



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0071700
(43) 공개일자 2023년05월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 1/48 (2006.01) G01V 1/30 (2006.01)
G01V 1/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01V 1/48 (2013.01)
G01V 1/303 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0055967
(22) 출원일자 2022년05월06일
심사청구일자 2022년05월06일
(30) 우선권주장
1020210157215 2021년11월16일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
홍태경
경기도 고양시 덕양구 화신로 76 샘터마을 111-502
김병우
울산광역시 중구 남외로 60, 201동 1106호
(74) 대리인
김인철

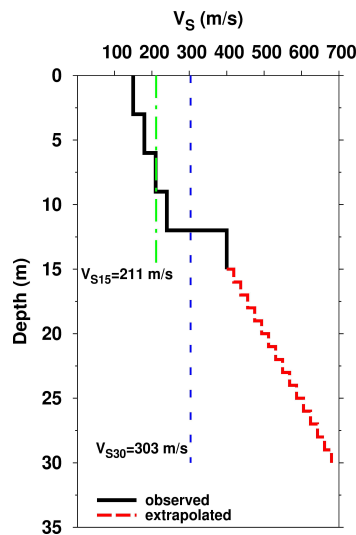
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템 및 결정방법

(57) 요약

본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정시스템으로서, 시추공 데이터를 수집하는 정보 수집부(100); 전단파속도를 계산하는 전단파속도 계산부(200); 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 전단파속도 구조연장부(300); 및 상기 전단파속도 구조연장부(300)에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 V_{S30} 계산부(400)를 포함하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G01V 1/46 (2013.01)
G01V 2200/16 (2013.01)
G01V 2210/6222 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1365003362
 과제번호 KMI2018-02910
 부처명 기상청
 과제관리(전문)기관명 한국기상산업기술원
 연구사업명 한반도지하단층·속도구조통합모델개발(R&D)
 연구과제명 수도권 지진활동·지하단층 분석 및 지하구조 연구(4/4)
 기 여 율 25/100
 과제수행기관명 연세대학교 산학협력단
 연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345341958
 과제번호 2017R1A6A1A07015374
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 이공학학술연구기반구축(R&D)
 연구과제명 한반도 중대형 지진 잠재성과 지진 영향 평가를 위한 다학제적 융합 연구(2/3, 2단

계)

기 여 율 25/100
 과제수행기관명 연세대학교
 연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1365003625
 과제번호 KMI2022-00710
 부처명 기상청
 과제관리(전문)기관명 한국기상산업기술원
 연구사업명 한반도 지하 단층·속도구조 통합모델 개발(Ⅱ)(R&D)
 연구과제명 강원권 단층의 수도권·영남권(동해 남부해역 포함) 연장 해석(1/5)
 기 여 율 25/100
 과제수행기관명 연세대학교 산학협력단
 연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345347655
 과제번호 2017R1A6A1A07015374
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 이공학학술연구기반구축(R&D)
 연구과제명 한반도 중대형 지진 잠재성과 지진 영향 평가를 위한 다학제적 융합 연구(3/3, 2단

계)

기 여 율 25/100
 과제수행기관명 연세대학교
 연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

제어 서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정시스템으로서,

시추공 데이터를 수집하는 정보 수집부;

전단파속도를 계산하는 전단파속도 계산부;

전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 전단파속도 구조연장부; 및

상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 V_{S30} 계산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

청구항 2

제어 서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정시스템으로서,

기 측정된 전단파속도를 취득하는 전단파속도 취득부;

전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 전단파속도 구조연장부; 및

상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 V_{S30} 계산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 정보 수집부에서 수집되는 데이터는 표준관입시험 N값(SPT N)인 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 표준관입시험 N값은 타격 횟수로 나타나며, 기 설정된 깊이 간격마다 측정되어 깊이 30m보다 얇은 깊이에서 시험이 종료되는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전단파속도 계산부는 수집된 표준관입시험 N값(SPT N)과 전단파속도(V_s) 사이에서 다음 수학식 1의 경험적 상관관계식을 이용해 SPT N 데이터를 V_s 로 변환하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

[수학식1] $V_s = 97.98N^{0.305}$

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 전단파속도 구조연장부에서, 상기 전단파속도 구조의 기울기는 인접한 두 층의 전단파속도 차이와 두 층 두께의 중간점 사이 거리를 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

인접한 두 층 사이에서 계산된 기울기를 모두 평균하여 시추공의 전단파속도 구조 기울기로 가정하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 가정된 속도 구조 기울기를 사용하여, 시험이 종료된 깊이에서 30m 깊이까지의 전단파속도 구조를 1m 간격으로 추정하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

청구항 9

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 V_{S30} 계산부는 다음 수학적 식 2를 통해 V_{S30} 를 산출하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{Si}}}$$

[수학적 식 2]

청구항 10

제어 서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정방법으로서, 상기 제어 서버는

정보 수집부가 시추공 데이터를 수집하는 S100 단계;

전단파속도 계산부가 전단파속도를 계산하는 S200 단계;

전단파속도 구조연장부가 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 S300 단계; 및

V_{S30} 계산부가 상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 S400 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법.

청구항 11

제어 서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정방법으로서, 상기 제어 서버는

전단파속도 취득부가 기 측정된 전단파속도를 취득하는 S200A 단계;

전단파속도 구조연장부가 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 S300 단계; 및

V_{S30} 계산부가 상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 S400 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한

30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법.

청구항 12

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,

S300 단계의 상기 전단파속도 구조연장부에서, 상기 전단파속도 구조의 기울기는 인접한 두 층의 전단파속도 차이와 두 층 두께의 중간점 사이 거리를 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법.

청구항 13

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,

S400 단계의 상기 V_{S30} 계산부는 다음 수학적 식 2를 통해 V_{S30} 를 산출하는 것을 특징으로 하는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{Si}}}$$

[수학적 식 2]

청구항 14

하드웨어와 결합되어, 청구항 10 또는 청구항 11에 따른 평균 전단파속도 결정방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템 및 결정방법에 관한 것이다. 구체적으로는 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 깊이 30m까지의 평균 전단파속도 결정시스템 및 결정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 30m 깊이 평균 전단파속도 결정을 위하여, 일반적으로 사용되는 방법은 깊이 z 까지의 평균 전단파속도(V_{Sz})와 깊이 30m까지 평균 전단파속도(V_{S30}) 사이의 관계식을 사용하는 방법이다.

[0003] 이 방법을 적용하기 위해서는 V_{Sz} 와 V_{S30} 사이의 관계식 결정이 필요하다. V_{Sz} - V_{S30} 관계식 결정은 깊이 30m까지 전단파속도가 측정된 다수의 데이터를 이용하여 이루어진다. 각 1m 간격의 깊이 z 까지의 V_{Sz} 를 계산하고, 같은 관측점의 V_{S30} 와 비교한다. 다수의 관측점에서 V_{Sz} 와 V_{S30} 를 계산하여, 그 추세를 이용해 V_{Sz} - V_{S30} 관계식을 결정한다 (도 1 참조).

[0004] 도 1은 V_{Sz} - V_{S30} 관계식 결정의 일 실시예를 나타낸다.

[0005] 도 1은 깊이 10m, 15m, 20m 에서 결정된 V_{Sz} 와 V_{S30} 를 도시한 그래프이다. X축은 각 관측점의 깊이 10m, 15m, 20m에서 결정된 V_{Sz} 를 의미하며, Y축은 각 관측점의 V_{S30} 를 의미한다. 더 깊은 깊이에서 결정된 V_{Sz} 일수록 V_{S30} 와의 차이가 적음을 확인할 수 있다.

[0007] 하지만, 보다 정확한 V_{Sz} - V_{S30} 관계식을 결정하기 위해선 많은 양의 데이터를 필요로 하기 때문에 다양한 지역의 데이터가 포함되어 특정 지역의 특성이 반영되지 못할 수 있는 문제점이 있다.

- [0009] 또한, 전단파속도 구조가 급격하게 변화할 경우, V_{S30} 가 과소평가될 수 있는 문제점이 있다(도 2 참조).
- [0010] 도 2는 일반적 방법으로 계산한 V_{Sz} 와 V_{S30} , 추정된 하부 속도 구조의 일 실시예를 나타낸다.
- [0011] 도 2는 일반적인 방법으로 $V_{Sz}-V_{S30}$ 관계식을 사용하여 V_{S15} 로부터 계산한 V_{S30} 결과를 도시한 그래프이다. X축은 각 깊이에서의 전단파속도를 의미하며, Y축은 속도 구조의 깊이를 의미한다. 계산된 V_{S30} 를 만족하는 15m~30m 깊이의 전단파속도를 역산하여 표시하였다. 역산된 하부 속도 구조의 전단파속도가 관측된 속도구조의 마지막 층에서의 전단파속도보다 느린 값으로 역전됨을 확인할 수 있다.
- [0012] V_{S30} 가 과소평가될 경우, 예상되는 전단파속도 구조에 역전층이 발생하게 된다. 지반 환경은 일부 예외적인 환경을 제외하면, 기본적으로 심도가 깊어질수록 압력이 증가하여 전단파속도가 높아지는 것이 자연스럽기 때문에 전단파속도 역전층이 추정되는 것은 부정확한 결과로 여겨진다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) (문헌 1) 한국등록특허공보 제10-0592219호 (2006.06.15)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명에 따른 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템 및 결정방법은 다음과 같은 해결과제를 가진다.
- [0015] 첫째, 30m까지 시추되지 못한 불완전 시추 시험자료를 바탕으로 30m 까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 계산하고자 한다.
- [0016] 둘째, 신속하고 용이한 V_{S30} 계산을 통해 여러 환경에서의 시추 조사에서 V_{S30} 를 활용하고자 한다.
- [0017] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정시스템으로서, 시추공 데이터를 수집하는 정보 수집부; 전단파속도를 계산하는 전단파속도 계산부; 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 전단파속도 구조연장부; 및 상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 V_{S30} 계산부를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정시스템으로서, 기 측정된 전단파속도를 취득하는 전단파속도 취득부; 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 전단파속도 구조연장부; 및 상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 V_{S30} 계산부를 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명에 있어서, 상기 정보 수집부에서 수집되는 데이터는 표준관입시험 N값(SPT N)인 것이 바람직하다.
- [0021] 본 발명에 있어서, 상기 표준관입시험 N값은 타격 횟수로 나타나며, 기 설정된 깊이 간격마다 측정되어 깊이 30m보다 얇은 깊이에서 시험이 종료될 수 있다.
- [0022] 본 발명에 있어서, 상기 전단파속도 계산부는 수집된 표준관입시험 N값(SPT N)과 전단파속도(V_s) 사이에서 수학

식 1의 경험적 상관관계식을 이용해 SPT N 데이터를 V_s 로 변환할 수 있다.

- [0023] 본 발명에 있어서, 상기 전단파속도 구조연장부에서, 상기 전단파속도 구조의 기울기는 인접한 두 층의 전단파속도 차이와 두 층 두께의 중간점 사이 거리를 이용하여 구할 수 있다.
- [0024] 본 발명에 있어서, 인접한 두 층 사이에서 계산된 기울기를 모두 평균하여 시추공의 전단파속도 구조 기울기로 가정할 수 있다.
- [0025] 본 발명에 있어서, 상기 가정된 속도 구조 기울기를 사용하여, 시험이 종료된 깊이에서 30m 깊이까지의 전단파속도 구조를 1m 간격으로 추정할 수 있다.
- [0026] 본 발명에 있어서, 상기 V_{s30} 계산부는 수학적 식 2를 통해 V_{s30} 를 산출할 수 있다.
- [0028] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정방법으로서, 상기 제어서버는 정보 수집부가 시추공 데이터를 수집하는 S100 단계;
- [0029] 전단파속도 계산부가 전단파속도를 계산하는 S200 단계; 전단파속도 구조연장부가 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 S300 단계; 및 V_{s30} 계산부가 상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{s30})를 산출하는 S400 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정방법으로서, 상기 제어서버는 전단파속도 취득부가 기 측정된 전단파속도를 취득하는 S200A 단계; 전단파속도 구조연장부가 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 S300 단계; 및 V_{s30} 계산부가 상기 전단파속도 구조연장부에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{s30})를 산출하는 S400 단계를 포함할 수 있다.
- [0031] 본 발명에 있어서, S300 단계의 상기 전단파속도 구조연장부에서, 상기 전단파속도 구조의 기울기는 인접한 두 층의 전단파속도 차이와 두 층 두께의 중간점 사이 거리를 이용하여 구할 수 있다.
- [0032] 본 발명에 있어서, S400 단계의 상기 V_{s30} 계산부는 수학적 식 2를 통해 V_{s30} 를 산출할 수 있다.
- [0034] 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 평균 전단파속도 결정방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명에 따른 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 전단파속도 결정시스템 및 결정방법은 다음과 같은 효과를 가진다.
- [0036] 첫째, 불완전 시추 자료로부터 V_{s30} 를 계산하여 부지 특성을 빠르게 정량화하는 효과가 있다.
- [0037] 둘째, 기존 방법에 비해 실제에 부합하는 속도 구조를 도출하여 더 나은 결과를 제시하는 효과가 있다.
- [0038] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 V_{sz} - V_{s30} 관계식 결정의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 2는 일반적 방법으로 계산한 V_{sz} 와 V_{s30} , 추정된 하부 속도 구조의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 3은 전단파속도 구조 기울기를 사용해 계산한 속도 구조와 V_{s30} 의 일 실시예를 나타낸다.

도 4는 전단파속도 구조 기울기로부터 계산한 V_{S30}^* 와 실측 V_{S30} 비교의 일 실시예를 나타낸다.

도 5는 본 발명에 따른 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템의 구성도를 나타낸다.

도 6은 본 발명에 따른 전단파속도 취득부가 구비된 30m 깊이 평균 전단파속도 결정시스템의 구성도를 나타낸다.

도 7은 본 발명에 따른 30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법의 순서도를 나타낸다.

도 8은 발명에 따른 전단파속도 취득하는 단계가 구비된 30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법의 순서도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.
- [0041] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.
- [0042] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0043] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0044] 본 명세서에서 사용되는 방향에 관한 표현, 예를 들어 전/후/좌/우의 표현, 상/하의 표현, 종방향/횡방향의 표현은 도면에 개시된 방향을 참고하여 해석될 수 있다.
- [0045] 본 발명에서 사용되는 표준관입시험(SPT; Standard Penetration Test)은 스플리트 스푼(split spoon)이라고 하는 원통형 샘플러(sampler)를 시추공에 넣고 동일한 에너지로 타격을 가해 흙의 저항력을 측정하는 시험이다.
- [0046] 이와 같이, 표준관입시험은 원위치에서의 흙의 연경도(Consistency), 상대밀도(Relatively density)등을 알기 위해 N값을 측정하는 관입시험으로서, 지반의 지지력(지반이 건물 무게를 견딜 수 있는 능력)을 측정하는 시험을 의미한다.
- [0047] 표준관입시험 N값은 KS F 2307 규정을 따라 “질량(63.5±0.5)kg의 드라이브 해머를 (760±10)mm 자유 낙하시키고 보링로드 머리부에 부착한 노킹블록을 타격하여 보링로드 앞 끝에 부착한 표준관입시험용 샘플러를 지반에 300mm 박아넣는데 필요한 타격 횟수”로 정의된다.
- [0049] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다. 참고로, 도면은 본 발명의 특징을 설명하기 위하여, 일부 과장되게 표현될 수도 있다. 이 경우, 본 명세서의 전 취지에 비추어 해석되는 것이 바람직하다.
- [0051] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정 시스템으로서, 정보 수집부(100), 전단파속도 계산부(200), 전단파속도 구조연장부(300) 및 V_{S30} 계산부(400)를 포함한다.
- [0052] 보다 구체적으로 설명하면, 본 발명은 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정 시스템으로서, 시추공 데이터를 수집하는 정보 수집부(100); 전단파속도를 계산하는 전단파속도 계산부(200); 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장

하는 전단파속도 구조연장부(300); 및 상기 전단파속도 구조연장부(300)에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{s30})를 산출하는 V_{s30} 계산부(400)를 포함한다.

[0054] 한편, 본 발명에 따른 평균 전단파속도 결정 시스템의 다른 실시예로서, 전단파속도 취득부(100A), 전단파속도 구조연장부(300) 및 V_{s30} 계산부(400)를 포함할 수 있다.

[0055] 보다 구체적으로 설명하면, 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정시스템으로서, 기 측정된 전단파속도를 취득하는 전단파속도 취득부(100A); 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 전단파속도 구조연장부(300); 및 상기 전단파속도 구조연장부(300)에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 30m까지의 평균 전단파속도(V_{s30})를 산출하는 V_{s30} 계산부(400)를 포함한다.

[0057] 먼저, 본 발명에 따른 정보 수집부(100)를 설명한다.

[0058] 본 발명에 따른 정보 수집부(100)는 시추공 데이터를 수집할 수 있다.

[0059] 정보 수집부(100)에서 수집되는 데이터는 표준관입시험 N값(SPT N)이 가능하다. 표준관입시험 N값은 기 설정된 깊이 간격마다 측정되며, 결과값은 타격 횟수로 나타날 수 있다.

[0061] 국토지반정보 통합DB센터 등에서 데이터를 수집하거나 현장 측정값을 사용하여 계산을 진행한다. 이때, 표준관입시험 N값을 수집한다.

[0062] 표준관입시험 N값은 관측 시추공의 환경에 따라 다르지만 일정한 깊이 간격마다 측정되며, 그 결과값은 타격 횟수(N값)로 나타난다. 경우에 따라, 암반이 단단하여 50회 타격했음에도 샘플러가 300mm를 관입하지 못할 경우에는 타격을 중단하고 50회 타격 시의 관입 깊이를 표기한다. 이후 이를 선형 비례로 증가시켜, 300mm가 관입했을 때의 타격 수를 추정하여 계산에 사용한다.

[0064] 다음으로, 본 발명에 따른 전단파속도 계산부(200)를 설명한다.

[0065] 전단파속도 계산부(200)는 정보 수집부(100)에서 수집된 표준관입시험 N값(SPT N)과 전단파속도(V_s) 사이에서 다음 수학적 1의 경험적 상관관계식을 이용하여 SPT N 데이터를 V_s 로 변환할 수 있다.

수학적 1

[0066]
$$V_s = 97.98N^{0.305}$$

[0067] 여기서, V_s 는 전단파속도를 의미하고, N은 SPT N 값을 의미하며, 그 외의 숫자는 경험적으로 계산된 상수이다.

[0069] 만일, 전단파속도 값이 탄성과 탐사 등으로 측정되었다면, 본 발명에 따른 전단파속도 취득부(100A)에서 기 측정된 전단파속도를 취득하여 사용할 수 있다. 이 경우, 전단파속도 계산부(200)는 불필요하게 될 것이며, 전단파속도 구조연장부(300)는 전단파속도 취득부(100A)에서 취득된 전단파속도를 사용하게 될 것이다.

[0071] 다음으로, 본 발명에 따른 전단파속도 구조연장부(300)를 설명한다.

[0072] 전단파속도 구조연장부(300)는 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장할 수 있다.

- [0073] 전단파속도 구조연장부(300)에서, 전단파속도 구조의 기울기는 인접한 두 층의 전단파속도 차이와 두 층 두께의 중간점 사이 거리를 이용하여 구할 수 있다.
- [0074] 인접한 두 층 사이에서 계산된 기울기를 모두 평균하여 시추공의 전단파속도 구조 기울기로 가정할 수 있다.
- [0075] 상기와 같이 가정된 전단파속도 구조 기울기를 사용하여 30m 깊이까지의 전단파속도 구조를 1m 간격으로 추정할 수 있다(도 3 참조).
- [0077] 구조연장부에서의 전단파속도를 유추하는 기존의 방법은 특정 깊이까지의 평균 속도 (V_{sz})와 V_{s30} 사이의 관계식을 결정하여 V_{s30} 를 계산하는 방법이다.
- [0078] 이러한 기존 방법의 경우, 관계식 결정에 있어 많은 수의 데이터를 사용할수록 일반적인 상황에서의 정확도가 높게 된다.
- [0079] 다만, 기존 방법은 속도 구조의 급격한 변화를 반영하지 못하는 단점이 있다. 특히, 획득된 전단파속도 구조의 마지막 층에서 속도가 급격히 변화하는 경우, V_{s30} 속도 구조 추정에 큰 오차를 야기할 수 있는 문제점이 있다.
- [0080] 한반도의 경우 30m 보다 얕은 깊이에 기반암이 존재하며, 획득한 마지막 층의 전단파속도가 급격히 증가하는 시추공이 드물지 않게 존재한다. 이런 경우 기존 방법으로는 V_{s30} 가 과소평가될 수 있다.
- [0081] 본 발명은 기존의 방법을 적용하였을 때 역전층이 발생하는 경우를 속도 구조의 평균 기울기를 사용하여 보완하는 방법에 해당된다.
- [0082] 각 층의 전단파속도 구조의 기울기를 평균하면 해당 시추공을 대표하는 전단파속도 구조 기울기를 결정할 수 있다. 대표 전단파속도 기울기를 이용하여 시추공의 최대 깊이 z 에서부터 30m까지 1m 간격으로 전단파속도를 추정하고, 이를 이용하여 V_{s30} 를 계산할 수 있다.
- [0083] 본 발명을 사용할 경우, 전단파속도가 급격히 변화하는 속도 구조를 사용하더라도 보다 자연스러운 속도 구조를 추정하고, V_{s30} 를 계산할 수 있다. 또한 자료를 수집하여 관계식을 만드는 등의 사전 작업이 필요하지 않기 때문에, 보다 쉽게 다양한 부지에 적용할 수 있는 장점이 있다.
- [0084] 한편, 본 발명은 한반도에서만 적용되는 방법이 아니며, 어떤 속도 구조를 가지는 환경에서도 적용 가능한 일반적인 방법으로, 전 세계 여러 지역에서 널리 활용될 수 있을 것이다.
- [0086] 도 3은 전단파속도 구조 기울기를 사용해 계산한 속도 구조와 V_{s30} 의 일 실시예를 나타낸다. 전단파속도 구조 기울기 방법을 사용하여, 깊이 15m에서 30m까지 계산한 전단파속도 구조와 V_{s30} 결과를 도시한 그래프이다.
- [0088] 도 3에서 X축은 각 깊이에서의 전단파속도를 의미하며, Y축은 속도 구조의 깊이를 의미한다. 계산된 15m~30m 깊이의 속도 구조를 외삽(extrapolated)으로 표시하였다. 추정된 속도 구조가 자연스럽게 증가하는 형태를 보이며, 도 2에 나타난 일반적 방법의 결과보다 높은 V_{s30} 값이 계산되는 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 다음으로, 본 발명에 따른 V_{s30} 계산부(400)를 설명한다.
- [0091] V_{s30} 계산부(400)는 전단파속도 구조연장부(300)에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{s30})를 산출할 수 있다.
- [0092] V_{s30} 계산부(400)는 다음 수학적 식 2를 통해 V_{s30} 를 산출할 수 있다.

수학식 2

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{Si}}}$$

[0093]

[0094]

여기서, V_{S30} 은 깊이 30m까지의 평균 전단파속도를 의미하고, V_{Si} 는 i 번째 층의 전단파속도를 의미하고, d_i 는 i 번째 층의 두께를 의미하고, n 은 전체 층의 개수를 의미하고, i 는 특정 순번의 층을 의미한다. i 와 n 은 각 시추공의 깊이 간격과 최종 시추 깊이에 의해 결정된다.

[0095]

또한, 30은 30m를 의미하는데, 이는 V_{S30} 가 30m까지의 평균 전단파속도를 의미하기 때문이다. 만약, V_{Sz} , V_{S15} 를 계산하는 경우, 동일한 수학식에서 30 부분을 특정 깊이 z 또는 15m로 변경하여 사용할 수 있다.

[0097]

도 3에 사용된 속도 구조는 0~3m 층에서 150m/s, 3~6m 층에서 180m/s, 6~9m 층에서 210m/s, 9~12m 층에서 240m/s, 12~15m 층에서 390m/s의 전단파속도를 가지는 구조이다(도 3의 흑색 실선). 이때 각 층 사이의 기울기를 모두 계산하여 평균하면 1m 당 20m/s의 기울기가 도출된다. 따라서 15m 이상의 깊이를 가지는 속도층은 1m 깊이당 410m/s부터 690m/s까지 속도가 변화하는 속도 구조를 가지게 된다(도 3의 적색 점선). 이를 수학식 2에 적용하면 아래 수학식 3과 같이 계산된다.

수학식 3

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{Si}}} = \frac{30}{\frac{3}{150} + \frac{3}{180} + \frac{3}{210} + \frac{3}{240} + \frac{3}{390} + \frac{1}{410} \dots \frac{1}{690}}$$

[0098]

[0099]

계산 결과, V_{S30} 는 302.7m/s의 값으로 결정된다.

[0102]

이하에서는, 산출된 V_{S30} 값의 검증에 대하여 설명한다.

[0103]

V_{S30} 계산부(400)에서 산출된 V_{S30} 값을 검증하기 위해, 30m 깊이까지 표준관입시험이 수행된 시추공을 이용하였다. 시추공의 특정 깊이에서 제시된 방법을 이용하여 전단파속도 구조를 결정하고, 그 전단파속도 구조로부터 계산된 추정 $V_{S30}(V_{S30}^*)$ 와 해당 시추공의 실제 V_{S30} 를 비교하였다(도 4 참조).

[0104]

전단파속도 구조 추정을 시작한 깊이가 얕을수록 V_{S30}^* 와 실제 V_{S30} 사이의 오차가 크게 나타난다. 전단파속도 구조 추정을 시작한 깊이가 깊어질수록 두 결과의 오차는 빠르게 감소하는 것을 확인하였다.

[0105]

도 4는 전단파속도 구조 기울기로부터 계산한 V_{S30}^* 와 실측 V_{S30} 비교의 일 실시예를 나타낸다.

[0106]

깊이 10m, 15m, 20m 까지의 속도 구조로부터 결정된 V_{S30}^* 와 같은 관측점의 실측 V_{S30} 를 도시한 그림이다. X축은 각 깊이 10m, 15m, 20m 까지의 속도 구조로부터 결정된 V_{S30}^* 를 의미하며, Y축은 각 V_{S30}^* 와 같은 관측점의 V_{S30} 를 의미한다. 각 관측소에서 추정된 V_{S30}^* 가 실제 V_{S30} 와 유사한 것을 확인할 수 있다. 더 깊은 깊이에서 결정된 V_{S30}^* 일수록 V_{S30} 와의 차이가 적음을 확인할 수 있다.

[0109] 한편, 본 발명은 방법발명으로 구현될 수 있다. 구체적으로 불완전 시추공 표준관입시험 자료를 활용한 30m 깊이 평균 전단파속도 결정방법으로 구현될 수 있다.

[0110] 이러한 방법발명은 전술한 시스템발명과 발명의 카테고리는 상이하나, 실질적으로는 동일한 발명에 해당된다. 따라서, 시스템발명과 공통되는 구성은, 전술한 설명으로 대체하기로 하며, 이하에서는 본 방법발명의 요지 위주로 설명하고자 한다.

[0111] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정방법으로서, 상기 제어서버는 정보 수집부(100)가 시추공 데이터를 수집하는 S100 단계; 전단파속도 계산부(200)가 전단파속도를 계산하는 S200 단계; 전단파속도 구조연장부(300)가 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 S300 단계; 및 V_{S30} 계산부(400)가 상기 전단파속도 구조연장부(300)에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 깊이 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 S400 단계를 포함한다.

[0113] 본 발명은 제어서버 및 데이터베이스에 의해 수행되는 평균 전단파속도 결정방법으로서, 상기 제어서버는 전단파속도 취득부(100A)가 기 측정된 전단파속도를 취득하는 S200A 단계; 전단파속도 구조연장부(300)가 전단파속도 구조 기울기를 계산하고, 전단파속도 구조 기울기 평균을 이용하여, 전단파속도 구조를 연장하는 S300 단계; 및 V_{S30} 계산부(400)가 상기 전단파속도 구조연장부(300)에서 완성된 전단파속도 구조를 이용하여, 30m까지의 평균 전단파속도(V_{S30})를 산출하는 S400 단계를 포함하는 실시예로 구현될 수도 있다.

[0115] 본 발명에 있어서, S300 단계의 상기 전단파속도 구조연장부(300)에서, 상기 전단파속도 구조의 기울기는 인접한 두 층의 전단파속도 차이를 두 층 두께의 중간점 사이 거리를 이용하여 구할 수 있다.

[0117] 본 발명에 있어서, S400 단계의 상기 V_{S30} 계산부(400)는 다음 수학식 2를 통해 V_{S30} 를 산출할 수 있다.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{Si}}}$$

[0118] [수학식 2]

[0121] 또한, 본 발명은 컴퓨터프로그램으로 구현될 수도 있다. 구체적으로 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 평균 전단파속도 결정방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.

[0123] 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 판독 가능한 프로그램 형태로 구현되어 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 기록될 수 있다. 여기서, 기록매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 기록매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 예컨대 기록매체는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDROM, DVD와 같은 광 기록매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치를 포함한다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어를 포함할 수 있다. 이러한 하드웨어 장치는 본 발명의

동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

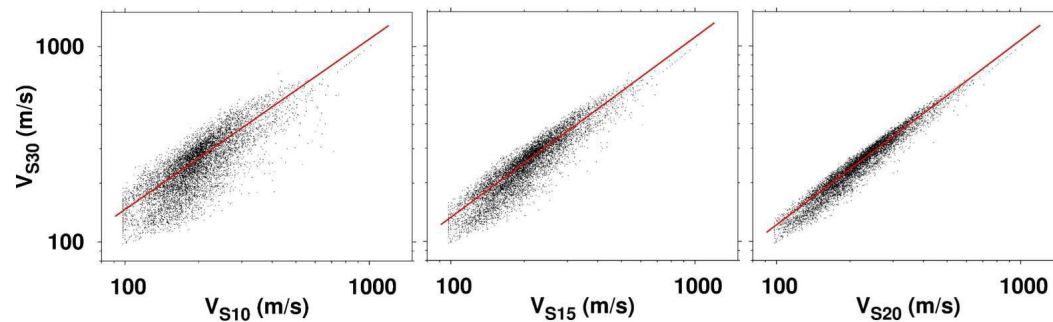
[0125] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

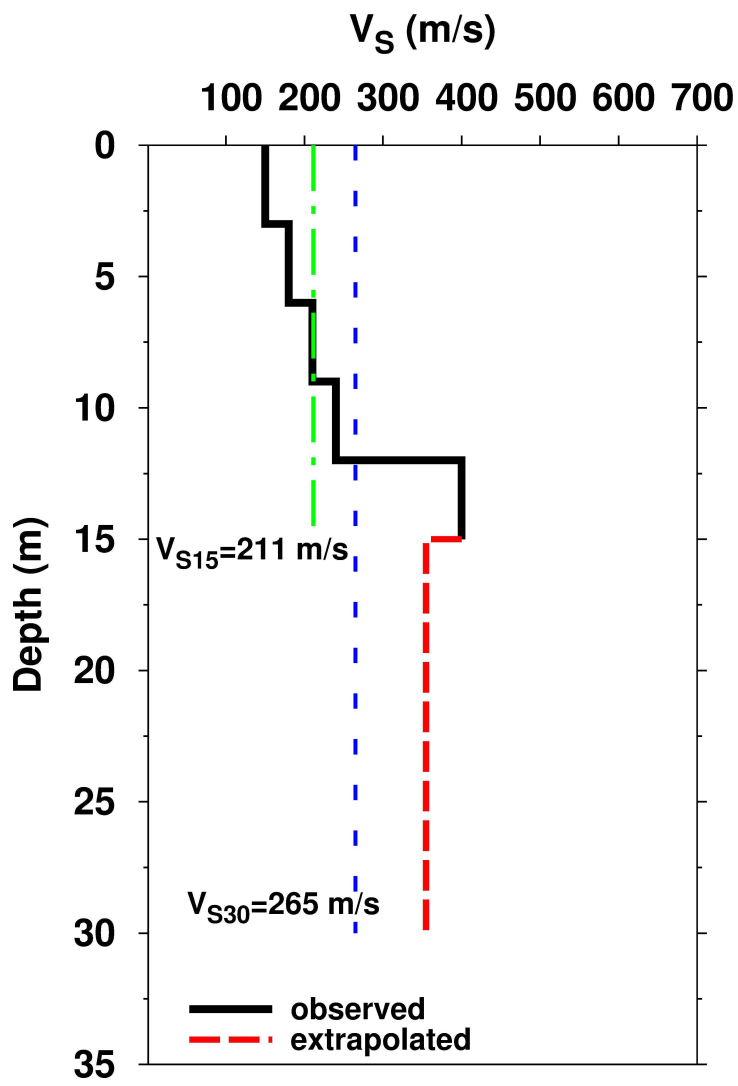
[0126] 100 : 정보 수집부
200 : 전단파속도 계산부
200A : 전단파속도 취득부
300 : 전단파속도 구조 연장부
400 : V_{S30} 계산부

도면

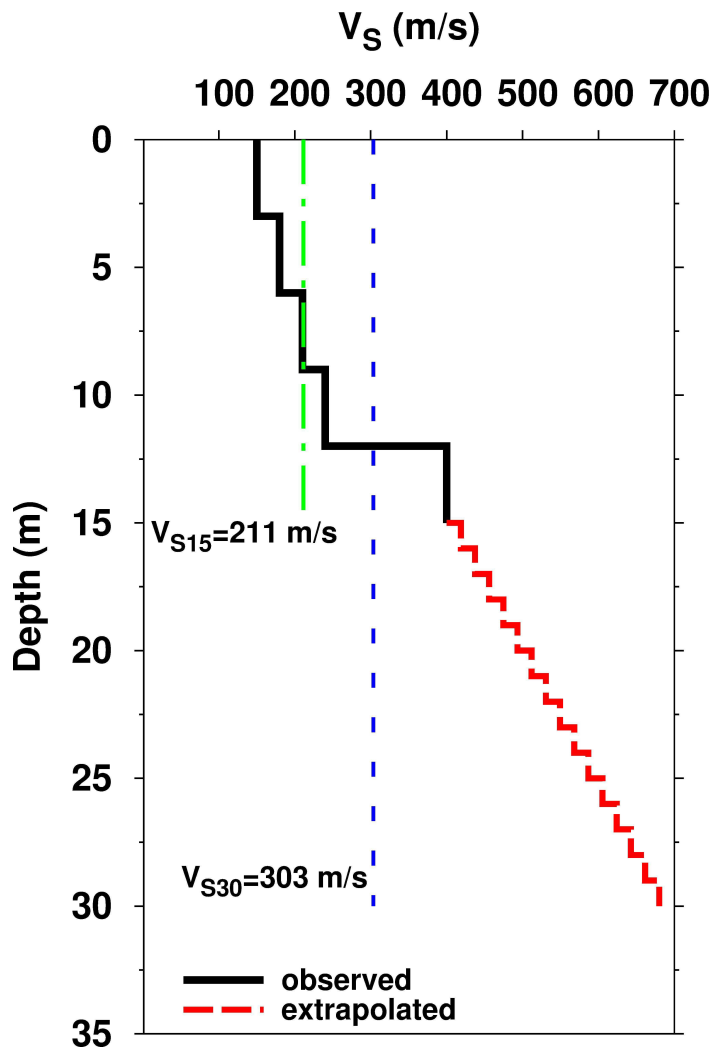
도면1



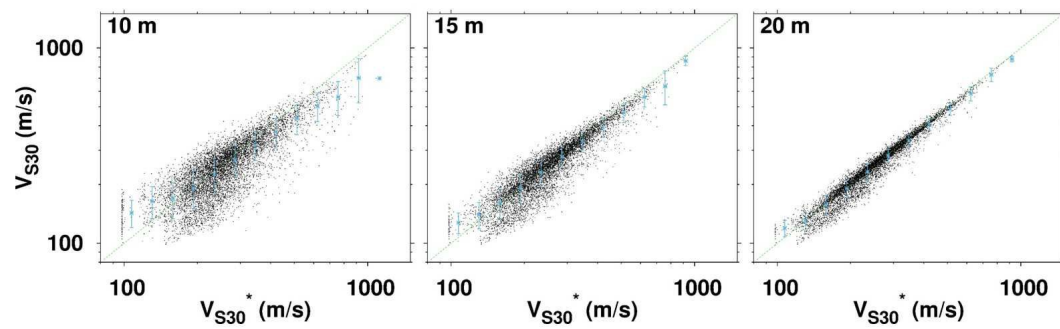
도면2



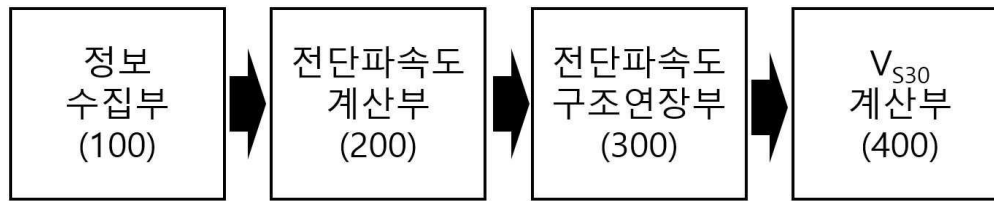
도면3



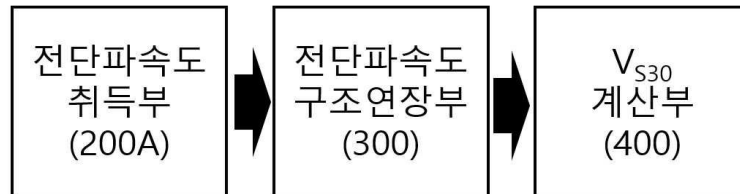
도면4



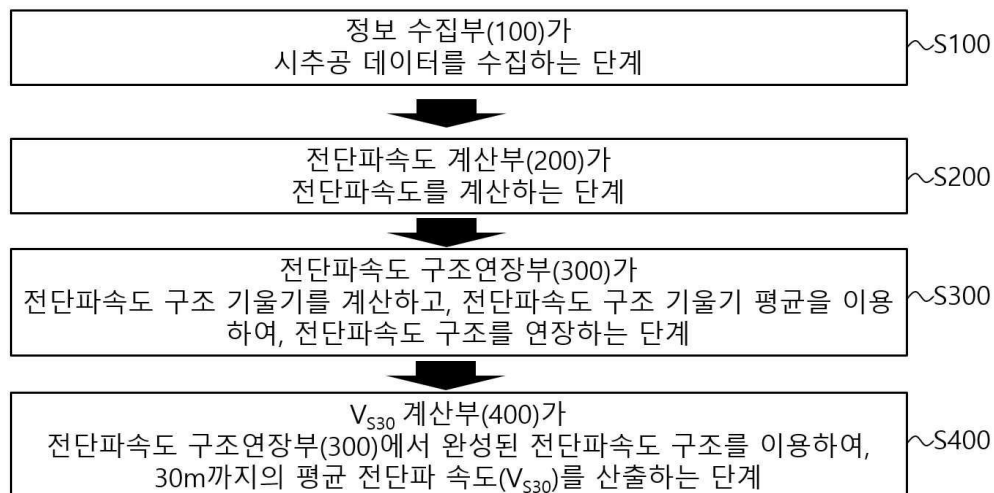
도면5



도면6



도면7



도면8

