식(PEG02), 지진원도(AS002와 FS001) 박스, 그리고 그 하위 절점이 회색 음영으로 채워져 표출된다. 하나의 기준 지진원에 대한 대안 지진원은 기준 지진원의 번호와 함께 회색문자로 표시된다. 예를 들어 면적지진원 AS003/001은 기준 지진원 AS001의 대안 지진원이다.

표출된 논리수목이 그래픽 화면의 높이를 넘어설 때 화면 우측에 스크롤 바(Scroll Bar)가 나타난다. 마우스의 바퀴(Wheel)를 아래로 굴리거나(Wheel Down) 우측 버튼을 클릭하여 논리수목 그래픽의 하부로 이동하거나, 바퀴를 위로 굴리거나(Wheel Up) 좌측 버튼을 클릭하여 논리수목 그래픽의 상부로 이동할 수 있다.

2.4 입출력 파일

SeisHazCal에는 1개의 입력 파일과 2개의 출력 파일이 연동된다.

2.4.1 입력 파일

입력 파일의 확장자는 job이다. 여타의 PSHA 프로그램에서 실행 전에 사용자가 미리 작성하는 입력자료와 달리, SeisHazCal에서는 입력자료 편집 대화창을 통해 편집된 모든 정보를 메뉴 항목 File-Save 또는 File-Save AS를 이용하여 사용자가 지정한 이름(*.job)으로 저장할 수 있다. 다시 말해, SeisHazCal은 입력자료 편집기의 기능도 제공한다. 그러므로 SeisHazCal에서는 입력자료 편집 도중 언제라도 편집 내용을 저장할 수 있으며, 프로그램 종료 이후 메뉴 항목 File-Open을 통해 읽어 들여 편집을 재개할 수 있다.

입력 파일(*.job)은 일반적인 텍스트 파일이며, 각 입력자료의 우측에는 “!”로 시작되는 설명이 기술되어 있어 SeisHazCal를 통하지 않고도 일반적인 Text Editor를 이용하여 입력자료의 내용을 확인하거나 편집할 수 있다.

2.4.2 출력 파일

2.4.2.1 Seismic Hazard Summary

출력 파일 Seismic Hazard Summary(SHS)는 모든 종단가지에 공통으로 적용되는 사항을 출력한다. 이 출력 파일의 확장자는 shs이다. SHS 파일의 위치 및 이름은 메뉴 항목 Hazard-Hazard Calculation을 선택하면 나타나는 편집 대화창 Hazard Calculation에서 지정할 수 있다. 대화창 Hazard Calculation에서 누름버튼 OK를 클릭하면, SeisHazCal은 ① 논리수목을 구성하고, ② 구성한 논리수목의 각 종단가지(End Branch)에 대한 Hazard를 계산하며, ③ Hazard 계산에 이용된 입력자료의 값(또는 조건)과 계산 결과를 출력한다. ③의 출력 중, 입력 대화창 Common Options의 편집 내용과 입력 대화창 Variable Settings의 편집 내용, 그리고 종단가지에 대한 출력 파일(2.4.2.2절 참조)의 위치 및 이름이 사용자가 지정한 이름의 파일(*.shs)에 저장된다.

2.4.2.2 Individual Hazard Output

출력 파일 Individual Hazard Output(IHO)에는 위 2.4.2.1에 기술된 ③의 출력 내용 중 종단까지의 입력 값(또는 조건)과 이러한 입력에 대해 계산한 재해도(Hazard) 값이 출력된다. 파일의 위치 및 이름을 사용자가 지정하는 입력 파일(*.job)이나 SHS 파일과 달리 IHO 파일의 위치 및 이름은 자동으로 설정된다. 그림 2-40은 SHS 파일의 하단에 기술된 IHO 파일의 총 개수와 위치 및 이름의 예를 보여준다. IHO 파일 이름에서 처음 2자는 지진동의 종류를 나타낸다. 최대지반 가속도, 속도, 변위는 PA, PV, PD로, 스펙트럼 가속도, 속도, 변위는 SA, SV, SD로 표현된다. 다음 6자리 숫자는 고유진동수($\times 1000$)를 나타낸다. SV, SD의 경우 '000000'로 표현되며, PA의 경우에는 SA로 사용할 때의 고유진동수(2.2.2.1 Edit-Common Options 참조)를 나타낸다. 즉, 그림 2-40의 IHO 파일은 최대지반가속도(PA)에 대한 것으로서, 이를 스펙트럼가속도(SA)로 사용할 경우 고유진동수 100.00Hz 가정한 경우이다. 다음 'S'로 시작되는 8자는 부지의 일련번호이다. 'M'으로 시작되는 3자는 지진원도(Source Map)의 일련번호이다. PE로 시작되는 5자는 지진동 감쇄식의 고유번호이다. 'A' 또는 'F'로 시작되는 4자는 면적지진원 또는 단층지진원의 일련번호이다. 마지막으로 'B'로 시작되는 9자는 지진원 별 종단 가지(End Branch)의 일련번호이다.

(전략)

```
C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\PA100000S0000001M01PE002A001B00000001.iho
C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\PA100000S0000001M01PE002A001B00000002.iho
C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\PA100000S0000001M01PE002A001B00000003.iho
C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\PA100000S0000001M01PE002A001B00000004.iho
C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\PA100000S0000001M01PE002F001B00000001.iho
C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\PA100000S0000001M01PE002F001B00000002.iho
```

그림 2-40. shs 파일에 기술된 iho 파일 정보

IHO 파일의 위치는 SHS 파일의 위치와 같다. IHO 파일에는 재해도 계산 결과는 규모-거리-입실론(Epsilon) 구간에 걸쳐 분해된 재해도와 총 재해도가 출력되며, 규모, 거리, 입실론의 평균값도 함께 출력된다.

2.5 참고문헌

- Bommer, J.J. and F. shcerbaum, 2008. The use and misuse of logic trees in probabilistic seismic hazard analysis, Earthquake spectra, 24(4), 997-1009.
- Hale, C., N. Abrahamson, and Y. Bozorgnia, 2008. Probabilistic Seismic Hazard Analysis Code Verification, PEER Report No. 2018/03, Pacific Earthquake Engineering Research Center, UC Berkeley, California.

3. SeisHazPPr

3.1 시작하기

SeisHazPPr은 SeisHazCal이 논리수목의 종단가지별로 계산한 지진재해도 결과 (*.shs 및 *.iho 파일)로부터 지진재해도 곡선 작성, 지진재해도 분해, 제어지진의 규모 및 거리 계산, 지진재해도 매핑(Mapping) 등을 수행하기 위한 후처리 프로그램(Post-processing Program)이다.

SeisHazPPr을 실행하면 그림 3-1과 같은 초기화면이 나타난다. 구역 ①은 Window Title로서 현재 실행하고 있는 프로그램이 SeisHazPPr임을 나타내고 있다. 하이픈(-) 뒤의 'NoName'은 현재 작업하고 있는 파일의 이름으로서, 아직 파일 이름이 지정되지 않았음을 나타낸다(3.2.1절을 참고). 구역 ②는 Menu Bar이다(3.2절 참고). 구역 ③은 설명 구획(Explanatory Pane)으로서 사용자가 진행한 작업 내용을 요약하여 표출한다. 마지막으로 구역 ④는 Status Bar이다. Status Bar는 3개 부분으로 구성되어, 첫 번째 부분에는 선택 대상 메뉴항목(Menu Item)에 대한 간략한 설명이 표출되고, 나머지 2개 부분은 사용되지 않는다.

3.2 메뉴 항목(Menu Item)

그림 3-1의 구역 ②와 같이, SeisHazPPr이 제공하는 메뉴 항목은 총 8개이다. 각 메뉴 항목은 여러 개의 소메뉴 항목을 갖는다.

3.2.1 File

SeisHazPPr에서 작업한 모든 내용을 파일로 저장할 수 있으며, 저장한 파일을 나중에 불러들여 추가 작업을 하거나 수정할 수 있다. 이 파일의 확장자는 'hpp'이며 파일 저장시 자동으로 부여된다. 메뉴항목 File은 작업 파일의 취급에 관한 5개의 소메뉴 항목을 포함하고 있다(그림 3-2).

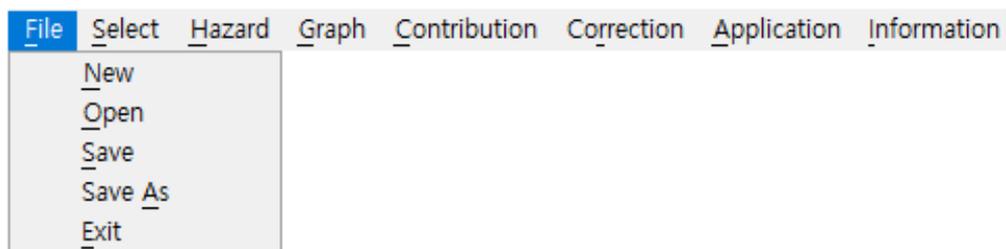


그림 3-2. 메뉴 항목 File의 소메뉴 항목

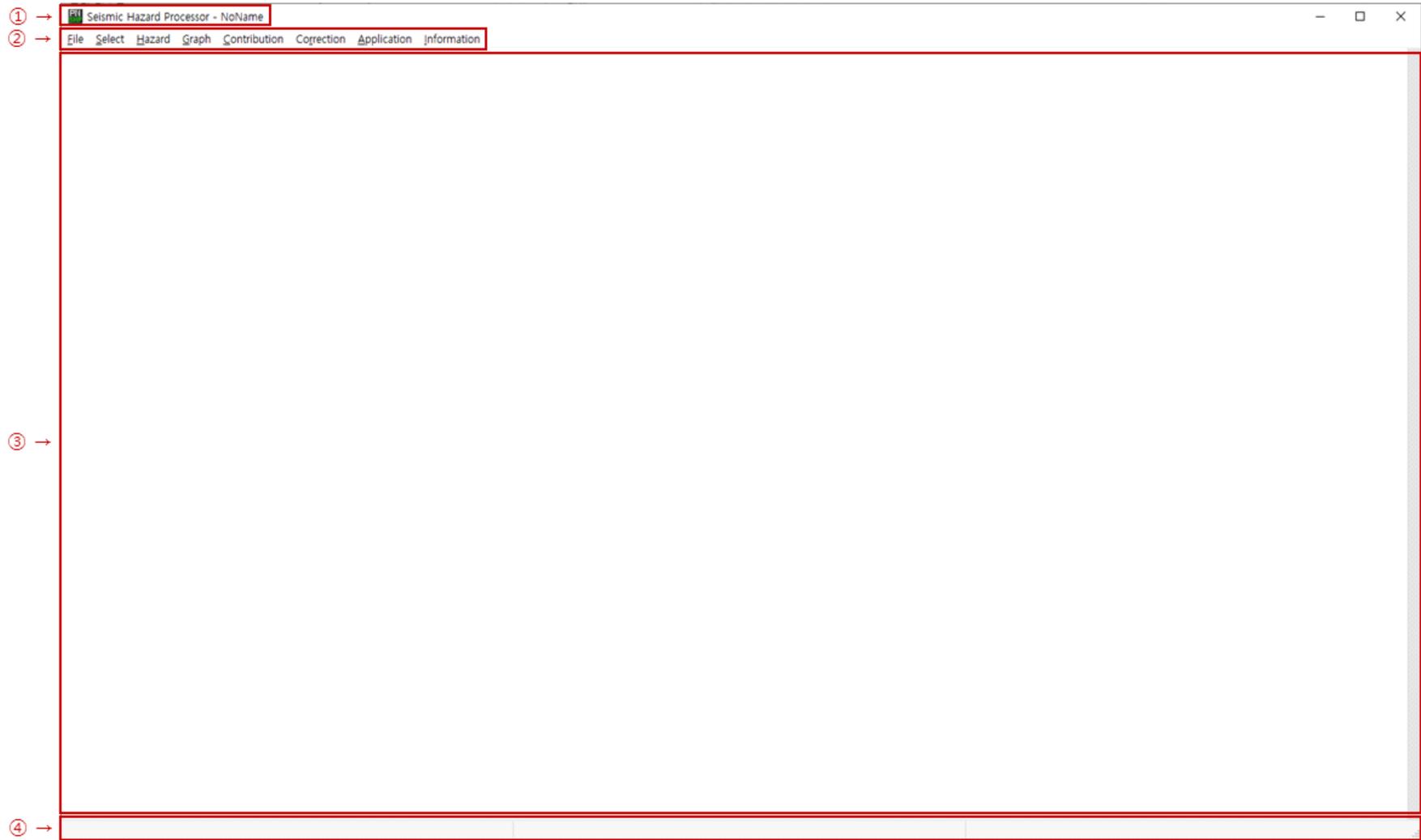


그림 3-1. SeisHazPPr의 초기 화면

3.2.1.1 File-New

현재 진행하던 작업을 중단하고 새 작업을 시작한다. 모든 입력변수의 값이 초기화된다. 현재까지 작업한 내용 중 저장하지 않은 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다. 저장된 이력이 없는 경우(NoName)에는 파일 이름을 지정할 수 있으며, 저장된 이력이 있는 경우에는 현재의 이름으로 저장된다.

3.2.1.2 File-Open

이전에 작업하여 저장한 파일을 연다. SeisHazPPr을 처음 실행한 경우가 아닌 경우, 현재 작업하던 내용 중에 변경이 있으면 현재 작업의 저장 여부를 묻는다.

3.2.1.3 File-Save

현재 작업 중인 내용을 저장한다. 저장된 이력이 없는 경우(NoName)에는 파일 이름을 지정할 수 있으며, 저장된 이력이 있는 경우에는 현재의 이름으로 저장된다.

3.2.1.4 File-Save As

현재 작업 중인 내용을 다른 이름으로 저장한다.

3.2.1.5 File-Exit

SeisHazPPr을 종료한다. 현재 작업하던 내용 중에 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다.

3.2.2 Select

SeisHazPPr로 수행할 작업의 종류와 이에 사용할 입력자료를 선택한다. 총 2개의 소 메뉴항목이 있으며(그림 3-3), 소메뉴 항목마다 관련 자료를 입력하기 위한 대화창이 제공된다.

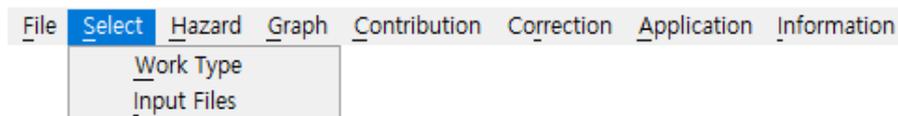


그림 3-3. 메뉴 항목 Select의 소메뉴 항목

3.2.2.1 Select-Work Type

Select 메뉴 항목(그림 3-3)에서 소 메뉴 항목 Work Type을 선택하면 그림 3-4와 같은 편집 대화창이 나타난다.

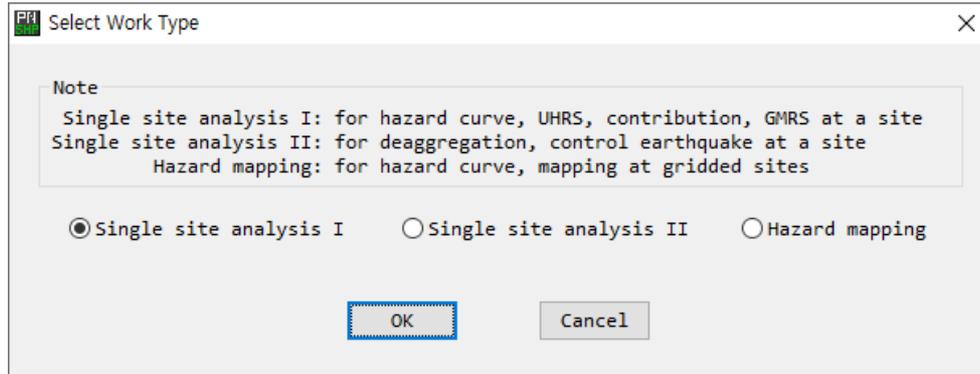


그림 3-4. Work Type 선택 대화창

SeisHazPPr을 이용하여 총 3가지 종류의 작업을 할 수 있다. 즉, 단일 부지(Single Site)에 대해 2가지 작업, 그리고 격자배열 부지(Gridded Sites)에 대한 매핑(Mapping)을 수행할 수 있다.

그림 3-4의 대화창에 나타난 바와 같이, Single site analysis I은 하나의 부지에 대해 재해도 곡선(Hazard Curve), 등재해도응답스펙트럼(Uniform Hazard Response Spectrum; UHRS), 기여도 분석(Contribution Analyses), 지진동 스펙트럼(Ground Motion Response Spectrum; GMRS¹)을 분석한다. Single site analysis II는 하나의 부지에 대해 지진재해도 분해(Deaggregation) 및 제어지진(Control Earthquake) 분석을 수행한다. Single site analysis I과 Single site analysis II 사이에는, 이와 같은 기능상의 차이뿐만 아니라 입력파일에도 차이가 있다. UHRS나 GMRS는 여러 진동수(Structural Frequency)의 함수이므로, 여러 진동수에 대한 다수의 SeisHazCal 출력파일(*.SHS)을 입력파일로 읽어 들인다. 반면, Single site analysis II는 하나의 지진동에 대한 분석을 수행하므로 하나의 지진동에 대한 SeisHazCal 출력파일만 읽어 들인다. 2장에서 설명한 바와 같이, SeisHazCal은 한 번에 하나의 지진동에 대한 분석만을 수행한다는 것을 상기하자. 그러므로 Single site analysis I의 경우, 필요한 지진동 종류별로 SeisHazCal의 출력파일이 사전에 준비되어 있어야 한다.

마지막으로, Hazard mapping은 재해도 매핑으로서, 격자점 상의 다수 부지에 대한 재해도 분석을 수행한다. 부지가 위치한 격자의 배열은 SeisHazCal에서 지정한 조건에 따라 결정된다(2.2.2.1절 참조). 그러므로, Hazard mapping을 하려면 사전에 격자배열 부지에 대한 SeisHazCal의 출력파일(*.SHS)이 있어야 한다.

1) 성능기반 설계지진으로서 Regulatory Guide 1.208(US NRC, 2007) 참조

Work Type이 선택되면, 메뉴 바의 메뉴 항목이나 소메뉴 항목 중 해당 Work Type에서 수행할 수 없는 항목은 비활성화된다.

3.2.2.2 Select-Input Files

Work Type을 선택한 후 소메뉴 항목 Input Files를 클릭하면, 입력파일 선택을 위한 대화창이 나타난다(그림 3-5).

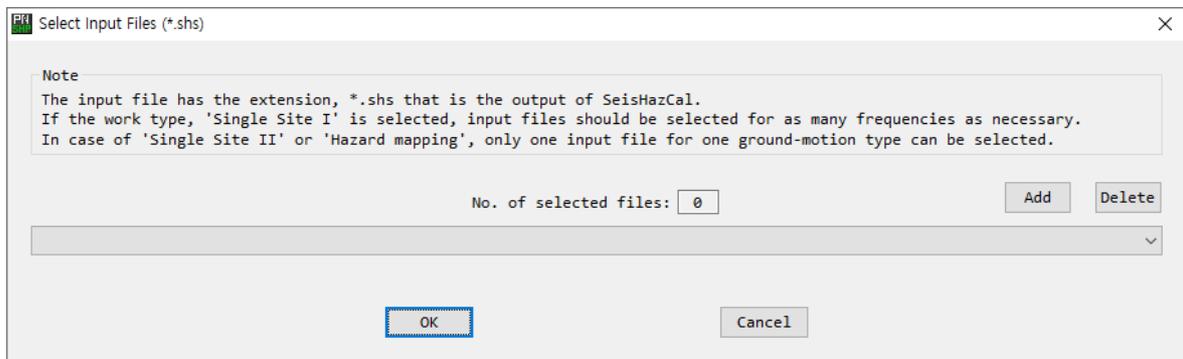


그림 3-5. 입력파일 선택을 위한 대화창

SeisHazPPr의 입력파일은 SeisHazCal의 출력파일 중 Seismic Hazard Summary 파일(*.shs)이다. 대화창 우측의 첫 번째 누름버튼 Add를 클릭하면 MS Windows가 제공하는 파일선택 대화창이 나타난다. 파일선택 대화창의 박스에는 현재 폴더에서 파일 확장자가 shs인 파일이 나열된다. 한 번에 하나의 입력파일을 추가할 수 있다. 새로운 입력파일을 추가할 때마다 대화창 중앙의 No. of selected files 우측의 박스 내 숫자가 1씩 증가한다. 같은 입력파일을 중복해서 선택하면 알림창이 나타나고 선택이 무시된다. 전술한 바와 같이, 복수의 입력파일 선택은 Work Type 대화창에서 Single site I을 선택한 경우에만 가능하다.

한편, SeisHazCal의 출력파일(*.shs 및 *.iho)은 단일 부지 또는 격자배열 부지에 따라 내용 및 형식이 다르다. 그러므로 단일 부지(Single site I 또는 II)를 선택한 경우 격자배열 부지에 대한 SeisHazCal의 출력파일(*.shs)을 읽을 수 없고, 그 반대로 마찬가지이다. Work Type에 맞지 않는 SeisHazCal의 출력파일을 SeisHazPPr의 입력파일로 선택하면, 알림창이 나타나고, 선택이 무시된다. Work Type별 입력파일의 선택 방법은 다음과 같다.

Work Type: Single site analysis I

Work Type에서 Single site analysis I을 선택하면 단일 부지에 대한 SeisHazCal의 출력 파일(*.shs)을 지진동 종류별로 SeisHazPPr의 입력파일로 선택할

수 있다. 서로 다른 이름의 파일을 최대 100개까지 입력파일로 선택할 수 있다.

Work Type: Single site analysis II

Work Type에서 Single site analysis II를 선택하면 단일 부지에 대한 SeisHazCal의 출력 파일(*.shs)을 SeisHazPPr의 입력파일로 선택할 수 있다. Single site analysis I에서 달리, 하나의 파일만을 선택할 수 있다.

Work Type: Hazard Mapping

Work Type에서 Hazard Mapping을 선택하면 격자배열 부지에 대한 SeisHazCal의 출력 파일(*.shs)을 SeisHazPPr의 입력파일로 선택할 수 있다. 하나의 파일만을 입력파일로 선택할 수 있다.

3.2.3 Hazard

메뉴 항목 Select의 소메뉴 항목 Work Type과 Input Files 선정이 완료되면, 메뉴 항목 Hazard로 진행한다. Hazard에는 총 5개의 소메뉴 항목이 있다(그림 3-6). 소메뉴 항목은 앞에서 선택한 Work Type에 따라 선택적으로 사용되므로, Work Type 별로 Hazard의 소메뉴의 기능을 설명한다.

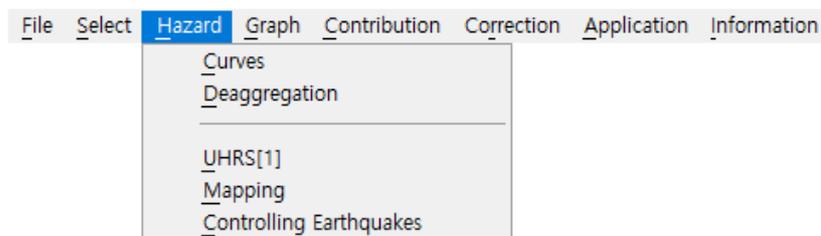


그림 3-6. 메뉴 항목 Hazard의 소메뉴 항목

3.2.3A Work Type: Single site analysis I

Work Type에서 Single site analysis I을 선택한 경우, 그림 3-6의 소메뉴 항목 중 Curves와 UHRS[1]만 활성화되고, 나머지는 비활성화되어 회색으로 나타난다.

3.2.3A.1 Hazard-Curves

소메뉴 항목 Curves는 지진재해도 곡선을 작성한다. 소메뉴 항목 Curves를 클릭하면 지진재해도 곡선 작성조건을 편집하기 위한 대화창이 나타난다(그림 3-7).

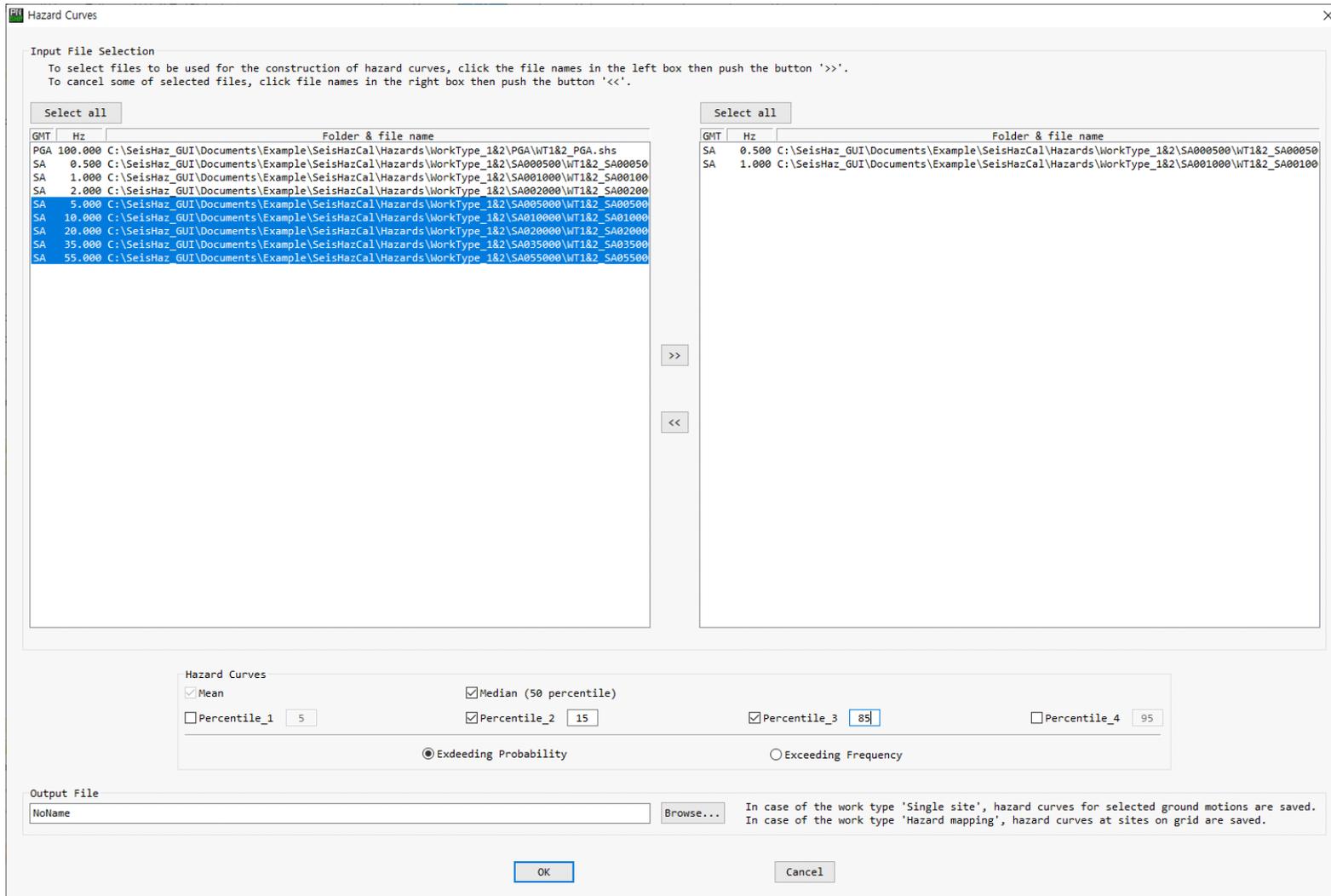


그림 3-7. 지진재해도 곡선 편집 대화창

그림 3-7에서, 왼쪽 리스트박스에는 Select-Input Files(3.2.2.2절)에서 입력파일로 선택한 지진동 종류(Ground Motion Type: GMT)별 SeisHazCal의 출력파일이 나열된다. 파일 위치 및 이름뿐만 아니라 GMT와 고유진동수 값이 가장 왼쪽에 나타난다. 입력파일은 일정한 규칙에 따라 자동으로 정렬된다. 첫 번째 규칙은 지진동 종류(GMT)로서 PGA, PGV, PGD, SA, SV, SD 순이다. 한편, 스펙트럼 지진동(SA, SV, SD)는 동일한 종류라도 고유진동수에 따라 다르므로, 동일한 스펙트럼 지진동에 대해서는 고유진동수에 따라 정렬된다. 왼쪽 리스트박스에 나열된 모든 입력파일에 대해 재해도 곡선을 작성하고자 하는 경우, 왼쪽 리스트박스 위의 누름버튼 Select all을 클릭한다. 그러면 전체 입력파일이 선택되고 누름버튼 제목이 Unselect all로 변경된다. 전체 입력파일 선택을 취소하고자 하는 경우, 누름버튼 Unselect all을 클릭한다. 입력파일 중 일부만을 선택하고자 하는 경우, 해당 입력파일에 마우스 왼쪽 버튼을 클릭한다. 한 번에 하나씩, 반복하여 여러 개의 입력파일을 선택할 수 있다. 입력파일 선택이 완료되었다면, 두 리스트박스 사이에 있는 누름버튼 >>을 클릭한다. 그러면 왼쪽 리스트박스에서 선택한 입력파일 이름이 오른쪽 리스트박스로 복사된다. 만약 누름버튼 Select all을 선택하여 이 버튼 제목이 Unselect all인 상태였다면, 입력파일의 이동과 함께 누름버튼의 제목이 Select all로 회귀한다. 입력파일의 선택 및 이동은 반복적으로 시행할 수 있다. 여기서 주의할 점은, 입력파일을 이동할 때마다, 오른쪽 리스트박스의 입력파일은 최후에 이동한 입력파일로 갱신되어 기존에 선택한 입력파일은 무시된다는 것이다. 그림 3-7의 왼쪽 리스트박스는 9개 입력파일 중 5개를 선택한 상황을, 그리고 오른쪽 리스트박스는 이전에 2개의 입력파일을 선택하여 이동한 상황을 보여준다.

SeisHazPPr은 오른쪽 리스트 박스에 나열된 입력파일에 대해 재해도 곡선을 작성한다. 오른쪽 리스트 박스에서도 왼쪽 리스트 박스에서도 동일한 규칙으로 입력파일이 정렬된다. 만일 오른쪽 리스트 박스에서 입력자료를 취소하고자 한다면, 먼저 해당 입력파일을 선택한다. 입력파일 전체를 취소하는 경우, 오른쪽 리스트 박스 위의 누름버튼 Select all을 클릭한다. 입력파일 중 일부만을 취소하는 경우, 해당 입력파일에 마우스 왼쪽 버튼을 클릭한다. 한 번에 하나씩, 반복하여 여러 개의 입력파일을 선택할 수 있다. 취소하고자 하는 입력파일의 선택이 완료되었다면, 두 리스트 박스 사이의 누름버튼 <<을 클릭한다. 입력파일에 포함된 개별 재해도 파일(*.iho)에서 거리별 재해도가 1.0E-15보다 작으면 1.0E-15를 강제로 할당한다.

리스트 박스 밑에는 재해도 곡선의 수준을 선택하는 박스가 있다. Mean, Median, 그리고 4가지 백분위 수준에 대한 재해도 곡선을 선택할 수 있다. 체크박스가 체크된 수준에 대해서만 지진재해도 곡선이 생성된다. 단, Mean 재해도 곡선은 기본값이므로 사용자가 선택을 해제할 수 없다. Median은 50백분위(50th Percentile) 값이다. 나머지 4개의 백분위는, 체크박스를 체크하면 체크박스 오른쪽의 입력영역이 활성화되어 사용자가 원하는 백분위를 입력할 수 있다.

백분위 선택 밑에는 재해도 곡선의 종류를 선택하는 라디오버튼이 있다. Exceeding Probability를 선택하면 연간 초과확률에 대한 재해도 곡선이 생성되며, Exceeding

Frequency를 선택하면 연간 초과빈도에 대한 재해도 곡선이 생성된다.

마지막으로, 생성된 재해도 곡선을 저장할 출력파일을 지정한다. 출력파일의 위치 및 이름을 입력영역에 직접 입력하거나, 우측의 누름버튼 Browse...를 클릭하여 통상적인 MS Windows의 파일선택 대화창을 이용하여 입력한다. 파일 확장자 crv가 자동으로 부여된다.

누름버튼 OK를 클릭하면, 사용자가 입력한 지침에 따라 재해도 곡선을 생성하여 ASCII 파일로 저장함과 동시에, 재해도 곡선을 도시한 새로운 대화창이 나타난다(그림 3-8). 그림 3-8은 생성된 재해도 곡선을 기본 옵션에 따라 도시한 그래프로서 PGA에 대한 그래프를 보여주고 있다. 다른 지진동에 대한 그래프 선택, 축 이름 수정, 그래프 외관 개선 등이 필요하면, 그래프 밑의 누름버튼 Graph Options를 클릭한다.

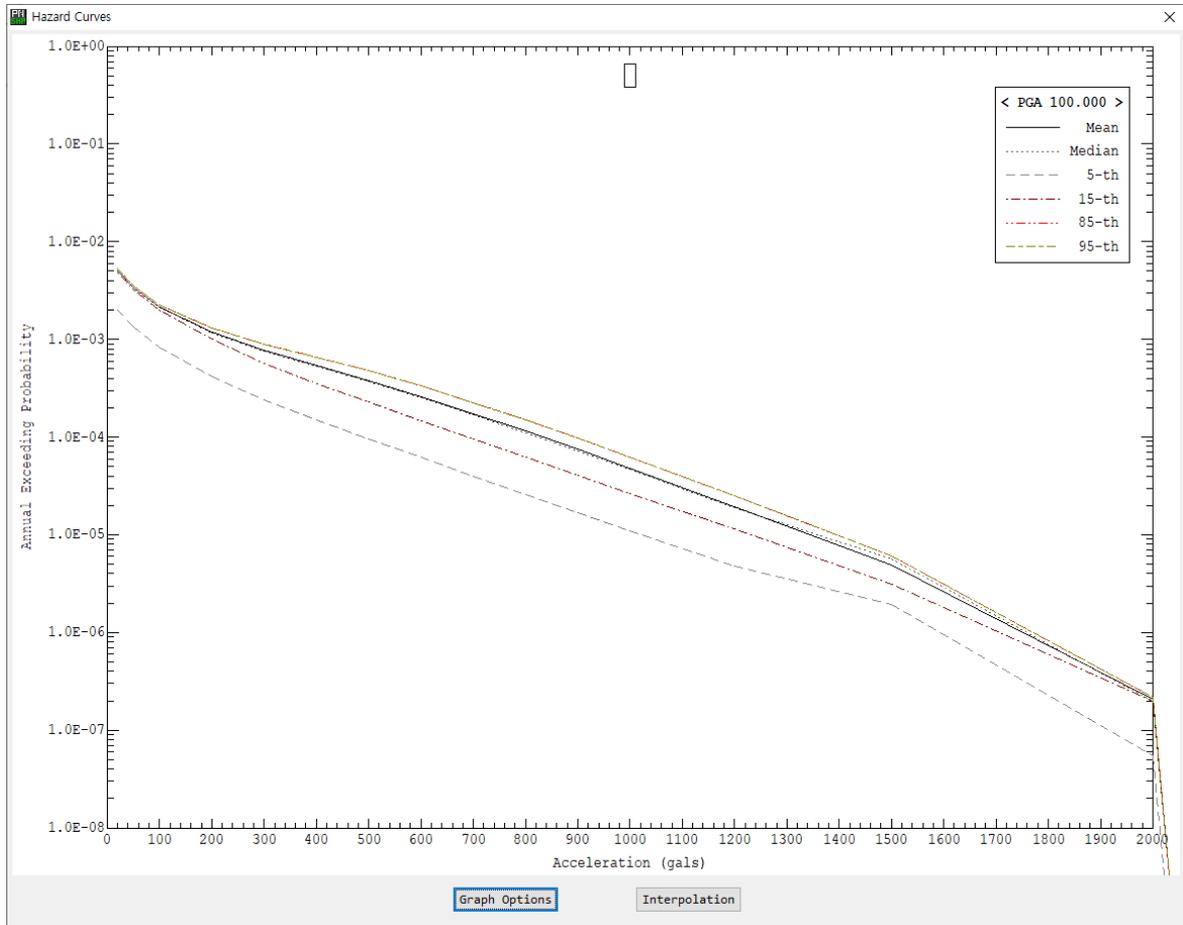


그림 3-8. 재해도 곡선 그래픽 대화창

누름버튼 Graph Options를 클릭하면 그림 3-9와 같은, 그래프 옵션 입력 대화창이 나타난다. 위로부터 첫 번째 박스 Hazard Curve에서 편집할 재해도 곡선의 지진동 종류를 선택한다. 이 재해도 곡선이 그래픽 대화창(그림 3-8)에 도시된다. 드롭다운 메뉴를 클릭하면 리스트 박스가 펼쳐지면서, Hazard-Curves(그림 3-7)에서 선택한 7개의

지진동에 대한 입력파일 이름이 나열된다. 여기에서 원하는 지진동 종류를 선택한다. 드롭다운 메뉴 우측은 Hazard Mapping에 사용되는 영역이므로, 현재는 영역 전체가 비활성화되어 있다.

재해도 곡선의 외관(Appearance)을 Graph Properties 박스에서 설정한다. 여기에서 설정한 외관은 Hazard Curve 박스에서 선택한 지진동 종류에 대한 재해도 곡선에만 적용된다. 다른 종류의 지진동에 대한 재해도 곡선의 외관을 설정하려면, 먼저 Hazard Curve 박스에서 원하는 지진동 종류를 선택해야 한다. 하나의 지진동 종류에 대한 재해도 곡선에 대해, 재해도 수준별로 곡선의 외관을 설정한다. 그러므로 먼저 드롭다운 메뉴 Graph에 제공된 재해도 수준에서 원하는 재해도 수준을 선택한다. 드롭다운 메뉴 Line에서는 선의 종류(Type)와 색(Color)을 선택한다. 드롭다운 메뉴 Symbol에서는 심볼의 종류(Type), 색(Color), 그리고 크기(Size)를 선택한다. SeisHazPPR이 제공하는 선과 심볼에 대한 옵션을 표 3-1과 같다. 만약 Line Type에서 No Line을 선택하고 Symbol Type에서 No Symbol을 선택하면, 이 곡선을 그리지 않는다.

표 3-1. Line과 Symbol에 대한 옵션

	Line	Symbol
Color (15개)	Black, Dark Gray, Light Gray, Dark Red, Light Red, Dark Yellow, Light Yellow, Dark Cyan, Light Cyan, Dark Blue, Light Blue, Dark Magenta, Light Magenta, Dark Green, Light Green	
Type (9개)	No Line, Solid, Dotted, Dashed, DotDash, DotDotDash, LongShort, ShortDash, LongShortShort	No Symbol, CircleOpen, RectangleOpen, TriangleOpen, DiamondOpen, CircleClosed, RectangleClosed, TriangleClosed, DiamondClosed
Size	-	1~999

축에 대한 옵션을 Axes 박스에서 설정한다. 설정 방법이 x 축과 y 축에 대해 동일하므로 x 축에 대한 설명만 제시한다. Axes 박스의 첫 번째 입력영역은 축 이름이다. 기본적으로 x 축 이름은 Acceleration (gals)로 설정되어 있으므로, 적절한 축 이름을 입력한다. 다음은 라디오버튼에서 축의 스케일(Linear 또는 Log10)을 설정한다. Log10을 설정하면, 오른쪽 y 축 설정에서 보는 바와 같이 눈금(Tick)에 대한 옵션이 자동으로 설정되므로, 눈금 선택 영역이 모두 비활성화된다.

다음은 축 범위이다. 주의할 점은, 실제 그려지는 축의 범위는 최소값/최대값을 포함하는 최소/최대 눈금 구간(Tick interval)까지라는 점이다. 즉, 그림 3-9와 같이 x 축의 최소값을 1로 설정하면, 눈금 구간이 100이므로, 그래프의 x 축은 0부터 그려진다. 주 눈금에 대해서는 눈금 구간(Tick interval) 값, 눈금의 연결 여부, 눈금 값의 표시 형식을 설정할 수 있다. 체크박스 Connect를 체크하면 눈금을 연결하는 세로 선이 실선으로 그려진다. D.pts 우측의 입력영역에 눈금 값 표시를 위한 소수점 이하 자릿수(-2~2)를 입력한다. 자릿수가 0~2이면, 실수형으로 눈금 값을 표시한다. 자릿수가 -1~-2이면 지수형으로 표시한다. 부눈금(sub-ticks)에 대해서는, 하나의 눈금 안에 들어갈

부눈금의 수를 No. of sub-ticks 우측의 입력영역에 입력한다. 그림 3-9의 경우, 눈금 간격이 100이고 부눈금의 수가 4이므로, x 축 값이 25 증가할 때마다 부눈금을 그린다. 그 옆의 체크박스 Connect sub-ticks를 체크하면 부눈금을 연결하는 세로 선이 점선으로 그려진다. 부눈금의 눈금 값은 표시되지 않는다.

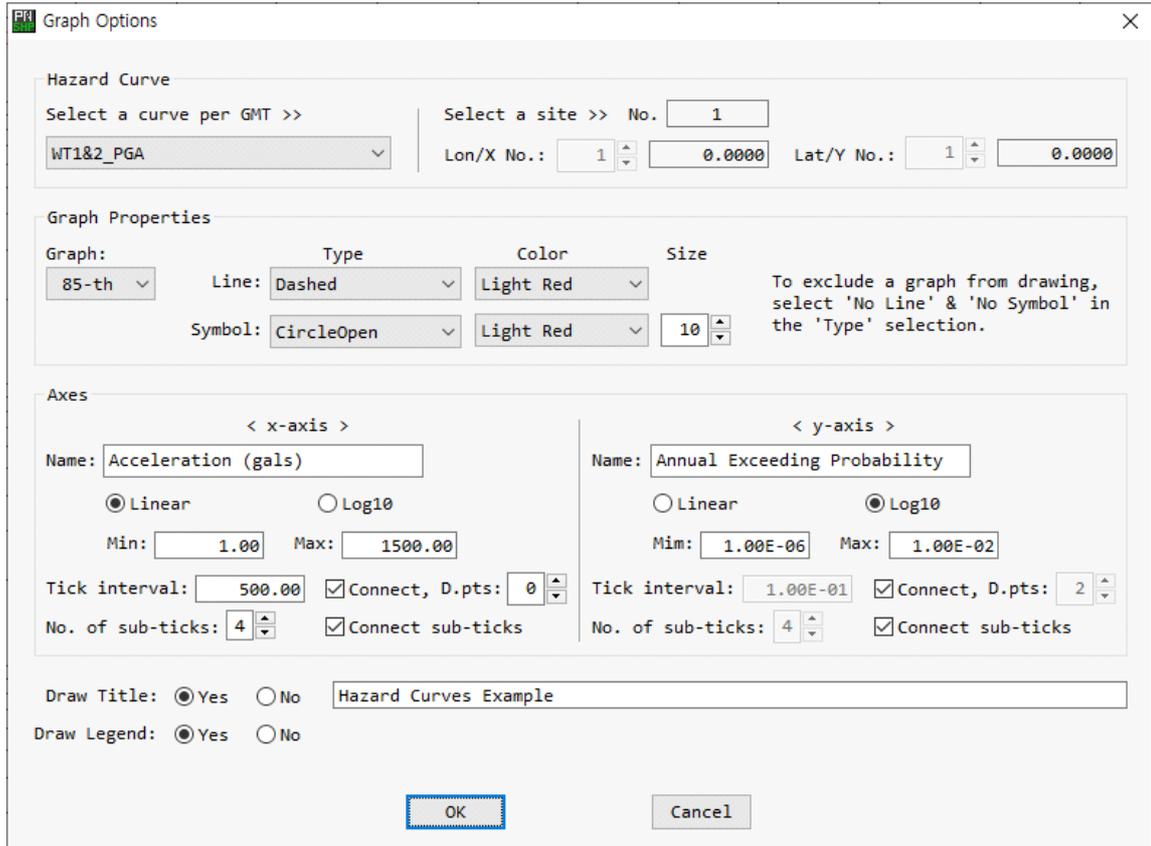


그림 3-9. 재해도 곡선 그래프 옵션 입력 대화창

Draw Title 우측의 라디오버튼 중 Yes를 선택하면, 버튼 우측의 입력영역에 입력한 그래프 타이틀이 그래프에 그려진다.

마지막으로 Draw Legend 우측의 라디오버튼 중 Yes를 선택하면 범례가 그래프에 그려진다. 범례의 형식은 SeisHazPPR의 정해진 양식에 따라 자동으로 결정된다. 그림 3-10은 그림 3-9와 같이 설정한 옵션에 대한 그래프이다.

재해도 곡선의 값은 SeisHazCal에서 설정한 지진동 수준(2.2.2.1절 참조)에서만 값이 결정된다. 그 외의 지점에서 재해도 정보가 필요하다면, 재해도 곡선 그래픽 대화창(그림 3-8)의 하단에서 누름 버튼 Interpolation을 클릭한다. 그러면 그림 3-11과 같이 내삽 대화창이 나타난다.

그림 3-11의 대화창에서, 첫 번째 줄에는 현재 선택된 지진동 종류가 표시된다. 지진동 종류를 변경하려면, 그림 3-9의 대화창에서 Hazard curve 박스에서 다른 지진동 종류를 선택하면 된다.

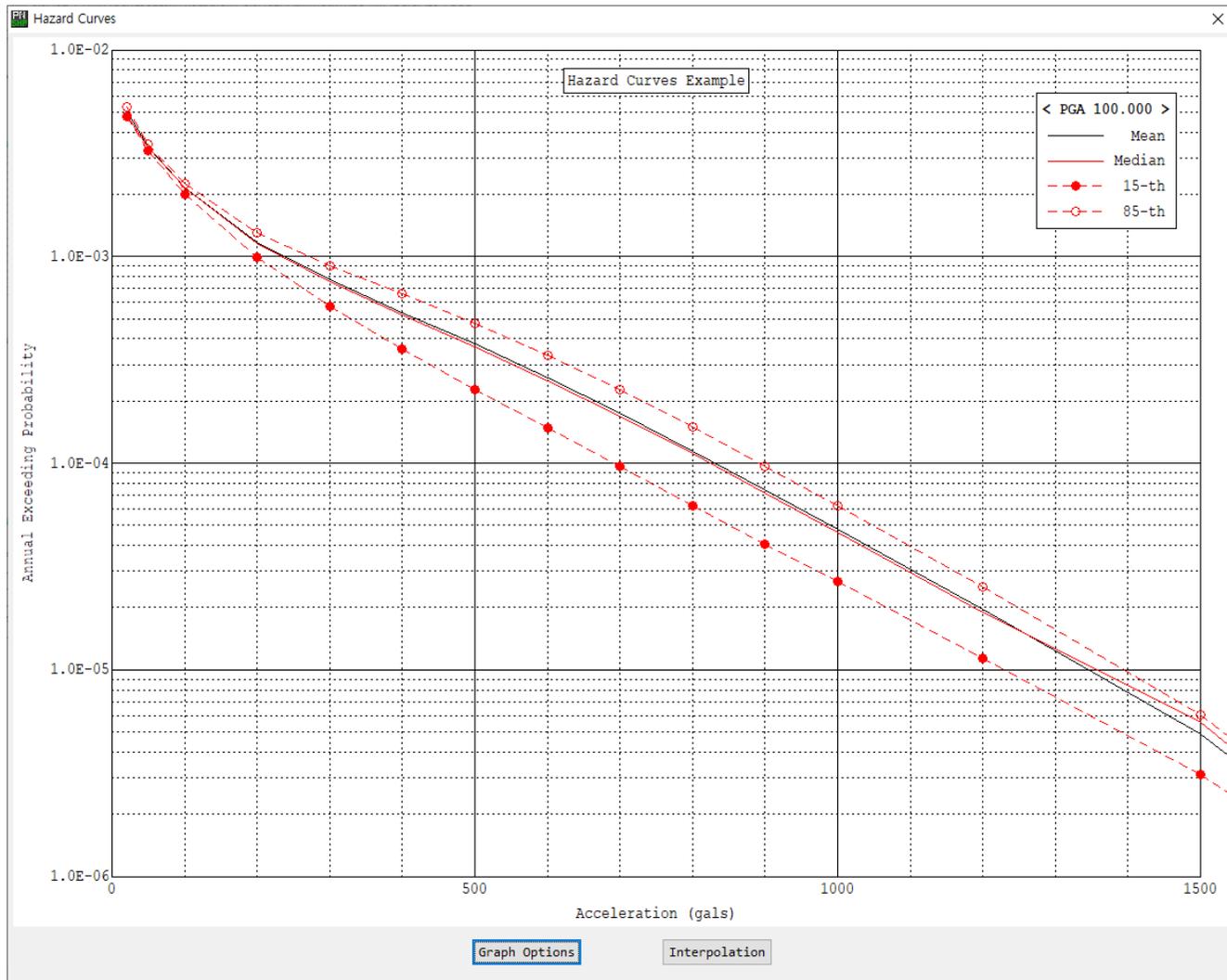


그림 3-10. 그림 3-9의 설정에 의한 그래프 표출

그 밑의 드롭다운 메뉴에는 현재 가용한 재해도 곡선이 나타나므로, 원하는 재해도 곡선을 선택한다. 그림 3-11에는 15 백분위에 해당하는 재해도 곡선이 선택되어 있다. 메뉴 박스 우측에는 내삽에 적용할 축의 스케일을 선택할 수 있는 라디오 버튼이 제공된다.

라디오 버튼 밑의 첫 번째 줄(Hazard at GMV)에서는 입력한 지진동 값에 대응하는 재해도를 계산한다. 이 줄의 입력영역에 지진동 값을 입력한 후, 그 옆의 누름 버튼 Get Haz >>을 클릭하면, 우측 끝의 박스에 내삽된 재해도 값이 계산되어 표출된다. 두 번째 줄(GMV at Hazard)은 첫 번째 줄의 역과정으로서, 입력한 재해도에 대응하는 지진동 값을 계산한다. 이 줄의 입력영역에 재해도 값을 입력한 후, 그 옆의 누름 버튼 Get GMV >>을 클릭하면, 우측 끝의 박스에 내삽된 지진동 값이 계산되어 표출된다.

내삽된 값을 얻기 위해, 누름 버튼 Get Haz >>나 Get GMV >>을 클릭하지 않아도 드롭다운 메뉴, 라디오 버튼을 클릭하거나, 다른 입력영역을 클릭하면 내삽된 값이 계산되어 표출된다. 그러나 하나의 값을 입력한 상태에서 위와 같은 입력영역 변경이 발생하지 않으면, 이전의 값이 (있다면) 변경되지 않고 유지된다. 그러므로, 마지막 입력 값에 대한 내삽 결과를 확실히 하기 위해 내삽 위치에 대한 값을 입력한 후에는 반드시 누름 버튼 Get Haz >>나 Get GMV >>을 클릭할 것을 권고한다.

대부분의 경우 지진재해도 곡선을 작성하는 것이 분석의 최종 목표가 아닐 것이다. 그러므로 그래프 표출 창(그림 3-10)이 계속해서 유지되면, 후속 작업 진행이 불편하다. 그러므로 지진재해도 곡선에 대해 목적인 분석이 완료되었다면, 그래프 표출 창 우측 상단의 버튼 x를 클릭하여 그래프 표출창을 닫는다. 이후에 그래프 표출창이 필요한 경우, 주 메뉴 항목 Graph에서 그래프 표출창을 다시 나타나게 할 수 있다(3.2.4절 참조).

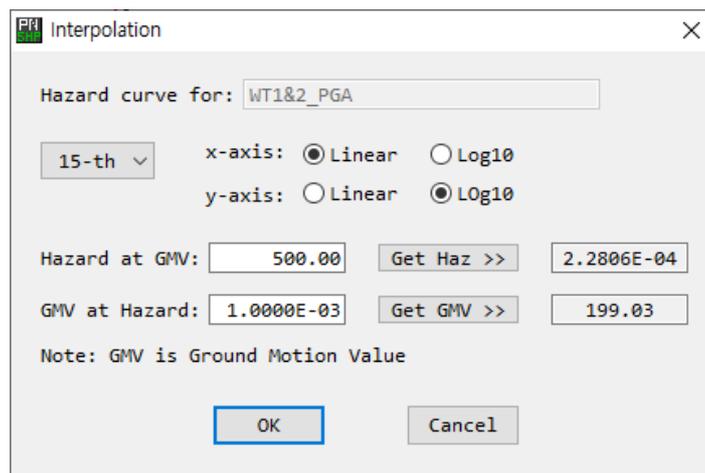


그림 3-11. 내삽 대화창

지진재해도 곡선에 대한 출력 파일 예를 그림 3-12에 나타내었다. 첫 줄에 계산된 재해도 곡선의 개수가 출력되고, 그 밑이 지진재해도 곡선 계산에 사용한 입력 파일의 이름이 출력된다. 그 밑에 입력 파일(지진동 종류)별로 계산된 지진재해도가 출력된다.

먼저, 입력 파일 이름이 출력되고 그 밑에 지진동의 종류, 좌표계, 그리고 지진재해도 곡선이 계산된 부지의 개수 및 그리드 범위(최소, 최대, 증분 좌표)가 출력된다. 그 밑에 재해도가 계산된 지진동 수준의 개수 및 값이 출력되고, 재해도의 종류가 출력된다. 마지막으로 지진동 수준별 지진재해도 값이 부지별로 출력된다. 그림 3-12의 예는 하나의 부지에서만 지진재해도가 분석되었으므로, 하나의 부지(site 1)에 대한 결과만 출력되었다. 지진재해도 곡선은, 지진재해도 곡선 편집 대화창에서 지정한 재해도 종류(Mean, Median, 15-th Percentile 등)별로 출력된다. 그리고 그 밑에는 지진동 수준별 평균 거리, 평균 규모, 그리고 평균 입실론 값이 출력된다. 이상과 동일한 형식으로 지진재해도 계산 결과가 입력 파일(지진동 종류)별로 순차적으로 출력된다.

```
>> No. of input files: 9
WT1&2_PGA.shs
WT1&2_SA000500.shs
WT1&2_SA001000.shs
WT1&2_SA002000.shs
WT1&2_SA005000.shs
WT1&2_SA010000.shs
WT1&2_SA020000.shs
WT1&2_SA035000.shs
WT1&2_SA055000.shs

>> Hazard Curve Type: Exceeding Probability

> Input File: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\WT1&2_PGA.shs
Ground Motion Type: PGA 100.000 Hz
Coordinate System: x-y (km)
# of Sites: 1
0.00000 0.00000
0.00000 0.00000
0.00000 0.00000
Ground motion levels at which hazard shall be calculated:
16
20.00 50.00 100.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00

Hazard at site: 1 0.00000 0.00000
Mean 5.0482E-03 3.4003E-03 2.1586E-03 1.1771E-03 7.6872E-04 5.3767E-04 3.7750E-04 2.5952E-04 1.7419E-04 1.14
Median 4.8049E-03 3.3622E-03 2.1486E-03 1.1640E-03 7.5450E-04 5.2432E-04 3.6648E-04 2.5125E-04 1.6841E-04 1.14
5-th 1.9890E-03 1.3464E-03 8.3344E-04 4.1326E-04 2.3883E-04 1.4830E-04 9.4994E-05 6.1538E-05 4.0015E-05 2.64
15-th 4.7691E-03 3.2389E-03 2.0044E-03 9.9318E-04 5.7370E-04 3.5611E-04 2.2806E-04 1.4772E-04 9.6049E-05 6.2
85-th 5.3175E-03 3.5124E-03 2.2554E-03 1.2979E-03 8.9806E-04 6.5845E-04 4.7703E-04 3.3400E-04 2.2627E-04 1.4
95-th 5.3344E-03 3.5476E-03 2.2756E-03 1.3031E-03 8.9980E-04 6.5909E-04 4.7728E-04 3.3410E-04 2.2631E-04 1.4
Ave-D 2.163E+01 1.503E+01 1.041E+01 6.792E+00 5.216E+00 4.405E+00 3.970E+00 3.725E+00 3.578E+00 3.4
Ave-M 5.555E+00 5.650E+00 5.767E+00 6.042E+00 6.292E+00 6.483E+00 6.608E+00 6.684E+00 6.728E+00 6.7
Ave-E -9.461E-01 -8.332E-01 -4.936E-01 -8.413E-01 -5.477E-01 -2.470E-01 7.171E-02 3.877E-01 6.863E-01 9.1

> Input File: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\SA000500\WT1&2_SA000500.shs
Ground Motion Type: SA 0.500 Hz
Coordinate System: x-y (km)
# of Sites: 1
0.00000 0.00000
0.00000 0.00000
0.00000 0.00000
Ground motion levels at which hazard shall be calculated:
16
20.00 50.00 100.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00

Hazard at site: 1 0.00000 0.00000
Mean 1.6299E-03 7.4925E-04 4.3294E-04 2.0849E-04 9.7461E-05 4.4842E-05 2.0857E-05 9.8589E-06 4.6938E-06 2.1
Median 1.6211E-03 7.3641E-04 4.1828E-04 1.9845E-04 9.2277E-05 4.2347E-05 1.9664E-05 9.2829E-06 4.4133E-06 2.0
```

그림 3-12. 지진재해도 곡선 출력 파일의 예

3.2.3A.2 Hazard-UHRS [1]

주메뉴 항목 Hazard에서 소메뉴 항목 UHRS [1]을 클릭하면, 그림 3-13과 같이 등재해도 응답스펙트럼 작성을 위한 입력 대화창이 나타난다.

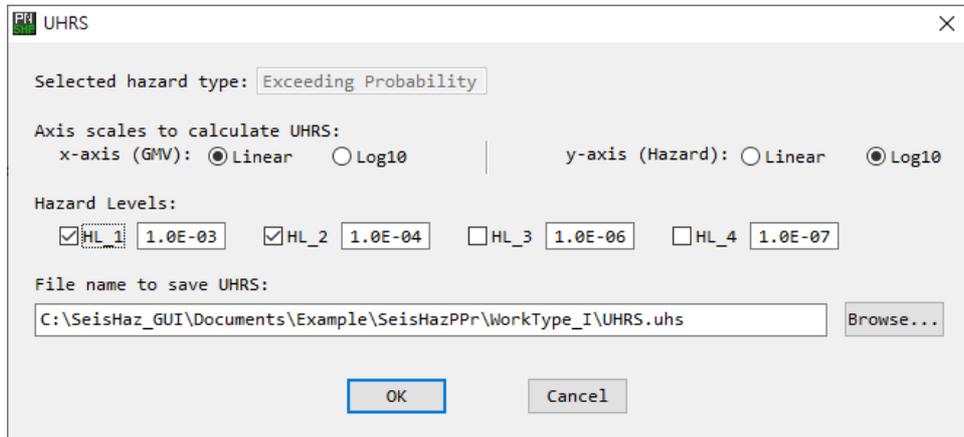


그림 3-13. UHRS[1] 입력 대화창

등재해도 응답스펙트럼(Uniform Hazard Response Spectrum; UHRS)은 모든 고유진동수에 대해 재해도가 동일한 응답스펙트럼으로서, 지진재해도 곡선으로부터 계산된다. 즉, UHRS[1]은 소메뉴 항목 Hazard-Curves(3.2.3A.1절)와 연동되므로 재해도 곡선 파일 이름을 입력하지 않는다. 그림 3-13의 첫째 줄에는 등재해도 응답스펙트럼이 Exceeding Probability에 대해 작성될 것임을 표시하고 있는데, 이는 소메뉴 항목 Hazard-Curves에서 지진재해도 곡선이 Exceeding Probability에 대해 작성되었기 때문이다.

등재해도 스펙트럼을 작성하려면, 재해도(수준)를 지정해야 하며, 고유진동수별로 이 재해도에 대응하는 지진동 값을 계산하게 된다. 통상적으로 지진재해도는 일련의 지진동 값에 대해 계산되므로, 지정한 재해도에 대응하는 지진동 값은 고유진동수별로 내삽을 통해 계산된다. 그림 3-13에서 두 번째 입력영역의 라디오 버튼은 내삽에 적용할 축 스케일에 대한 선택을 제공한다.

세 번째 입력영역에서는 등재해도 응답스펙트럼의 재해도 값(수준)을 입력한다. 최대 4개의 재해도 값에 대한 응답스펙트럼을 생성할 수 있다. 체크박스 우측의 입력영역에 재해도 값을 사용자가 직접 입력한다. 체크박스가 체크된 재해도 값에 대해서만 등재해도 응답스펙트럼이 생성된다. 만일 소메뉴 항목 Hazard-Curves(3.2.3A.1절)에서 평균뿐만 아니라 다양한 백분위수에 대한 재해도 곡선이 생성되었다면, 이 모두에 해당하는 등재해도 응답스펙트럼이 계산된다(그림 3-16 참조).

네 번째 입력영역에는 등재해도 응답스펙트럼을 저장할 출력파일의 위치와 이름을 입력한다. 출력파일의 위치와 이름을 입력영역에 직접 입력하거나, 우측의 누름버튼 Browse...를 클릭하여, Windows가 제공하는 파일선택 대화창을 통해 입력파일의 위치와 이름을 지정할 수 있다. 파일 확장자 uhs가 자동으로 부여된다.

모든 입력을 완료한 후, OK 버튼을 클릭하면 등재해도 응답스펙트럼이 계산되어 지정한 출력파일에 저장됨과 동시에 등재해도 응답스펙트럼 그래픽 표출 대화창이 나타난다(그림 3-14). 등재해도 응답스펙트럼 그래픽 표출 대화창은 지진재해도 곡선 그래픽 표출 대화창(그림 3-8, 3-10)과 유사하나, 그래프 하단에 누름버튼 Interpolation 대

신 체크박스 Use PGA as SA at가 있다는 점이 다르다. 이 체크박스는 SeisHazCal에서 PGA를 고진동수 SA로 사용한다고 선택한 경우(2.2.2.1절 참조)에만 활성화 된다.

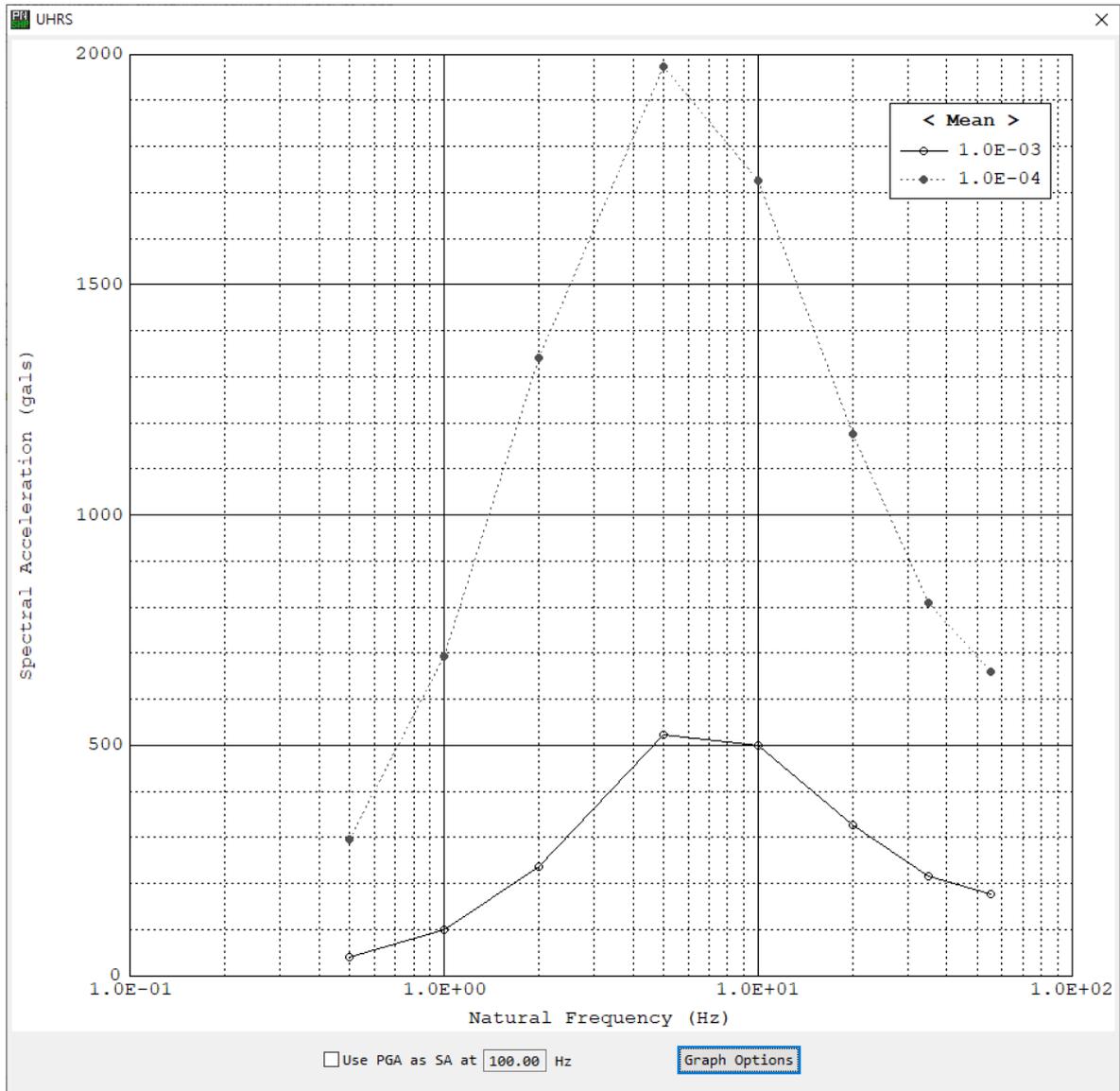


그림 3-14. 등재해도 응답스펙트럼 그래픽 표출 대화창

체크박스 우측의 고유진동수도 SeisHazCal에서 지정한 값이다. 즉, 그림 3-14는 SeisHazCal에서 PGA를 고유진동수 100 Hz이 SA로 사용한다고 선택하지 않은 경우이다. 체크박스를 체크하면 그래프가 100 Hz까지 그려진다. 참고로 이는 그래픽 표출창에 국한되며, 체크박스의 체크 여부에 관계 없이, 출력파일에는 100 Hz에 대한 등재해도 응답스펙트럼이 기록된다.

재해도 곡선 그래픽 표출 대화창에서과 같이, 체크파일 옆의 누름버튼 Graph Options를 클릭하여 그래프의 외관(Appearance)을 수정할 수 있다. 등재해도 응답스펙

트럼 그래픽 표출 대화창(그림 3-15)은 재해도 곡선 그래픽 표출 대화창(그림 3-9 참조)과 유사하다. UHRS Curve 박스의 좌측의 드롭다운 메뉴에서 응답스펙트럼의 종류 (Mean, Median 등)를 선택한다. 여기에 제시된 응답스펙트럼 메뉴 항목은 지진재해도 곡선 편집 대화창(그림 3-7 참조)에서 선택한 항목이다. 지진재해도 곡선 그래픽 표출 대화창에서와 같이, 이후의 옵션 내용은 이 드롭다운 메뉴에서 선택한 종류의 응답스펙트럼에만 적용이 되고, 이 응답스펙트럼이 그래픽 표출 대화창에 도시된다. 드롭다운 메뉴 우측은 Hazard Mapping에 사용되는 영역이므로, 현재는 영역 전체가 비활성화되어 있다. Graph Properties 박스 좌측 첫 번째 드롭다운 메뉴에서 재해도 수준을 선택한다. 여기에 제시된 재해도 수준은 등재해도 응답스펙트럼 생성을 위한 입력 대화창(그림 3-13 참조)에서 선택한 것이다. 나머지 옵션들은 그래프를 꾸미기 위한 옵션으로서, 재해도 곡선 그래픽 표출 대화창의 옵션과 사용법 및 효과가 같다.

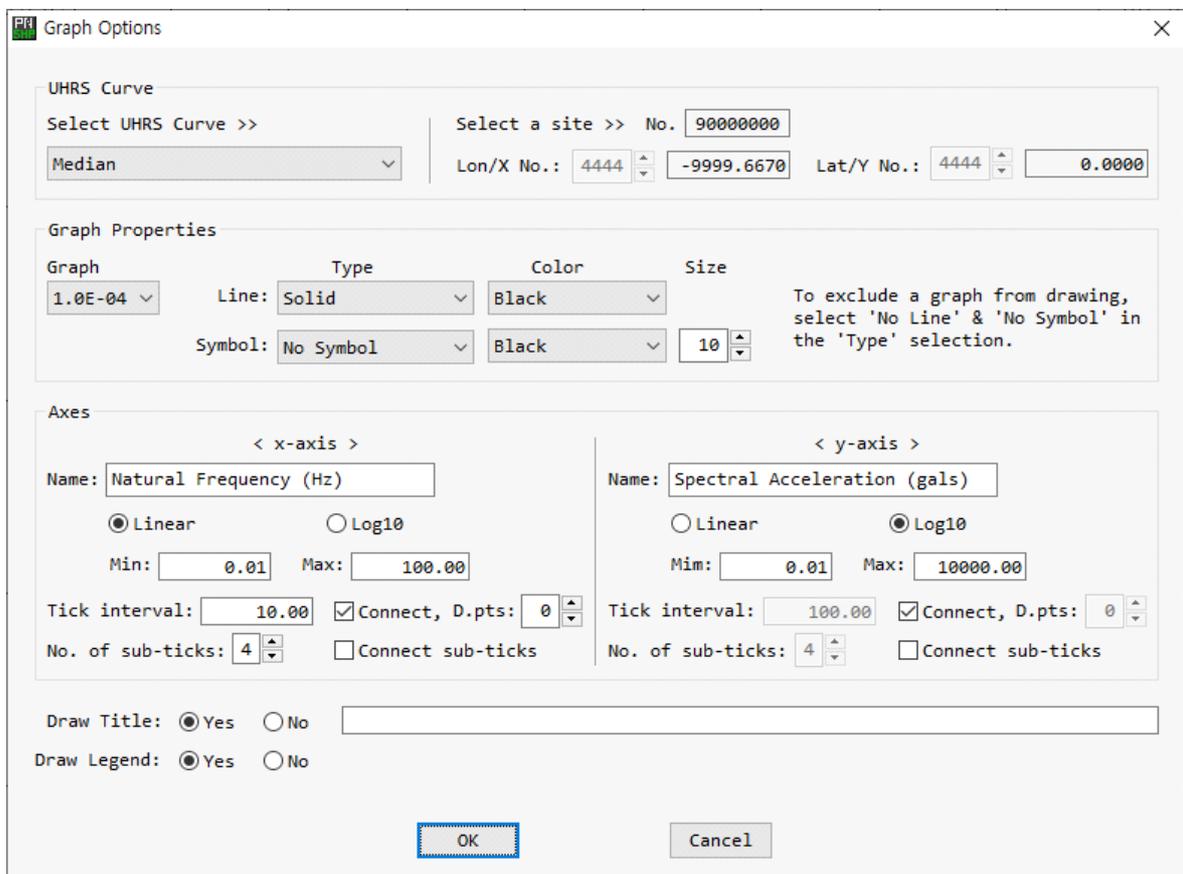


그림 3-15. 등재해도 응답스펙트럼 그래프 옵션 입력 대화창

등재해도 응답스펙트럼(UHRS) 출력 파일의 예를 그림 3-16에 제시하였다. 첫 번째 줄에 등재해도 응답스펙트럼 작성에 사용된 입력 파일(Hazard Curve)의 이름 및 위치가 출력된다. 그 밑에 재해도 종류의 개수 및 종류가 나열된다. 그다음 등재해도 응답스펙트럼을 구성하는 고유진동수의 개수 및 값이 출력된다. 그리고 등재해도 응답스펙트럼

이 작성된 재해도 수준의 개수가 출력된다. 그 밑에 등재해도 응답스펙트럼이 재해도 종류별로 출력된다. 그 다음에 재해도 종류 각각에 대해 재해도 수준별 UHRS가 고유진동수의 함수로 출력된다. 재해도 곡선과 달리, 등재해도 응답스펙트럼은 하나이 부지에 대해 계산된다. 참고로, 재해도 수준이 내삽 범위 밖에 있는 경우에는 지진동으로 최대값인 3.4028E+38이 출력된다. 이러한 결과는 고유진동수별 재해도 수준에 큰 차이가 있는 것을 고려하지 않고, 모든 고유진동수에 대한 재해도를 동일한 범위의 지진동 수준에 대해 계산했기 때문이다. 이를 방지하려면 고유진동수별로 적합한, 상이한 범위의 지진동 수준을 적용하거나, (동일한 범위를 적용하려면) 충분히 넓은 범위의 지진동 수준을 적용해야 한다.

```

>> Input File: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\HazCrv.crv

>> No. of hazard types: 4
    Mean Median 15-th 85-th

>> No. of natural frequencies: 9
    0.500 1.000 2.000 5.000 10.000 20.000 35.000 55.000 100.000

>> No. of hazard levels: 2

>> UHRS type: Mean
1.0E-03: 3.8857E+01 9.9530E+01 2.3593E+02 5.2391E+02 4.9849E+02 3.2621E+02 2.1568E+02 1.7605E+02 2.3827E+02
1.0E-04: 2.9662E+02 6.9335E+02 1.3412E+03 1.9739E+03 1.7255E+03 1.1755E+03 8.1003E+02 6.5852E+02 8.3178E+02

>> UHRS type: Median
1.0E-03: 3.8367E+01 9.8514E+01 2.3240E+02 5.1670E+02 4.9229E+02 3.2147E+02 2.1226E+02 1.7378E+02 2.3503E+02
1.0E-04: 2.8950E+02 6.7860E+02 1.3172E+03 1.9525E+03 1.7109E+03 1.1645E+03 8.0214E+02 6.5179E+02 8.2385E+02

>> UHRS type: 15-th
1.0E-03: 3.0984E+01 8.3539E+01 1.9221E+02 4.4184E+02 4.2156E+02 2.7410E+02 1.8133E+02 1.4753E+02 1.9903E+02
1.0E-04: 1.7032E+02 4.2961E+02 9.1071E+02 1.6088E+03 1.4737E+03 9.8374E+02 6.6401E+02 5.3486E+02 6.9064E+02

>> UHRS type: 85-th
1.0E-03: 4.4666E+01 1.2315E+02 2.7449E+02 5.9677E+02 5.6747E+02 3.7383E+02 2.5041E+02 1.9823E+02 2.7080E+02
1.0E-04: 3.4814E+02 8.0327E+02 1.5226E+03 2.1357E+03 1.8398E+03 1.2580E+03 8.7027E+02 7.0945E+02 8.9294E+02

```

그림 3-16. 등재해도 응답스펙트럼(UHRS) 출력 파일의 예

3.2.3B Work Type: Single site analysis II

Work Type에서 Single site analysis II를 선택하면, 입력 그림 3-6의 소메뉴 항목 중 Deaggregation과 Controlling Earthquakes만 활성화되고, 나머지는 비활성화되어 회색으로 나타난다.

3.2.3B.1 Hazard-Deaggregation

Deaggregation은 재해도를 분해하는 것으로서, 한 부지의 총 재해도를 거리, 규모, 입실론 구간별로 기여도를 계산한다. 재해도 분해에 적용되는 거리, 규모, 입실론의 구간 분포는 Edit-Common Options(2.2.2.1절 참조)에서 선택한 분포이다. 소메뉴 항목 Hazard-Deaggregation을 클릭하면 재해도 분해 옵션 편집 대화창이 나타난다(그림 3-17).

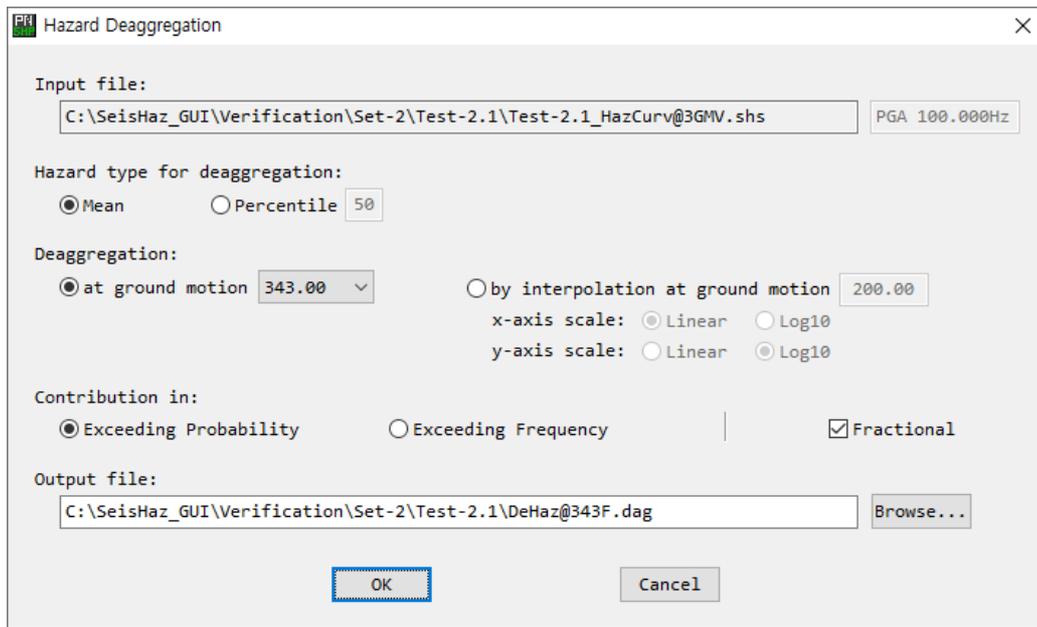


그림 3-17. 재해도 분해 옵션 편집 대화창

Input file 밑의 박스에는 현재 선택한 입력파일의 이름 및 고유진동수가 표시된다.

Hazard type for deaggregation에서 재해도 분해에 적용할 재해도의 종류를 선택한다. 라디오 버튼 Percentile을 선택하면 우측의 입력영역이 활성화되어 원하는 백분위 수를 입력할 수 있다.

Deaggregation에서 분해가 이루어질 재해도 수준을 선택한다. 좌측 라디오 버튼 at ground motion을 클릭하면 버튼 우측의 드롭다운 메뉴가 활성화된다. 이 메뉴에는 SeisHazCal의 Edit-Common Options(2.2.2.1절 참조)에서 선택한 지진동 수준이 제시되므로, 이 중에서 하나의 값을 선택한다. 즉, Edit-Common Options에서 선택한 지진동 수준에서 재해도 분해를 수행하려면 좌측의 라디오 버튼 at ground motion을 선택한다. Edit-Common Options에서 선택한 지진동 수준 이외의 값에서 재해도를 분해하려면 우측 라디오 버튼 by interpolation at ground motion을 클릭한다. 그러면, 이 버튼 우측의 입력영역 및 밑에 있는 라디오 버튼들이 활성화된다. 버튼 우측의 입력영역에 재해도를 분해하고자 하는 지진동 수준을 입력한다. SeisHazPPr은 재해도 곡선을 계산한 후, 이 지진동 수준에서의 재해도를 내삽하여 계산한다. 라디오 버튼 by interpolation at ground motion 아래 축 스케일(Axis Scale)에서 내삽에 적용할 스케일을 두 축에 대해 선택한다.

Contribution in에서는 총 지진재해도에 기여하는 구간별 지진재해도를 초과확률(Exceeding Probability)로 계산할지, 아니면 초과빈도(Exceeding Frequency)로 계산할지 선택한다. 오른쪽 끝의 체크박스 Fractional을 선택하면 총 지진재해도를 정규화된 기여도가 계산된다.

마지막으로, 재해도 분해 결과를 저장할 출력파일을 지정한다. 출력파일의 위치 및

이름을 입력영역에 직접 입력하거나, 우측의 누름버튼 Browse...를 클릭하여 통상적인 MS Windows의 파일선택 대화창을 이용하여 입력한다. 파일 확장자 dag가 자동으로 부여된다. 출력파일에는 거리-규모-입실론 구간에 대한 재해도 분해결과뿐만 아니라, 거리-규모 구간, 거리 구간, 규모 구간, 입실론 구간에 대한 재해도 분해결과도 제시된다. 지진재해도 분해 출력 파일의 예를 그림 3-18에 제시하였다.

```

>> Input File: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\WT1&2_PGA.shs
> Ground Motion Type: PGA 100.000 Hz
> Coordinate System: x-y (km)
> # of D,M,E bins: 4 3 6
>> Deaggregation Options:
> Hazard type: mean
> Ground motion value: 20.00
  - No interpolation
> Contribution: in Exceeding Probability
>>Site coordinate: 0.00000 0.00000
>> Hazard deaggregated in D-M-E bins:
=====
DBin      MBin      EBin      Hazard
-----
  0.0~ 50.0
          5.00~ 6.00
            -3.00~ -2.00 3.5545E-05
            -2.00~ -1.00 3.6949E-04
            -1.00~ 0.00 1.3267E-03
            0.00~ 1.00 1.5475E-03
            1.00~ 2.00 6.2400E-04
            2.00~ 3.00 9.8483E-05
          6.00~ 7.00
            -3.00~ -2.00 8.3517E-06
            -2.00~ -1.00 5.8246E-05
            -1.00~ 0.00 1.5096E-04
            0.00~ 1.00 1.5097E-04
            1.00~ 2.00 6.0104E-05
            2.00~ 3.00 9.4638E-06
          7.00~ 8.00
            -3.00~ -2.00 5.6515E-06
            -2.00~ -1.00 3.5890E-05
            -1.00~ 0.00 9.0138E-05
            0.00~ 1.00 9.0138E-05
            1.00~ 2.00 3.5890E-05
            2.00~ 3.00 5.6515E-06
  50.0~ 100.0
          5.00~ 6.00
            -3.00~ -2.00 0.0000E+00
            -2.00~ -1.00 0.0000E+00

```

그림 3-18. 지진재해도 분해 출력 파일의 예

첫 번째 줄에는 지진재해도 분해의 대상이 되는 입력 파일(*.shs)의 이름 및 위치가 출력된다. 이와 함께, 이 입력 파일에 적용된 지진동 종류, 좌표계, 그리고 거리(D), 규모(M), 그리고 입실론(E) 구간의 개수가 각각 출력된다. 그다음 재해도 종류, 분해가 수행된 지진동 값 및 내삽 옵션, 그리고 재해도 양식(초과빈도 또는 초과확률)과 같은 재해도 옵션이 출력된다. 그 밑에 부지좌표가 출력되고, 뒤이어 지진재해도 분해 결과가 출력된다. 거리-규모-입실론 구간에 대한 재해도 분해 결과뿐만 아니라 거리-규모 구간, 거리-입실론 구간, 규모-입실론 구간의 2가지 변수에 대한 재해도 분해 결과와 거리, 규모, 입실론의 개별 변수 구간별 지진재해도 분해 결과가 순차적으로 출력된다.

3.2.3B.2 Hazard-Controlling Earthquakes

제어지진(Controlling Earthquakes)은 부지의 지진재해도에 가장 큰 영향을 미치는 지진의 규모 및 거리이다. 지진동 종류(Ground Motion Type: GMT)별로 재해도 수준(Hazard Level)에 따라 다른 제어지진이 정의된다. 일반적인 제어지진 결정절차는 다음과 같다.

- ① 제어지진 결정에 사용할 지진동 종류를 결정한다.
- ② 재해도 수준을 결정한다.
- ③ 결정된 재해도 수준에서의 지진동 값을 지진동 종류별로 지진동 값을 계산한다.
- ④ 지진동 종류별로 계산된 지진동 값에서 재해도 분해를 수행한다.
- ⑤ 분해된 재해도를 가중치로 하여 제어지진을 결정한다.

SeisHazPPr은 기본적으로 Regulatory Guide 1.208(US NRC, 2007)의 절차를 따른다. 기본적으로 1 Hz 및 2.5 Hz 지진동 쌍 및 5.0 Hz 및 10.0 Hz 쌍에 대한 제어지진을 계산하며, 1 Hz 및 2.5 Hz 지진동 쌍에 대해서는, 거리 100 km 바깥의 지진원 기여도가 5%를 초과하는 경우 원거리 제어지진을 추가로 계산한다. 제어지진 결정을 위한 입력 자료나 값이 Regulatory Guide 1.208과 다른 경우, 경고 메시지가 출력된다. 그러나 이것이 사용자가 의도한 것이라면 그대로 진행해도 된다. 그러므로 Regulatory Guide 1.208 방법 이외의 일반적인 분석도 가능하다.

소메뉴 항목 Hazard-Controlling Earthquakes를 클릭하면 그림 3-19와 같이, 제어지진 결정을 위한 입력 대화창이 나타난다. 대화창의 내용은 크게 2개 그룹으로 구성된다. 첫 번째 그룹은 저진동수에 대한 입력자료이다. 2개의 저진동수에 대한 재해도 분해 파일의 이름 및 위치를 입력한다. Regulatory Guide 1.208을 적용한다면, 1.0 Hz와 2.5 Hz에 대한 재해도 분해 파일을 입력한다. 재해도 분해 파일은 위 3.2.3.3 (Hazard-Deaggregation)절에서 생성한 파일이다. 재해도 분해 파일을 입력하면, 바로 위에 이 파일의 지진동 종류 및 값이 표시된다. 박스 밑에는 원거리 제어지진 결정을 위한 최소 거리 및 최소 기여도 입력영역이 있다. 현재 Regulatory 1.208이 요구하는 값인 최소 거리 100 km 및 최소 기여도 5%가 입력되어 있으나, 다른 값을 입력해도 무방하다. 최소 거리 이상 떨어진 지진원들에 의한 영향이 최소 기여도 이상인 경우에만 원거리 제어지진을 계산하며, 그렇지 않으면 제어지진을 계산하지 않는다.

두 번째 그룹은 고진동수에 대한 입력자료이다. 2개의 고진동수에 대한 재해도 분해 파일의 이름 및 위치를 입력한다. Regulatory Guide 1.208을 적용한다면, 5.0 Hz와 10.0 Hz에 대한 재해도 분해 파일을 입력한다. 원거리 지진의 영향 여부와 관계없이, 고진동수에 대한 제어지진을 결정한다.

여기서 주의할 점은, 하나의 제어지진 결정에 사용되는 모든 재해도 분해 파일은 동일한 재해도 수준에 대한 지진동 값에서 생성된 것이어야 한다. 이는 첫 번째 및 두 번째

째 그룹에 사용될 4개의 지진동 종류에 대해 공통으로 적용되는 요건이다. 한편, 재해도 분해 파일 4개가 모두 지정되지 않아도 제어지진이 계산된다. 단, 저진동수와 고진동수 각각에 대해 적어도 1개의 재해도 분해 파일이 지정되어야 한다.

마지막으로 제어지진 분석 결과를 저장할 파일의 이름 및 위치를 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다. 파일 확장자 ceq가 자동으로 부여된다.

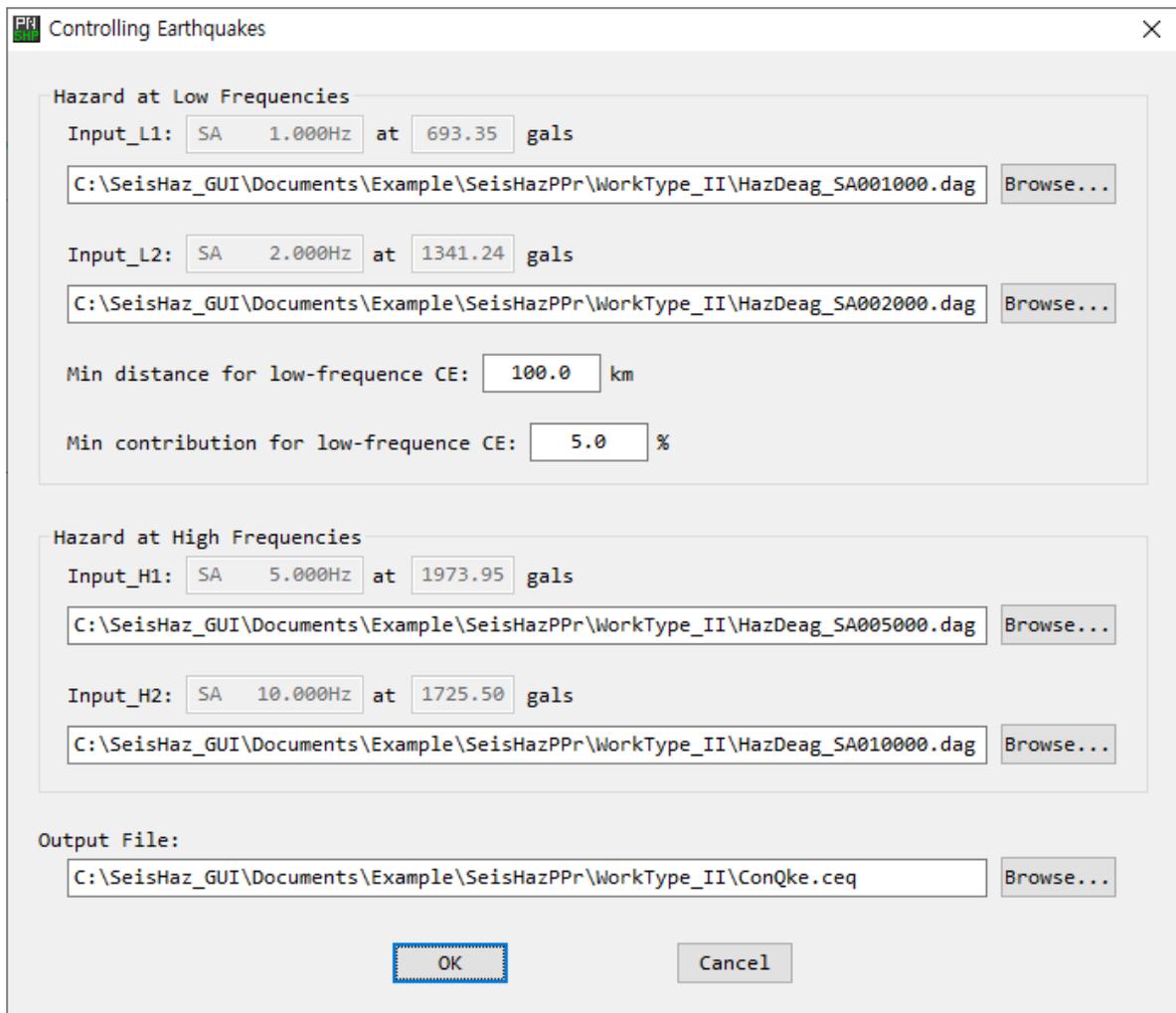


그림 3-19. 제어지진 결정을 위한 입력 대화창

제어지진 출력파일의 예를 그림 3-20에 제시하였다. 먼저 입력 파일로 지정한 4개 지진재해도 분해 파일의 이름 및 위치가 출력된다. 입력 파일 각각에 대해, 지진동 종류 (GMT)와 지진재해도 분해가 수행된 지진동 값(GMV)이 함께 출력된다. 그 밑에는 원거리 제어지진 계산을 위한 최소 거리 및 최소 기여도 값이 출력된다. 그림 3-20는 재해도 수준 1.0×10^{-4} /년에 대한 결과이다. 저진동수(LF)에 대한 거리-규모 구간별 기여도와 제어지진의 거리 및 규모가 출력되고, 뒤이어 고진동수(HF)에 대한 거리-규모 구간별 기여도와 제어지진의 거리 및 규모가 출력된다. 저진동수 제어지진의 경우, 기여도 밑에 기

술된 LF_A와 LF_D는 전체 지진원을 고려한 제어지진과 원거리(100 km 이상) 지진원에 의한 제어지진을 나타낸다. 그림 3-20에서는 최소 거리(100 km) 밖에 있는 지진원의 기여도가 0%로서 5%보다 작으므로, 원거리 제어지진이 결정되지 않았다. 한편, 그림 3-20의 기여도 중 1.242E-08나 1.3509E-08와 같이 반복적으로 나타나는 매우 작은 값의 실제 값은 0.0이다. 이 값들은, 재해도 분해를 위한 내삽에서 대수 값을 취하는 경우에 대비해 0.0의 재해도에 임의로 부여한 값($\text{tiny} \times 10^{10}$)에 의한 수치오차이다.

```
>> Deaggregated Hazard Files
> Low frequencies
  o Input_L1: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_II\HazDeag_SA001000.dag
    - GMT & GMV: SA 1.000Hz & 693.35
  o Input_L2: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_II\HazDeag_SA002000.dag
    - GMT & GMV: SA 2.000Hz & 1341.24
> High frequencies
  o Input_H1: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_II\HazDeag_SA005000.dag
    - GMT & GMV: SA 5.000Hz & 1973.95
  o Input_H2: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_II\HazDeag_SA010000.dag
    - GMT & GMV: SA 10.000Hz & 1726.00
>> Conditions for Low-Frequency CE
> Min distance(km): 100.0
> Min contribution(%): 5.0
>> Analysis of Low-Frequency CE
> Normalized contribution (%)
=====
D-Bins\M-Bins  5.00~ 6.00  6.00~ 7.00  7.00~ 8.00
-----
  0.0~ 50.0    2.9132E+00  2.2791E+01  7.4296E+01
 50.0~ 100.0   1.2420E-08  1.2420E-08  1.2420E-08
100.0~ 200.0   1.2420E-08  1.2420E-08  1.2420E-08
200.0~1000.0  1.2420E-08  1.2420E-08  1.2420E-08
=====
> LF_A Controlling Earthquake (D,M): 33.3 7.214
> LF_D Controlling Earthquake (D,M): None
  - Contribution (%) beyond 100.0 km: 0.0
>> Analysis of High-Frequency CE
> Normalized contribution (%)
=====
D-Bins\M-Bins  5.00~ 6.00  6.00~ 7.00  7.00~ 8.00
-----
  0.0~ 50.0    2.0079E+01  3.0478E+01  4.9443E+01
 50.0~ 100.0   6.7563E-09  6.7563E-09  6.7563E-09
100.0~ 200.0   6.7563E-09  6.7563E-09  6.7563E-09
200.0~1000.0  6.7563E-09  6.7563E-09  6.7563E-09
=====
> HF Controlling Earthquake (D,M): 33.3 6.794
```

그림 3-20. 제어지진 결정 출력 파일의 예

3.2.3C Hazard Mapping

Work Type에서 Hazard Mapping을 선택하면, 입력 그림 3-6의 소메뉴 항목 중 Curves와 Mapping만 활성화되고, 나머지는 비활성화되어 회색으로 나타난다.

3.2.3C.1 Hazard-Curves

소메뉴 항목 Hazard-Curves를 클릭하면 지진재해도 곡선 작성조건을 편집하기 위한 대화창이 나타난다. 이 대화창은 Work Type I: Single site analysis에서 나타난 대화창(그림 3-7)과 동일하다. 또한, 이 대화창부터 마지막 그래픽 표출 대화창까지 모든 과정과 내용이 동일하므로, 상세한 지침을 위해 3.2.3A.1절을 참조하기 바란다. 유일한 차이는, Work Type I: Single site analysis에서는 단일 부지에 대해 분석을 다수의 지진동 종류에 대해 수행한 반면, Hazard Mapping에서는 그리드 상에 분포하는 다수의 부지에 대한 분석을 단일 지진동에 대해 수행한다는 것이다. 이러한 이유로, Work Type I: Single site analysis에서는 재해도 곡선 그래프 옵션 입력 대화창 상단 좌측의 드롭다운 메뉴가 활성화고 우측의 부지 선택 영역이 비활성이나, Hazard Mapping에서는 반대이다.

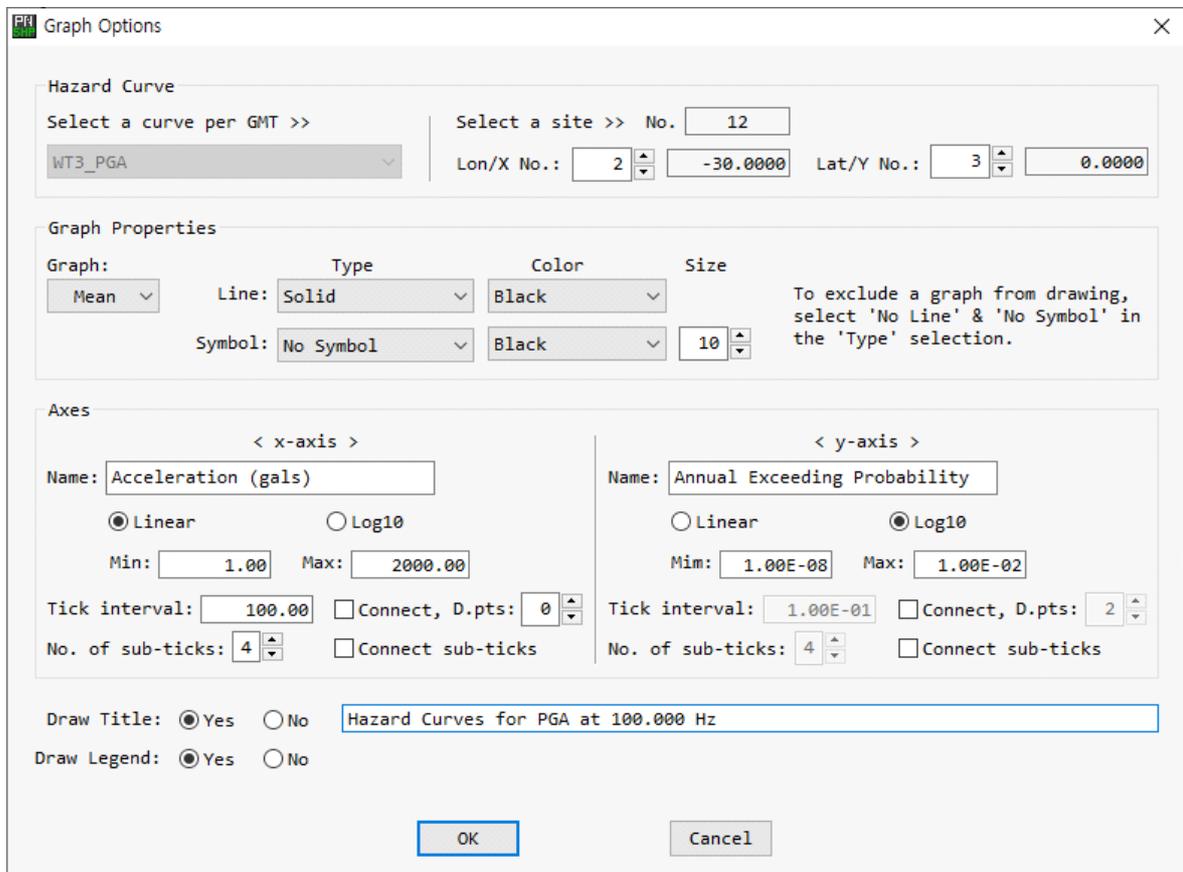


그림 3-21. Hazard Mapping에서 그래프 옵션 대화창

그림 3-21의 상단 박스의 우측 영역에서, Lon/X No.와 Lat/Y No. 우측의 버튼 ▲ 또는 ▼을 클릭하여 원하는 부지를 선택하면 해당 부지의 번호가 그 위에 나타난다. 그림 3-21에서 x축(위도)과 y축 상에 각각 5개씩의 부지가 있다. 그러므로 x축(위도) 상에서 2번째이며 y축 상에서 3번째인 부지의 번호는 $2+5 \times (3-1)=12$ 이다.

그림 3-22는 재해도 곡선 출력 파일의 일부를 보여준다. Work Type I: Single

site analysis에서 생성된 재해도 곡선 출력 파일과 비교하여 다른 점만을 설명하면 다음과 같다.

첫째, 부지의 개수가 1개 이상이다(현재 25개). 그리고 그 밑에는 그리드 시작점 및 끝점과 그리드 간격에 대한 (x,y) 좌표 값이 차례로 출력된다. Work Type I: Single site analysis에서 부지의 개수는 항상 1개이다. 둘째, 부지별로 지진재해도 곡선이 출력된다. Work Type I: Single site analysis에서는 부지가 1개이므로 지진동 종류별로 지진재해도 곡선이 출력되었다.

```
>> No. of input files: 1
WT3_PGA.shs

>> Hazard Curve Type: Exceeding Probability

> Input File: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_3\PGA\WT3_PGA.shs
Ground Motion Type: PGA 100.000 Hz
Coordinate System: x-y (km)
# of Sites: 25
-60.00000 -60.00000
60.00000 60.00000
30.00000 30.00000
Ground motion levels at which hazard shall be calculated:
16
20.00 50.00 100.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00 900.00 1000.00 1200.00 1500.00 2000.00 2500.00

Hazard at site: 1 -60.00000 -60.00000
Mean 1.3769E-03 4.9235E-04 1.9860E-04 2.2494E-05 3.1816E-06 8.3326E-07 3.0489E-07 1.1442E-07 4.1983E-08 1.4189E-08 4.1987E-09 1.0900E-09 1.9154E-11 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
Median 1.3580E-03 4.7506E-04 1.8874E-04 2.1577E-05 2.9771E-06 7.5991E-07 2.8090E-07 1.0649E-07 3.9694E-08 1.3833E-08 4.0695E-09 9.6824E-10 1.1241E-11 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
15-th 1.1037E-03 2.4841E-04 6.0520E-05 8.2806E-06 2.0105E-06 5.0367E-07 1.8272E-07 6.7978E-08 2.4596E-08 8.0805E-09 2.7130E-09 6.4549E-10 7.4937E-12 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
85-th 1.5488E-03 6.5105E-04 2.8911E-04 3.1512E-05 3.7946E-06 1.0524E-06 3.8667E-07 1.4572E-07 5.3815E-08 1.8422E-08 5.6805E-09 1.5904E-09 3.5526E-11 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
Ave-D 5.3377E+01 4.1766E+01 3.0811E+01 3.3121E+01 2.1356E+01 1.3831E+01 1.3900E+01 1.2355E+01 1.1844E+01 1.1455E+01 1.1165E+01 1.0805E+01 1.0202E+01 -NaN -NaN -NaN
Ave-M 5.9599E+00 6.5611E+00 6.8933E+00 6.7101E+00 6.1354E+00 5.8064E+00 5.8377E+00 5.8755E+00 5.9364E+00 6.0454E+00 6.2154E+00 6.3724E+00 6.6154E+00 -NaN -NaN -NaN
Ave-E -8.1608E-02 -8.6101E-01 1.3311E-02 1.3391E+00 1.6501E+00 1.7261E+00 1.9991E+00 2.2201E+00 2.3961E+00 2.5301E+00 2.6271E+00 2.7211E+00 2.9141E+00 -NaN -NaN -NaN

Hazard at site: 2 -30.00000 -60.00000
Mean 1.2441E-03 8.6529E-04 4.0225E-04 1.2271E-04 2.8614E-05 6.2312E-06 1.2782E-06 2.4590E-07 8.3966E-08 2.8377E-08 8.3974E-09 2.1799E-09 3.8308E-11 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
Median 1.2091E-03 8.4724E-04 3.8614E-04 1.1623E-04 2.7128E-05 5.9505E-06 1.2416E-06 2.4067E-07 7.9388E-08 2.7665E-08 8.1389E-09 1.9365E-09 2.2481E-11 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
```

그림 3-22. 재해도 곡선 출력 파일의 예

평균 거리(Ave-D), 규모(Ave-D), 입실론(Ave-E) 중 일부가 -NaN으로 표기되었는데, 이는 해당 지진동 수준에서 재해도가 0.0이어서 계산할 수 없기 때문이다.

3.2.3C.2 Hazard-Mapping

재해도 곡선의 계산이 완료되었다면, 재해도 매핑으로 나아갈 수 있다. 재해도 매핑에는 아래 식이 이용된다.

$$P_E(y) = 1 - \exp(-\nu_y T_E) \quad (3-1)$$

위에서 $P_E(y)$ 는 부지에서의 최대지진동이 y 를 초과할 연간확률로서, 보통 연초과확률(Annual Exceeding Probability 또는 Annual Probability of Exceedance)이라고 한다. ν_y 는 부지에서의 최대지진동이 y 를 초과할 연간빈도로서 보통 연초과빈도(Annual Exceeding Frequency 또는 Annual Frequency of Exceedance)라고 한다. 그리고 T_E 는 관측기간(Exposure Time)으로서, 구조물의 설계수명에 해당한다. 한편, 재래주기(Return Period)는 $T_R = 1/\nu_y$ 로서 관측기간 T_E 와는 다르다는 점에 유의할 필요가 있다. 통상적으로 지진재해도 또는 지진재해도 곡선이라 함은 관측기간이 1년($T_E = 1$)인 경우로서 아래와 같이 표현된다.

$$H(y) = 1 - \exp(-\nu_y) \approx \nu_y, \nu_y \ll 1 \quad (3-2)$$

$\nu_y \ll 1$ 이면 근사적으로 $H(y) \approx \nu_y$ 이다. 이와 같은 근사식으로 인해 초과빈도를 지진재해도(곡선)으로 사용하는 경우가 자주 있어 혼선을 야기하기도 하였다. 그러나 엄밀하게 말해, 지진재해도(곡선)은 초과확률로 정의되므로 지진재해도를 초과빈도로 나타내는 것은 올바르지 않다.

소메뉴 항목 Hazard-Mapping을 클릭하면 지진재해도 매핑 조건을 편집하기 위한 대화창이 나타난다(그림 3-23).

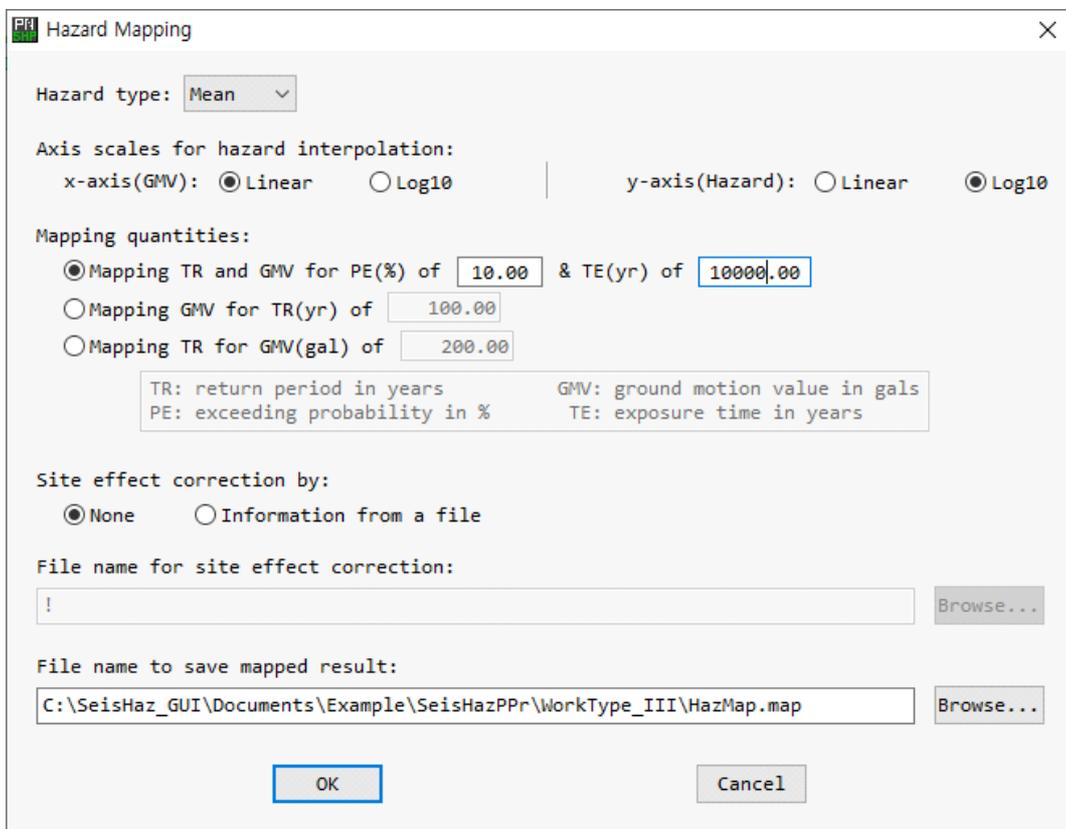


그림 3-23. 재해도 매핑 조건 편집 대화창

대화창 위에서부터 첫 번째 줄의 드롭다운 메뉴에서 재해도 종류를 선택한다. 이 드롭다운 메뉴에 열거되는 재해도 종류(Mean, Median, ...)는 Hazard-Curves (3.2.3C.1절 참조)에서 선정한 것이다.

두 번째 단계로 재해도 곡선의 내삽에 적용할 x축 및 y의 스케일(라디오 버튼)을 선택한다.

세 번째 단계로 무엇을 매핑할 것인지 선택한다. 3개의 매핑 대상 중에서 라디오 버튼을 통해 한 가지를 선택한다. 위에서부터 첫 번째 매핑 대상은, 사용자가 입력한 초과

확률(PE)과 관측기간(TE; Exposure Time)에 대응하는 재래주기(TR; Return Period)와 지진동 값(GMV; Grond Motion Value)이다. 두 번째 매핑 대상은 사용자가 입력한 재래주기에 대응하는 지진동 값이다. 세 번째 매핑 대상은 두 번째의 역이다.

네 번째 단계로 부지 효과의 보정 여부를 선택한다. Information from a file을 선택하면, 밑에 있는 파일 입력영역이 활성화되며, 여기에 부지 효과 보정에 필요한 정보를 담고 있는 파일의 위치와 이름을 입력한다. 부지 효과는 부지별 증폭계수를 이용하여 보정한다. 부지 효과 보정을 위한 입력 파일의 예를 그림 3-24에 나타내었다. 처음 5줄은 파일 정보를 기술한 것으로서, 프로그램은 이를 읽지 않는다. 6번째 줄부터 부지별 증폭계수가, Edit-Common Options(2.2.2.1절 참조)에서 선택한 좌표계에 따라 (x,y,Amp) 또는 (경도,위도,Amp)의 형식으로 입력된다.

마지막으로 매핑 결과를 저장할 출력파일의 위치와 이름을 지정한다.

```

This is an example of an information file for site effect correction.
The first 5 lines are just for remarks that are not read.
Following data are given unformatted
x(lon.), y(lat.), Amp
=====
0. 0. 1.2
0. 50. 1.25
0. 100. 1.11
50. 0. 1.0
50. 50. 0.99
50. 100. 1.75
    
```

그림 3-24. 부지 효과 보정을 위한 입력 파일의 예

그림 3-25은 재해도 매핑 출력파일의 예시이다. 첫 번째 매핑 대상, 즉 사용자가 입력한 초과확률(PE)과 관측기간(TE)에 대응하는 재래주기(TR)와 지진동 값(GMV)을 계산한 결과이다.

첫 번째 줄에는 재해도 매핑에 사용한 재해도 곡선 파일의 이름 및 위치가 기술된다. 그 밑으로 지진동 종류, 좌표계, 부지의 개수, 재해도 종류, 재해도 곡선의 종류와 함께 부지 효과 보정 여부가 기술된다.

그 밑에는 사용자가 입력한 초과확률(PE) 및 관측기간(TE)이 각각 10% 및 10,000년 임을 기술하고 있다. 이 경우, $\nu_y = -\ln(0.9)/10000 \approx 1.0536 \times 10^{-5}$ 이므로, $TR(=1/\nu_y)$ 은 모든 부지에서 $9.4912E+04$ 이다. ν_y 에 해당하는 지진동 값 y 만이 부지별 지진재해도 곡선으로부터 계산된다.

부지에 따라 해당 지진동 값이 내삽 범위 밖에 있을 수 있다. 이 경우, 내삽이 불가능하므로, 지진동 값을 나타내는 변수 타입이 가질 수 있는 최대값이 출력된다(Fortran 함수 huge 참조).

```

> Input File: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_III\HazCrv_Map.crv

> Ground Motion Type: PGA 100.000 Hz
> Coordinate System: x-y (km)
> # of Sites: 25
> Hazard Type: Exceeding Probability
> Hazard Curve: Mean
No site effect correction

Mapping TR & GMV for PE of 10.00 % & TE of 10000.00 years

SiteX      SiteY      GMV(gal) TR(year)
-60.00000 -60.00000 2.3878E+02 9.4912E+04
-30.00000 -60.00000 3.6554E+02 9.4912E+04
 0.00000 -60.00000 2.8742E+02 9.4912E+04
30.00000 -60.00000 2.3963E+02 9.4912E+04
60.00000 -60.00000 1.8624E+02 9.4912E+04
-60.00000 -30.00000 3.3701E+02 9.4912E+04
-30.00000 -30.00000 1.2223E+03 9.4912E+04
 0.00000 -30.00000 5.5430E+02 9.4912E+04
30.00000 -30.00000 3.1773E+02 9.4912E+04
60.00000 -30.00000 2.3963E+02 9.4912E+04
-60.00000  0.00000 2.6345E+02 9.4912E+04
-30.00000  0.00000 4.6702E+02 9.4912E+04
 0.00000  0.00000 1.3344E+03 9.4912E+04
30.00000  0.00000 5.5430E+02 9.4912E+04
60.00000  0.00000 2.8742E+02 9.4912E+04
-60.00000 30.00000 2.3776E+02 9.4912E+04
-30.00000 30.00000 2.9996E+02 9.4912E+04
 0.00000 30.00000 4.6702E+02 9.4912E+04
30.00000 30.00000 1.2223E+03 9.4912E+04
60.00000 30.00000 3.6554E+02 9.4912E+04
-60.00000 60.00000 1.8563E+02 9.4912E+04
-30.00000 60.00000 2.3776E+02 9.4912E+04
 0.00000 60.00000 2.6345E+02 9.4912E+04
30.00000 60.00000 3.3701E+02 9.4912E+04
60.00000 60.00000 2.3878E+02 9.4912E+04

```

그림 3-25. 재해도 매핑 출력 파일의 예

3.2.4 Graph

메뉴 Graph에는 2개의 소메뉴 항목이 제공된다(그림 3-26). Single site analysis I의 작업을 수행하는 경우, Graph 메뉴 하부의 소메뉴 2개 모두 활성화된다. 그러나 Single site analysis II의 작업을 수행하는 경우, Graph 메뉴는 비활성화된다. Hazard mapping의 작업을 수행하는 경우에는, Graph 메뉴 하부의 부메뉴 중 Hazard Curves만 활성화된다.

전술한 바와 같이, 메뉴 Hazard에서 Hazard Curve나 UHRS를 계산하면, 그 결과가 그래픽 표출 대화창을 통해 자동으로 그래프로 도시된다. 이들 그래픽 표출 대화창이 계속해서 열려 있으면, 후속 작업에 방해가 된다. 그러므로 모든 작업을 완료하고 후속 작업을 진행하려면 그래픽 표출 대화창을 닫는 것이 편리하다. 이후, 메뉴 Graph의 소메뉴를 이용하여 닫힌 그래픽 표출 대화창을 다시 열 수 있다.

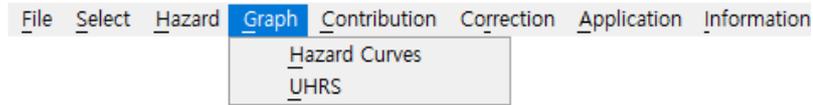


그림 3-26. 메뉴 Graph의 소메뉴 항목

3.2.4.1 Graph-Hazard Curves

소메뉴 항목 Graph-Hazard Curves를 클릭하여 후속 작업을 위해 닫았던 Hazard Curves 그래픽 표출 대화창을 다시 연다. Hazard Curve가 아직 계산되지 않은 경우, 이를 알리는 알림창이 뜬다.

3.2.4.2 UHRS

소메뉴 항목 Graph-UHRS를 클릭하여 후속 작업을 위해 닫았던 UHRS 그래픽 표출 대화창을 다시 연다. UHRS가 아직 계산되지 않은 경우, 이를 알리는 알림창이 뜬다.

3.2.5 Contribution

총 지진재해도에 대한 입력 요소별 기여도를 계산한다. 앞 절에서 언급한 바와 같이, 메뉴 Contribution은 Work Type I에만 적용된다. 메뉴 Contribution에는 2개의 소메뉴 항목이 제공된다(그림 3-27). 개별 요소의 기여도 합이 전체 재해도와 같아야 기여도 분석의 의미가 있다. 이와 같은 기여도 가법성은 평균 초과빈도(Mean Exceeding Frequency)에만 성립하므로, 기여도 분석은 평균 초과빈도에 대해 계산된다.

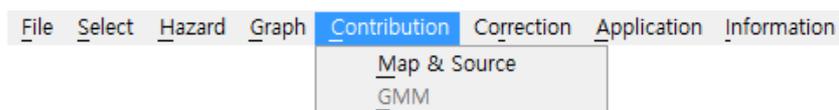


그림 3-27. 메뉴 Contribution의 소메뉴 항목

3.2.5.1 Contribution-Map & Source

메뉴 항목 Contribution의 소메뉴 항목 Map & Source를 클릭하면 전체 지진재해도에 대한 지진원도 및 지진원별 기여도 분석을 위한 대화창이 나타난다(그림 3-28). 대화창에 공지된 바와 같이, 기여도 분석은 평균 초과빈도에 대해 수행된다. 먼저 기여도 분석의 대상이 되는 입력파일(*.shs)의 이름과 위치를 입력한다. 입력파일을 선택하면, 해당 입력파일이 작성된 지진동 종류 및 부지좌표가 입력영역 윗줄에 표출된다. 그림의 입력영역에 기여도 분석결과를 저장할 출력파일의 이름과 위치를 입력한 후 누름버

튼 OK를 클릭한다.

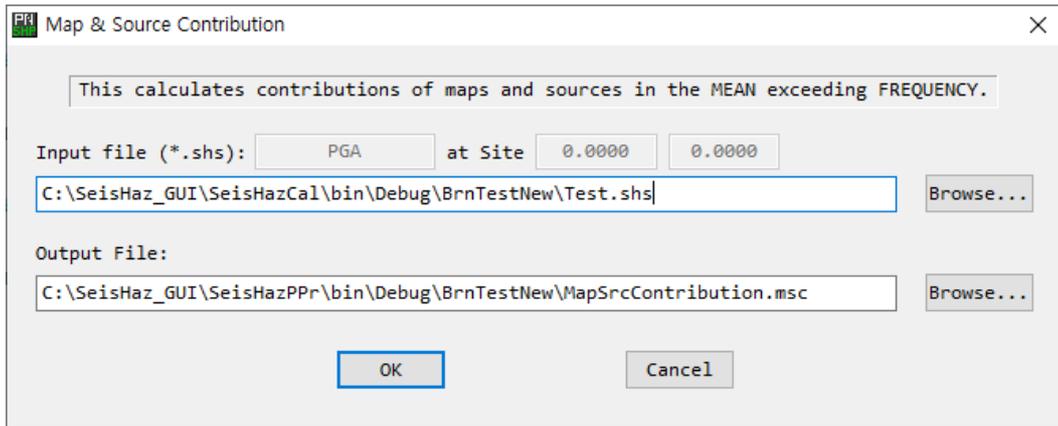


그림 3-28. 지진원도 및 지진원별 기여도 분석을 위한 대화창

지진원도 및 지진원별 기여도 분석결과의 예를 그림 3-29에 나타내었다. 위에서 첫 번째 >> 기호 뒤에 입력파일의 이름이 폴더 위치와 함께 출력되고, 그 밑에는 이 입력 파일 작성에 적용된 지진동 종류, 좌표계, 부지 좌표, 지진동 수준의 개수가 출력된다.

두 번째 >> 기호 뒤에 지진원도(Map) 및 그 지진원도에 속한 지진원(Src)의 기여도 (재해도)가 지진동 수준(GM Level)별로 출력된다. 각 지진원도의 기여도는 이 지진원도를 구성하는 지진원들의 기여도의 합과 같다. 전체 지진원도의 기여도 합(All Maps)은 이 부지의 총 지진재해도이다.

```
>> Input file: C:\SeisHaz_GUI\SeisHazCal\bin\Debug\BrnTestNew\Test.shs
Ground Motion Type: PGA
Coordinate System: Lon & Lat (deg)
Site Coord.: 0.00000 0.00000
No. of GMLs: 10
>> Map & source contribution in MEAN exceeding FREQUENCY
=====
GM Level: 100.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00 900.00 1000.00
-----
> Map 1: 8.5820E-05 2.5634E-05 1.1140E-05 5.8293E-06 3.4238E-06 2.1763E-06 1.4646E-06 1.0288E-06 7.4698E-07 5.5678E-07
Src 1: 2.5008E-05 7.5704E-06 3.3059E-06 1.7257E-06 1.0060E-06 6.3261E-07 4.2039E-07 2.9127E-07 2.0842E-07 1.5299E-07
Src 2: 6.0812E-05 1.8064E-05 7.8338E-06 4.1036E-06 2.4179E-06 1.5437E-06 1.0442E-06 7.3750E-07 5.3856E-07 4.0378E-07
> Map 2: 1.2426E-04 3.2000E-05 6.8581E-06 1.2209E-06 1.8219E-07 1.5447E-08 8.1779E-10 4.5126E-12 0.0000E+00 0.0000E+00
Src 1: 1.5999E-05 1.3519E-06 1.9052E-07 3.1434E-08 5.3332E-09 8.3652E-10 9.8436E-11 4.1824E-12 0.0000E+00 0.0000E+00
Src 2: 1.3455E-05 1.9100E-06 3.0990E-07 4.8316E-08 6.7872E-09 7.2116E-10 3.9073E-11 3.3022E-13 0.0000E+00 0.0000E+00
Src 3: 9.4810E-05 2.8738E-05 6.3577E-06 1.1412E-06 1.7007E-07 1.3890E-08 6.8028E-10 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
-----
All Maps: 2.1008E-04 5.7634E-05 1.7998E-05 7.0502E-06 3.6060E-06 2.1917E-06 1.4654E-06 1.0288E-06 7.4698E-07 5.5678E-07
=====
```

그림 3-29. 지진원도 및 지진원별 기여도 분석결과의 예

3.2.5.2 Contribution-GMPE

메뉴 항목 Contribution의 소메뉴 항목 GMPE를 클릭하면 전체 지진재해도에 대한 지진동 예측식별 기여도 분석을 위한 대화창이 나타난다(그림 3-30). 이 대화창의 내용과 입력방법은 Map & Source에 대한 대화창(그림 3-28)에서와 같다. 기여도 분석은 평

균 초과빈도에 대해 수행된다.

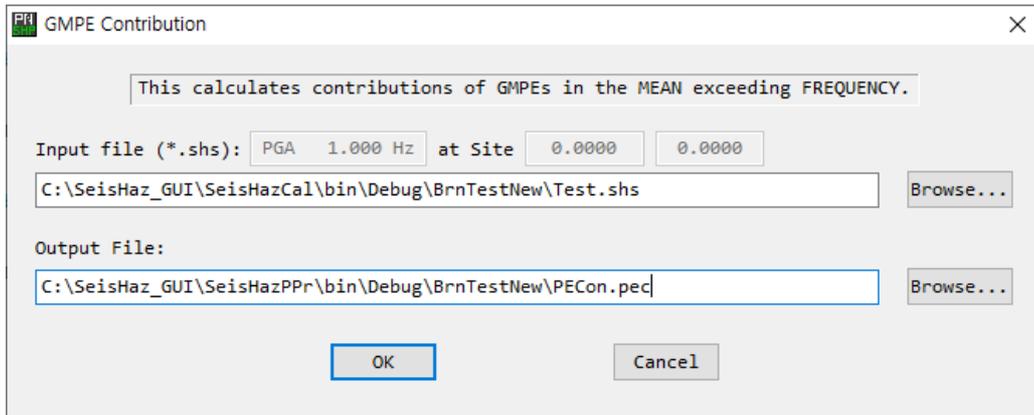


그림 3-30. 지진동 예측식별 기여도 분석을 위한 대화창

지진동 예측식별 기여도 분석결과의 예를 그림 3-31에 나타내었다. 위에서 첫 번째 >> 기호 뒤에 입력파일의 이름이 폴더 위치와 함께 출력되고, 그 밑에는 이 입력파일 작성에 적용된 지진동 종류, 좌표계, 부지 좌표, 지진동 수준의 개수가 출력된다.

두 번째 >> 기호 뒤에 지진동 예측식(PE)의 기여도(재해도)가 지진동 수준(GM Level)별로 출력된다. 전체 지진동 예측식의 기여도 합(All PEs)은 이 부지의 총 지진 재해도이다.

```
>> Input file: C:\SeisHaz_GUI\SeisHazCal\bin\Debug\BrnTestNew\Test.shs
Ground Motion Type: PGA 1.000 Hz
Coordinate System: Lon & Lat (deg)
Site Coord.: 0.00000 0.00000
No. of GMLs: 10
>> PE contribution in MEAN exceeding FREQUENCY
=====
GM Level: 100.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00 900.00 1000.00
=====
PE 1: 5.5065E-05 1.8280E-05 8.6765E-06 4.8676E-06 3.0132E-06 1.9908E-06 1.3781E-06 9.8792E-07 7.2775E-07 5.4787E-07
PE 2: 3.0755E-05 7.3547E-06 2.4632E-06 9.6169E-07 4.1067E-07 1.8542E-07 8.6468E-08 4.0849E-08 1.9227E-08 8.9050E-09
PE 4: 1.2426E-04 3.2000E-05 6.8581E-06 1.2209E-06 1.8219E-07 1.5447E-08 8.1779E-10 4.5126E-12 0.0000E+00 0.0000E+00
=====
All PEs: 2.1008E-04 5.7634E-05 1.7998E-05 7.0502E-06 3.6060E-06 2.1917E-06 1.4654E-06 1.0288E-06 7.4698E-07 5.5678E-07
=====
```

그림 3-31. 지진동 예측식별 기여도 분석결과의 예

3.2.6 Correction

이 메뉴의 기능은 제공되지 않는다.

3.2.7 Application

메뉴 Application은 Regulatory Guide 1.208(U.S. NRC, 2007)에 따른 성능기반 지진동 응답스펙트럼을 개발하는 기능을 제공한다. 1개의 소메뉴 항목이 제공된다(그림

3-32). 앞 절에서 언급한 바와 같이, 메뉴 항목 Correction은 Work Type I에만 적용된다.

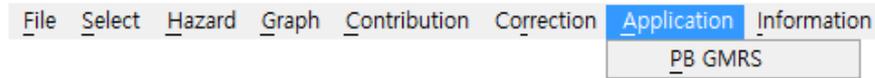


그림 3-32. 메뉴 Application의 소메뉴 항목

3.2.7.1 Application-PB GMRS

메뉴 항목 Application의 소메뉴 항목 PB GMRS는 Regulatory Guide 1.208(U.S. NRC, 2007)에 따른 성능기반 지진동 응답스펙트럼(Performance-based Ground Motion Response Spectrum; PB GMRS)을 작성하기 위해 개발되었다. Application-PB GMRS를 클릭하면, 그림 3-33과 같이, 성능기반 GMRS 계산 입력자료 작성을 위한 대화창이 나타난다. 대화창 상단의 박스에는 대화창의 용도에 대한 정보가 기술되어 있다.

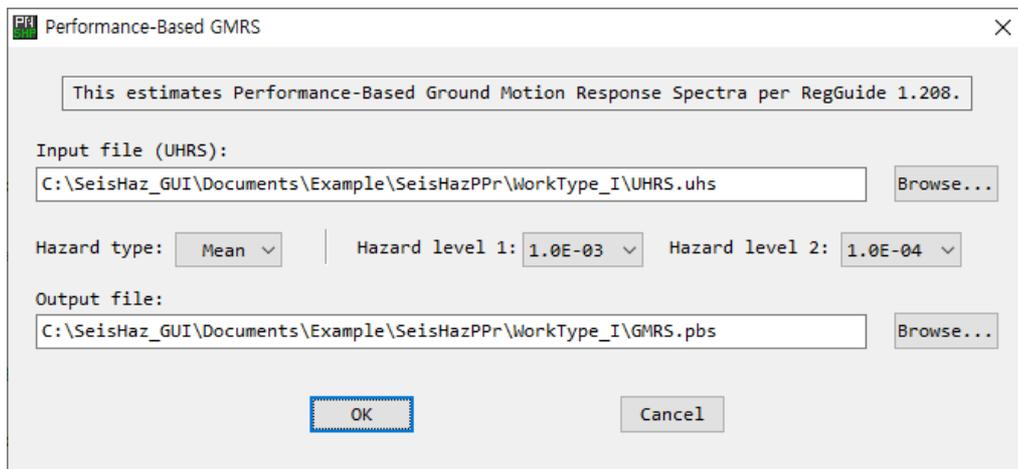


그림 3-3. 성능기반 GMRS 계산을 위한 입력 대화창

첫 번째 입력영역(Input file)에는 성능기반 GMRS 개발에 사용할 UHRs 파일 (*.uhs)의 이름 및 위치를 입력한다. 그러면 이 입력파일에서 제공하는 UHRs의 종류 및 재해도 수준이 입력영역 밑의 드롭다운 메뉴로 표시된다. Regulatory Guide 1.208(U.S. NRC, 2007)에 따르면, UHRs의 재해도 종류는 평균 값(Mean)이고, 재해도 수준은 1.0E-5(Hazard level 1)과 1.0E-6(Hazard level 2)가 적용되어야 한다. 그러나 SeisHazPPr에서는 Regulatory Guide 1.208 이외의 경우에 대한 연구를 위해 다른 옵션의 선택이 가능하도록 하였다.

두 번째 입력영역(Output file)에는 성능기반 GMRS 분석결과를 출력한 파일의 이름 및 위치를 입력한다.

성능기반 GMRS 분석 결과의 예를 그림 3-34에 나타내었다. 위에서부터 UHRS 입력 파일, 재해도 종류, 재해수 수준, 고유진동수 개수에 대한 정보가 출력되고, 그다음에 고유진동수 값 및 GMRS 값이 출력된다. 또한 GMRS 계산 과정에서 스펙트럼비(AR) 및 설계인자(DF) 값도 출력된다.

```
>> Input file: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\UHRS.uhs
>> Hazard type for GMRS: Mean
>> Hazard levels for GMRS
> Level 1: 1.0E-03
> Level 2: 1.0E-04
>> No. natural frequencies: 9
>> Performance-Based GMRS
Freq: 0.500 1.000 2.000 5.000 10.000 20.000 35.000 55.000 100.000
GMRS: 1.3348E+02 3.1201E+02 6.0354E+02 9.0837E+02 8.0763E+02 5.4579E+02 3.7300E+02 3.0348E+02 3.8866E+02
AR: 7.6336E+00 6.9662E+00 5.6847E+00 3.7676E+00 3.4615E+00 3.6035E+00 3.7557E+00 3.7405E+00 3.4909E+00
DF: 3.4351E+00 3.1348E+00 2.5581E+00 1.7338E+00 1.6202E+00 1.6731E+00 1.7294E+00 1.7238E+00 1.6312E+00
```

그림 3-34. 성능기반 GMRS 출력파일의 예

3.3 설명 구획(Explanatory Pane)

하나의 작업, 예를 들면 Work Type의 선택이 완료될 때마다 그 결과가 설명 구획에 요약되어 표출된다. 그림 3-35는 Work Type II에 예이다. 설명 구획에 표출되는 문자의 크기는 윈도우의 가로 길이에 비례해서 조정된다. 작업한 내용이 많거나 문자 크기가 커 설명 구획에 전체 내용이 표시될 수 없는 경우, 우측의 회색 세로 막대에 설명 구획의 크기가 표시된다. 마우스의 버튼이나, 휠을 이용하여 상하로 스크린을 이동할 수 있다.

3.4 참고문헌

U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), 2001. Technical Basis for Revision of Regulatory Guidance on Design Ground Motions: Hazard- and Risk-consistent Ground Motion Spectra Guidelines, NUREG/CR-6728.

U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), 2007. A Performance-based Approach to Define the Site-specific Earthquake Ground Motion, Regulatory Guide 1.208.

```
Seismic Hazard Calculator - C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\SingleSite_I.hpp
File Select Hazard Graph Contribution Correction Application Information

>> Work Type
  o Single site analysis I:
    - Hazard curves, UHRS, Site correction, GMRS at a site

>> Input Files
  o 9 files(*.shs) selected

>> Hazard Curves
  o 9 files(*.shs) selected
  o Selected Curves
    - Mean hazard curve
    - Median hazard curve
    - 15th percentile hazard curve
    - 85th percentile hazard curve
  o Hazard type: exceeding probability
  o Hazard curve file: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\HazCrv.crv

>> UHRS
  o Axis scales for interpolation
    - X axis: linear
    - Y axis: log10
  o Selected hazard level for UHRS
    - 1.0E-03/yr
    - 1.0E-04/yr
  o UHRS curve file: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\UHRS.uhs

>> Performance-based GMRS
  o UHRS file used: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\UHRS.uhs
  o Hazard type for GMRS: Mean
  o Hazard levels for GMRS:
    - Level 1: 1.0E-03
    - Level 2: 1.0E-04
  o PB GMRS file: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\GMRS.pbs

>> Contribution from Maps & Sources
  o Input file used: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Hazards\WorkType_1&2\PGA\WT1&2_PGA.shs
    - GMT & Frequency: PGA
    - Site (x,y) : 0.0000, 0.0000
  o Output file: C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazPPr\WorkType_I\Contribution_PGA.msc
```

그림 3-35. 설명 구획 표출 예

4. DrawGMM

4.1 시작하기

DrawGMM은 지진동 모델¹⁾을 그래픽으로 표출하여 비교하는 프로그램이다. 일반적으로 새로운 PSHA 프로젝트마다 새로 추가된 지진동 모델의 프로그래밍이 필요하다. 그리고 이 지진동 모델 프로그램이 PSHA 프로그램과 결합되었을 때 올바른 수치를 산출하는지 확인하기 위한 별도의 과정이 필요하다. 이 과정에서 의도치 않았던 오류가 생각보다 자주 발생한다. DrawGMM은 이러한 문제를 해결하기 위해 개발되었다.

DrawGMM에서 지진동 모델은 부프로그램(부록 B 참조)으로 개발된다. 일단 하나의 지진동 모델이 완성되면, 즉시 DrawGMM에서 지진동 모델을 그래픽으로 표출할 수 있다. 그래픽 표출을 통하여 지진동 모델 프로그램의 오류를 시각적으로 확인할 수 있다. 또한 기존에 개발된 다른 지진동 모델과의 비교도 가능하다. 부록 B에 기술된 방식으로 개발된 지진동 모델은 SeisHazCal과 DrawGMM 모두에 동일하게 적용된다. 그러므로 DrawGMM을 통하여 확인된 지진동 모델 프로그램은 별도의 수정 없이 그대로 SeisHazCal에 결합하여 사용할 수 있다.

DrawGMM을 실행하면 그림 4-1과 같은 초기화면이 나타난다. 구역 ①은 Window Title로서 현재 실행하고 있는 프로그램이 DrawGMM임을 나타내고 있다. 하이픈(-) 뒤의 'NoName'은 현재 작업하고 있는 파일의 이름으로서, 아직 파일 이름이 지정되지 않았음을 나타낸다(4.2.1절을 참고). 구역 ②는 Menu Bar이다(4.2절 참고). 구역 ③은 그래픽 구획(Graphic Pane)으로서 지진동 모델의 계산결과가 그래픽으로 표출된다. 구역 ④는 Status Bar이나 사용되지 않는다. 마지막으로 구역 ⑤는 분석 옵션 구획(Option Pane)으로서 그래프 선택, 표출, 비교 등에 관련된 옵션이 제공된다.

4.2 메뉴 항목(Menu Item)

그림 4-1의 구역 ②와 같이, DrawGMM이 제공하는 메뉴 항목은 총 2개이다. 각 메뉴 항목은 여러 개의 소메뉴 항목을 갖는다.

4.2.1 File

DrawGMM에서 작업한 모든 내용을 파일로 저장할 수 있으며, 저장한 파일을 나중에 불러들여 추가 작업을 하거나 수정할 수 있다. 이 파일의 확장자는 'gmm'이며 파일 저장 때 자동으로 부여된다. 메뉴항목 File은 작업 파일의 취급에 관한 5개의 소 메뉴항목을 포함하고 있다(그림 4-2).

1) SeisHaz_GUI에서 지진동 모델(Ground Motion Model; GMM), 지진동 예측식(Ground Motion Prediction Equation; GMPE), 지진동 감쇄식(Attenuation Relation, Attenuation Equation)은 모두 같은 의미로서 구별 없이 혼용된다.



그림 4-1. DrawGMM의 초기 화면

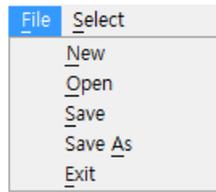


그림 4-2. 메뉴 항목 File의 소메뉴 항목

4.2.1.1 File-New

현재 진행하던 작업을 중단하고 새 작업을 시작한다. 모든 입력변수의 값이 초기화된다. 현재 작업을 처음 연(Open) 이후 저장하지 않은 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다. 저장된 이력이 없는 경우(NoName)에는 파일 이름을 지정할 수 있으며, 저장된 이력이 있는 경우에는 현재의 이름으로 저장된다.

4.2.1.2 File-Open

기존에 작업한 파일을 연다. 현재 작업하던 내용 중에 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다.

4.2.1.3 File-Save

현재 작업 중인 내용을 저장한다. 저장된 이력이 없는 경우(NoName)에는 파일 이름을 지정할 수 있으며, 저장된 이력이 있는 경우에는 현재의 이름으로 저장된다.

4.2.1.4 File-Save As

현재 작업 중인 내용을 다른 이름으로 저장한다.

4.2.1.5 File-Exit

DrawGMM을 종료한다. 현재 작업하던 내용 중에 저장되지 않은 변경이 있는 경우 현재 작업의 저장 여부를 묻는다.

4.2.2 Select

DrawGMM으로 수행할 그래프 작업의 종류와 그래피 출력양식(Page Setup)을 선택한다. 총 5개의 소메뉴 항목이 있으며(그림 4-3), 소 메뉴 항목마다 관련 자료를 입력하기 위한 대화창이 제공된다.

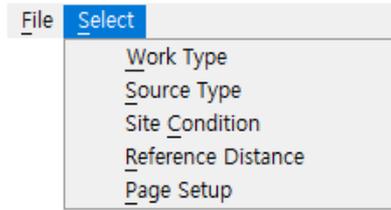


그림 4-3. 메뉴 항목 Select의 소메뉴 항목

소메뉴 항목에서 선택한 결과는 분석 옵션 구획(그림 4-1의 구역 ⑤) 상부의 5개 박스에 요약되어 표시된다. 그림 4-1은 초기화면으로서, 어떤 선택도 이루어지지 않았으므로 N/A로 표시되어 있다.

4.2.2.1 Select-Work Type

Select 메뉴 항목(그림 4-3)에서 소 메뉴 항목 Work Type을 선택하면 그림 4-4와 같은 편집 대화창이 나타난다.

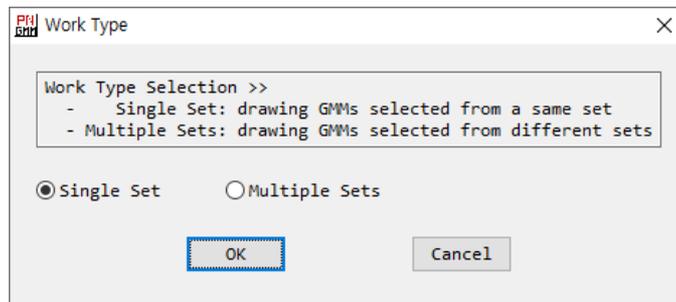


그림 4-4. Work Type 선택 대화창

DrawGMM은 2가지 종류의 작업을 할 수 있다 - Single Set과 Multiple Sets. 그림 4-4의 대화창에 설명된 바와 같이, Single Set은 동일한 지진동 모델 세트의 지진동 모델을 분석하는 경우이고, Multiple Sets는 서로 다른 지진동 모델 세트의 지진동 모델을 분석하는 경우이다. 여기에서 지진동 모델 세트란, 동일한 지역, 동일한 지진동 자료, 동일한 분석 조건 및 방법을 이용하여 개발된 여러 종류(최대지진동, 스펙트럼 지진동)의 지진동 모델의 집합을 의미한다. 일반적으로 하나의 논문이나 하나의 보고서에 제시된 지진동 모델의 집합이다. Single Set과 Multiple Sets에 대한 상세 내용은 4.3절에 기술되어 있다.

4.2.2.2 Select-Source Type

소메뉴 항목 Source Type을 클릭하면, 지진원의 종류(Source Type)를 선택할 수 있는 대화창이 나타난다(그림 4-5).

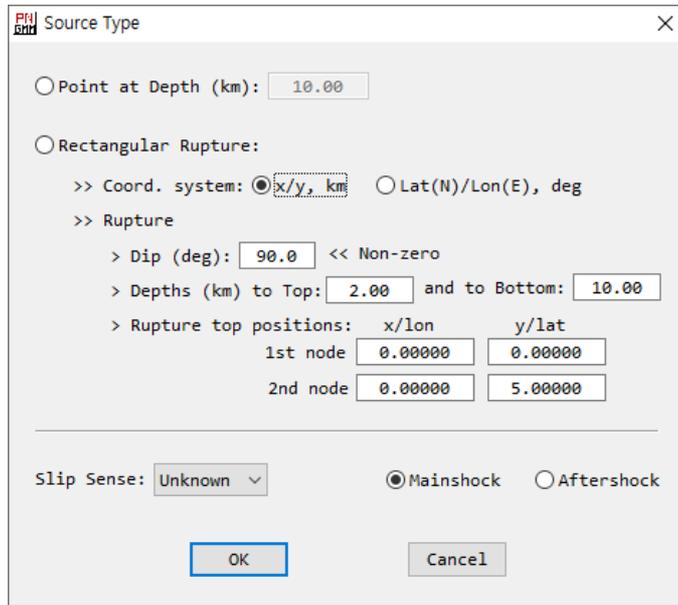


그림 4-5. 지진원 종류 선택을 위한 대화창

점 지진원(Point Source)이나 직사각형 파열(Rectangular Rupture)을 지진원으로 선택할 수 있다. 지진원마다 필요한 추가 자료를 입력할 수 있는데, 하나의 지진원을 선택하면, 다른 지진원에 필요한 추가 자료 입력영역은 모두 비활성화된다.

점 지진원을 선택한 경우, 진원깊이만 추가로 입력하면 된다.

직사각형 파열을 지진원으로 선택한 경우, 먼저 파열의 위치 및 형상을 기술할 좌표계를 선택한다. 직각좌표계와 구형좌표계를 선택할 수 있다. 파열면의 경사, 깊이, 절점 좌표의 입력 방법은 SeisHazCal에서 단층면 입력 방법과 동일하다(2.2.2.4 Edit-Source Maps의 ‘단층지진원 편집’ 참조).

지진원의 종류에 상관없이, 운동감각(Slip Sense)의 종류(Unknown, Strike, Normal, Reverse)와 Mainshock/Aftershock 여부를 선택해야 한다.

4.2.2.3 Select-Site Condition

소메뉴 항목 Site Condition을 클릭하면, 부지 조건을 기술할 수 있는 대화창이 나타난다(그림 4-6). 부지 조건을 간략하게 분류하거나(Rough) 상세하게(Detailed) 기술할 수 있다. 하나의 부지 조건 기술 방법을 선택하면, 다른 기술 방법에 속한 입력영역은 모두 비활성화된다.

부지 조건 기술 방법으로 Rough를 선택하면, 드롭다운 메뉴에서 3가지 부지 조건등급(Rock, Soil, Unknown) 중 1개를 부지 조건으로 선택할 수 있다.

부지 조건 기술 방법으로 Detailed를 선택하면, $V_{S30}^{(2)}$ 및 토양층의 두께, 전단파 속도가 1.0 km/s 및 2.5 k/m가 되는 깊이를 입력한다. 지진동 모델에 따라 상기 항목

2) 지표로부터 하부 30 m 내 물질의 전달시간 평균 전단파 속도

중 일부만 필요로 할 수 있다.

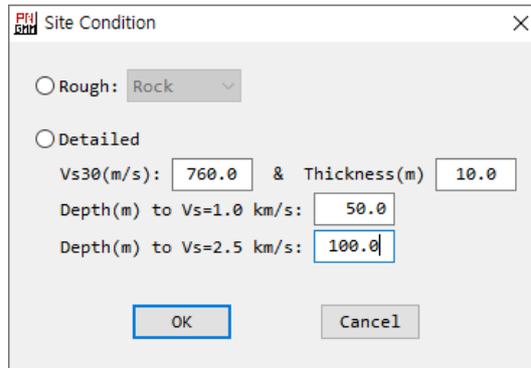


그림 4-6. 부지 조건 기술을 위한 대화창

4.2.2.4 Select-Reference Distance

지진동 모델에 따라 진앙거리, R_{JB} 등 서로 다른 지진원-부지 거리가 사용된다. 기준거리(Reference Distance)는 지진동 모델에 필요한 다양한 거리를 계산하기 위해 도입되었다. DrawGMM은 내부적으로 기준거리에 대응하는 다양한 거리를 계산한다. 소 메뉴 항목 Reference Distance를 클릭하면, 기준거리 정의를 위한 대화창이 나타난다(그림 4-7).

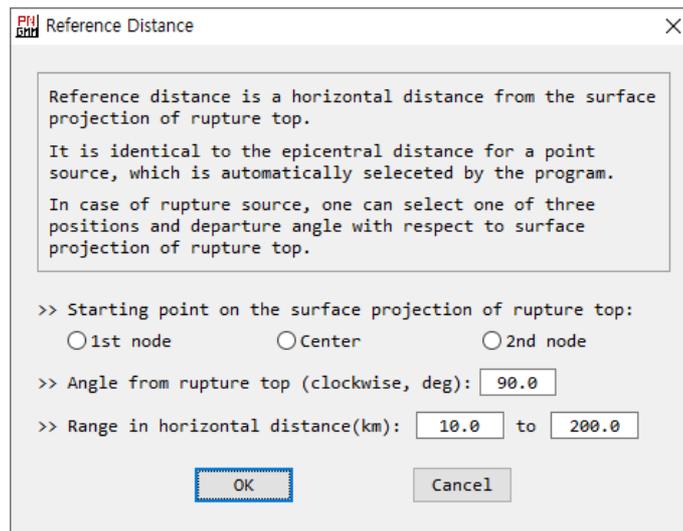
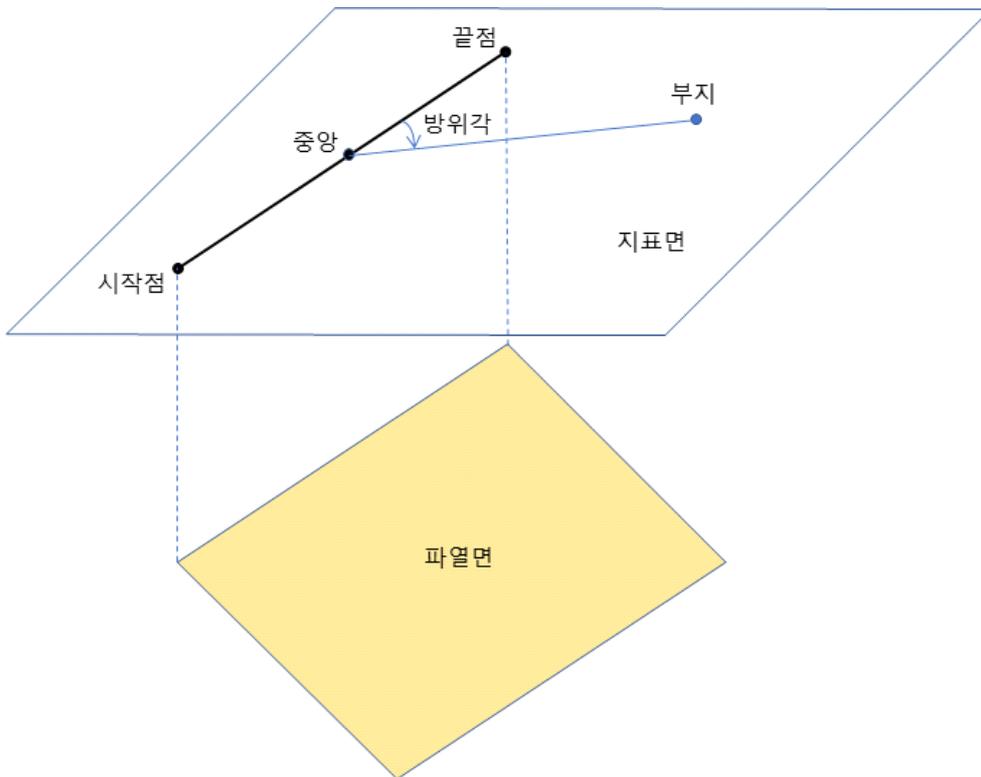


그림 4-7. 기준거리 설정을 위한 대화창

대화창에 기술된 바와 같이, 기준거리는 파열면 상단의 지표투영선의 한 지점에서부터 측정한 수평거리이다. 점지진원을 선택한 경우(4.2.2.2절 참조), 기준거리는 진앙거리와 같다.

점지진원을 선택한 경우, 대화창 하단의 Range in horizontal distance의 입력 영역을 제외한 모든 입력영역은 비활성화된다.

직사각형 파열을 선택한 경우, 파열면 상단의 지표투영선의 시작점(1st node), 중앙(Center), 끝점(2nd node) 중 하나를 기준거리의 기준점으로 선택한다. 기준거리는 기준거리 기준점으로부터 부지까지의 거리이다. 부지의 위치는 기준거리와 방위각에 의해 결정되는데, 방위각은 지표투영선의 끝점 쪽에서 시계방향으로 측정한다. 그림 4-8은 기준점이 중앙인 경우에 대한 예시이다.



4.2.2.5 Select-Page Setup

소메뉴 항목 Page Setup을 클릭하면, 용지 선택(Page Setup)을 위한 대화창이 나타난다(그림 4-9). 작업 중 언제라도 변경할 수 있다.

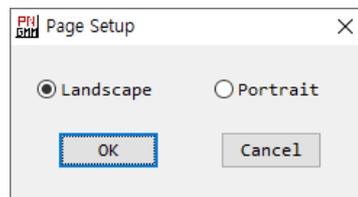


그림 4-9. 입력파일 선택을 위한 대화창

4.3 분석 옵션

지진동 모델의 선정 및 그래프 표출을 위한 다양한 옵션이 화면 오른쪽에 제공된다 (그림 4-1의 구역 ⑤ 참조). 그래프 옵션 구획은 4개의 소 구획으로 구성된다.

4.3.1 선택정보 구획

그래프 옵션 구획의 상단 첫 번째 소구획은 선택정보 구획이다. 선택정보 구획은 단지 메뉴 항목 Select의 5개 소메뉴 항목에서 선택한 내용을 요약하여 보여줄 뿐이다.

4.3.2 지진동 모델 구획

그래프 옵션 구획의 상단 두 번째 소구획은 지진동 모델을 선택하는 구획이다. DrawGMM은 기존에 코딩된 지진동 모델 중 이 소구획에서 선택한 조건을 만족하는 지진동 모델만을 추려낸다.

이 소구획의 위에서 첫 번째 줄에서는 지진동 종류를 선택한다. 3가지 최대지진동 (PGA, PGV, PGD)과 3가지 스펙트럼 지진동(SA, SV, SD) 중 하나를 드롭다운 메뉴에서 선택할 수 있다.

이 소구획의 두 번째 줄에서 스펙트럼 지진동의 고유진동수 범위를 지정한다. 첫 번째 줄의 드롭다운 메뉴에서 최대지진동을 선택한 경우, Min 및 Max의 입력영역은 비활성화된다.

이 소구획의 세 번째 줄에서 최대지반 가속도(PGA)를 스펙트럼 가속도(SA)의 고진동수 점근값으로 사용할지 결정한다. 좌측의 체크박스를 체크하면 우측의 고유진동수 입력 영역이 활성화된다. 첫 번째 줄의 드롭다운 메뉴에서 최대지진동을 선택한 경우, 전체 영역이 비활성화된다.

분석할 지진동 모델의 종류 및 (스펙트럼 지진동의 경우) 고유진동수 범위 등에 대한 선택이 완료되었다면 이 구획 마지막 줄의 누름버튼 Select ground motion models (GMM) >>을 클릭한다. 만일 사전에 Work Type 선택이 완료되었다면(4.2.2.1 절 참조), 지진동 모델 세트 선택을 위한 대화창이 나타나며, 그렇지 않다면 Work Type 을 먼저 선택하라는 메시지가 표출된다. 지진동 모델 세트 선택을 위한 대화창은, 소메뉴 Work Type에서 Single Set과 Multiple Sets 중 어느 것을 선택했는가에 따라 이 대화창의 구성이 다르다. 아래 2개의 소절에 대화창을 설명하였다.

4.3.2A Single Set

소메뉴 Select-Work Type에서 Single Set을 선택하고, 지진동 모델 구획(4.3.2 절 참조)의 누름버튼 Select ground motion models (GMM) >>을 클릭하면 그림

4-10과 같은 대화창이 나타난다. 이 대화창은 지진동 종류는 스펙트럼 가속도(SA)이고, 고유진동수 범위는 Min=1.00 Hz 및 Max=20.00 Hz이며, PGA를 100 Hz의 SA로 적용한 경우이다.

기존에 DrawGMM에 코딩되어 있는 지진동 모델 세트 중 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 선정한 모든 조건을 만족하는 지진동 모델 세트가 대화창 상단의 드롭다운 메뉴에 나타난다. 드롭다운 메뉴 우단의 기호 ∨을 클릭하여 가용한 지진동 세트를 확인한 후 분석하고자 하는 지진동 세트를 선택한다. 각 지진동 세트에 대해, 지진동 (세트) 일련번호, 저자명, 출판 연도, 적용 지역, 규모 구간, 운동감각에 대한 정보가 제공된다.

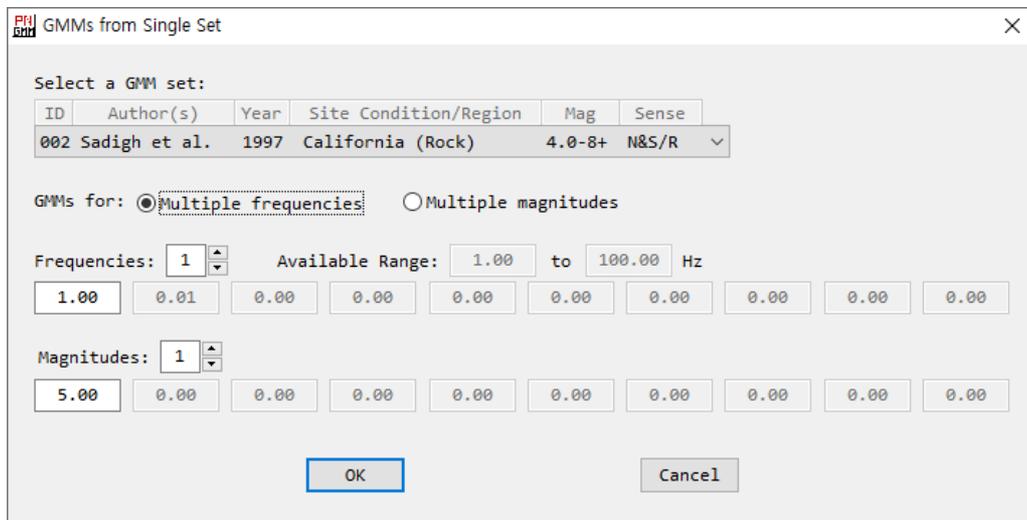


그림 4-10. Single Set에서의 지진동 모델 선택 대화창

드롭다운 메뉴 밑의 라디오 버튼에서 고유진동수에 대한 분석(Multiple frequencies)을 수행할지, 아니면 규모(Multiple magnitudes)에 대한 분석을 수행할지 선택한다. 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 최대지진동(PGA, PGV, PGD)를 선택했다면, 라디오 버튼 Multiple frequencies가 비활성화된다.

스펙트럼 지진동(SA, SV, SD) 중 하나를 선택하고 Multiple frequencies를 선택했다면, 그 밑의 Frequencies 입력영역에 고유진동수의 개수를 입력한다. 입력영역에 숫자를 직접 입력하거나, ▲ 또는 ▼ 기호를 클릭하여 가감할 수 있다. 그러면 지정한 숫자만큼의 고유진동수 값 입력영역이 활성화된다. 가용한 고유진동수 값의 범위가 Available Range 우측에 표시되어 있으므로 이 범위 내에서 고유진동 값을 선택한다. 그림 4-10에 표시된 고유진동수 범위는, 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 Min=1.00 Hz 및 Max=20.00 Hz를 선택하고, PGA를 100 Hz의 SA로 적용한 경우이다. 만일 체크박스 Use PGA as SA를 체크하지 않았다면, Available Range는 1.00 Hz부터 20.00 Hz까지로 표시되었을 것이다. Sadigh et al.(1997)의 암반부지 스펙트럼 가속도는 최대 14.3 Hz까지이다. 그러므로 만일 체크박스 Use PGA as SA를 체크하지 않았다면, 이 지진동 모델 세트는 대화창 상단의 드롭다운 메뉴에 나타나지 않았을 것이다.

그림 4-10에서 Multiple frequencies 대신 Multiple magnitudes를 선택하면, Frequencies 개수 입력영역이 1로 고정되고 그 밑의 고유진동수 값 입력영역 중 1개 입력영역만이 활성화된다. 여기에 원하는 고유진동수 값을 입력한다. 최대지진동(PGA, PGV, PGD)의 경우 입력한 고유진동수가 사용되지 않는다. 이제 Magnitudes 개수 입력영역이 활성화되었으므로 Magnitudes 개수 입력영역에 규모의 개수를 입력한다. 입력영역에 숫자를 직접 입력하거나, 입력영역 오른쪽의 ▲ 또는 ▼ 기호를 클릭하여 가감할 수 있다. 그러면 지정한 숫자만큼의 규모 값 입력영역이 활성화된다. 여기에 원하는 규모 값들을 입력한다.

Single Set에서의 지진동 모델 선택 대화창 편집을 완료한 후 OK 버튼을 클릭하면, 그래픽 구획(그림 4-1에서 구역 ③)에 그래프가 표출된다(그림 4-11 참조). 그림 4-11은 Multiple frequencies에 대한 그래프이다. 그림 4-11은 4.3.3절에 설명한 그래프 옵션을 활용하여 수정한 그래프이므로, 처음 생성된 그래프는 그림 4-11과 비교할 때 많이 다른 형태로 표출된다.

한편, Sadigh et al.(1997)의 암반부지 스펙트럼 가속도이 제공하는 고유진동수는 최대 14.3 Hz까지이다. 그림 4-11에 표출된 그래프 중 20 Hz와 100 Hz에 대한 스펙트럼 가속도는 PGA를 100 Hz 스펙트럼으로 간주하고 내삽한 것이다. 그러므로 100 Hz 스펙트럼 가속도는 PGA와 같다.

4.3.2B Multiple Sets

이번 절에서는 소메뉴 Select-Work Type에서 Multiple Sets를 선택한 경우를 설명한다. Multiple Sets에서는 서로 다른 지진동 세트에서 제공하는 동일한 종류의 지진동 모델을 주어진 규모 및 (스펙트럼 지진동의 경우) 고유진동수에 대해 그래프로 표출한다.

소메뉴 Select-Work Type에서 Multiple Sets를 선택한 상태에서 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)의 누름버튼 Select ground motion models(GMM) >>을 클릭하면 그림 4-12와 같은 지진동 모델 선택 대화창이 나타난다. 이 대화창은 4.3.2A절에서와 동일하게, 지진동 종류는 스펙트럼 가속도(SA)이고, 고유진동수 범위는 Min=1.00 Hz 및 Max=20.00 Hz이며, PGA를 100 Hz의 SA로 적용한 경우이다.

기존에 DrawGMM에 코딩되어 있는 지진동 모델 세트 중 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 선정한 모든 조건을 만족하는 지진동 모델 세트가 대화창 상단의 좌측 박스에 나타난다. 지진동 모델 세트의 번호(ID)와 함께 저자, 출판 연도, 부지 조건/개발 지역, 규모 구간, 운동감각에 대한 정보가 제공된다.

원하는 지진동 모델에 마우스 커서를 위치하고 마우스 좌측 버튼을 클릭하면, 그 지진동 모델이 선택된다. 선택된 지진동 모델을 다시 클릭하면 선택이 해제된다. 선택이 완료되었으면 두 박스 사이의 누름버튼 >>을 클릭한다. 그러면 선택된 지진동 모델이 우측 박스에 복사된다. 그림 4-12는 좌측 7개의 지진동 모델 세트 중 001번과 002번을 선택한 경우이다. 만일 우측에 나열된 지진동 모델 세트 중 원하지 않는 것이 있다면, 해당

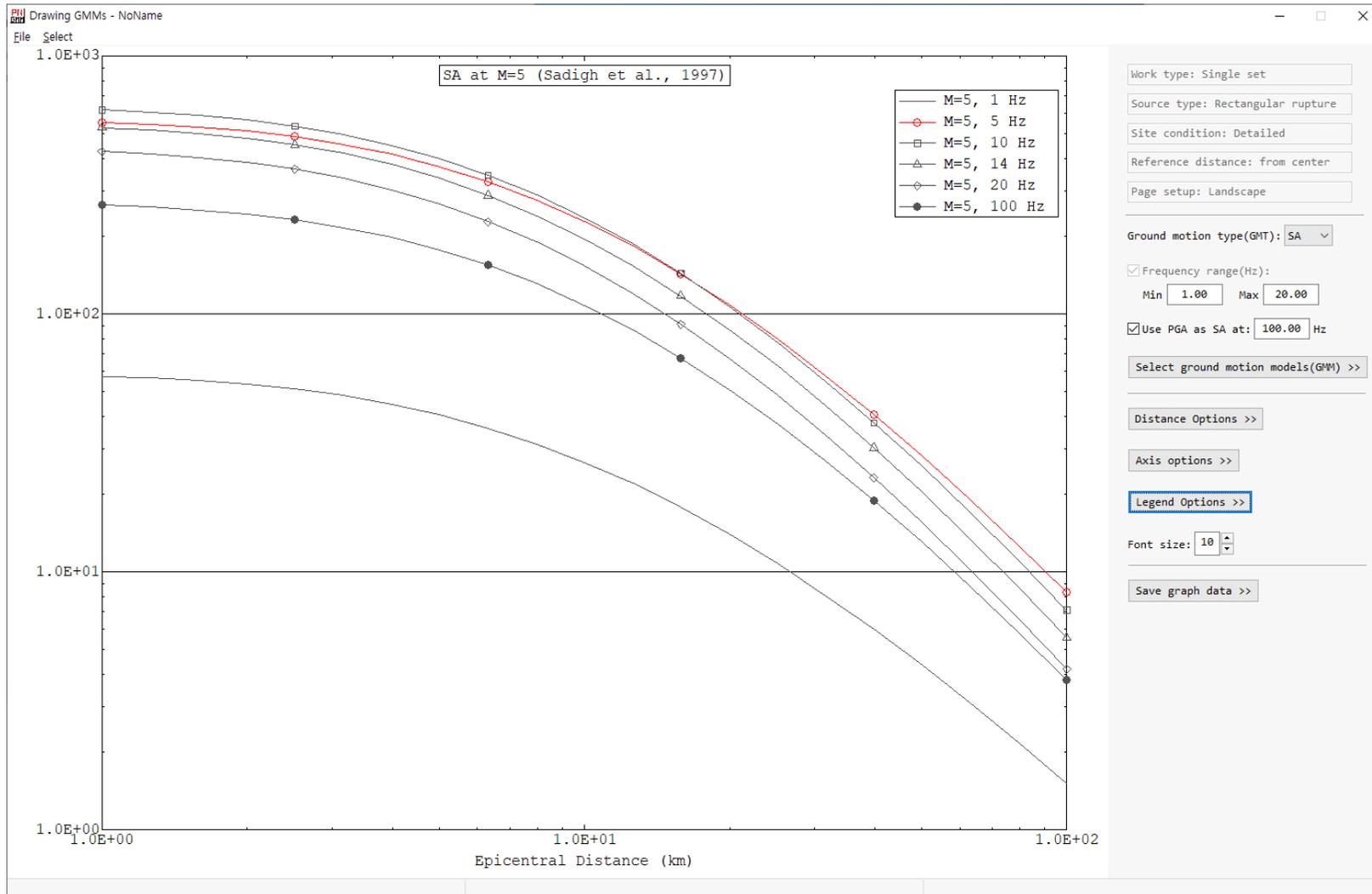


그림 4-11. Single Set의 지진동 그래프

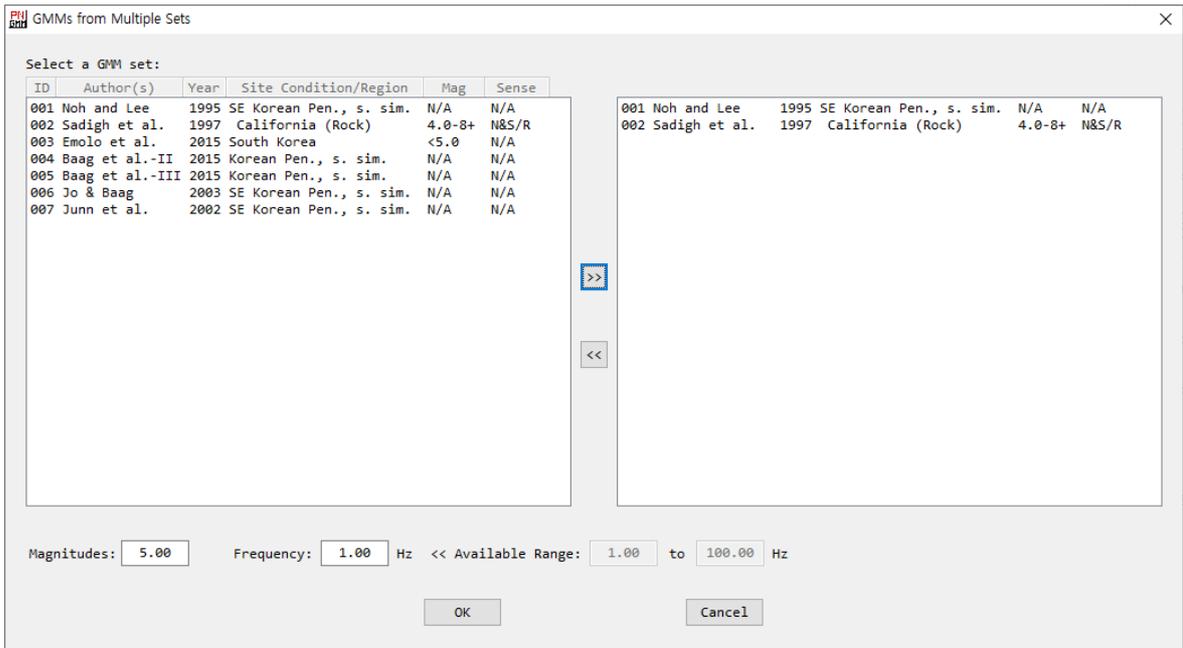


그림 4-12. Multiple Sets에서의 지진동 모델 선택 대화창

지진동 모델 세트에 마우스 커서를 위치하고 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하여 선택한다. 선택을 취소하는 것도 이와 같다. 선택을 완료한 후 두 박스 사이의 누름버튼 <<을 클릭하면 선택한 지진동 모델 세트가 우측 박스에서 제거된다.

대화창 하단의 입력영역에 지진 규모의 값과 고유진동수 값을 입력한다. 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 최대지진동(PGA, PGV, PGD)를 선택한 경우, 고유진동수 값은 사용되지 않는다. 고유진동수 값의 가용한 범위가 Available Range 우측에 표시되어 있다. 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 선정한 고유진동수 범위는 Min=1.00 Hz 및 Max=20.00 Hz이고, PGA를 100 Hz의 SA로 적용한 경우이다. 만일 체크박스 Use PGA as SA를 체크하지 않았다면, Available Range는 1.00 Hz부터 20.00 Hz까지로 표시되었을 것이다. Sadigh et al.(1997)의 스펙트럼 가속도가 제공하는 고유진동수는 최대 14.3 Hz까지이다. 그러므로 만일 체크박스 Use PGA as SA를 체크하지 않았다면, 대화창 상단의 좌측 박스에 Sadigh et al.(1997)의 지진동 모델 세트는 나타나지 않았을 것이다.

지진동 모델 선택 대화창(그림 4-12 참조) 편집을 완료한 후 OK 버튼을 클릭하면, 그래픽 구획(그림 4-1에서 구역 ③)에 그래프가 표출된다(그림 4-13 참조). 그림 4-13은, 지진동 모델 구획(4.3.2절 참조)에서 스펙트럼 가속도(SA)를 선택하고 그림 4-9와 같이 지진동 모델 세트를 선택한 것에 대한 결과이다. 그림 4-11은 메뉴 Select의 소메뉴 Page Setup에서 Landscape를 선택한 경우이고, 그림 4-13은 Portrait를 선택한 경우이다. 전술한 바와 같이, Page Setup은 현재까지 수행한 작업에 영향을 주지

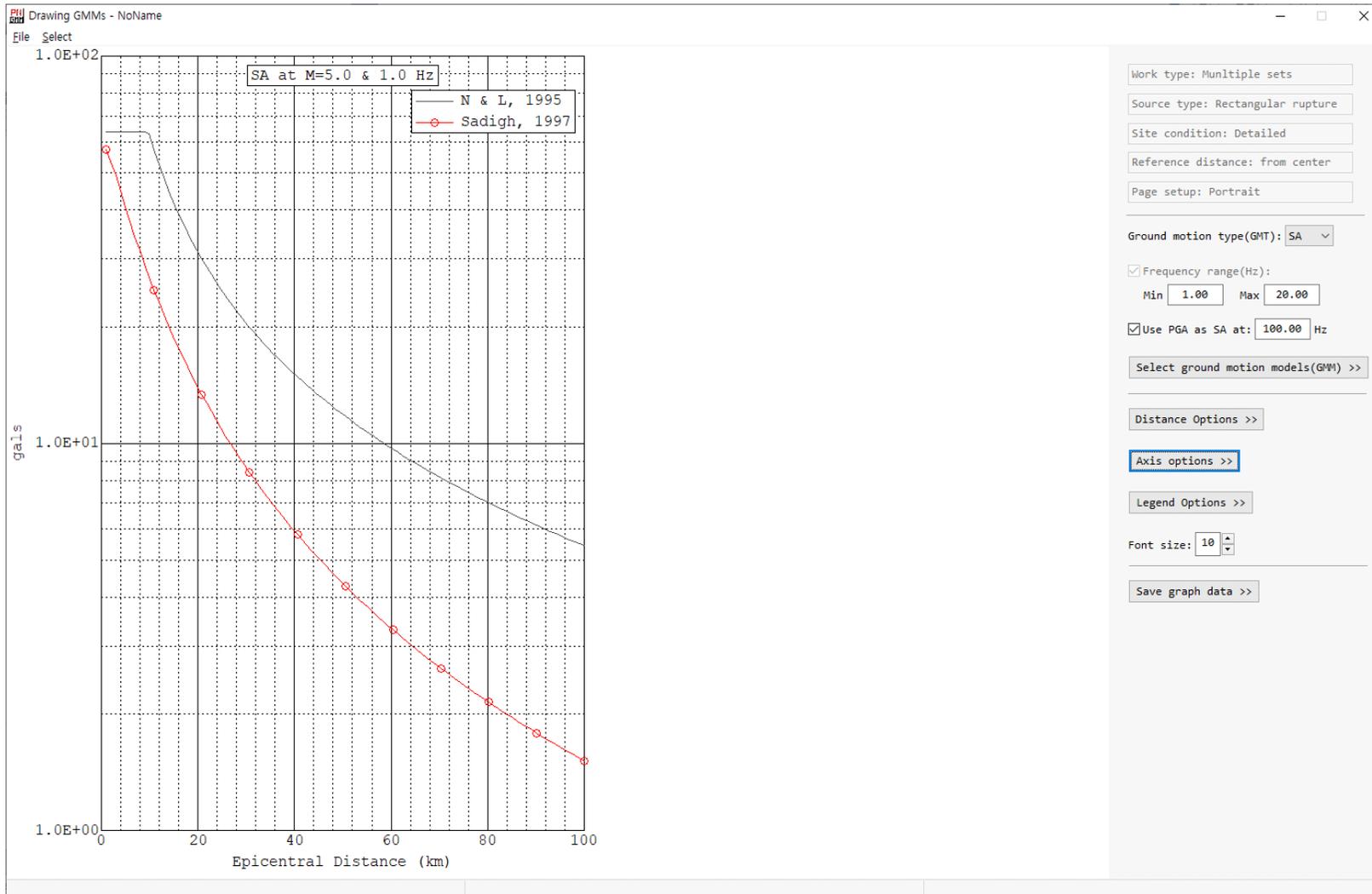


그림 4-13. Multiple Sets의 지진동 그래프

않으므로, 작업 중 언제라도 변경할 수 있다. 그림 4-11처럼, 그림 4-13 역시 4.3.3절에 설명한 그래프 옵션을 활용하여 수정한 그래프이므로, 처음 생성된 그래프는 그림 4-13과 비교할 때 많이 다른 형태로 표출된다.

4.3.3 그래프 옵션 기획

그래프 옵션 기획은 총 4개의 옵션으로 구성된다: Distance options, Axis options, Legend options, Font size.

4.3.3.1 Distance options

누름버튼 Distance options >>을 클릭하면 그림 4-14와 같이, 거리 옵션 편집을 위한 대화창이 나타난다.

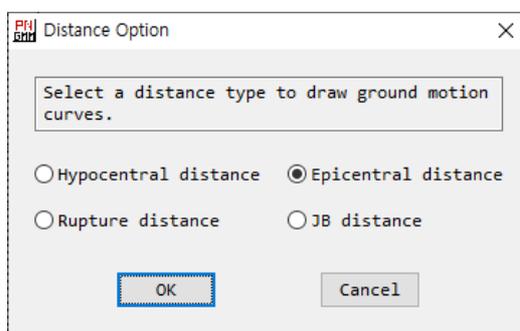


그림 4-14. 거리 옵션 편집 대화창

이 대화창에서 4가지 거리 중 하나를 선택할 수 있는데, 이들 4가지 거리는 모두 기준거리(4.2.2.4절 참조)에 상응하는 거리이다. 이들 거리는 그래프의 x축(그림 4-11 또는 4-13)을 그릴 때만 적용된다. 지진동 모델은 각각의 모델에 정의된 고유의 거리 Type에 따라 계산된다.

점지진원을 선택한 경우(4.2.2.2 참조), 진원거리(Hypocentral)와 진앙거리(Epicentral)만 정의된다. 진앙거리는 기준거리와 같다. 점지진원은 파열면이 정의되지 않으므로, 파열면까지의 최단 거리(Rupture distance)는 진원거리와 같은 값으로, Joyner-Boore 거리(JB distance)는 진앙거리와 같은 값으로 가정한다.

진원의 위치는 파열의 시작점으로 정의되므로, 미래에 발생할 지진의 진원을 결정할 수 없다. 직사각형 파열을 선택한 경우, 진원의 위치는 파열면 상에서 부지에 가장 가까운 지점, 즉 파열면까지 최단 거리가 정의되는 지점으로 가정한다. 그러므로 진원거리는 Rupture distance와 같다. PSHA에서 지진동은 최단 거리에 대해 계산되므로, 진원의 위치에 대한 이러한 정의는 진원거리를 사용하는 지진동 모델의 적용과 부합한다.

4.3.3.2 Axis options

누름버튼 Axis options >>을 클릭하면 그림 4-15와 같이, 축 옵션 편집을 위한 대화창이 나타난다. 축 옵션 편집 대화창은 2개의 그룹으로 구성되어 있다.

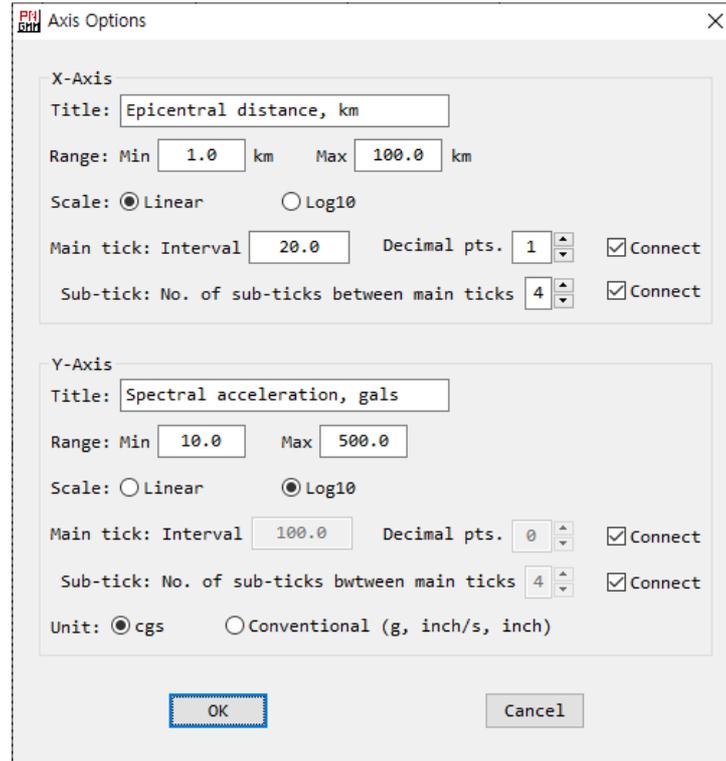


그림 4-15. 축 옵션 편집 대화창

첫 번째 그룹은 x 축을 편집하기 위한 그룹이다. 제일 윗줄에 축 제목(Title)을 입력한다. 그다음 줄에 x 축의 범위(Range)를 입력한다. 이때 x 축의 범위에서 두 가지 사항에 대해 유의할 필요가 있다. 첫째, x 축 범위는 그래프의 x 축 범위이다. 기준거리(4.2.2.4절 참조)에서 지진동 모델 계산을 위해 선택한 거리 구간과 무관하다. 둘째, x 축 범위는 다음에 설명할 주눈금 간격(Main tick Interval)과 연동된다. 이에 대해서는 주눈금에(Main tick) 대한 설명에서 자세히 기술하겠다. 그다음 줄에서 x 축의 선형(Linear)으로 그릴지, 아니면 대수형(Log10)으로 그릴지 선택한다. 그리고 주눈금(Main tick)과 부눈금(Sub-tick)에 대한 옵션을 편집한다. 주눈금(Main tick)에서는 주눈금의 간격(Interval)과 주눈금 값의 소수점 이하 자리수(Decimal pts.)를 입력하고, 체크박스 Connect를 통해 주눈금의 연결 여부를 결정한다. 전술한 바와 같이, 주눈금 간격은 x 축 범위의 최소, 최대값과 연동되어 그래프를 표출한다. 실제 그려지는 그래프 축의 범위는 최소값/최대값을 포함하는 최소/최대 눈금 구간(Tick interval)까지라는 점이다. 즉, 그림 4-15에서와 같이 x 축의 최소값을 1로 설정하면, 눈금 구간이 20이므로, 그래프의 x 축은 0부터 그려진다. 만일 x 축의 최대값이 100이 아니고

105라면 그래프의 x 축은 120까지 그려질 것이다. 주눈금 값의 소수점 이하 자리수 (Decimal pts.)는 -2~2 사이의 정수값을 취한다. 자리수가 음의 정수(-1 또는 -2)인 경우 주눈금의 값이 지수형으로 표시된다. 그러나 축 스케일이 대수형(Log10)인 경우, 주눈금 간격과 소수점 이하 자리수 입력영역이 비활성화되며(그림 4-15의 y 축 옵션 참조) 주눈금 값은 지정된 형식으로 표시된다(그림 4-11의 y 축 참조). 체크박스 Connect를 체크하지 않으면 주눈금이 짧은 수직선으로 그려지며, 체크하면 주눈금을 연결하는 수직선이 실선으로 나타난다. 부눈금에서는 주눈금 안에 들어갈 부눈금의 개수를 입력하고 부눈금의 연결여부를 결정한다. 부눈금의 값은 그래프에 표시되지 않는다. 주눈금에서와 유사하게, 축 스케일이 대수형(Log10)인 경우 주눈금 사이의 부눈금 개수 입력영역이 비활성화된다. 체크박스 Connect를 체크하지 않으면 부눈금이 짧은 수직선으로 그려지며, 체크하면 부눈금을 연결하는 수직선이 점선으로 나타난다. 그림 4-11은 y 축의 주눈금만 체크한 경우이고, 그림 4-13은 모두 체크한 경우이다.

두 번째 그룹은 y 축을 편집하기 위한 그룹으로서, x 축 편집과 동일한 내용이다. 다만 y 축의 단위를 cgs와 Conventional(g, inch/s, inch) 중에서 선택하는 기능이 추가로 제공된다.

4.3.3.3 Legend options

누름버튼 Legend options >>을 클릭하면 그림 4-16과 같이, 범례 옵션 편집을 위한 대화창이 나타난다.

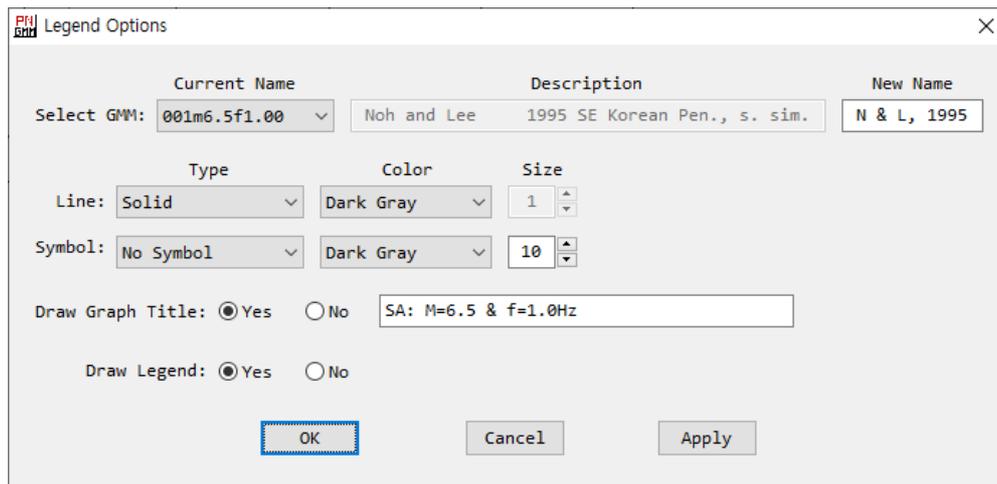


그림 4-16. 범례 옵션 편집 대화창

대화창 첫째 줄(Select GMM)에서는 범례에 표시될 지진동 모델의 이름을 편집한다. 이 줄의 왼쪽에는 DrawGMM이 자동으로 부여한 지진동 모델의 이름이 드롭다운 메뉴 (Current Name)에 제공된다. 자동으로 부여된 지진동 모델의 이름은 지진동 모델 세트 번호, 규모, 고유진동수로 구성된다. 가운데에는 지진동 감쇄식에 대한 정보의 일부가 표

시된다. 그리고 오른쪽에 새 이름(New Name)을 지정할 수 있는 입력영역이 있다. 초기의 New Name은 Current Name과 같다. 사용자는 12자 이내에서 New Name을 지정할 수 있다. 그래프의 범례에는 New Name이 표기된다(그림 4-13 참조).

둘째 줄과 셋째 줄에서는 지진동 모델 그래프 선(Line)의 색 종류(Type) 및 색(Color)과 심볼(Symbol)의 색 종류(Type), 색(Color), 크기(Size)를 편집한다. DrawGMM이 제공하는 선과 심볼의 종류와 색은 표 3-1과 같다.

지금까지 설명한 새 이름(New Name), 선(Line), 심볼(Symbol)의 3가지 속성은 모두 상단의 드롭다운 메뉴에서 현재 선택된 지진동 모델에 대한 것이다. 그러므로 드롭다운 메뉴에서 다른 지진동 모델을 선택하면, 변경한 지진동 모델에 대한 속성이 대화창에 나타난다. 즉, 사용자는 드롭다운 메뉴에서 지진동 모델을 변경해 가면서, 각 지진동 모델의 속성을 편집할 수 있다. 여기서 주의할 점은, 지진동 모델의 속성을 변경한 후 OK 버튼을 클릭하면 현재의 선택된 지진동 모델의 속성만 저장된다는 것이다. 그러므로 여러 개의 지진동 모델의 속성을 변경할 경우, 지진동 모델의 속성을 변경할 때마다 Apply 버튼을 클릭해야 변경한 속성이 모두 저장된다는 점이다.

그래프 이름의 표출(Draw Graph Title) 여부를 결정한다. 오른쪽의 입력영역에 그래프 이름을 입력한다. 라디오 버튼 No를 선택한 경우에는 그래프 이름이 그래프에 표출되지 않는다.

마지막으로 그래프 범례의 표출(Draw Legend) 여부를 결정한다. 라디오 버튼 No를 선택한 경우에는 그래프 범례가 그래프에 표출되지 않는다.

4.3.3.4 Font Size

문자 크기(Font Size)의 입력영역에 직접 자연수를 입력하거나, 입력영역 오른쪽의 ▲ 또는 ▼ 기호를 클릭하여 자연수 값을 가감한다. 이 값에 따라 그래프 상의 모든 숫자 및 문자의 크기가 변하며, 주눈금 및 부눈금의 길이도 이에 비례하여 변한다.

4.3.4 출력파일 구획

출력파일 구획은 그래프로 표출된 지진동 모델 계산 결과(그래프 데이터)를 아스키 파일로 저장하는 기능을 제공한다.

누름버튼 Save graph data >>을 클릭하면, 파일 선택 대화창이 나타난다. 그래프 데이터 출력파일은 지정된 확장자가 없으므로, 사용자가 적당한 확장을 선정하여 파일 이름과 함께 입력해야 한다.

그림 4-17은 그래프 데이터 출력파일의 일부를 보여준다. 정보 헤더(Information Header)와 지진동 자료의 두 부분으로 구성된다. 정보 헤더에는 그래프를 출력하기 위해 선택한 모든 정보가 기술된다. 지진동 자료에는 첫 번째 열에 거리가, 그리고 두 번째 열부터 지진동 값과 분산(log10에 대한)이 기록된다. 지진동 모델의 이름은 범례 옴

선(4.3.3.3절 참조)에서 사용자가 부여한 이름으로 표기된다.

```

>> Input Data
> Work type: Multiple Set
> Source type: Rectangular Rupture Plane as below
  - Dip (deg): 90.0
  - Depths (km) to top & bottom: 2.00 10.00
  - Rupture top: x/lon y/lat
    1st node 0.00000 0.00000
    2nd node 0.00000 5.00000
  - Slip sense: Normal
  - Event type: Mainshock
> Site condition
  - Vs30(km/s) & Thickness(m): 760.0 10.0
  - Depth to Vs 50.0
  - Depth to Vs 100.0
> Reference distance: Horizontal distance from the Center
  - Azimuth (clockwise, deg): 90.0
  - Min & Max distance(km): 1.0 100.0
> Ground motion type: SA
  - Min & Max frequencies: 1.00 20.00
  - Use PGA as SA at 100.00 Hz
> # of Ground motion models: 2
  - 001 Noh and Lee 1995
  - 002 Sadigh et al. 1997
  - Selected frequency: 1.00
  - Selected magnitude: 5.00
> Distance Type (km): Epicentral, log10 scale
> Unit of Ground Motions: cgs
> Standard Deviation (sd): for log10

>> GMM Data
> Data Structure: Distance, Ground Motion(gm) & sd of GMMs

Distance N & L, 1995 (gm & sd) Sadigh, 1997(gm & sd)
1.0000E+00 6.368583E+01 5.000E-01 5.727108E+01 3.605E-01
1.9900E+00 6.368583E+01 5.000E-01 5.345756E+01 3.605E-01
2.9800E+00 6.368583E+01 5.000E-01 4.902568E+01 3.605E-01
3.9700E+00 6.368583E+01 5.000E-01 4.472152E+01 3.605E-01

```

그림 4-17. 그래프 데이터 출력파일 내용의 예시

4.4 참고문헌

Noh, M. and K. Lee, 1995. Estimation of peak ground motions in the southeastern part of the Korean Peninsula (II): Development of predictive equations, Journal of the Geological Society of Korea, 31, 175-187.

Sadigh, K., C.-Y. Chang, J.A. Egan, F. Makdisi, and R.R. Youngs, 1997. Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data, Seismological Research Letter, 68, 180-189.

Kaklamanos, J., L.G. Laurie, and D.M. Boore, 2011. Estimating unknown input parameters when implementing the NGA ground-motion prediction equations in engineering practice, Earthquake Spectra, 27, 1219-1235.

부록 A 예제에 사용된 입력변수

부록 A는 SeisHazPPr의 설명(3장)을 위해 설정한 재해도 입력변수를 설명한다. 다만, 공헌도 분석에서는 일반적인 상황을 설명하기 위해 아래 기술된 것과 다른 입력변수를 사용하였다.

A1. Common Options

The screenshot shows the 'Common Options' dialog box with the following settings:

- Project Title:** Work Type I & II of SeisHazPPr
- Coord. System:** lat(N)/lon(E), deg x/y, km
- Minimum Magnitude:** 5.0 << 0.0~9.9
- Maximum source distance (km):** 300.0
- Epsilon Bins:** No. of Bins: 3; Upper Boundary Values (0.01~99.99) >>: 1.00, 2.00, 3.00, 99.99, 99.99
- Ground Motion Type:** PGA PGV PGD; SA SV SD at 0.500 Hz; Use PGA as SA at 100.0 Hz
- Ground Motion Level:** No. of GM Levels: 16; Acceleration - gals; Velocity - cm/s; Dispalcement - cm: 20.00, 50.00, 100.00, 200.00, 300.00, 400.00, 500.00, 600.00, 700.00, 800.00, 900.00, 1000.00, 1200.00, 1500.00, 2000.00, 2500.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
- Distance Bins:** No. of Bins: 4; Upper Boundary Values (km) >>: 50.0, 100.0, 200.0, 1000.0, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9, 9999.9
- Magnitude Bins:** No. of Bins: 3; Upper Boundary Values >>: 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99, 99.99
- Site Condition & Location:** Edit Site Conditions; Single site; Grid sites (Start: -60.0000, End: 60.0000, Spacing: 30.0000); Lon/X: 0.0000, Lat/Y: 0.0000

그림 A-1. PGA를 위한 Common Options

박스 Ground Motion Type에 나타난 바와 같이, 그림 A-1은 최대지반가속도(PGA)에 대한 재해도를 계산하기 위한 Common Option이다. 예제에서는 PGA 외에 5개 고유진동수(0.5 Hz, 1.0 Hz, 2.0 Hz, 5.0 Hz, 10.0 Hz, 20.0 Hz, 55.0 Hz)의 스펙트럼가속도(SA)에 대한 재해도도 계산하였다. SeisHazCal은 1회에 하나의 지진동 종류에 대해 재해도를 계산하므로, 예를 들어, 0.5 Hz에 대한 재해도를 계산하려면, 라디오 버튼에서 SA를 선택하고 고유진동수 0.5를 입력해야 한다. 그러므로 이 예제의 경우 총 6개의 Job File을 만들어야 한다. 그림 A-1의 박스 Ground Motion Type에서 체크박스 Use PGA as SA에 체크되어 있으며, 고유진동수 100.0 Hz가 입력되어 있음에 유의한다.

그림 A-1의 Common Options는 Single Site(Work Type I 또는 Work Type II)를 염두에 두고 작성한 것이다. 그러므로 그림 A-1의 박스 Site Condition & Location에 Single site가 선택되어 있다. 부지의 위치 좌표는 (0.0, 0.0)이다. Hazard Mapping(Work Type III)에 사용하려면 Grid sites를 선택한 후, Start, End, Spacing 값을 입력해야 한다. 부지와 지진원의 기하학적 배치는 A4절을 참조한다.

A2. GMPE Groups

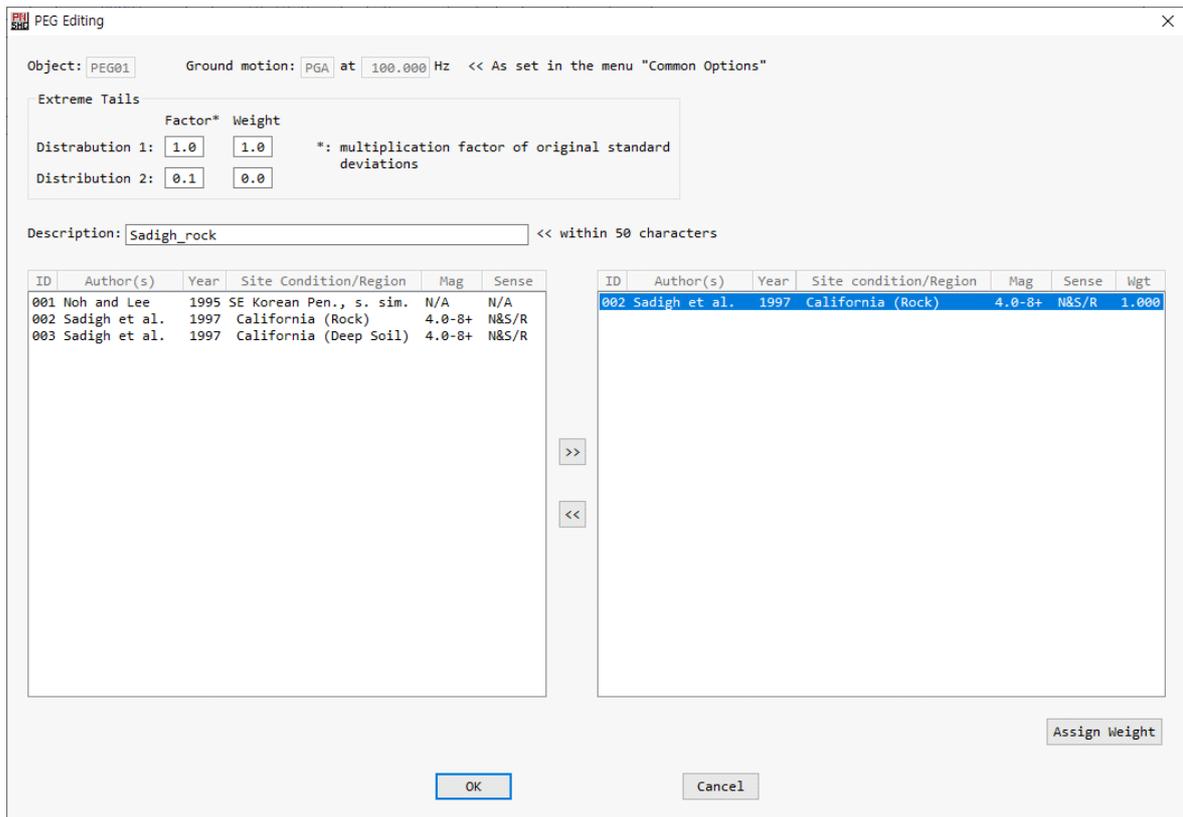


그림 A-2. GMPE의 구성

1개의 GMPE Group이 편집되었으며, 이 Group은, 그림 A-2에 나타난 바와 같이 하나의 GMPE(Sadigh et al., 1997, Rock)로 구성되었다. 이 GMPE는 부지 조건과 관련하여 Rock 또는 Deep Soil만을 구분한다. 만일, GMPE가 그 외의 부지특성 정보를 요구하는 경우에는 Common Options의 박스 Site Condition & Location의 누름 버튼 Edit Site Conditions를 통해 추가적인 부지특성 정보를 편집할 수 있다.

A3. M-R Groups

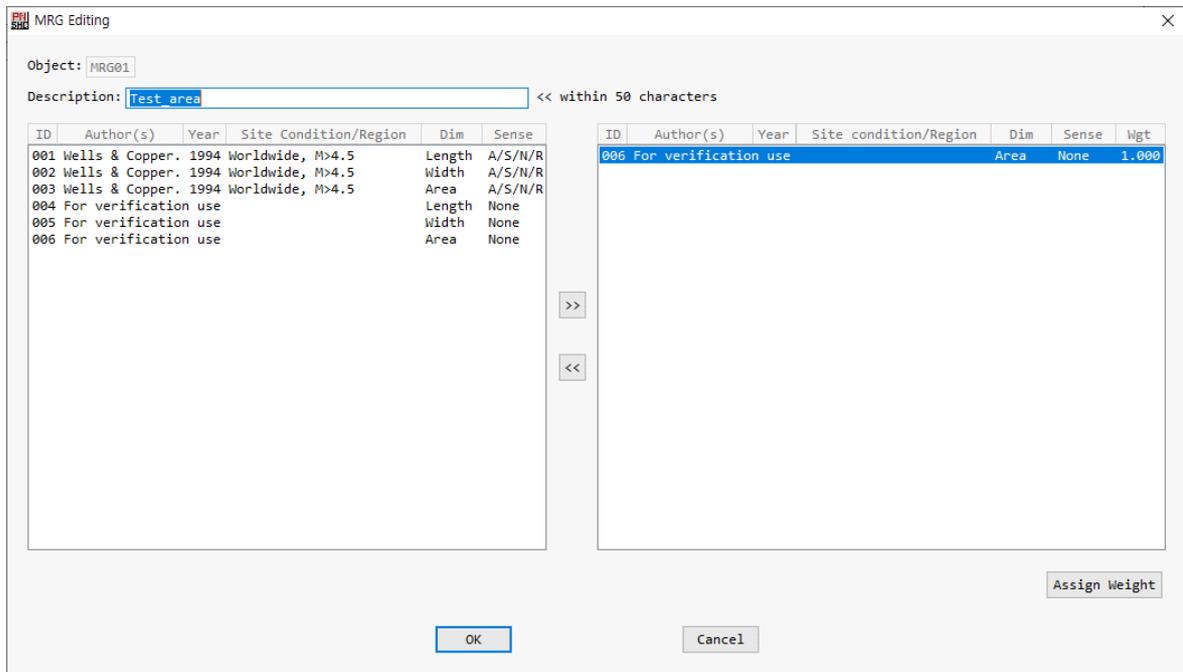


그림 A-3. Magnitude-Ruture 관계식의 구성

1개의 M-R Group이 편집되었으며, 이 Group은, 그림 A-3에 나타난 바와 같이 하나의 M-R 관계식으로 구성되었다. 이 관계식은 SeisHazCal의 검증에 사용된 관계식의 하나로서, 규모와 파열면적에 대한 관계식이다.

A4. Source Maps

그림 A-4에 나타난 바와 같이 1개의 지진원도가 고려되었다. 이 지진원도는 1개의 면적지진원과 1개의 단층지진원으로 구성되었다.

면적지진원은 정사각형으로서 4개 꼭지점의 좌표는 (-60,-60), (-60,60), (60,60), (60,-60)이다. 진원깊이는 10 km로 고정되었으며, 운동감각은 'Unknown'이다. Mmax는 6.5 및 7.5가 각각 가중치 0.6 및 0.4와 함께 사용되었다. 지진활동변수 (a,b)는 (0.002,1.0) 및 (0.003,1.0)이 각각 가중치 0.5 및 0.5와 함께 사용되었다.

Seismic Hazard Calculator - C:\SeisHaz_GUI\Documents\Example\SeisHazCal\Jobs\WT1&2_PGA.job

File Edit Hazard Information

Source Map ID Weight	Source ID Activity	PE Group (# of PEs)	Depth Weight	Mag Model Weight	Slip Sense Weight (#)	Dip Angle Weight	Mag-Rup Group (# of MRs)	Sub-Fault Activity	Mmax Weight	a,b Pair Weight
Map01 1.000	AS001 1.000	PEG01 (1)	10,10,F 1.000	Exponential 1.000	Case-1 1.000(1)				6.50 0.600	0.00200,1.000 0.500
									7.50 0.400	0.00300,1.000 0.500
	FS001 1.000	PEG01 (1)	3,10,U 1.000	Exponential 0.400	Case-1 1.000(1)	45 1.000	MRG01 (1)	SubFit-1 1.000	7.50 1.000	0.00398,1.000 1.000
				Characterist. 0.600						

Maximum end branches per site: 6 Maximum source combinations per site: 8

그림 A-4. 지진원의 구성

단층지진원은 하나의 분절(Segment)로서 양 끝단의 위치는 (-30,-30), (30,30)이다. 단층은 깊이 3~10 km 구간에 위치하며, 진원깊이는 이 구간 내에서 균질하게(Uniform) 분포하는 것으로 가정하였다. 규모분포모델은 지수모델 및 특성지진모델이 각각 가중치 0.4 및 0.6과 함께 사용되었다. 운동감각은 'Unknown'이다. 단층의 경사는 45°이며, 최대잠재지진 $M_{max}=7.5$ 이다. 지진활동변수 $(a,b)=(0.00398,1.0)$ 이 사용되었는데, 여기에서 a 의 값 0.00398은 지수모델에 이동률 2 mm/yr를 가정하여 계산된 값이다.

이상으로부터 면적지진원은 4개의 종단가지(End Branch)를 가지며 단층지진원은 2개의 종단가지를 가지므로, 지진동 감쇄식 별로 총 6개의 개별 재해도 파일(*.iho)이 출력된다. 이를 조합하면 8개의 지진원 조합 즉, 지진재해도(곡선)가 생성된다.

지진원과 부지의 배치를 그림 A-5에 나타내었다.

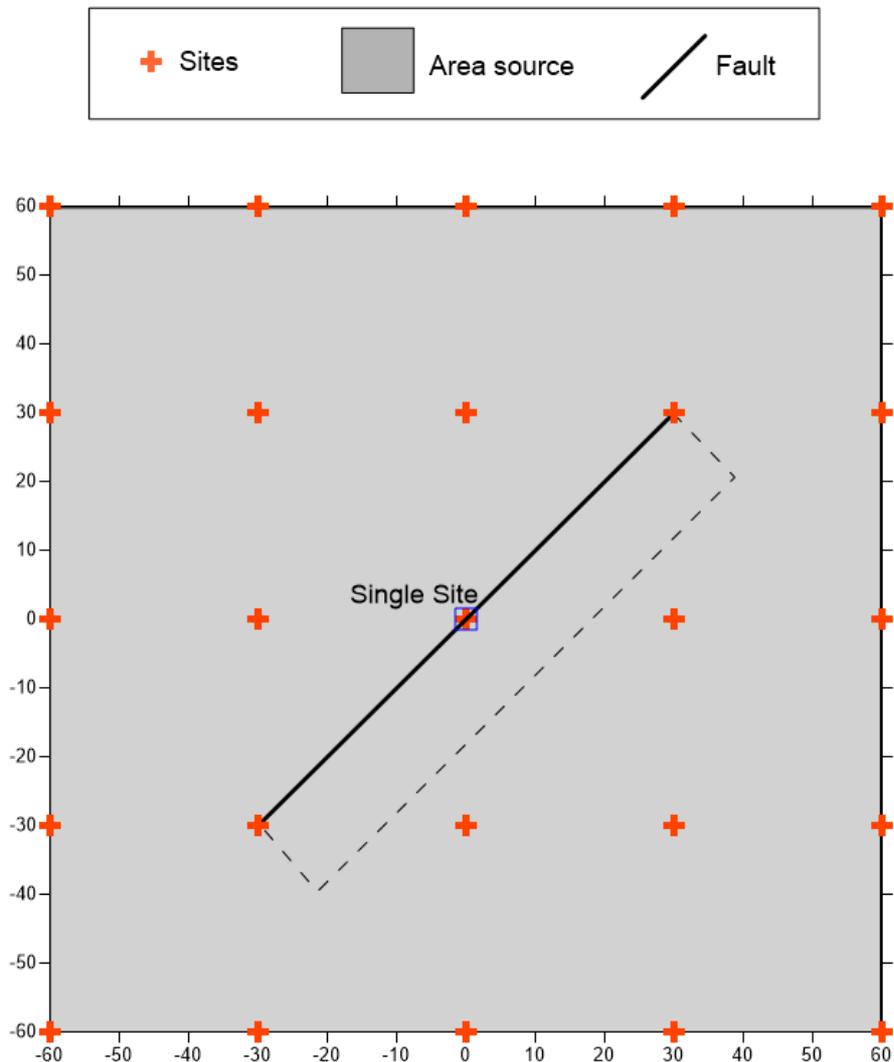


그림 A-5. 지진원과 부지의 배치

A5. Hazard Calculation

재해도 계산에 사용한 입력변수에 대해서는 그림 A-6를 참조한다.

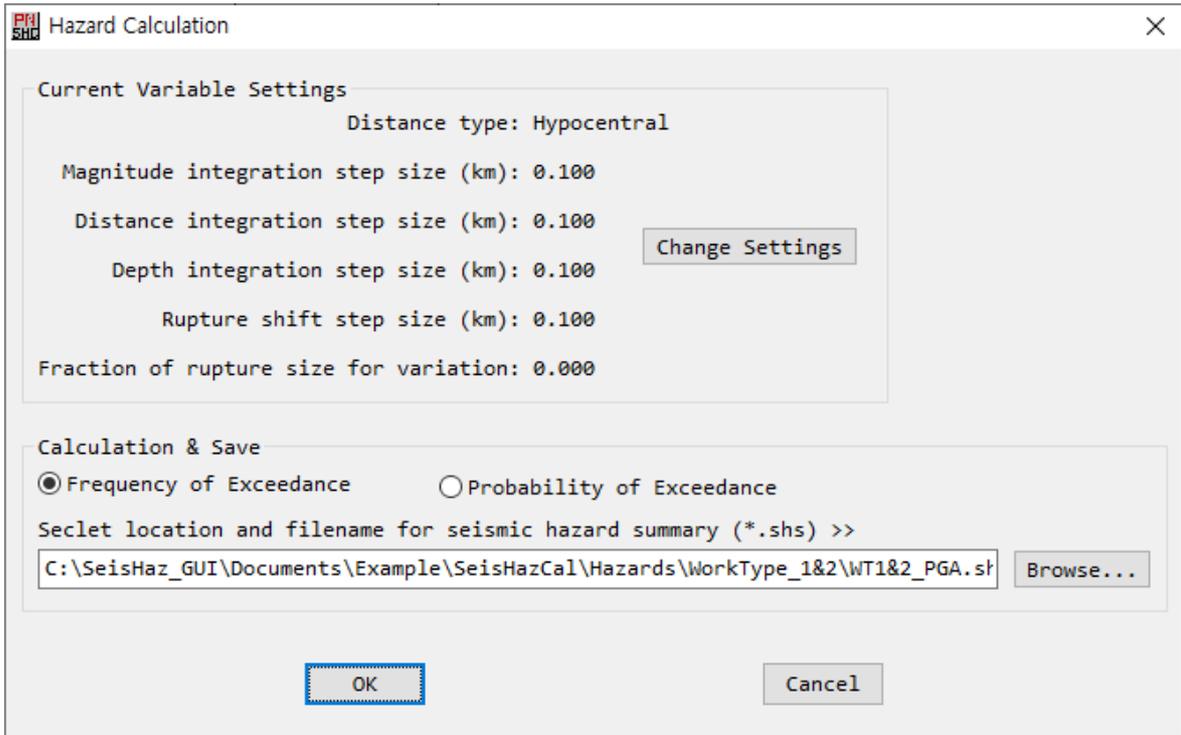


그림 A-6. 재해도 계산에 사용한 입력변수

A6. 참고문헌

Sadigh, K., C.-Y. Chang, J.A. Egan, F. Makdisi, R.R. Youngs, 1997. Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data, Seism. Res. Lett., 68, 180-189.

부록 B 지진동 모델 코딩

부록 B에서는 새 지진동 모델을 기존의 지진동 부프로그램에 추가하는 방법을 설명한다. 지진동 모델은 세트 단위로 코딩된다. 지진동 모델 세트는, 지진동 모델 개발자가 함께 사용하도록 제시한 최대지진동(PGA, PGV, 또는 PGD) 또는 스펙트럼 지진동(SA, SV, 또는 SD)의 집합이다. 부록 B에서 지진동 모델이란 용어는 지진동 종류별 모델을 지칭하기도 하고 지진동 모델 세트를 의미하기도 한다.

지진동 모델 코딩은 2개의 부프로그램(Subroutine)으로 구성된다. 첫 번째 부프로그램은 전체 지진동 모델을 제어하는 프로그램이고, 두 번째 부프로그램은 주어진 공식에 따라 지진동을 계산하는 프로그램이다. 이들을 각각 제어 프로그램 및 계산 프로그램이라 부르기로 하겠다. 제어 프로그램과 계산 프로그램 모두 PERoutines.f90 파일에 코딩되어 있다. 그러므로 지진동 모델을 추가, 수정, 또는 제거하고자 하는 경우 PERoutines.f90 파일을 수정한 후 전체 프로그램(SeisHazCal 또는 DrawGMM)을 다시 컴파일하면 된다. 본문에서 언급한 바와 같이, DrawGMM에서 PERoutines.f90 파일을 수정하면 그 결과를 즉각적으로 그래프로 표출하여 오류를 시각적으로 확인할 수 있다. 그리고 PERoutines.f90 파일은 SeisHazCal와 DrawGMM 모두에서 동일하다. 그러므로 먼저 DrawGMM에서 PERoutines.f90 파일을 수정한 후, 이를 SeisHazCal로 복사하고 SeisHazCal를 다시 컴파일하는 것이 편리하다.

참고로, 최대지진동과 달리, 스펙트럼 지진동은 고유진동수를 통해 상호 변환이 가능하다는 점을 이해할 필요가 있다¹⁾.

B1. 제어 프로그램의 코딩

SeisHazCal와 DrawGMM의 본 프로그램에서 지진동 계산이 필요한 경우, 제어 프로그램을 호출한다. 제어 프로그램의 이름은 PEqn이며, 아래와 같은 실행문을 통해 호출된다.

```
call PEqn(nJob, InfH, id, it, fr, fa, am, nss, gmp, sd)
```

제어 프로그램의 가변수(Dummy argument)는 표 B-1과 같다. 모든 지진동 모델이 표 B-1에 나열된 모든 가변수를 사용하는 것은 아니나, 사용 여부와 관계없이 모든 가변수에 대해 가변수의 Type에 부합하는 값이 지정되어야 한다. 예를 들어 최대지진동(it=1~3) 계산에 고유진동수가 필요하지 않으나 고유진동수(fr)에 임의의 실수형 값이 지정되어야 한다.

1) 다른 종류의 스펙트럼 지진동으로부터 변환된 스펙트럼 지진동을 의사 스펙트럼 지진동(Pseudo-spectral ground motion)이라 한다. 예를 들어 속도 스펙트럼(SV)으로부터 의사 가속도 스펙트럼(PSA) 및 의사 변위 스펙트럼(PSD)는 $PSA = 2\pi f_n SV$ 및 $PSD = SV / 2\pi f_n$ 로 계산된다. 여기에서 f_n 은 고유진동수이다.

표 B-1. 제어 프로그램의 가변수(Dummy argument).

변수	Type	성격*	설 명
nJob	정수	in	nJob=0: 요청한 지진동의 계산이 가능한지만 확인 nJob=1: InfH, gmp, sd 반환
InfH	문자	out	요청한 지진동의 계산이 가능하면 지진동 모델에 대한 요약 정보를 반환하고, 불가능하면 빈 문자열(' ') 반환
id	정수	in	지진동 모델 세트에 부여된 일련번호
it	정수	in	지진동의 종류(1=PGA, 2=PGV, 3=PGD, 4=SA, 5=SV, 6=SD)
fr	실수	in	고유진동수
fa	실수	in	PGA를 SA로 이용할 때의 고유진동수(이용하지 않으면 fa=0.0)
am	실수	in	모멘트 규모
nss	정수	in	단층의 운동감각(0=구분 없음, 1=주향이동단층, 2=정단층, 3=역단층)
gmp	실수	out	지진동 값의 상용대수(log10), cgs 단위
sd	실수	out	지진동(상용대수, cgs) 값에 수반된 표준편차

* 호출 프로그램으로부터 전달받는 변수는 in, 반환하는 변수는 out으로 표기.

한편, 가변수의 형태는 아니지만, 모듈 Options를 통하여 공유되는 변수 RupCfg가 있다. 변수 RupCfg는 총 15개 변수를 포함하는 실수형 배열(Array)이다. 변수 RupCfg의 구성을 표 B-2에 제시하였다.

표 B-2. 실수형 배열 RupCfg의 내용.

위치	단위	내 용
1	km	파열면 상단 깊이
2	km	파열면의 경사방향 폭(Width)
3	deg	단층 경사
4	km	부지에서 파열면까지의 최단 거리(Rrup)
5	km	진앙거리(Rrup에 상응)
6	km	진원 깊이(Rrup에 상응)
7	km	Joyner-Boore 거리(Rjb)
8	km	주향에 직각으로 측정된 파열면 상단까지의 수평 거리(Rx)
9	-	상반 표시자(1=상반 ← Rx ≥ 0)
10	-	여진 표시자(1=여진)
11	m	전단파 속도가 1.0 km/s가 되는 깊이
12	m	전단파 속도가 2.5 km/s가 되는 깊이
13	m/s	Vs30
14	m	토양층 두께
15	km	주향 방향으로 측정된 파열까지의 최단 수평거리(Ry ≥ 0)

표 B-2의 입력변수 내용에 대한 구체적인 의미에 대해서는 Kaklamanos et al.(2011)을 참조한다.

제어 프로그램의 코딩 방법을 기존에 코딩한 PE_001을 통해 설명하겠다. 하나의 계산 프로그램에 대해 제어 프로그램은 그림 B-1과 같이 구성된다. SeisHaz_GUI는 Fortran 90을 기본으로 사용한다. 그러므로 그림 B-1에서 ! 이후는 주석(Comment)이며, &은 연속(Continuation)을 나타낸다.

```

select case (id)
  case (1)
    call PE_001(nJob,InfH,it,nss,fr,fa,1,fra(1),hfr,am,gmp,sd) ! ①
    if (nJob==0) return ! ②
    if (it<4) return ! ③
    nf=7 ! ④
    do i=1,nf
      call PE_001(nJob,InfH,it,nss,fr,fa,i,fra(i),hfr,am,&
        gma(i),sda(i)) ! ⑤
    end do
    call PE_001(nJob,InfH,1,nss,fr,fa,1,fra(1),hfr,am,gmp,sd) ! ⑥
    gmp=gmp+(4-it)*log10(pi2*fa) ! ⑦

```

그림 B-1. 제어 프로그램 코딩의 예

그림 B-1에서 case(1)은 계산 프로그램 PE_001에 대한 것이다. Case 번호를 증가시켜 가면서 새로운 계산 프로그램을 추가할 수 있다. 계산 프로그램의 가변수(Dummy argument)에 대한 설명은 표 B-3을 참조한다.

라인 ①은 최대지진동(it=1~3) 계산을 위한 호출이다. 최대지진동 계산에는 고유진동수가 사용되지 않으므로, 가변수 중 fr~fra(1)의 4개 가변수는 임의로 지정할 수 있다. 이때 nJob=0이면 단순히 해당 지진동 종류에 대한 계산이 가능한지 문의하는 것이므로 호출 프로그램으로 복귀한다(라인 ②). nJob=1이고 최대지진동 계산이 목적이라면, 목적이 달성되었으므로 호출 프로그램으로 복귀한다(라인 ③). 라인 ④에서 nf는 계산 프로그램(PE_001)이 제공하는 고유진동수의 개수이다. fa는 nf에 포함되지 않는다. 라인 ④ 아래 do-loop에서 주어진 거리, 규모, 스펙트럼 지진동 종류(it=4~6)에 대해 nf개의 고유진동수별로 지진동 및 표준편차를 계산한다. i번째 고유진동수 값과 이 고유진동수에서 계산된 지진동, 표준편차는 각각 배열변수 fra(i), gma(i), sda(i)에 저장된다(라인 ⑤). 이처럼 스펙트럼 지진동을 모든 가용한 고유진동수에 대해 계산하여 저장하는 것은 내삽을 위한 것이다. PGA를 고진동수 SA의 근사치로 사용하는 경우에 대비하여 PGA를 계산한 후(라인 ⑥), 해당 스펙트럼 지진동 종류로 변환한다(라인 ⑦). 호출 프로그램에서 지정한 고유진동수 fr에서의 스펙트럼 지진동은 내삽을 통하여 계산되어 gmp로 반환된다. (계산 프로그램에서는 공식이 제공하는 고유진동수에 대한 스펙트럼

지진동만 계산한다). 내삽에 대한 설명은 생략한다. 내삽에 대한 자세한 내용은 PERoutines.f90 파일을 참조한다. 이상과 같이 제어 프로그램의 구조를 설명했으나, 새로운 지진동 모델을 추가할 때 위 예제에서 변경되는 것은 case(id)에 해당하는 계산 프로그램 이름(위 예제에서 PE_001)과 가용한 고유진동수 개수 nf, 단 2개뿐이다.

B2. 계산 프로그램의 코딩

계산 프로그램 이름의 구조는 PE_nnn이다. 여기서 nnn은 계산 프로그램의 일련번호를 나타내는 3자리 수의 정수이다. 그림 B-1에 나타난 바와 같이, 제어 프로그램 PEqn은 아래와 같은 실행문을 통해 계산 프로그램을 호출한다.

```
call PE_nnn(nJob,InfH,it,nss,fr,fa,nfr,frn,hfr,am,gmp,sd)
```

계산 프로그램의 가변수(Dummy argument)는 표 B-3과 같다. 가변수 nfr, frn, hfr을 제외한 나머지 변수는 제어 프로그램의 가변수와 같다(표 B-1 참조). 변수 nfr에 해당하는 고유진동수 값을 변수 frn으로 반환한다. 변수 hfr은, fa를 포함하지 않을 때 가용한 최대 고유진동수 값이다. 계산 프로그램 구조는 nJob=0인 경우와 nJob=1인 경우로 구성된다. 그러나 계산 프로그램의 코딩은 지진동 모델에 따라 다르므로, 구체적인 내용은 PERoutines.f90 파일을 참조한다.

표 B-3. 계산 프로그램의 가변수(Dummy argument).

변수	Type	성격*	설 명
nJob	정수	in	nJob=0: 요청한 지진동의 계산이 가능한지만 확인 nJob=1: InfH, gmp, sd 반환
InfH	문자	out	요청한 지진동의 계산이 가능하면 지진동 모델에 대한 요약 정보를 반환하고, 불가능하면 빈 문자열(' ') 반환
it	정수	in	지진동의 종류(1=PGA, 2=PGV, 3=PGD, 4=SA, 5=SV, 6=SD)
nss	정수	in	단층의 운동감각(0=구분 없음, 1=주향이동단층, 2=정단층, 3=역단층)
fr	실수	in	고유진동수
fa	실수	in	PGA를 SA로 이용할 때의 고유진동수(이용하지 않으면 fa=0.0)
nfr	정수	in	계산 프로그램이 제공하는 고유진동수의 순번
frn	실수	out	순번 nfr의 고유진동수 값
hfr	실수	out	계산 프로그램이 제공하는 고유진동수의 최대값
am	실수	in	모멘트 규모
gmp	실수	out	지진동 값의 상용대수(log10)
sd	실수	out	지진동(상용대수, cgs) 값에 수반된 표준편차

* 호출 프로그램으로부터 전달받는 변수는 in, 반환하는 변수는 out으로 표기.

SeisHazCal은 면적지진원 또는 단층지진원에 대한 운동감각을 지정할 수 있다(그림 2-21 참조). 주향이동단층, 정단층, 역단층뿐만 아니라 운동감각이 지정되지 않은 경우도 고려할 수 있다. 반면 지진동모델의 경우, 대체적으로 운동감각을 고려하나, 그렇지 않은 모델도 있다. 지진동 모델에 따라 다음의 2가지 상황이 발생할 수 있다.

- ① 지진원의 운동감각이 지정되었으나, 운동감각을 고려하지 않는 지진동 모델이 적용되는 경우
- ② 지진원의 운동감각이 지정되지 않았으나, 운동감각을 고려하는 지진동 모델이 적용되는 경우

위 상황에 대한 지진동 모델 개발자의 권고가 있는 경우에는 이를 따르면 되지만, 그렇지 않으면 사용자가 판단해서 코딩해야 한다. 상황 ①의 경우 운동감각과 무관하게 적용될 수 있도록 코딩하는 것이 무난할 것이다. 그러나 상황 ②의 경우 이 문제는 전적으로 사용자의 판단이다.

SeisHazCal과 연동하여 사용하려면, 계산된 지진동(gmp) 및 표준편차(sd)는 상용대수(log₁₀) 값이며, 지진동의 단위는 cgs 단위여야 한다.

B3. 참고문헌

Kaklamanos, J., L.G. Laurie, and D.M. Boore, 2011. Estimating unknown input parameters when implementing the NGA ground-motion prediction equations in engineering practice, *Earthquake Spectra*, 27, 1219-1235.

부록 C 규모-파열크기 관계식 코딩

부록 C에서는 새 규모-파열크기 관계식을 기존의 관계식 부프로그램에 추가하는 방법을 설명한다.

규모-파열크기 관계식 코딩은 2개의 부프로그램(Subroutine)으로 구성된다. 첫 번째 부프로그램은 전체 관계식을 제어하는 프로그램이고, 두 번째 부프로그램은 주어진 공식에 따라 파열크기를 계산하는 프로그램이다. 이들을 각각 제어 프로그램 및 계산 프로그램이라 부르기로 하겠다. 제어 프로그램과 계산 프로그램 모두 MRROUTINES.f90 파일에 코딩되어 있다. 그러므로 규모-파열크기 관계식을 추가, 수정, 또는 제거하고자 하는 경우 MRROUTINES.f90 파일을 수정한 후 전체 프로그램(SeisHazCal)을 다시 컴파일하면 된다.

C1. 제어 프로그램의 코딩

SeisHazCal의 본 프로그램에서 지진동 계산이 필요한 경우, 제어 프로그램을 호출한다. 제어 프로그램의 이름은 MRRn이며, 아래와 같은 실행문을 통해 호출된다.

```
call MRRn(nJob, id, am, nss, InfH, nrt, rup, sd)
```

제어 프로그램의 가변수(Dummy argument)는 표 C-1과 같다. 모든 규모-파열크기 관계식이 표 C-1에 나열된 모든 가변수를 사용하는 것은 아니나, 사용 여부와 관계없이 모든 가변수에 대해 가변수의 Type에 부합하는 값이 지정되어야 한다.

표 C-1. 제어 프로그램의 가변수(Dummy argument).

변수	Type	성격*	설 명
nJob	정수	in	nJob=0: 요청한 관계식의 계산이 가능한지만 확인 nJob=1: InfH, gmp, sd 반환
id	정수	in	관계식 세트에 부여된 일련번호
am	실수	in	모멘트 규모
nss	정수	in	단층의 운동감각(0=구분 없음, 1=주향이동단층, 2=정단층, 3=역단층)
InfH	문자	out	요청한 지진동의 계산이 가능하면 지진동 모델에 대한 요약 정보를 반환하고, 불가능하면 빈 문자열(' ') 반환
nrt	정수	out	파열크기의 종류(1=면적, 2=길이, 3=폭)
rup	실수	out	파열크기의 상용대수 값
sd	실수	out	표준편차의 상용대수 값

* 호출 프로그램으로부터 전달받는 변수는 in, 반환하는 변수는 out으로 표기.

제어 프로그램의 구조는 그림 B-1과 같다.

```
select case (id)
  case (1)
    call MR_001 (nJob, id, am, nss, InfH, nrt, rup, sd)
  case (2)
    call MR_002 (nJob, id, am, nss, InfH, nrt, rup, sd)
end select
```

그림 C-1. 제어 프로그램 코딩의 예

그림 C-1에서 case(1)은 계산 프로그램 MR_001에 대한 것이고, case(2)은 계산 프로그램 MR_002에 대한 것이다. Case 번호를 증가시켜 가면서 새로운 계산 프로그램을 추가할 수 있다. 계산 프로그램의 가변수(Dummy argument)는 제어 프로그램의 가변수(표 C-2 참조)와 동일하다.

C2. 계산 프로그램의 코딩

계산 프로그램 이름의 구조는 MR_nnn이다. 여기서 nnn은 계산 프로그램의 일련번호를 나타내는 3자리 수의 정수이다. 그림 C-1에 나타난 바와 같이, 제어 프로그램 MRRn은 아래와 같은 실행문을 통해 계산 프로그램을 호출한다.

```
call MR_nnn (nJob, id, am, nss, InfH, nrt, rup, sd)
```

전술한 바와 같이, 계산 프로그램의 가변수(Dummy argument)는 제어 프로그램의 가변수(표 C-1 참조)와 동일하다. 계산 프로그램 구조는 nJob=0인 경우와 nJob=1인 경우로 구성된다. 그러나 계산 프로그램의 코딩은 규모-파열크기 관계식에 따라 다르므로, 구체적인 내용은 MRRoutines.f90 파일을 참조한다.

SeisHazCal과 연동하여 사용하려면, 계산된 파열(rup) 및 표준편차(sd)는 상용대수(\log_{10}) 값이이며, 파열의 단위는 km이어야 한다.