

2020-2026년 한반도 남부 중심 지진기록을 이용한 예비 PGA 감쇠식 산정에 대한 연구

2026.06.10

31104 박강민

국문 요약

최근 일시적으로 리히터 규모(M_L) 2.5 이상의 지진이 약 38% 증가하였다. 또한, 일본의 난카이(南海) 해구 지진이 국내에 알려짐에 따라 국민들의 지진에 대한 관심이 꾸준히 증가하고 있다. 2017년에 발생한 포항지진으로 인해 500억원을 상회하는 피해가 발생하면서 우리나라에 강진이 발생할 경우 예측할 수 있는 강지진동 예측의 중요성이 높아졌다. 이러한 기초에 따라, 본 연구자 또한 국가지진정보종합시스템(NECIS)에 2020년부터 2026년까지의 지진 파형을 수집한 후, 데이터 전처리 및 감쇠식 유도를 통해 예비 PGA 감쇠식을 산정하였다.

주요어: miniSEED, 최대지반가속도(PGA), PGA 감쇠식, 계기응답

1. 서론

1-1. 연구 배경

2023년부터 2025년에 한반도에서 발생한 리히터 규모(M_L) 2.5이상의 지진이 2020년부터 2022년 대비 약 38%¹⁾가 일시적으로 증가한 양상을 보였으며, 일본의 난카이 해구 대지진이 국내에 알려짐에 따라 국민들의 지진에 대한 관심이 꾸준히 증가하고 있다. 또한, 2017년 포항지진으로 인하여 각각 약 551억원의 피해액²⁾이 발생하였기에 강지진동을 예측하고 대비하는 것이 중요하다고 모든 국민이 인식하게 된 계기가 되었다. 본 연구자 또한 지진에 대한 관심으로 한국지질자원연구원(KIGAM)의 지진 연구정보 내에 있는 “예측진도 시뮬레이션”을 이용해보았다. 단, 이 시뮬레이션에 이용된 지반운동 예측 방정식(GMPE)가 약 25년 전인 2001년에 연구된 GMPE를 이용하고 있다는 것을 인지하였다. 이에, 본 연구자는 25년간 추가로 쌓인 지진 데이터를 통해 조남대, 박창업의 「추계학적 모사법을 이용한 한반도 남부에서의 강지진동 연구」를 일부 재구성하였다.

1-2. 연구 목적

본 연구를 통하여 남한 지역에서 발생한 대표 지진의 지진 파형을 추출한 후 예비 PGA 감쇠식을 산정할 것이다. 본 연구는 향후 강지진동 예측 및 지진 시뮬레이션의 기초자료로 활용하기 위한 기초적인 예비 PGA 감쇠식을 회귀하여 산출할 것이다.

2. 자료 수집 및 이용

2-1. 파형 수집

1) 부록의 표 (1) 참조 / 2020년 - 2022년 북한 제외 52건, 2023년 - 2025년 북한 제외 72건

2) 정유림 기자, 「포항 지진 피해 551억...재난복구에 1,445억 원 투입」, KTV뉴스, 2017.12.12

먼저, 본 연구를 수행하기 위해 국가지진종합정보시스템(NECIS)에서 2020년 1월 1일부터 2026년 1월 1일까지 국내에서 발생한 총 5072건의 지진 중 파형자료 확보 및 계기응답 보정이 가능한 15개의 지진을 최종 분석 대상으로 선정하였다. 또한, 지진 자료에 존재하는 miniSEED 파일 35,160여개를 확보하게 되었다.

2-2. 관측소 선별

miniSEED 파일 총 35,160개를 먼저 지진별 상위 30개의 파일을 크기순으로 나열하여 1차 후보로 선별한 후, PGA 기준으로 대표 관측소를 선별하여 총 411개의 데이터를 수집하게 되었다.

2-3. 파형 처리

411개의 데이터를 ObsPy를 이용하여 miniSEED파일을 처리한 후, E/N/Z 성분을 확인하여 각 데이터에 대한 PGA를 계산하게 되었다. 이후, QC로그를 생성하여 데이터의 품질을 관리하였다.

2-4. 계기응답 보정

관측소의 계기응답 보정 파일을 NECIS에서 수집하여, 411개의 데이터중 NECIS에서 제공하는 관측소의 계기응답 보정 파일을 이용할 수 있는 189개의 데이터의 계기응답을 보정하였다. 이 자료를 묶어 총 63개의 이벤트 관측소를 얻었다. 이 자료를 실제 가속도의 단위로 변환하게 되었다.

2-5. PGA 및 거리 계산 및 품질관리

총 63개의 데이터를 이벤트 관측소 단위로 정리한 후, 수평 성분인 E와 N성분으로 조합하였다. 이후, 기하평균 PGA를 계산한 후 최종적으로 사용 가능한 관측기록을 추출하게 되었다. 또한 이용한 지진의 규모와 깊이, 진앙 위치와 각 관측소의 위도 및 경도를 병합하여 진앙거리와 진원거리를 계산하여 PGA 감쇠식을 제작할 데이터를 모두 얻은 후, 최종적으로 결측과 이상치를 제거하여 총 61개의 기록을 얻게 되었다.

3. 감쇠식 구축

감쇠식의 형식을 식 (1)과 같은 형태로 결정하였다. 식 (1)에서 R 은 진원거리로, a , b , c 는 각각 지역별 상수이다.

$$\log_{10}(PGA_{gal}) = a + bM_L - c\log_{10}(R)$$

식 (1)

식 (1)에서 상수 a , b , c 를 회귀법을 이용해 추출한 결과, a 값은 0.808, b 값은 0.639, c 값은 1.587로 산출되었다.

4. 결론

본 보고서에서는 2020년 1월 1일부터 2026년 1월 1일까지 발생한 지진중 15개의 지진을 선정 한 후, miniSEED파일을 이용해 파형을 추출하였다. 또한, 의미 있는 데이터 중 관측소 계기응답 보정 파일이 존재하는 데이터만을 선정한 후, 품질 검사 및 이상치 검사를 통해

최종적으로 61개의 자료를 얻었다. 이러한 자료를 회귀하여 식 (2)와 같은 예비 PGA 감쇠식을 얻었다.

$$\log_{10}(PGA_{gal}) = 0.808 + 0.639M_L - 1.587\log_{10}(R)$$

식 (2)

식 (2)를 국내 주요 지진의 규모별 지반운동 특성 및 관측소별 가속도 계측 데이터에 대입하여 정확도를 계산 한 결과, 선형 기준으로는 평균절대오차(MAE)는 1.638gal, 평균제곱근오차(RMSE)는 3.519gal, 결정계수(R^2)은 76.96%가 도출되었다. 또한, 비선형 상용로그 기준으로는 각각 MAE 0.223, RMSE 0.281, R^2 42.53%로 산출되었다. 이는 자연계의 무작위성을 고려할 때 유의미한 결과임을 알 수 있다. 또한, 본 연구는 15개 지진과 61개 관측기록을 이용한 예비 분석이므로 한반도 전체를 대표하는 GMPE로 해석하기에는 한계가 있다. 예시로, 그림 (1)을 참고하였을 때, 전체적으로 모델이 PGA를 일부 과소예측하는 경향이 있으나, 이는 추후 추계학적 모사법을 적용하여 감쇠식을 발전시킨다면 높은 정확도를 보일 수 있음을 기대할 수 있다.

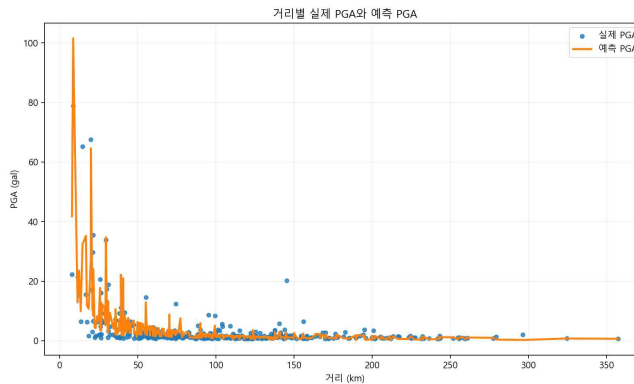


그림 (1)

5. 부록

2022-12-25 19:31	2.6	14	36.51	128.65
2022-12-03 13:22	2.9	21	35.77	129.8
2022-12-01 15:17	3.2	14	36.17	128.27
2022-11-20 1:01	3.3	20	33.96	125.22
2022-11-05 13:21	2.5	11	36.97	126.38
2022-11-01 2:27	2.9	14	36.88	127.88
2022-10-29 8:29	2.9	11	36.88	127.88
2022-10-29 8:27	4.1	12	36.88	127.88
2022-10-29 8:27	3.5	13	36.88	127.88
2022-10-01 4:37	2.7	14	36.94	127.13
2022-09-10 14:59	3.4	7	38.95	127.29
2022-09-01 8:33	2.5	-	35.11	125.07
2022-08-12 19:37	2.7	6	37.41	124.53
2022-08-03 7:55	3.1	8	33.14	127.67
2022-07-29 5:36	2.6	13	35.39	128.24

2025-12-22 21:24	2.6	19	33.82	125.25
2025-11-07 9:44	2.9	8	34.55	128.3
2025-10-08 11:49	3.1	9	36.28	127.76
2025-10-05 12:49	2.8	19	33.27	127.54
2025-09-25 18:42	2.6	11	35.39	125.54
2025-09-05 0:45	2.5	27	36.36	130.12
2025-08-05 15:58	2.7	16	36.58	129.24
2025-07-22 3:57	2.8	12	32.37	126.91
2025-06-12 21:49	2.7	19	35.06	125.08
2025-05-10 14:59	2.5	8	38.13	127.09
2025-05-10 13:19	3.3	9	38.14	127.09
2025-05-07 23:08	2.5	16	35.77	129.07
2025-05-05 7:53	3.7	14	37.12	125.94
2025-04-28 19:39	2.8	9	33.73	127.64
2025-03-29 5:37	2.5	20	33.9	126.93
2025-03-20 16:26	2.5	15	36.49	124.68
2025-02-15 6:49	2.6	5	37.28	129.33
2025-02-07 2:35	3.1	9	37.14	127.76
2025-01-03 15:28	2.9	8	35.56	127.94
2024-12-04 9:41	2.6	7	37.06	126.28
2024-11-28 0:36	2.5	12	35.51	126.82

2022-07-12 10:38	2.6	6	33.13	127.66
2022-07-12 10:09	2.7	7	33.11	127.66
2022-07-03 7:54	2.6	13	33.31	127.45
2022-06-02 20:48	2.6	26	38.12	130.98
2022-04-16 2:08	2.6	18	34.75	127.26
2022-04-10 2:45	3.4	18	36.45	129.62
2022-03-06 18:40	2.5	18	37.31	129.54
2022-02-08 15:57	2.9	16	35.07	125.06
2021-12-17 6:22	3.2	18	33.12	126.18
2021-12-15 15:06	2.8	14	33.14	126.15
2021-12-14 17:19	4.9	17	33.09	126.16
2021-12-09 10:57	2.6	17	33.85	125.51
2021-11-17 1:39	2.9	19	35.66	129.75
2021-10-06 21:55	2.5	13	35.25	127.86
2021-09-23 12:02	2.6	16	35.42	128.49
2021-08-29 18:47	2.6	15	36.98	125.02
2021-08-21 9:40	4	7	35.7	124.7
2021-07-31 5:17	2.5	22	35.65	128.4
2021-04-28 12:00	2.5	20	35.65	129.79
2021-04-20 2:13	2.6	15	35.08	125.05
2021-04-19 14:20	3.7	15	35.07	125.08
2021-03-16 2:51	2.6	18	35.76	129.19
2021-02-15 18:59	2.5	14	35.99	126.84
2021-02-06 4:40	2.7	5	35.81	127.53
2020-12-18 17:17	2.7	16	37.66	129.32
2020-11-08 15:26	2.9	9	36.41	128.22
2020-10-25 19:10	2.5	17	33.89	125.65
2020-09-13 0:54	2.9	15	37.64	124.6
2020-07-11 22:38	2.7	-	37.88	129.58
2020-07-07 14:08	3.3	12	37.19	125.55
2020-05-27 19:23	2.8	6	36.01	128.01
2020-05-13 15:19	2.8	12	36.1	127.34
2020-05-03 22:07	3.1	21	34.66	126.4
2020-04-27 11:07	2.8	6	35.8	127.53
2020-03-20 16:02	2.7	9	35.39	128.01
2020-02-16 20:03	2.7	19	36.26	130.49
2020-01-30 0:52	3.2	21	36.59	128.12

2024-11-24 20:35	2.6	8	33.42	125.16
2024-11-01 21:27	2.9	19	33.43	127.86
2024-10-23 17:56	2.5	8	35.99	128.35
2024-09-18 12:47	2.7	5	35.73	124.35
2024-09-12 23:47	2.6	16	35.46	128.43
2024-09-12 19:25	2.7	14	36.41	128.76
2024-09-11 2:24	2.7	11	37.11	125.45
2024-08-25 23:28	3	24	37.86	129.52
2024-08-04 0:27	2.7	18	34.79	124.66
2024-07-26 22:52	2.6	7	35.57	125.14
2024-06-12 13:55	3.1	8	35.7	126.73
2024-06-12 8:26	4.8	8	35.7	126.72
2024-06-03 2:25	2.5	14	38.24	128.69
2024-05-31 3:35	2.8	9	38.13	127.09
2024-05-20 10:31	2.6	22	35.63	129.83
2024-04-22 7:47	2.6	6	36	128.35
2024-03-03 8:53	2.8	14	35.09	125.09
2024-01-31 17:36	3.8	15	32.59	125.53
2023-12-23 4:34	3	6	35.8	127.53
2023-12-08 6:31	2.5	-	37.19	129.08
2023-11-30 4:55	4	12	35.79	129.42
2023-11-25 11:53	2.6	8	36.69	126.83
2023-11-24 22:06	2.7	17	35.07	125.06
2023-10-25 21:46	3.4	12	36.35	127.05
2023-10-24 9:11	2.7	-	37.85	129.49
2023-10-11 3:54	2.9	12	35.31	125.51
2023-10-10 0:20	3.1	13	36.18	124.42
2023-09-14 21:28	2.9	23	35.7	130.03
2023-08-20 19:41	2.6	14	37.77	130.36
2023-07-29 19:07	3.5	6	35.8	127.53
2023-06-16 6:03	3.1	25	34.02	124.8
2023-05-15 6:27	4.5	-	37.87	129.52
2023-05-14 8:35	3.1	30	37.86	129.51
2023-05-10 16:32	2.5	16	37.49	129.12
2023-05-10 1:53	2.6	16	37.49	129.12
2023-05-10 1:53	2.5	15	37.49	129.14
2023-05-08 19:51	2.5	17	37.49	129.13
2023-04-30 19:03	3.1	6	36.32	127.75
2023-04-28 23:39	2.6	27	37.88	129.51
2023-04-25 15:55	3.5	-	37.86	129.49
2023-04-25 13:22	2.7	12	36.66	128.12
2023-04-25 12:02	3.1	28	37.87	129.52
2023-04-24 13:02	2.9	-	37.85	129.47
2023-04-23 21:06	2.7	27	37.87	129.52
2023-04-19 0:45	2.6	14	33.09	125.42
2023-03-30 5:47	2.9	22	35.64	125.22
2023-03-25 18:35	2.5	5	37.19	125.27
2023-03-03 11:26	3	8	35.21	127.94
2023-02-19 7:29	2.5	8	34.67	127.36
2023-01-21 13:37	2.5	15	36.46	129.63
2023-01-09 1:28	3.7	19	37.74	126.2

丑 (1)