지진조기경보시스템: 개념과 현황

DOI: 10.3938/PhiT.20.031

지헌철·박정호·임인섭

Earthquake Early Warning System: Concept and Status

Heon Cheol CHI, Jung Ho PARK and In Seub LIM

In this article, the concept and the development of the Earthquake Early Warning (EEW) system are reviewed with examples of actual implementation. The magnitude, as well as the epicentral location, is pre-estimated from the dominant period and peak amplitude of the first-arrival P wave. The probability approach with constraints is also introduced for completeness. The application of the EEW in Korea is planned by the Korea Meteorological Agency, and their plan is explained based on the warning times for the on-site and the network approaches.

서론

지진의 공포는 우리가 전혀 인식할 시간적 여유 없이 갑자기 엄청난 재앙을 당하는 데 있다. 어떤 자연재해 현상(지진, 태풍 등)이 발생한 시각에서 이로 인한 피해가 수반되는 시각까지의 시간차를 여유시간(lead time)이라고 하면, 해마다 막대한 피해를 주는 태풍의 경우 수일 정도이고, 홍수나 화산 폭발의 경우에

서도 수 시간에서 수일 정도이다. 이에 반해 지진해일(쓰나미)의 여유시간은 수십 초에서 수 분 정도이며 지진은 수 초에서 수십 초밖에 되지 않는다. 하지만 비록 수 초의 짧은 시간이라도 사전에 인식할 수 있을 경우 사람들의 사상자 수를 극적으로 감소시킬 수 있을 것이고, 원자력발전소나 대규모 가스시설 등에 긴급 조치를 취하여 2차 피해의 확산을 최소화할 수 있을 것이다.

지진조기경보시스템(Earthquake Early Warning System, EEWS)은 지진을 탐지·분석하여 이에 대한 경보를 지진이 도달하기 전에 피해 예상 지역이나 시설물에 가능한 신속히 전파하는 것으로, 지진 관측기술뿐 아니라 통신체계의 급격한 발전으로 실현이 어느 정도 가능하게 되었다. 여기서는 지금까지의 조기경보시스템 개발 과정과 국내 지진에 적용한 예를 통해 최근 기술 현황을 설명하였으며, 기상청이 추진하고 있는 조기경보 체계를 소개하였다.

지진 특성 및 관측 원리

지구의 반경은 약 6400 km로 자전운동으로 인해 적도 부근이 약간 볼록어 오른 공 모양으로 지표에는 지각(crust)이라는 암반층으로 덮여있다. 우리가 흔히 돌이라고 하는 암반층의 두께는 8~35 km밖에 되지 않으며, 어느 정도 탄성, 즉 깨지는 특성(brittleness)을 가지고 있는 암석권의 두께도 100 km 이내이다. 그 밑으로는 맨틀(mantle)이나 코아(core)라고 불리는 매우 뜨거운 유동성 물질로 대부분 구성되어 있으며, 깊이에 따른 온도 차에 의해 유동성 물질의 대류(convection) 현상이 일어난다. 이로 인해 맨틀상부에 떠 있는 지각은 수많은 조각인 판들로 쪼개어져 이동하고, 이런 과정에서 판과 판 사이에, 또는 판 내부에 응력이 쌓이게 된다. 축적된 응력은 판 경계부나 판 내부의 취약한 지역의 암반을 깨면서 해소된다. 이때 파쇄(rupture)되는 면을 단층면(fault plane), 파쇄과정에서 발생하는 진동을 지진으로 정의한다[그림 1(a)]. 파쇄가 최초로 발생하는 지점을 진원(hypocenter)이라 하며, 이를 지표에 투시한 위치가 진앙

저자약력

지헌철 박사는 텍사스 A&M 지구물리학과 박사(1992)로서 현재 한국지질자원연구원 국토지질연구본부 지진연구센터 책임연구원으로 재직 중이다. (chi@kigam.re.kr)

박정호 박사는 서울대학교 지구환경과학부 박사(2008)로서 현재 한국지질자원연구원 국토지질연구본부 지진연구센터 선임연구원으로 재직 중이다. (jhpark@kigam.re.kr)

임인섭 박사는 충북대학교 컴퓨터공학과 박사(2009)로서 현재 한국지질자원연구원 국토지질연구본부 지진연구센터 책임기술원으로 재직 중이다. (limlh@kigam.re.kr)

Fig. 1. Schematic diagram(a) showing geographical distribution of hypocenter(star), epicenter(circle) and seismic stations(triangle). An example of seismograms by Odae-san earthquake. (b) shows estimated magnitudes from P wave and local magnitudes from S or surface wave for each station. P wave magnitude was the average of those of predominant period(τ_p) and peak displacement amplitude(P_d) methods. Due to double coupling, the magnitude at each station varies with the geometrical direction from the fault plane.

(epicenter)이라고 한다. 지표에 지진계측기를 설치하여 지반 진동을 관측하는 곳을 지진 관측소(station)라고 한다.

지각 내부에서 전파되는 지진파를 실체파(body wave)라고 하며, 입자 진동방향이 파동에너지를 전파 방향과 평행한 P파(종파, longitudinal wave, Primary wave)와 입자 진동 방향이 전파 방향에 수직인 면에 존재하는 S파(횡파, shear wave, Secondary wave)가 있다. 한국지질자원연구원이 사용하고 있는 한반도 상부지각의 P파 평균 속도는 5.98 km/s이며, S파 평균 속도는 3.42 km/s이다. 표면파는 S파보다 느리게 지표를 따라 전파된다. 그림 1(b)는 오대산 지진에 의해 주변 관측소에서 기록한 지진 파형을 진앙 거리에 따라 도착 시간이 느려지는 것을 보여주고 있다. 각 관측소의 위치를 알고 있으므로 관측된 P파와 S파의 도착시간(arrival time)으로부터 진원 위치를 계산하게 된다. 진원으로부터 멀어질수록 P파와 S파의 도착시간 차이인 P-S 시간이 길어지고 에너지 감쇠로 인해 관측된 파형의 최대 진폭도 작아진다. 지진피해는 S파와 표면파에 의해 발생하는데 거리에 따른 감쇠를 고려하여 최대 진폭으로부터 지진 크기를 나타내는 국지규모(local magnitude, ML)를 계산하는데[그

Fig. 2. The concept of the first detection system by Dr. Cooper.^[1]

림 1(b)], 단층면과 관측소간의 기하학적인 방향과 위치에 따라 관측소별 계산된 규모가 다소의 편차를 나타내므로 이를 평균하여 사용하게 된다.

조기경보 초기 개념 및 적용

조기경보 개념은 쿠퍼(Cooper) 박사에 의해 1868년 11월 3일자 San Francisco Daily Evening Bulletin의 사설에 소개되었다. 그 당시 샌프란시스코 도심에서 남동쪽으로 약 40 km 정도 거리에 있는 헤이워드 단층(Hayward fault)에서 지진이 발생하여 샌프란시스코에서 큰 피해를 입었으며, 이와 같은 활성단층(active fault) 주변에서 큰 지진이 자주 발생하는 것에 착안하여, 그가 제안하기를[그림 2], 도시로부터 10에서 100 mile까지 여러 곳에 지진계측기를 설치하고 그 사이에 간단한 장치(전화선)를 가설하여 계측기에 지진이 감지되면 교환원(operator)을 거치지 않고 그 장치를 통해 즉시 전류를 도심에 전달하여 지진을 알리는 특정한 소리의 사이렌을 울리도록 하자는 것이다. 피해를 일으키는 S파의 전파 속도에 비해 전기는 빛의 속도로 정보를 순간적으로 전달하기 때문에 사이렌이 울리는 경보시간과 S파가 도착하는 시간과의 차이인 경보시간(warning time)을 얻을 수 있다. 그러나 그 당시의 과학기술로는 실현이 불가능하였다.

쿠퍼 박사의 생각이 현실화되어 최초로 적용된 것은 멕시코의 조기경보시스템인 Seismic Alert System(SAS)이다[그림 3]. 태평양과 접하고 있는 멕시코의 서쪽 해안은 판 경계부로, 1985년 9월 19일 규모 8.1의 지진이 발생하여 약 320 km 떨

REFERENCES

- [1] Y. Nakamura and J. Saita, *uEDAS, the Earthquake Warning System: Today and Tomorrow, Earthquake Early Warning Systems* (Springer, 2007), pp. 249-281.

Fig. 3. First SAS service with NOAA receivers activated, 27 March 2009 Guerrero M 5.3 earthquake.^[2]

어진 멕시코에서 만 명이 사망하고 3만 명이 다쳤다. 멕시코 시는 호수를 메워서 만들어진 도시로 지진파가 집중되어 증폭되는 효과에 의해 막대한 피해를 입었던 것이다. 이에 해안을 따라 20 km 간격으로 12개소의 관측소를 만들어 판 경계부에서 지진이 발생하면 P파가 도착한 시점부터 P-S시간의 두 배에 해당하는 시간 동안 관측된 파형을 분석하도록 하여 만일 2개 이상의 관측소에서 규모가 6 이상으로 판명될 경우 ‘public’ 경보를, 규모가 5와 6 사이일 경우 ‘preventive’ 경보를 발령하도록 하였다. 분석에 사용하는 파형의 시간을 P-S 시간의 두 배로 한 것은 분석 오류에 따른 오경보(false alarm)를 방지하기 위한 것으로 그림 3에서는 2007년 3월 27일 발생한 규모 5.3 지진에 대하여 경보가 발령된 이후 멕시코시에 설치된 지진계에서 S파가 도착한 시간 사이에 약 58초의 경보시간을 보여주고 있다. 1985년 대지진으로부터 10년 뒤인, 1995년 9월 14일 규모 7.3의 지진이 발생하여 S파 도착 72초 전에 ‘public’ 경보를 발령하였고, 50초 전에 지하철을 정지시켰으며, 학생들을 계획대로 모두 대피시키는 등 지진조기경보에 성공하였다.

P파를 이용한 규모 추정

지진 관측 후에 경보 발령 여부는 규모 판정에 좌우되며, S파 도달 전에 규모추정에 활용할 수 있는 지진정보는 P파이다. 그림 1에서와 같이 일반적으로 파쇄된 단층면이 넓을수록 규모가 커지게 되며, 단위 면적당 발생하는 지진파형이 더 많이 중첩하게 되어 진폭이 커지고 주된(지진파의) 에너지 주기(dominant period)가 길어지게 된다. 따라서 P파의 최대 변위(P_d) 또는 주기(τ_p)로부터 규모를 추정하게 된다. 관측된 가속도 값을 적분하게 되면 속도를 구할 수 있고 이를 다시 적분하면 변위 값을 계산할 수 있다. 역으로 변위로부터 차례로 미분하여 속도, 가속도

Fig. 4. The τ_c measurements (open circles) from 431 records with $P_a > 2.5$ Gal versus M. Solid diamonds show the average for the 27 events.^[3]

값을 구할 수 있게 되는데, 미분은 주기를 나누어 주는 것과 유사한 효과를 가진다. 따라서 관측된 파형자료로부터 속도와 가속도 또는 변위와 속도의 비(ratio)와 관련된 물리량(주기 또는 주파수)을 구하여 비교함으로써 실시간으로 주된 에너지의 순간 주기(instantaneous period, τ_p)를 구할 수 있다. 주어진 시간 영역(time duration, 보통 P파가 도착한 후로부터 1~3초)에서 최대 순간 주기, $\tau_p^{\max}$ 또는 평균 주기, τ_c 로부터 규모를 추정한다.

그림 4는 미국 캘리포니아 지역의 지진 자료로부터 계산한 각 관측소의 τ_c 와 실제 규모와의 관계를 보여주고 있다. 여기서 주목할 점은 평균(solid diamond)은 실제 규모와 매우 잘 일치하나, 각 관측소별 τ_c (open circle)은 매우 큰 편차를 보이고 있다. 즉, 한 개의 관측소 자료만으로 판단할 경우 지나치게 높게 또는 낮게 추정될 가능성이 높다. 관측소별 편차를 줄이기 위하여 국내에서는 그림 1(b)에서와 같이 주기와 최대 진폭을 동시에 고려하여 규모를 추정하고 있다. 만일 규모가 과대하게 추정되어 발령되는 오경보(false alarm)나 과소하게 계산되어 발령되지 않은 미경보(missed alarm) 모두 심각한 사회적 문제를 야기시킬 수 있다. S파에 비해 P파의 진폭은 상대적으로 작기 때문에 주기를 추정할 때 잡음의 영향을 많이 받게 된다. 경보 발령의 설정 추정 규모가 낮을수록 이에 사용하는 관측소의 S/N 비율(signal-to-noise ratio)을 높여야 한다. 배

REFERENCES

- [2] Espinosa-Aranda *et al.*, Seismological Research Letters **80**, 694 (2009).
- [3] Y. M. Wu, *et al.*, Geophys. J. int. **170**, 711 (2007).

Fig. 5. τ_c residuals (deviation of τ_c from the average of each events) versus hypocentral distance from the 431 records with $P_a > 2.5$ Gal.^[3]

경 잡음으로 인한 영향을 줄이기 위하여 P파의 최대 변위가 일정 수준 이상이거나 시추공관측소 자료를 사용한다. 일본의 경우 최대변위의 조건과 함께 1000개소의 시추공관측소 자료만을 사용하고 있다. 일반적으로 지진파가 전파되면서 분산(dispersion)이 생기면서 주기가 다소 길어지는 경향이 있다. 그림 5는 각 관측소의 τ_c 와 평균과의 차이를 진앙거리에 따라 나타낸 것으로 전파 거리에 따른 분산 효과는 무시될 수 있다.

조기경보 적용 과정

그림 6과 같이 관측소가 단층선 주변에 설치되어 있다고 가정을 하자. 단층선 상에서 지진이 발생할 경우 먼저 P파(노란선)가 가장 가까운 관측소에 도달할 것이다. 그러면 진앙을 관측소로 간주하며, P파로부터 규모를 추정하게 된다. 이때 단일 관측소 자료만을 가지고 경보를 발령하는 것을 단독 경보(single station approach)라 하며, 현장에 경보를 발령할 경우 현장 경보(on-site warning)라고 한다. 불확실성은 높으나 신속한 것이 장점이다. 시간이 지나면서 여러 관측소에서 P파를 감지하여 진앙의 위치를 수정하고 4~6개의 관측소별 추정 규모의 평균에 의해 경보를 발령하는 것을 네트워크 경보라고 한다. 사용하는 관측소 숫자가 증가할수록 신뢰성은 증가하나 신속성이 감소한다.

그림 7은 오대산지진 자료를 이용하여 시간별 조기경보 적용을 보여주는 예로서, 지진 발생 후 3초가 지난 후에 가장 가까운 대관령관측소에 P파가 도착하여 진앙 위치만 관측소로 추정하였다. 시간이 지나면서 진앙 위치와 추정 규모가 바뀌는 것을 알 수 있다. 추정 규모로부터 계산한 지역별 최대 가속도를 신속히 파악하기 위해서 하단에 위치한 가속도 값의 칼라코드에 맞추어 칼라로 표시하게 된다.

UrEDAS는 P파의 주기로부터 규모를 추정하여 조기 경보에 적합한 최초의 시스템으로 단독의 현장 경보(on-site warning) 시스템의 원조에 해당한다. 일본의 고속철도인 신칸센은 구간을 나누어 각 구간별로 전원을 공급하는 변전소가 선로 주변

Fig. 6. The early warning concept of the event detection based on single station approach (a) and network approach (b).^[4]

Fig. 7. Snap Shots of EEW for Odae-san earthquake. When 3 seconds passed after earthquake, the nearest station, DGY station detected the event: epicenter was assumed just below the station but the magnitude was not estimated yet. As time passed, the estimated location and magnitude were continuously changed with the number of detected stations. Red circles indicate the expected areas where S wave would arrive after 10, 20 and 30 seconds.^[5]

에 설치되어 있다. UrEDAS는 변전소마다 설치되어 있어 추정 규모와 최대 예상 진폭이 일정 이상 클 경우에 변전소의 전원을 차단하여 구간 내의 모든 열차가 자동으로 정지하도록 구성되어 있다. 2004년 10월 23일에 신칸센 선로에서 가까운 곳에서 규모 6.6의 추에쓰 지진이 발생하여 가장 가까운 변전소의 UrEDAS 시스템에 감지되었다(그림 8). P파가 관측된 후 1초 후에 경보를 발령하여 구간 내에서 운행 중인 열차

REFERENCES

- [4] Allen R. M., ElarmS: Concept to realtime processing in California, ElarmS Workshop 2008 (2008).
- [5] H. C. Chi, *et al.*, Jigu-Mulli-wa-Mulli-Tamsa **13**, 268 (2010).

Fig. 8. Schematic diagram showing how UrEDAS worked during the 2004 Chuetsu earthquake ($M_w=6.6$). The locations of the train are shown by green bars. The horizontal axis indicates the distance from the exit of a tunnel and the vertical axis is the time. A seismogram at a location near the train is shown along the vertical axis to indicate the ground motion. An alarm was issued at about 1 sec after the arrival of P wave. The ground motion was not very large at this time, and it took a few more seconds before the maximum motion occurred. The derailed cars are indicated by pink. (Courtesy of Dr. Y. Nakamura).^[6]

의 전원을 차단하였다. 열차의 속도가 감쇄되는 과정에 S파와 표면파에 의해 선로가 심하게 훼손되면서 일부 객차가 탈선되면서 정지하게 되었다. 만약에 구간 내의 전원이 차단되지 않았으면 탈선에 의한 사고 피해뿐 아니라 반대편에서 열차가 구간 내로 들어와 충돌이 발생하였을 것이다. 즉, 엄청난 대형 열차사고를 막은 단독 현장 경보 타입의 성공 사례이다.

조기경보를 위한 관측망 배열 개념은 지진발생 지역 관측망으로부터 바깥으로 경보를 전파하는 outward warning과 보호하고자 하는 주요 시설물 주변에 설치된 관측망으로부터 내부로 경보를 전파하는 inward warning이 있다(그림 9). 쿠페 박사가 제안하여 멕시코에서 사용하는 조기경보는 일종의 outward warning에 속하며, UrEDAS는 매우 단순화된 inward warning으로 분류할 수 있으며, 리투아니아의 원자력발전소 조기경보시스템도 전형적인 inward warning이다(그림 10). 원자력발전소로부터 반경 30 km에 마치 울타리(fence)를 치는 것처럼 6개소의 관측소를 설치하였다. 각 관측소는 오경보(false alarm)와 미경보(missed alarm)의 가능성을 낮추기 위해 지진계측기를 배열식으로 설치하였다. 원자로에 S파가 도달하기 4~8초 전에 경보를 발령할 수 있으므로 원자로의 조절용 봉(control rods)을 내리는데 소요되는 2초를 확보할 수 있다. 삼성반도체 공장 등에서 이와 같은 inward warning 관측망을 운영 중에 있다.

조건부 확률을 이용한 경보

퀴즈를 풀 때 사전에 문제와 관련된 힌트를 알고 있다면 보

Fig. 9. Outward warning vs. Inward warning.^[5]

Fig. 10. Layout of earthquake early warning system of Ignalina Nuclear Power Plant (INPP)(YT: accelerometer, ST: seismometer).^[7]

다 빠르고 쉽게 정답을 맞힐 수 있다. 만약 어떤 지역에 활성단층이 있고 이 단층에서 대규모 지진이 주기적으로 발생한 경험 이 있는데, 그 지역 관측소에서 다른 지역보다 먼저 큰 진폭의 지진파가 첫 번째로 관측되면 경험된 지식(힌트)을 활용하여 무조건 진앙위치를 그 활성단층에 놓고 지진조기경보를 발령하여도 정답을 맞힐 확률이 높을 것이다. 실제로 터키 이스탄불시의 지진조기경보시스템인 PreSEIS는 이런 개념을 그대로 적용하고 있다. 지진조기경보의 경우 지진발생 초기에 획득된 관측정보는 매우 제한적이므로 사전정보(*a priori* information)를 활용한다면 보다 빠르고 믿을 수 있는 진앙과 규모를 산정할 수 있다. Cua and Heaton^[8]의 Virtual Seismologist(VS)는 앞서

REFERENCES

- [6] H. Kanamori, *Real-time Earthquake Damage Mitigation Measures, Earthquake Early Warning Systems* (Springer, 2007), pp. 1-8.
- [7] Hayk Ktunyan *et al.*, The main principles of earthquake early warning system creation around critical facilities in seismic active zone, *Global Symposium for Hazard Risk Reduction*, 19 (2004).
- [8] G. G. Gua and T. Heaton, *The Virtual Seismologist(VS) method: A Bayesian approach to earthquake early warning, Earthquake Early Warning Systems* (Springer, 2007), pp. 97-132.

Fig. 11. Optimal station's distance for distribution of 6 stations within 30 km from an epicenter.

설명한 P파의 초동 주기와 변위를 관측소에서 획득하면서 미리 구축된 지진위험도, 규모와 재현주기, 지반의 특성, 활성단층 등과의 관계를 Bayes 이론에 따른 조건부 확률로 모델을 수립하였다. 수립된 조건부 확률모델 관계식(likelihood function)에 의하여 각 관측소에서 관측된 값을 조건부로 하여 최대 확률을 도출할 수 있는 진앙과 규모를 반복적으로 계산하여 가장 높은 확률을 만족하는 진앙과 규모를 산정하도록 하였다. 터키의 이스탄불의 예는 확률모델이 활성단층에 높은 확률을 부여하는 극단적인 조건부 확률의 조기경보시스템이라고 할 수 있다. 조건부 확률을 이용한 조기경보 방법의 특징은 관측소의 간격이 넓어서 관측망의 밀도가 낮은 지역에서 기존의 다른 방법보다 월등한 효과를 발휘하는 것으로 알려져 있다.

조기경보 추진 계획

기상청은 지진속보 체계 고도화 일환으로 2015년부터 현업에 적용할 수 있는 조기경보시스템 개발을 진행 중에 있다. 2020년에는 조기경보체계가 확립되어 지진관측 후 10초 이내에 경보를 발령할 수 있도록 하며, 관측망 내부에서 발생한 지진의 경우 진앙 위치 오차는 5 km 이내, 규모 오차는 ± 0.5 이내를 목표로 하고 있다. 이를 위해 관측소간 간격이 22 km 이내의 조밀한 관측소를 구성할 예정이다(그림 11). 지하 10 km에서 지진이 발생할 경우 5초 이내에 6개소 관측소에서 P파를 관측할 수 있다. P파로부터 추정된 규모의 오차는 보통 사용한 관측소가 5개소를 넘을 경우 큰 변화가 없으며, 6개소의 경우 신뢰성이 높다.

진앙이 삼각형의 관측망 내부 중심에 위치할 경우 진원으로 부터 관측소까지의 거리가 약 16 km로 가장 멀며, 지진 발생 후 약 2.7초 후에 P파가 관측소에 감지된다(그림 12). 규모를 1초 동안의 P파 자료로부터 추정할 경우 S파가 도착하기 전에 현장에서 경보를 발령할 수 있다. 이는 2004년 일본 추에쓰 지진에서 UrEDAS가 신칸센을 정지시켜 대형 참사를 막은 상황

Fig. 12. Warning times depend on On site or Network warning method.

과 유사한 경우이다(그림 8). 하지만 현장 단독 경보이기 때문에 경보 설정 규모가 낮을 경우 경보의 오류 가능성이 매우 높으므로 주의하여야 한다. 6개소 관측소에 P파가 모두 감지된 것은 약 5.3초 후이며, 규모 추정 3초, 통신망의 과부하 등을 고려하여 자료 송수신에 최대 3초 지연을 예상하면 최종적으로 지진발생 후 11.3초, 관측 후 8.6초 후에 네트워크 경보를 발령할 수 있게 된다. 이 시간은 관측소간의 거리, 네트워크 정보 발령을 위한 최소 관측소 수, 규모 추정에 사용할 P파 자료의 시간, 통신망의 지연 정도 등에 의해 단축될 수 있을 것이다.

결론

지진 예측은 불가능할지 모르나 발생 후 이로 인한 피해를 당하기 전에 미리 알려주는 조기경보의 가능성과 방안이 1868년에 쿠퍼 박사에 의해 제안된 후 이를 현실화하는 데 약 120년의 시간이 소요되었다. 지진조기경보의 현실화에는 통신망과 정밀 지진계측기 등 정보통신분야뿐 아니라 지진관측 기술의 발전이 크게 기여하였다. 그러나 오경보나 미경보로 인한 사회적 부담으로 이를 현업에 적용하는 것은 극히 제한되어 있으며, 이를 줄이기 위해 보다 신뢰성 있는 규모 추정을 위한 연구가 진행 중에 있다. 특히 이와 관련된 단층 파쇄 특성 연구는 궁극적으로 지진 예측 연구의 선행 조건으로 매우 관심이 높다. 한국에서는 기상청이 신속한 지진통보의 획기적인 개선책으로 조기경보체계를 도입하였으며, 2020년까지 지진관측 후 10초 이내에 경보를 발령할 계획이다. 지진조기경보는 지진에 의한 2차 피해를 감소시킬 수 있는 현실적인 대책일 뿐 아니라 지진에 대한 국민의 막연한 불안감을 불식시키는 데 크게 기여할 수 있는 방안이다. 나아가 지진관측 분야의 학문적 연구 활동을 강화하는 계기가 될 것으로 보인다.