(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년03월10일
(11) 등록번호 10-0887490
(24) 등록일자 2009년02월27일

(51) Int. Cl.
C09K 17/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7017965
(22) 출원일자 2007년08월03일
심사청구일자 2007년08월21일
번역문제출일자 2007년08월03일
(65) 공개번호 10-2007-0104583
(43) 공개일자 2007년10월26일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2006/311475
국제출원일자 2006년06월01일
(87) 국제공개번호 WO 2006/129884
국제공개일자 2006년12월07일
(30) 우선권주장
JP-P-2005-00162300 2005년06월02일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP15105745 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쿄오까도엔지니어링가부시기가이샤
일본국 도쿄도 분쿄구 혼고 3쵸메 15반 1고
(72) 발명자
시마다 슌스케
일본국 도쿄도 분쿄구 혼고 3쵸메 15반 1고쿄오까도엔지니어링가부시기가이샤 내
오바 미키
일본국 도쿄도 분쿄구 혼고 3쵸메 15반 1고쿄오까도엔지니어링가부시기가이샤 내
(74) 대리인
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 이옥주

(54) 지반 강화 공법

(57) 요 약

본 발명은 지반 중에 압입되었을 때에 흙입자 사이에 침투하지 않고, 또한, 지반 중에 있어서도 유동성을 유지하면서, 소정의 범위 이외에 갈라짐에 의해 일탈하지 않고 소정의 위치에 괴상체를 형성하며, 또한, 가능한 한 큰 주입액 자체에 의한 괴상체로 성장시키고, 게다가, 고화에 이르기 때까지의 동안에 주변의 흙입자를 밀어내어, 주변의 토사의 밀도를 높게 한다고 하는 상반된 특성을 동시에 만족하는 지반 주입재 및 지반 강화 방법을 제공한다.

본 발명은 지반 중에 설치된 주입 구멍을 통하여 압입하는 가소상 겔 주입재로서, 시간과 함께 또는 탈수에 의해 유동성을 잃어 괴상체를 형성하는, 성분 (1)과 (3) 또는 (1)과 (2)와 (3)을 유효 성분으로서 포함하는 가소상 겔 주입재 및 상기 가소상 겔 주입재를 사용한 지반 강화 방법에 관한 것이다.

(1) 실리카계 비경화성 분상체(F재)

(2) 칼슘계 분상 경화 발현재(C재)

(3) 물(W재)

특허청구의 범위

청구항 1

지반 중에 복수의 주입 구멍을 설치하고, 이 주입 구멍을 통하여 가소상 겔 주입재를 압입하고, 지반 중에 비유동성 괴상체를 형성하면서 지반 흙입자를 주변에 밀어내어 지반 중에 복수의 괴상체를 형성하는 동시에, 상기 복수의 주입 구멍 주변부의 지반의 밀도를 증가시켜 지반 강화하여 이루어지며, 상기 가소상 겔 주입재가 이하의 (1)과 (3), 또는 (1)과 (2)와 (3)을 유효 성분으로서 포함하며; 또한 (i) 압입시의 테이블 플로우가 12 ㎝일 것, (ii) 압입시의 슬럼프가 5 ㎝보다 클 것 및 (iii) 실린더에 의한 플로우가 8 ㎝보다 클 것의 (i), (ii) 및 (iii) 중에서 선택되는 하나 이상의 조건을 만족하고, 지반 중에 대한 압입 전 또는 압입 중에 가소상 겔에 이르는 것을 특징으로 하는 지반 강화 공법:

(1) 실리카계 비경화성 분상체(F재)

(2) 칼슘계 분상 경화 발현재(C재)

(3) 물(W재).

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가소상 겔 주입재는 (i) 압입시의 테이블 플로우가 12 ㎝일 것, (ii) 압입시의 슬럼프가 5 ㎝보다 클 것 및 (iii) 실린더에 의한 플로우가 8 ㎝보다 클 것의 (i), (ii) 및 (iii) 중에서 선택되는 하나 이상의 조건을 만족하고, 지반 중에 압입 중에 혹은 압입 전에 가소상 겔을 나타내는 주입재로서, 유동성이 서로 다른 2가지 주입재를 병용하여, 2가지 주입재 중 유동성이 높은 주입재는 지반에 갈라짐부를 형성하고, 유동성이 낮은 주입재는 갈라짐부를 눌러 넓혀서 가소상 겔에 의한 괴상 고결체를 형성하며, 주변 지반을 고밀도화함으로써 가소상 겔이 압입하기 어려운 밀도의 지반으로 개량하는 지반 강화 공법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 가소상 겔 주입재는 탈수율 30% 이내에서 가소상 겔에 이르는 지반 강화 공법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 가소상 겔 주입재는 지반 중에서 탈수에 의해 유동성을 잃어 괴상체를 형성하고, 주변 지반과 동등 혹은 그 이상의 강도를 발현하는 지반 강화 공법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

비경화성 분상체(F재)가 플라이 애시, 슬래그, 소각재, 점토, 토사 및 규사로 이루어진 군으로부터 선택되는 지반 강화 공법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

칼슘계 분상 경화 발현재(C)가 시멘트, 석회, 석고 및 슬래그로 이루어진 군으로부터 선택되는 지반 강화 공법(단, 슬래그는 비경화성 분상체가 슬래그인 경우에 경화 발현재로부터 제외된다).

청구항 7

청구항 1에 있어서,

경화 발현재 비가 1~40 중량%인 지반 강화 공법(단, 경화 발현재 비 = C/(F+C)×100(%)이며, F, C는 모두 중량

을 나타낸다).

청구항 8

청구항 1에 있어서,

물분체비가 20~200 중량%인 지반 강화 공법(단, 물분체 비 = W/(F+C)×100(%)로서, F, C, W는 모두 중량을 나타낸다).

청구항 9

청구항 1에 있어서,

가소상 겔 주입재는 첨가제로서 겔화 촉진제, 겔화 지연제, 증점제, 보수재, 해교제, 기포제 및 유동화재로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 유동성 조정재를 포함하는 지반 강화 공법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

가소상 겔 주입재는 인터벌 방식에 의해 반복 주입되는 지반 강화 공법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

지반 중에 드레인재를 설치하여 지반 중의 탈수를 촉진하고, 혹은 흡수구를 갖는 주입관으로부터 가소상 겔 주입재를 주입하는 동시에, 가소상 겔 주입재에 의한 겔 중의 수분이나 토중 물을 흡수구로부터 탈수하는 지반 강화 공법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

다음의 (a)로부터 (d) 중 어느 하나에 나타낸 주입관을 사용하여 상기 지반 주입재를 지반 중에 압입하는 지반 강화 공법:

(a) 선단에 삭공부 또는 토출구를 갖는 주입관;

(b) 축 방향으로 복수의 토출구를 갖는 주입관;

(c) 상하 양단을 폐속한 적어도 하나의 봉지체, 또는 상하 어느 한쪽을 폐속하고, 다른 한쪽을 개방한 봉지체를 구비한 주입관;

(d) 관 벽에 토출구와 필터재로 덮인 흡수구를 설치한 주입관.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

주입관의 봉지체에 주입재를 주입하고, 봉지체를 주변에 팽창시켜 지반을 압축 강화하고, 봉지체보다 아래쪽에 위치하는 토출구로부터 주입재를 지반 중에 압입하는 지반 강화 공법.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

지반 중에 인장력을 갖는 주입관, 또는 인장재와 함께 주입관을 설치하고, 지반을 압축하여 밀도를 증가시키는 동시에, 주입관 또는 인장재의 인장력을 지반에 부여하는 지반 강화 공법.

청구항 15

청구항 1에 있어서,

건조물 아래쪽의 지반 중에 주입관을 곡선 모양으로, 비스듬히 또는 수평으로 설치하고, 이 주입관을 통하여 지

반 중에 가소상 겔 주입재를 압입하여 건조물 아래쪽의 지반을 강화하는 지반 강화 공법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

명 세 서

기 술 분 야

<1> 본 발명은 가소상(可塑狀) 겔 주입재를 지반 중에 압입하고, 시간의 경과와 함께, 혹은 가압 탈수에 의해 가소상 겔로 이루어진 괴상체(塊狀體)를 지반 중에 형성하면서 흙입자를 주변에 밀어내고, 지반 중에 가소상 겔 주입재 그 자체의 괴상체를 형성하여 지반 강화를 도모하는 가소상 겔 주입재 및 지반 강화 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 지반 중에 고결재(consolidating material)를 압입하여 토사를 주변에 밀어내고, 밀도를 증대시켜 지반을 강화하는 방법으로서 종래, 비유동성의 저슬럼프 혹은 대부분 슬럼프가 없는 주입재(모르타르)를 지반 중에 압입하여, 지반 중에 고결체(solidified masses)를 조성하여 지반을 압밀(壓密) 강화하는 공법이 알려져 있다(일본 특개평 6-108449호 공보 참조).

<3> 그러나 전자는 큰 장치를 필요로 하여, 액상화 방지 공사 등이 행해지는 건축물이 밀집한 장소나 건조물 바로 아래의 기초의 보강에는 적당하지 않았다.

<4> 한편, 유동 가능한 시멘트를 주성분으로 하는 모르타르와, 물 유리나 알루미늄 염 등의 가소재를 펌프로 각각 이송하여, 주입구 부근에서 합류 혼합하여 슬럼프가 3 ㎝ 이하인 저유동성의 가소상 그라우트를 형성하여 주입하는 공극 충전 방법이다.

<5> 이것을 연약 지반 중에 가압 주입하면 지반 중의 범위 외에 갈라짐 주입하여 맥상(脈狀, vein-like pattern)으로 일탈하게 되어 지반 개량은 어렵다.

<6> 또, 시멘트를 주재로 하는 종래의 모르타르 주입액은 슬러리 모양으로 유동성을 갖고, 수화 반응에 의해 고화에 도달하는 것으로, 이와 같은 유동성 모르타르는 지반 중에 주입했을 경우, 지반을 가르고 주입되어 일탈하기 쉽고, 또 큰 블리딩(bleeding)을 발생시켜 지반 중에서 재료가 분리되고 침전되어 맥상으로 고화한다.

<7> 한편, 블리딩을 작게 하기 위해서는 시멘트의 함유량을 크게 하면 좋지만, 이와 같이 하면 시멘트의 경화 발현이 빨라져서 광범위를 충전할 수가 없게 되거나, 지반을 갈라지게 하여 일탈한다고 하는 문제가 있다. 또, 시멘트를 주재로 하는 유동성 모르타르에 알루미늄이나 물 유리 등을 가소재로서 사용하는 방법이 제안되었으나, 이와 같은 가소상 그라우트는 공동 충전에는 적합하나, 이것을 지반에 압입한 경우, 점성이 크고 지반 중에서 급속히 경화하여 주입 불가능이 되거나 혹은 갈라져서 일탈하기 쉽다.

<8> 또, 시멘트계 현탁액과 가소재를 따로 따로 펌프로 보내어, 주입관 앞에서 합류하여 형성된 슬럼프가 5 미만 3 ㎝ 정도의 가소성 그라우트를 지반 중에 압입하여 주변의 흙입자를 압축하는 지반 강화 방법도 제안되어 있다.

<9> 그러나 슬럼프가 5 ㎝ 미만이란, 그라우트를 구성하는 재료에 따라 다소 다르나, 플로우(flow)로 약 10 정도가 되며, 이 경우 겔화물은 낙하에 의한 진동을 가하더라도 대부분 움직이지 않는 상태이며, 이와 같은 저슬럼프의 가소성 그라우트를 지반 중에 주입하면, 지반 중에서 수분과 분체(粉體)가 분리하여, 탈수에 의해 더욱 유동성을 잃어 급속히 경화하게 되어, 가소성 유지 시간을 얻을 수 없다. 이 결과, 주입압이 상승하여 주입 불능이 되거나, 맥상으로 지반을 갈라지게 하여 불특정의 방향으로 일출(逸出)하게 되어 지반 강화 효과를 얻을 수 없다.

발명의 상세한 설명

<10> **발명의 개시**

<11> 따라서, 본 발명의 과제는 지반 중에 압입되면 흙입자간에 침투하지 않고, 또한, 지반 중에 있어서도 유동성을 유지하면서, 소정의 범위 이외에 갈라짐에 의해 일탈하지 않고 소정의 위치에 괴상체를 형성하고, 또한, 가능한 한 큰 주입액 자체에 의한 괴상체로 성장하게 하고, 게다가 고화에 이르기까지의 동안에 흙입자를 밀어내고 그만큼, 주변의 토사의 밀도를 높게 한다고 하는 상반되는 특징을 동시에 만족하며, 상술의 공지 기술에 존재하는 문제를 해결한 지반 주입재 및 지반 강화 방법을 제공하는 것에 있다.

<12> 상술의 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 가소상 겔 주입재에 의하면, 지반 중에 설치된 주입 구멍을 통하여 압입하는 가소상 겔 주입재로서, 시간과 함께, 혹은 탈수에 의해 유동성을 잃어 괴상체를 형성하는, 다음의 성분 (1)과 (3) 또는 (1)과 (2)와 (3)을 유효 성분으로서 포함하는 것을 특징으로 한다.

<13> (1) 실리카계 비경화성 분상체(粉狀體)(F재)

<14> (2) 칼슘계 분상 경화 발현재(C재)

<15> (3) 물(W재)

<16> 또한, 상술의 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 지반 강화 방법에 의하면, 지반 중에 복수의 주입 구멍을 설치하고, 이 주입 구멍을 통하여 가소상 겔 주입재를 압입하여, 지반 중에서 비유동성 괴상체를 형성하면서 지반 흙입자를 주변으로 밀어내어 지반 중에 복수의 괴상체를 형성하는 동시에, 상기 복수의 주입 구멍 주변부의 지반의 밀도를 증가시켜 지반 강화해서 이루어지며, 상기 가소상 겔 주입재가 이하의 (1)과 (3) 또는 (1)과 (2)와

(3)을 유효 성분으로서 포함하는 것을 특징으로 한다.

<17> (1) 실리카계 비경화성 분상체(F재)

<18> (2) 칼슘계 분상 경화 발현재(C재)

<19> (3) 물(W재)

<20> 본 발명은 상술한 바와 같이, 비경화성 실리카계 분체 혹은 게다가 그보다 적은 칼슘계 경화 발현재를 첨가하여 현탁액을 사용하나, 사용하는 분립 소재의 종류와 조합 및 특정의 배합 비율로 배합하도록 했기 때문에, 목적에 따른 유동 특성, 고결 특성을 나타내는 원하는 주입재를 지반 중에 압입하고, 지반 중에 괴상 고결체를 조성함으로써 주입 구멍에 둘러싸인 지반의 흙입자를 주변에 밀어내어 지반 강화를 도모할 수 있다.

<21> **발명을 실시하기 위한 바람직한 형태**

<22> 본 발명의 특징은 이하와 같다.

<23> (1) 실리카계 비경화성 분상체는 시멘트나 석회 등의 Ca 조성물의 소량과 반응하여, 초기의 단계에서 표면에 Ca를 흡착하여 전기적 화학적 반응을 일으켜, 바인더로 되어 의사적인 유동성의 저하를 일으키며, 또한 탈수를 동반하여 물분체 비가 작아지면 가소상 겔을 형성하고, 다시 비가소상 겔화물을 거쳐 고화한다. 이와 같은 현상은 지반 중에서 탈수에 의해 가속하여, 형성된 괴상체가 주변 지반보다 강도가 높으면 충분히 본 발명의 효과를 얻을 수 있다. 또, 경화 발현재를 첨가하지 않더라도 그 유동 특성을 플로우 혹은 슬럼프로 특정하고, 혹은 물분체 비로 수분량을 특정함으로써 지반 중에서 흙입자 사이에 침투하거나, 혹은 맥상으로 확산하는 일 없이 지반 중에 괴상체를 형성하여, 압입을 계속함으로써 괴상체가 확대한다. 그리고 그 지반 중에서의 탈수한 괴상체가 주변의 압축된 지반과 같은 강도 혹은 그보다 큰 강도를 유지하고 있는 한은 지반 강화의 역할을 완수하는 것을 본 발명은 찾아내었다.

<24> (2) 테이블 플로우와 슬럼프는 실리카계 분상체 혹은 그에 경화 발현재를 첨가한 주입액의 유동성을 나타내고, 테이블 플로우가 15 ㎝~25 ㎝의 범위에서 슬럼프는 15 ㎝~28 ㎝의 범위, 실린더에 의한 플로우가 약 10~26 ㎝의 범위에 있고, 플로우가 20 ㎝ 부근, 슬럼프가 21 ㎝ 부근, 실린더에 의한 플로우가 15 ㎝ 부근에서 가소상 겔으로 되며, 경시적으로 혹은 탈수에 의한 물분체 비의 저하와 함께 플로우와 슬럼프는 저하한다.

<25> 실리카계 비자경성 분상 소재와 분상의 칼슘계 경화 발현재로 이루어진 분상체의 물분체 비, 전 분체 중의 경화 발현재 비를 조정함으로써, 상기 지반 주입재의 지반 중에서의 가소상 유동 특성이나 지반 중에서의 가소상 겔화물의 확대를 조정하고, 또한 이 가소상 겔에 이르기까지의 겔화 시간이나 가소상 겔 유지 시간을 촉진제 또는 지연제나 유동화제, 해교제, 기포재 등의 첨가제를 사용함으로써 조정하여, 작업성이나 가소상 겔의 크기를 조정할 수 있다. 물분체 비가 너무 작거나 경화 발현재 비가 너무 크면 탈수에 의해 지반 중에서 괴상 겔의 확대가 저해되기 때문에, 그 비율이 중요하다.

<26> 특히 경화 발현재 비가 크면 지반 중에서 탈수에 의해 급속히 지나치게 큰 강도로 되어 겔의 확대를 방지할 뿐만 아니라, 주변 토양에 대해 큰 콘크리트체가 생긴 것과 같게 되어, 지반 전체의 일체화를 막을 수 있으며, 지진시에 국부적인 큰 응력을 일으켜 파괴하기 때문에 개량 지반의 내진성이 저하한다.

<27> 또, 지반 중에서 탈수에 의해 괴상체를 형성하는 실리카계 분상체로 이루어진 유동성 주입액은 상술한 인공의 분상 소재뿐만 아니라, 굴삭 토사나 규사 등을 소재로 하고, 그에 점토나 증점재나 보수재를 첨가하여 유동화토로서 소정의 유동 특성, 즉 플로우나 슬럼프 값으로 하며, 또한 소정의 물분체 비를 나타내는 바와 같이 조정하고, 또한 탈수하여 테이블 플로우가 20 ㎝ 이하가 되면 가소상 겔이 되어, 흙입자 사이에 침투하지 않고, 균열 일탈하지 않도록 주입함으로써 주변 지반이 보다 조밀하게 된다. 이에 의해 소정의 지반 개량을 달성할 수가 있다. 물론, 상기 소재로서 더욱 경화 발현재를 첨가하면 강도는 증가한다.

<28> (3) 상기 지반 주입재는 송액(送液) 과정, 지반에의 압입 과정에서 시간과 함께 유동성이 변동해간다. 그 유동 특성의 변화를 효과적으로 이용함으로써, 지반 중에서 괴상 고결체를 형성할 수 있는 한편, 이것이 주입액의 배합 조정이나 주입 관리를 어렵게 하기 때문에, 배합 범위의 설정뿐만 아니라, 배합 관리 시스템, 압입 관리 시스템이 중요하게 된다.

<29> (4) 상기 지반 주입재의 혼련이나 압송 및 지반 중에 대한 압입에 적합한 가공성(workability)은, 테이블 플로우로 12 ㎝ 이상, 바람직하게는 15 ㎝ 이상, 30 ㎝ 미만, 슬럼프는 5 ㎝ 이상, 바람직하게는 10 ㎝ 이상, 28 ㎝ 이내, 실린더에 의한 플로우로 8 ㎝ 보다 크며 바람직하게는 약 10 ㎝ 이상, 26 ㎝ 이내이다.

<30> 슬럼프나 플로우를 지배하는 물분체 비의 결정이 가공성이나 토양 중에서의 괴상체의 형성과 확대에 크게 영향을 준다. 시간과 함께 순차적으로 변화하는 이들 유동성을 정확하게 판단하여, 플로우에 의해서 물분체 비와 경화 발현재 비를 관리하여 신속히 배합 및 물분체 비를 조정하는 것이 지반 중에 괴상의 가소상 겔을 형성하고 또한 확대하기 위해 중요하다.

<31> (5) 첨가제를 첨가하면, 첨가량에 따른 가소상 겔을 형성하는 겔 타임의 조정을 할 수 있다. 촉진재로서 물 유리나 황산알루미늄염을 첨가함으로써 용이하게 플로우를 작게 하거나 겔화 시간을 단축할 수가 있다. 또, 슬럼프를 20 ㎝ 부근으로부터 10 ㎝ 이하로 감소시킬 수가 있다. 또한, 지반 중에서의 탈수와 함께 가소성 겔을 형성시키고, 또한, 그 겔이 가소상을 유지하는 시간을 길게 하여 압입을 계속함으로써 괴상 겔이 성장하고, 지반 중에 큰 괴상 겔화물을 형성하여, 다시 비가소상 겔을 거쳐 경화체로 변화시킬 수가 있다.

<32> 이 경우, 실리카계 분상체에 칼슘계 경화 발현재의 혼합물을 A액으로 하고, 물 유리 등의 용액성 실리카나 알루미늄염을 B액으로 하며, 합류 혼합함으로써, 작은 플로우나 저슬럼프의 가소상 그라우트를 주입할 수가 있다.

<33> 그러나 공동 충전의 경우는 낮은 플로우값, 저슬럼프의 가소상 그라우트의 주입은 가능하나, 지반에 대한 압입 공법의 경우는 지반 중에서 발생하는 탈수에 의해 급속히 유동성을 잃기 때문에, 괴상 겔의 확대에 의한 주변 지반의 압축이 어려워진다. 이 때문에 합류 주입해도 주입관 토출구로부터 지반에 주입되는 시점에서는, 합류액의 테이블 플로우는 12 ㎝ 이상, 슬럼프는 5 ㎝보다 크며, 실린더에 의한 플로우는 8 ㎝보다 큰 것이 필요하다.

<34> (6) 골재로서 점토, 토사 등의 현장 발생토, 규사를 첨가할 수 있다. 골재는 증량재로서 도움이 될 뿐만 아니라 고결 강도나 유동성의 조정에도 도움이 된다. 일반적으로 분체 중의 골재의 비율이 많아지면 강도는 작아지며, 골재의 입경이 커지면 그 유동성은 저하한다.

<35> 벤토나이트 등의 점토나 현장 발생토에 있어서의 점토나 실트(silt)나 롬(loam) 등 세립분이나 고분자제나 증점재 등은 보수성이나 증점제로서 뛰어나고, 지반 중에 압입된 압입재의 탈수를 늦추어 분상체에 대한 바인더로서 작용하여 의사적 결합성이 있는 유동체로서 작용하여, 분리 분산하는 일 없이 괴상 겔을 형성하여 그 확대에 도움이 된다.

<36> (7) 황산알루미늄 등의 알루미늄염이나 물 유리(물 유리와 산을 혼합하여 얻어진 산성 물 유리도 포함하는 것도, 본 발명에서는 물 유리라고 간주하는 것으로 함)를 첨가하면 슬럼프의 감소, 플로우의 감소, 점성의 증대를 일으킨다. 지반 중에서 지반 주입재가 맥상으로 갈라지지 않고 무사히 가소상 겔이 지반 중에 형성하여 괴상 겔이 크게 성장하기 위해서는, 경화재 발현 비, 물분체 비, 알루미늄 비, 플로우 값, 슬럼프 값의 범위, 실리카 용액으로부터의 실리카 농도 등의 선정 적용 방법이 중요해진다.

<37> (8) 시멘트계 현탁형 그라우트는 보통에서도 점성이 큰데, 그것을 가소상으로 하면 지반 중에 개구하는 주입관의 주입구로부터의 압입 저항 및 주입구에 도달하기까지의 송액관의 송액 저항이 지극히 크고, 또한 송액관이나 펌프 중에서 막히기 쉽다는 문제가 있다. 이 때문에 송액을 용이하게 하기 위해 묽은 배합을 사용하면 지반 중에서 맥상이 된다. 이 때문에 종래의 기술에서는, 후진 주입(backspace grouting)과 같이 유동성이 좋은 시멘트계 현탁액과 가소재를 주입관에 송액되기 전의 시점에서 합액하여 순식간에 가소상으로 하여 지반 중에 압입하여, 슬럼프 5 ㎝ 미만으로 하여 압입하는 방법이 제안되었다. 그러나 주입관의 앞에서 가소상으로 된 시멘트계 가소상 그라우트가 지반 중에서 탈수에 의해 즉시 고강도가 되기 때문에 큰 괴상 겔로 성장하는 것은 어려우며, 또 큰 주입 압력을 필요로 하여 주입 불능이 되던가, 지반을 파괴하여 일탈한다.

<38> 본 발명자는 후진 주입이나 공극 충전을 위한 가소상 그라우트의 주입에 비해, 지반 중에 압입하여 큰 겔을 형성하여 주변 토사를 압축하는 지반 개량의 주입은 완전히 다른 것에 착안하였다. 본 발명자는 연구의 결과, 지반 중에서 압입재가 갈라짐에 의해 일탈하지 않고, 또한 큰 괴상 겔로 성장하기 위한 이하의 필요 조건 및 괴상 겔화물의 생성과 그 확대의 메커니즘을 찾아내었다.

<39> 1. 본 발명의 상기 지반 주입재는 지반 중에 주입되기까지는 유동성이 있으나, 지반 중에 주입된 후에는 지반을 갈라지게 하여 일탈하는 일이 없다.

<40> 2. 본 발명 지반 주입재는 지반 중에 주입되기 전의 단계에서 가소상 겔에 도달해 있거나 지반 중에 주입되어 가압 탈수에 의해 유동성이 저감하여 가소상 겔의 괴상체를 형성한다.

<41> 3. 괴상체는 지반 중에서 가소상을 유지하고, 그 괴상체는 그 내부에 후속하여 압입되는 가소상 겔에 의해 눌러 펴져, 괴상체는 확대한다. 괴상체의 외주부에서는 눌러 펼쳐진 결과, 더욱 탈수되어 비가소상으로 되어 유동성

을 잃어, 시간과 함께 외주부로부터 고화대 (solidified zone)를 형성하여 큰 괴상 고결체가 형성되는 동시에, 그 주변부의 토사의 공극을 감소시키고 눌러 펼쳐 정적으로 체결 고정한다.

<42> 4. 괴상체의 내부는 가소상을 유지하고 있음으로써, 또한 상기 지반 주입재의 압입이 있으면 괴상체의 외주부의 고화 지역이 부분적으로 깨져, 가소상 겔이 그 주변부에 밀려 나와 탈수하여 비가소상으로 되어, 고화대가 확대한다. 고화대가 어느 정도 이상으로 딱딱해지면 통상의 펌프압에서는 그것을 돌파하는 것이 어려져서 압입 불능이 된다. 그 시점이 괴상 고화물의 크기가 된다.

<43> 본 발명자는 연구의 결과, 송액 중의 송액관 중의 저항압이나 펌프 안에서의 막힘이 발생하지 않고 지반 중에 설치된 주입관의 선단부로부터 지반 중에 압입된 후에도 유동성을 갖고, 탈수되더라도 가소상을 나타내는 상기 지반 주입재를 압입함으로써, 지반 중에서 가소상 유지 시간(가압되면 유동 상태로 되는 시간)을 갖는 가소상 겔을 형성하고, 또한 괴상체가 성장하는 것을 발견하여, 본 발명을 완성한 것이다.

<44> 예를 들면, 표 1에 나타내는 바와 같이, 동일한 경화 발현재 비 18.50%로 물분체 비가 35%의 배합 1, 물분체 비가 30%의 배합 2는 배합후 가소상 겔이 되기까지의 겔화 시간이 각각 480분이나 300분을 필요로 한다. 이것이 물분체 비가 25%가 되면 겔화 시간은 2분이 된다. 이것은 배합시 지반 중에 주입되기 전까지는 가소상에 도달하지 않은 주입재가 지반 중에 있어서는, 탈수에 의해 물분체 비가 35%에서 30%(탈수율 약 15%) 나아가서는 25%(탈수율 30%)로 저하함에 따라 겔 타임이 2분까지 감소하여, 가소상 겔로 되어 괴상체를 형성한다. 게다가 겔화시에서는 가소상 유지 시간은 7.5 시간이기 때문에, 괴상 겔은 확대하며, 블리딩이 작고, 점성이 증대하여 확산하기 어려워져서 고화물은 큰 강도가 된다.

<45> 이와 같은 특성은 종래 알려지지 않았었다. 즉, 유동성 주입재는 지반 중에 압입되고 나서 물분체 비가 35%에서 25%로 탈수하기까지는 겔화에 도달하지 않으며, 25%(탈수율 약 30%)가 되어 2분 후에는 가소상 겔을 형성하고, 그 시점에서의 가소상 유지 시간은 7.5 시간이며, 압입이 계속됨에 따라 겔상인 채로 크게 생성하고, 또한 탈수 혹은 경화 현상의 진행에 수반하여, 비유동성 겔이 되어 고화하는 것을 설명하고 있다.

<46> 따라서, 이와 같이 주입 시점에서 가소상을 나타내지 않아도 지반 중의 탈수에 의해 가소상이 될 수 있다. 이와 같은 유동성 주입액의 주입에 있어서는 배합액을 1액인 채로 주입하더라도 분상체 주입액을 A액으로 하고, 알루미늄, 물 유리 등의 겔화 촉진재를 B액으로 하여, 합류 주입하기 위해, 혹은 A액을 가소상 겔로 하고, B액을 물 유리 등의 겔화 촉진제로 하기 위해, 그 수단은 불문하고 시공할 수가 있다.

<47> 이상의 본 발명자에 의한 연구의 결과, 이하와 같이 하여 가소상 겔 주입재를 압입하여 지반 중에 큰 괴상체를 형성하여 강도 증가에 의한 설계 가능한 신뢰성이 있는 지반 개량 공법이 가능하게 되었다.

<48> 1. 주입액 자체는 펌프에 의한 유동성이 있으나, 지반 중에 주입한 것이 맥상으로 갈라짐을 일으켜 불특정하게 침투하여 고결하지 않도록 한다. 왜냐하면, 각각의 주입 구멍의 할당 범위 내에서 겔화물에 의한 괴상 고결체가 형성되어서야 비로소 그 할당 범위에 있어서의 흙입자 간극이 감소하여 괴상 고결체 주변의 주입 구멍 사이의 지반의 밀도 증가를 확실히 기대할 수 있기 때문이다.

<49> 2. 지반 중에 주입한 주입재가 흙입자 사이 침투하지 않도록 하여 복수의 주입 구멍 사이의 지반의 흙입자를 괴상체로 밀어내도록 한다. 왜냐하면, 흙입자 사이에 주입액이 침투한 것은 복수의 주입 구멍 사이의 지반을 압축하지 못하고, 주입 구멍의 할당 범위에서의 지반의 압축에 의한 밀도 증가를 확실히 기대할 수 없기 때문이다.

<50> 3. 지반 중에 압입된 겔이 괴상체로 고결체를 형성하고, 게다가 또 큰 지름의 고결 덩어리로 성장하도록 한다. 이를 위해서는

<51> (1) 상기 주입재로서, 비경화성 실리카계 분상체와, 물의 혼합물을 (i) 슬럼프 5 ㎝ 이상일 것, (ii) 테이블 플로우 12 ㎝ 이상일 것 및 (iii) 실린더에 의한 플로우가 8 ㎝보다 클 것의 (i), (ii) 및 (iii) 중에서 선택되는 하나 이상의 조건을 만족하고, 혹은 나아가 (i) 슬럼프 28 ㎝ 미만일 것, (ii) 테이블 플로우가 30 ㎝ 미만일 것 및 (iii) 실린더에 의한 플로우가 28 ㎝ 미만일 것의 (i), (ii) 및 (iii) 중에서 선택되는 하나 이상의 조건을 만족하는 유동성 지반 주입재, 또는 이에 칼슘계 분상 경화 발현재를 혼합한 지반 주입재를 사용하고, 이것을 지반 중에 압입하고 탈수하여 형성되는 주입재 그 자체로 이루어진 괴상체의 확대에 의해 흙입자를 주변에 밀어내고, 지반 중에 괴상 고결체를 조성하여, 지반 강화를 도모한다.

<52> (2) 상기 지반 주입재는 탈수에 의해 테이블 플로우가 20 ㎝ 이하에 도달할 수 있다. 여기서 테이블 플로우가 20 ㎝가 된 시점을 가소상 겔이 된 시점이라고 간주한다.

<53> (3) 상기 지반 주입재는 탈수가 진행됨에 따라 가소상 겔을 거쳐 비가소상으로 되어 고화한다.

<54> (4) 상기 지반 주입재는 경화성 유동화토 또는 비경화성 유동화토로서 탈수에 의해 유동성을 잃어 테이블 플로우가 20 ㎝ 이하에 이르고, 주변 지반과 동등 또는 그 이상의 강도를 발현하는 배합으로 한다.

<55> (5) 상기 지반 주입재는 물분체 비가 30% 이내에서 가소상 겔이 되는 배합으로 하면, 지반 중에 계속 압입하면 가소상 겔이 되어 괴상 고결체가 형성된다.

<56> 가소상 겔에 의한 괴상체가 지중(地中)에서 크게 성장하여 고결체가 되기 위해서는 이하의 조건이 바람직하다.

<57> 경화 발현재 비: C/F+C×100(%) 1 중량% 이상 50 중량% 미만, 바람직하게는 1~40 중량%, 더욱 바람직하게는 1~20 중량%

<58> 물분체 비: W/F+C×100(%) 20~200 중량%, 바람직하게는 20~100 중량%, 더욱 바람직하게는 20~50 중량%

<59> 알루미늄 비: 알루미늄/F+C×100 Al_2O_3 환산으로 001~0.35%

<60> 물 유리: 실리카분으로 0~70 중량%

<61> 슬럼프(㎝): 주입시의 슬럼프가 5 ㎝ 이상, 바람직하게는 약 5~28 ㎝, 더욱 바람직하게는 10~28 ㎝

<62> 플로우(㎝): 주입시의 테이블 플로우가 12 ㎝ 이상 30 ㎝ 미만, 바람직하게는 약 15~28 ㎝, 주입시의 실린더에 의한 플로우가 8 ㎝보다 크고 28 ㎝ 미만, 바람직하게는 약 9~26 ㎝

<63> 블리딩: 10% 이하, 바람직하게는 5% 이하

<64> 가소상 겔 혹은 물분체 비가 30% 이내의 감소로 가소상 겔, 즉 테이블 플로우가 20 ㎝ 이내가 되는 배합을 이용한다.

<65> 4. 지표면 근처는 지반 융기하기 쉽고, 또 주입재가 지표면에 일탈하기 쉬우므로, 그와 같은 현상을 방지하는 방법도 병용한다.

<66> 5. 장거리의 송액 파이프 중에서 분리하는 일 없이 유동성을 유지할 수 있는 것이 건조물이 밀집한 지반의 내진 보강에 본 기술을 적용하기 위한 작업성을 가능하게 한다.

<67> 6. 모래 지반뿐만 아니라 점성토(clayey) 지반에도 적용할 수 있도록 한다.

<68> 주입액의 배합 시스템으로부터 송액관과 주입관 관로를 거쳐 지반 중에 주입되는 경로에 있어서, 유동성을 유지하면서(상기 요건 5) 지반에 주입되고 나서 이상의 1, 2, 3, 4 중 어느 하나 또는 복수의 요건을 만족하도록 한다.

<69> 가소상 겔을 나타내기까지의 시간을 단축하기 위해서는, 물 유리나 알루미늄염을 첨가함으로써 조정할 수 있다. 즉, 이것들은 겔화 촉진제로서 작용한다. 물 유리와 황산 등의 산을 혼합하여 물 유리의 알칼리를 제거한 산성 물 유리를 사용하면, 극히 빨리 겔이 형성된다. 본 발명에서는 산성 물 유리도 물 유리로서 취급한다. 이 경우, 중조나 탄산나트륨을 병용함으로써 겔화 시간을 조정할 수 있다. 또, 리그닌 술폰산염 등의 겔화 지연제를 사용하는 것도 가능하다.

<70> 본 발명의 지반 주입재의 대표적 예를 말하면, 현탁액을 구성하는 주재가 되는 분체의 비경화성 분체에 첨가하는 시멘트 또는 소석회 혹은 슬래그 혹은 석고 등으로 이루어진 분상의 경화 발현재는 사용하는 분상 소재 중의 50 중량% 미만, 바람직하게는1~40 중량%, 더욱 바람직하게는 1~20 중량%, 또 수분대비는 20~200 중량%, 바람직하게는 20~100중량%이다. 겔화 촉진재를 첨가하는 경우는 주입재에 포함되는 분체, 즉 주재와 경화 발현재의 총량에 대해 알루미늄염을 알루미늄비가 0.1~2.0 중량%(Al_2O_3 환산으로 0.01~0.35 %) 반죽하여 혼합함으로써 테이블 플로우 12~30 ㎝, 바람직하게는 15~28 ㎝, 겔 타임이 3분 이내로부터 수100분, 가소상 유지 시간이 수시간으로부터 10시간 이상, 블리딩 비율이 10% 이내 바람직하게는 5% 이내, 슬럼프가 5 ㎝보다 크고, 28 ㎝ 이하, 바람직하게는 10~28 ㎝, 실린더에 의한 플로우가 8 ㎝보다 크고 28 ㎝ 미만, 바람직하게는 약 9~26 ㎝의 주입재가 된다.

<71> 본 발명의 이와 같은 특성에 의해, 또, 겔화 촉진재로서 물 유리나 산성 물 유리 등의 실리카분을 첨가하면 겔 타임도 가소상 유지 시간도 큰 폭으로 감소시킬 수 있으며, 또, 블리딩도 슬럼프도 나아가 플로우도 작아진다. 본 발명 지반 주입재는 지반 중에 압입되어 가소상 겔로 되어 흙입자를 주변에 밀어내고, 지반 중에서 큰 괴상

고결체로 성장하여 지반 강화를 도모할 수 있다.

<72> 본 발명의 지반 주입재는, 플로우로 나타내면 12 ㎝ 이상, 바람직하게는 12~30 ㎝, 더욱 바람직하게는 15 ㎝~28 ㎝, 슬럼프에서는 5 ㎝ 이상, 28 ㎝이하, 바람직하게는 10~28 ㎝의 범위를 나타내는 것이 바람직하다. 또, 지반 중에서 가압 탈수에 의한 가소상 겔의 형성을 고려하여 주입 전에 가소상 겔로 되어 있는 것, 혹은 물분체비가 30% 이내 감소로 가소상 겔(테이블 플로우로 대략 20 ㎝ 이내)이 되는 경우인 것이 바람직하다.

<73> 플로우 값이나 슬럼프가 이 이하가 되면, 지반 중에서 가소상 겔의 괴상 고결체의 성장이 어려워지고, 이 이상이면 탈수해버리기 전에 맥상이나 균열상으로 갈라져 주입되어 괴상체를 형성하기 어렵다.

<74> 본 발명은 상술한 바와 같이, 비경화성 실리카계 분상체 혹은 추가로 첨가하는 경화 발현재의 분립 소재 및 물을 특정 비율로 배합하나, 칼슘계 분체인 경화 발현재로서 시멘트, 석회, 석고, 슬래그 중 어느 하나 또는 복수의 1군(C재)과, 물(W재)과 혼합한다. 단, 비경화성 실리카가 슬래그인 경우는, 경화재로서의 슬래그는 제외한다.

<75> 또한, 상기에서 슬래그는 통상의 4000(㎠/g) 블레인 (blaine) 등의 일반품이라도 좋고, 그 이상 6000~15000(㎠/g) 블레인 등의 초미립자 슬래그라도 된다. 경화 발현재비는 50 중량% 미만, 바람직하게는 1~40 중량%, 더욱 바람직하게는 1~20중량%, 또 1~10 중량%의 배합이라도 극히 뛰어난 효과가 있다. 경화 발현재가 없는 경우는 슬럼프 및 플로우가 상기 조건을 만족하는 동시에 탈수하여 지반에 압입된 괴상체가 주변 지반과 동등 또는 그보다 높은 강도를 갖는 것이 필요하다.

<76> 이 경우의 배합이나 물분체비의 선정은 상하에 다공성 돌 (porous stone) 또는 여과지를 깐 몰드 중에 주입재를 충전하고, 상정한 주입 압력에 상당하는 압력으로 실린더로 가압하여 탈수시켜, 얻어진 공시체의 강도를 측정하고, 주입한 뒤의 주변 흙의 평균적인 흙의 밀도에 대응한 강도와 동일 정도 또는 그보다 큰 강도가 되도록 설정할 수가 있다. 물론, 경화 발현재를 소량 첨가한 경우도 이와 같이 배합을 설정할 수 있다. 물분체 비는 20~200%, 바람직하게는 20~100%의 배합이다. 단, 비경화성 실리카가 슬래그의 경우, 물분체 비는 더욱 바람직하게는 30~80%의 배합이다. 여기서, 경화 발현재 비란 C/(F+C)×100이며, 또, 물분체 비란 W/(F+C)×100이며, F, C, W는 각각 중량이다. 단, 경화 발현재를 사용하지 않는 경우는 경화 발현재비는 각각 C/F×100, W/F×100이다.

<77> 이와 같은 배합액은 혼합하면, 물분체 비가 작으면 그대로이고, 물분체비가 큰 경우는 지반 중에서 탈수함으로써 늦던 빠르던 괴상체가 된다. 가소상 겔은 힘을 가하면 유동하지만 정지하면 유동을 정지한다. 가소상 겔이 되는 겔 타임은 테이블 플로우가 거의 20 ㎝가 된 시점으로 한다. 상기 물분체 비, 플로우, 슬럼프를 나타내는 유동성 주입재는 그대로 혹은 첨가재를 첨가하여 지반 중에서 가압 탈수한다. 이에 의해, 물분체 비가 큰 경우라도 가소성 겔이 지반 중에 형성할 수 있다.

<78> 지반 중에 있어서 형성된 괴상체는 유동성이 적은 상태이면서, 가능한 한 광범위하게 확대되어 큰 괴상 고결체를 형성할 필요가 있다. 이 때문에는 플로우나 슬럼프나 물분체 비가 중요하며, 게다가 경화 발현재비나 첨가재도 중요하다.

<79> 경화 발현재비가 너무 크면, 시멘트 등을 주재로 하는 모르타르 그라우트의 특성이 강해져서, 물이 분리하여 블리딩이 커지게 되어 가소상 겔이 되기 어려우며, 또한 탈수에 의해 가소상 겔이 아닌 비가소성 겔이 되어 단기간 동안에 고화하여 고강도 고결체를 형성한다. 이 때문에 갈라져서 일탈하든가 고화하여 주입 불능이 된다. 경화 발현재 비가 50% 미만, 바람직하게는 1~40%, 더욱 바람직하게는 1~20%의 사이이며, 가장 바람직하게는 1~15%이고, 지반 중에서 가소성 겔을 거쳐 크게 성장한 괴상 고화물이 형성된다. 특히 경화 발현재비는 1~20% 혹은 나아가 1~10% 정도이면 강도가 낮고, 지중에서의 가소상 겔 유지 시간이 길기 때문에 확대하기 쉽고, 또 개량된 지반도 균등한 강도가 되어 밀도가 상승한 주변 지반과 일체화하여 내진성이 뛰어나다.

<80> 또한, 본 발명은 실리카계 분상체와 경화 발현재로서 시멘트, 석회, 석고, 슬래그 중 어느 하나 또는 복수의 1군과, 물로 이루어진 경성 현탁액이, 가소성을 발현하는 시간을 조정하기 위하여 황산알루미늄이나 폴리염화알루미늄 등의 알루미늄염을 포함할 수도 있다. 이 경우, 바람직하게는 경화 발현재 비를 2 중량% 이상 50 중량% 미만, 물분체 비 20~60 중량% 및 알루미늄 비를 2.0 중량% 이하, 바람직하게는 0.1~1.0 중량%, Al_2O_3 환산으로 0.01~035 중량%인 배합 그라우트로 한다. 여기서, 알루미늄비란 알루미늄재/(F+C)×100이다. 알루미늄재는 중량을 나타낸다.

<81> 또한, 상기에 있어서 겔화 촉진제로서의 알루미늄염이나 물 유리는, 실리카계 분상체, 경화 발현재와 혼합하여

펌프로 지반에 압입해도 되고, 주입관 안, 혹은 주입관의 근처에서 합류 혼합해도 되며, 혹은 실리카계 분상체와 경화 발현재와 겔화 촉진제의 혼합액를 주입하는 과정에서 다시 겔화 촉진제를 합류 혼합하여 주입해도 된다.

<82> 또한 본 발명은 경화 발현재로서 석고, 또는 석고, 시멘트, 석회, 슬래그 중 어느 하나 또는 복수의 1군(G)과 물(W)을 혼합한다. 석고 비 및 석고의 혼합물을 1~40 중량%, 바람직하게는 1~20 중량%, 물분체 비를 20~70 중량%의 배합 그라우트로 한다. 여기서, 석고비, 석고의 혼합물 비란 G/(F+G)×100이며, 또, 물분체 비란 W/(F+G)×100이다. G는 중량을 나타낸다.

<83> 또한 본 발명은, 분립(粉粒) 소재의 주재로서 비경화성 실리카계 분상체, 소각재, 점토, 토사와 같은 현장 발생토 및 규사의 1종 또는 복수종과, 경화 발현재로서 시멘트, 석회, 석고, 슬래그 중 어느 하나 또는 복수의 1군과, 물을 첨가하여 혼합한다. 또, 본 발명의 지반 주입재는 발포제나 기포제를 첨가하여 유동성을 좋게 하고, 혹은 경량화를 도모할 수 있다. 상기에 있어서, 점토로서 벤토나이트나 또한 고분자계 증점제 즉 폴리비닐알코올이나 카르복실메틸셀룰로오스(CMC)나 메틸셀룰로오스 등을 첨가함로써 물에 대한 분산성을 억제하여 침전을 적게 하고, 가공성 개선 효과 혹은 보수 재로서 혹은, 상기 주재가 되는 분립 소재의 바인더로서의 역할을 하고, 유사 겔상으로 하여 유동성을 유지하면서 분산하기 어려운 구조를 갖는 유동체를 형성한다. 이 결과, 지반 중에 있어서의 탈수를 저감하여, 괴상성의 확대를 촉진한다.

<84> 본 발명은 정적 가소상 겔 압입 공정이라고 해야할 공정으로서, 샌드 콤팩션(sand compaction) 공법과 같이 큰 기계로 진동 등을 일으키지 않고, 또 저슬럼프의 모르타르 압입 공법, 혹은 유동성이 없는 모르타르를 특수한 장치로 압입하는 공법과 같이 큰 설비를 필요로 하지 않는다. 이 때문에 본 발명 공법은 통상의 주입 구멍법으로 이용하는 간편한 장치를 사용하여 정적으로 또한 소음이 없고, 작업 장소가 좁은 영역에서도 간단히 시공할 수 있기 때문에, 극히 공해가 없는 작업성이 뛰어난 공법이라고 할 수 있다. 또, 곡선상으로 보링(boring)하여 설치할 수 있는 주입관을 통해 주입할 수 있으므로, 건조물 아래의 경사진 주입, 수평 주입은 물론, 곡선과 수평을 조합한 건조물 직하의 내진 보강 주입도 가능하다. 이하에 본 발명의 시공법에 대해 설명한다.

<85> 상술의 본 발명에 관한 지반 주입재는 지반 중에 삽입한 주입관을 통과하여, 노후 터널의 공극 충전, 실드 터널의 후진 주입, 기초의 공극 충전, 호안 뒤쪽의 공극 충전에 적절한 것은 물론이나, 또한 지반 중에 압입하여, 흙입자를 주변에 밀어내어 괴상으로 고결하면서 주변 토사를 밀어내어 지반 강화를 도모하거나, 같은 원리로 침하한 건조물의 복원 주입 공법에 적합하다. 이와 같은 가소성 주입재의 주입에 있어서, 초기 주입 압력을 낮게 하여 선행 주입물의 탈수를 도모하면서 주입 압력을 단계적으로 높이고, 혹은 주입과 중단을 반복하여 간헐적으로 가압하면서 주입하고, 이에 의해 가소성을 나타내는 겔화물의 흙입자간 침투와 지반의 갈라짐에 의한 일탈을 막으면서 흙입자를 주변으로 확대하여 지반의 밀도를 증대시키면서 고결해도 된다.

<86> 게다가, 이 주입은 복수의 주입 포인트로부터의 동시 주입 방식, 다른 주입 포인트에 대한 변환 주입, 즉 도 2(b)와 같은 연속 주입 방식, 1개의 주입 포인트로부터 다른 주입 포인트로 이행하여 주입하고 나서 다시 돌아와 반복 주입하는 인터벌 주입 방식 또는 이들 방식의 조합으로 행해진다.

<87> 또한, 본 발명에 관한 지반 주입재는 복수의 주입 포인트로부터 주입하여 주입 포인트간의 지반을 구속하고, 주입관 사이의 지반 밀도를 증대하여 지반을 고결할 수도 있다. 이와 같은 효과를 기대할 수 있는 것은 복수의 주입관을 0.5 m 이상 3 m 이내의 간격으로 지반에 설치하는 것이 바람직하다. 이 이상이면 밀도 상승에 의한 압입 지반 전체의 일체화한 지반 개량 효과를 얻지 못하여, 국부적인 지반 개량이 되어 버린다. 또한, 본 발명 주입재의 지반에 대한 주입시에, 지반이 점성토인 경우, 혹은 점성토층을 개재한 지반의 경우, 지반 중에 드레인재를 설치하여 지반 중에 주입된 가소성 주입재의 탈수 혹은 지반의 탈수를 촉진하면서 주입을 행하면 보다 효과적이다.

<88> 상술의 주입은 예를 들면 다음의 (a)~(d)에 나타내는 주입관을 사용하여 행해진다.

<89> (a) 선단부에 삭공부 또는 토출구가 있는 주입관.

<90> (b) 축 방향으로 복수의 토출구를 갖는 주입관.

<91> (c) 외관에 적어도 하나의 봉지체 패커(packer bag)를 구비한 주입관.

<92> (d) 관로에 토출구과 투수재로 덮여진 흡수구를 설치한 주입관.

<93> 연약 지반 등의 강도를 큰 폭으로 향상시키기 위해, 다량의 가소성 겔을 한 번에 많은 양을 지반 중에 형성하면, 지반 표면에 융기가 생기거나, 측방향으로 지반을 파괴하고 일탈하여 해당 지반의 강도가 설정대로

향상하지 않는 사태가 발생하기 쉽다. 이 때문에 본 지반 주입재의 특성을 살려, 주입 초기에는 저토출량으로 주입하고, 서서히 주입 압력을 올려 소정의 주입압의 범위에서 계속 압입하여 주입량의 증대를 도모하는 것이 바람직하다. 주입 전의 지반의 강도(N값 등) 주입 심도(적재 하중) 주입 압력, 주입량, 1개당 할당 면적으로부터 주입 후의 개량 강도를 파악할 수 있다. 혹은 다시 지반 변위를 가미하면 더욱 정확해진다. 또 주입 중에는 유동성이 있어, 주입을 정지하면, 유동성이 정지하여 겔화 혹은 가압 탈수하여 의고체상태가 출현하기 때문에, 대상 주입흙층에 소량씩 인터벌 방식(시간의 간격을 두고 주입함)으로 반복 주입하여 응고시키고, 주입된 지반을 파괴하지 않고 압밀 하여, 배제된 수분은 주변의 흙입자 사이에 분산시켜, 지반 측방에 대한 압밀과 탈수를 행하여, 겔화물에 의한 고결 지름을 크게 하고 혹은 이들 그라우트를 일정한 타임 래그(time lag, 시간 차이)를 갖고 주입하는 것도 효과적이다.

<94> 예를 들면 세로 방향의 주입에 있어서는, 인터벌 방식에 의해 회를 거듭하여 주입을 실시하여, 선행하여 주입된 지반 주입재에 대해, 거듭해서 해당 지반 주입재를 압입하고 해당 지반을 갈리지게 하지 않고, 지반 주입재를 반복적으로 압입함으로써, 해당 지반의 옆쪽에 대한 압밀 탈수를 실시하고, 지반 강화를 행한다. 혹은, 해당 지반의 소정 지역에 소정수의 삭공을 형성하고, 각 삭공에 대해, 지반 주입재를 소정 타임 래그를 통하여, 1개소에서 설계량을 한꺼번에 주입되지 않도록, 설계 주입양을 몇 개로 분할하여 주입한다. 이와 같이 하여 각 삭공의 가소성 그라우트를 서로 소정 타임 래그로 각 흙층, 또는, 각 스테이지마다 인터벌 방식에 의해 주입한다. 선행하여 주입한 가소성 그라우트는 주변 지반을 압밀하고, 또는, 스스로, 또는 주입액이 탈수하는 것을 가지고, 연속적으로 거듭 주입을 함으로써, 해당 소정수의 다수의 삭공 내에 주입하는 지반 주입재가 각 삭공의 지반에 대해 흙층 또는 각 스테이지마다, 동일하게 옆쪽에 압밀 탈수 작용을 행하고, 강도를 올려, 전체적으로 변위를 억제하여, 해당 소정 지역의 지반의 강도를 증강한다.

<95> 예를 들면 소정 심도까지 선단에 토출구가 있는 주입관을 삽입하고, 주입 관의 끌어올림 스텝을 비가소상 겔이 되기 전의 가소상 겔의 범위 내에 토출구가 위치하도록 스텝 업하면서 가소상 겔의 괴상체를 확대시켜 압입한다. 나아가서는, 삭공에 삽입하는 주입관에 봉지체를 지표면 근처의 영역에 세트하고, 내부에 현탁형 그라우트를 압입하여 봉지를 주변에 팽창시켜 주변 지반을 압밀함으로써, 지표면에 가소성 주입재를 일탈하는 일 없이 지표면을 개량한다. 또한, 상기 봉지체보다 하부로부터 본 지반 주입재를 압입함으로써, 상기 봉지체 경화체에 대한 가소성 겔의 넘어감이 없고, 상기 봉지체에 의한 구속 효과에 의해 지반의 융기 등의 변위가 없으며, 지반 탈수 작용에 의한 강도가 전체로 및, 강도 향상이 전 영역적으로 도모되도록 할 수 있다.

<96> 이 경우, 봉지체의 설치 영역은 지표면에 가까운 심도, 예를 들면 3 m 범위(특히 1.5 m 범위) 내에 있도록 하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 이 영역은 가소상 겔이라 하더라도 지표면에 일탈하기 쉽기 때문이다. 또, 같은 이유에서 이 지표면에 가까운 영역에는 주입 구멍을 조밀하게 설치함으로써 지표면의 압축의 균등화를 도모하고, 또한 지표면 융기를 막을 수가 있다. 왜냐하면 지표면에 가까운 심도, 예를 들면 3 m 이내(특히 1.5 m 이내)의 영역에서는 한 개의 주입 구멍으로부터 다량의 주입을 실시하면 흙 덮힘이 적기 때문에 지표면에 일탈하기 쉬우며, 또한 지반 융기를 일으키기 쉽기 때문이다. 따라서, 이 영역은 주입 구멍을 심도가 큰 영역보다 조밀하게 하여 1개당 주입량을 적게 함으로써 지표면 부근을 균등하게 강화할 수 있다. 또, 지표면의 지반 개량은 상재압(上載壓)이 적기 때문에 지반 융기를 일으키기 쉬우며, 지반 융기는 지표면 수m 지름에 이른다.

<97> 따라서, 주입하는 주입 구멍을 인접하는 주입 구멍에 이행하는 것이 아니라 지반 융기의 영향 범위 외의 주입 구멍에 이행하여 주입하고, 지반 융기가 진정된 시점에서 인접하는 주입 구멍의 주입을 행하는 것이 바람직하다. 또, 지표면에 가까운 영역에 있어서는 상부에서 하부로 주입 스텝을 이행하여 본 지반 주입재를 압입하여 지표면 부근의 지반을 압축하고 나서 개량 지반의 최하부까지 주입관을 삽입하고, 하부로부터 위쪽으로 주입 스텝을 이행하여 주입함으로써 지표면의 지반 융기를 저감하고, 혹은 상부의 구속 효과에 의해 그보다 아래의 확실한 개량이 가능하게 된다.

<98> 또한, 본 발명의 주입에 있어서, 흙 중 수분이 배제되도록, 배수용의 드레인재를 나란히 설치하여, 간헐적(시간을 두고 주입함)인 배수 효과(주입을 중단하고 있는 사이에 탈수함)에 의한 지반의 측방 압밀 탈수 효과를 촉진시키며, 혹은 가소성 주입재의 탈수를 촉진할 수가 있다(이 드레인재의 적용은 점성토층의 지반 강화에 적합함). 혹은 배수관을 설치하여 지하수를 배제하고, 해당 압밀에 의한 속도를 향상시키도록 한다. 또한 주입관 측면에 흡수구를 설치한다. 이에 의해, 토출구로부터 주입재를 압입하면서 흡수구로부터 주입재의 과잉수나 토중수를 주입압으로 빨아올려 드레인 효과를 가능하게 한다.

<99> 또한, 지반의 융기 등의 변화를 계측하기 위해, 레이저 등의 센서에 의해, 실시간으로 해당 변화를 측정하여 지반의 압축량을 파악한다. 혹은, 해당 변화가 설계적으로 이상을 일으켰을 때에는, 즉응적으로 가소성 그라우트

의 주입을 조정하거나, 혹은, 주입 장치의 제어 장치를 통하여, 주입량이나 주입 심도의 변경을 행하고, 혹은 주입액의 비중이나 주입량이나 인터벌 시간 등을 자동으로 교체 조정하여, 소정 변위를 넘기 전에 다른 스테이지로 이행한다. 이에 의해 설계대로의 압밀 탈수에 의한 지반 강도의 향상을 확실히 행한다. 상기 지반의 변위 측정은 지표면에서의 지반 융기의 측정 이외, 스트레인 게이지를 붙인 계측봉을 지반 중에 세트하여 측정 방향에 대한 지반의 부위의 변화를 알 수 있으며, 또, 지반 중에 간극 수압계를 설치하여, 압밀 탈수 상황을 파악할 수 있다.

<100> 도 1은 주입 배치를 나타낸다. 본 발명은 본 지반 주입재를 주입관으로부터 연약 지반에 저속으로 압입하면, 주입 압력을 가하고 있는 동안은 유동성을 나타내는 가소성 겔이 괴상 겔의 범위를 넓히지만, 지반 중의 주입재의 선진부에서는 주입 압력에 의한 주변 흙입자에 대한 탈수에 의해 그라우트의 함수량이 저감하여 유동성이 없어져 가소상 겔로부터 비가소성 겔이 된다. 이와 같이 하여 주입 구멍 사이의 흙의 밀도가 증대하여 지반의 강도가 증가하여, 지반을 강화한다. 주입 구멍 간격은 토질(土質)이나 목표 개량도나 흙 덮힘의 크기에 따라 0.5~3.0 m가 유효하다.

<101> 다음으로, 본 발명을 도 2에 따라서 설명하면 이하와 같다. 이 경우의 주입은 도 2 (a)와 같이 로드 주입관을 사용하여 아래에서 위, 또는 위에서 아래로 순차 주입한다. 혹은 2중관 더플 패커 주입 외관을 설치하여 내관으로부터 복수의 토출구를 거쳐 주입해도 된다.

<102> 도 2 (b)의 실시 형태는 인터벌 방식의 기본적 실시예를 나타내는 것으로, 소정의 연약 지반(3), 소정 피치로 가로 방향으로 삭공(4)을 소정 심도로 형성하여, 주입관(9)을 삭공(4)에 삽입하여, 지상의 주입 장치로부터 현탁형 가소성 그라우트를 소정의 타임 래그로 인터벌 방식에 의해 주입관(9)의 소정 스테이지에 주입한다. 또, 소정 스텝 업, 혹은 스텝 다운을 통하여 반복하고, 주입을 지반(3)의 지역마다 반복하여 연속식으로 실시한다. 이 경우, 주입관은 주입관 로드를 사용해도 되고, 주입 외관 내에 주입 내관을 삽입하여 주입 스테이지를 이향하여 주입해도 된다.

<103> 이 경우, 각 사이클에서의 주입은 주입 초기에 있어서는 일탈하지 않도록 저압으로 주입하고, 지반(3) 내의 배수를 행하면서, 혹은 주입액의 탈수를 행하면서 주입하고, 소정 타이밍 후, 압송을 정지하면, 전술한 바와 같이 유동성을 잃어 경시적으로 고화하여, 후주입하는 지반 주입재는 선행하여 형성되어 있는 가소상 겔을 내측으로부터 측방향에 밀어내고, 상측의 지상 방향에는 일탈하지 않고, 연속적으로 가로 방향으로 겹쳐지는 방식으로 주입되어, 측방 지반의 압밀 탈수를 도모한다. 이때, 주입 영역 외측의 탈수가 도모되어 가소상 겔의 경화물에 의한 경화대가 형성되어, 후주입의 지반 주입재에 의한 가소상 겔화물이 겹쳐 큰 덩어리로 증대해간다.

<104> 이 경우, 지반(3)의 소정 영역에 대해, 삭공을 가로 방향 소정 간격으로 형성하고, 각 삭공에 대해, 별개로 주입관(9)을 삽입하여, 소정 타임 래그로 밸브(5), 펌프(p)를 통하여 주입 장치에 접속한다. 그리고, 지반 주입재를 컨트롤러(6)에 의해 소정의 프로그램을 통하여, 가로 방향으로 병렬적으로 형성된 삭공(4)에 대해, 소정 타임 래그로 인터벌 방식에 의해 주입하여 지반이 서로 인접하는 삭공(4)의 측방 지반의 전영역적인 압밀 탈수를 행하여, 결과적으로 전영역적인 지반 강도의 향상을 도모한다.

<105> 즉, 개량 지반은 주입 구멍을 통하여 소정의 영역에 한 번에 다량의 지반 주입재를 압입하면 주변 토양이 충분한 범위를 압밀하기 전에 파괴되거나, 지반 융기하거나 하게 된다. 그러나 전체 주입양을 분할하여 인터벌로 압입하면, 주입의 중단에 의해 유동이 정지하여 그 위치에 유지된다. 그리고 그 주변에는 순차 괴상 가소성 겔에 의한 고결체가 성장하여, 기둥형상 고결체에 끼워진 밀도가 증가한 복합 지반이 된다.

<106> 물론, 해당 태양에 있어서는, 소정의 인터벌 방식을 취함으로써, 소정 타이밍으로 전체 삭공(4)을 일순(一巡)한 후는, 초기의 삭공(4)으로 돌아오는 것이 가능하며, 해당 관의 인터벌의 지반 주입재의 주입에 있어서, 형성된 가소상 겔의 괴상체는 고화하고, 지반(3)에 대한 압밀 상태를 유지한다. 즉, 주입 구멍을 통하여, 소정의 영역에 한 번에 다량의 지반 주입재를 압입하면, 주변 흙이 충분한 범위를 압밀하기 전에 파괴해 버린다. 그러나 전체 주입량을 분할하여 인터벌로 압입하면, 가소성이기 때문에 주입의 중단에 의해 유동이 정지하고, 그 위치로 유지되어 순차 괴상 가소성 겔에 의한 고결체의 크기가 성장하여, 기둥형상 고결체와 그 기둥형상 고결체에 끼워진 밀도가 증가한 영역의 복합 지반이 된다.

<107> 이 때문에, 주입 압력은 지반 융기에 작용하는 것보다도 측방향에 대한 압밀 작용이 발생한다.

<108> 또한, 삭공(4)의 축 방향 윗 방향에는 소정 타임 래그로 주입하는 가소상 겔의 기능에 의해, 변위가 수직 방향보다도 수평 방향으로 일어나기 쉽고, 따라서, 지반(3)의 위쪽에 대한 융기는 피할 수 있다.

<109> 도 2 (c)는 인장 강도를 가지는 주입관을 갖는 주입관(9)(혹은, 주입관에 인장재를 포함하는 보강재여도 됨)을

지반에 설치하여 가소성 그라우트를 압입한 경우의 지반의 강화 모델을 도시한다. 도 2 (c)에 나타내는 바와 같이, 지반을 삭공하여 주입관(9)을 매설하여 소정의 위치에서 가소성 주입재를 압입하고, 주변 지반에 고결체를 형성함으로써, 주변의 흙이 압축하여 고결에 의한 토중(土中) 앵커가 형성된다. 이 토중 앵커에 의해 인장 강도를 갖는 주입관(9)이 지반에 정착된다. 이 상태만으로도 지반이 변위하게 되면, 인장체에 신장이 생겨 지반에 인장 강도가 부여된다.

<110> 또한, 도 2 (a), (b)에 있어서 주입 외관으로부터 주입 내관을 통해 주입하는 경우, 축 방향으로 복수의 토출구를 갖는 주입 외관에는 토출구에 고무 슬리브를 씌워 역지 밸브의 역할을 한다. 이 주입 외관 내에 싱글 패커 혹은 더블 패커를 갖는 주입 내관을 삽입하여 최하부의 외관 토출구로부터 본 지반 주입재를 압입하고, 위쪽으로 스텝 업하여 압입하여 지반 강화를 실시한다.

<111> 이 경우 주입 외관의 설치를 위한 보링 작업과 주입 작업은 따로따로 행할 수 있다. 또, 주입 외관 내를 재보링하여 재주입할 수도 있고, 주입 심도마다 확실한 주입이 가능하고, 또한 주입 외관의 인장력을 지반에 부여할 수 있어 말뚝 효과(pile effect)를 얻을 수도 있다.

<112> 또, 본 발명 주입재와 용액형 주입재를 병용함으로써 사질토와 점성토의 호층으로 이루어진 지반을 개량할 수 있다. 점성토는 용액형 그라우트에 의한 침투 주입이 불가능하기 때문에, 종래 겔 강도가 큰 현탁형 그라우트의 맥상 주입이 행해지고 있었으나, 소정 범위로 주입하는 것이 불가능하기 때문에 그 효과는 불확실하였다. 그런데, 상기 주입관을 사용하여 침투 불능인 토층에 가소상 그라우트에 의한 압밀 주입을 행하면, 침투 주입 불가능한 토층은 용액형 그라우트로 개량하는 것이 가능해진다. 예를 들면 용액형 그라우트를 주입한 다음 본 지반 주입재를 압입하면 전체의 지반 개량이 가능해진다.

<113> 이렇게 하여, 상술한 바와 같이, 본 출원의 발명에 있어서는, 각 삭공(4)에 주입된 본 지반 주입재는 지반(3)의 측방의 가압 탈수 작용을 행하여 위쪽에의 일탈은 저지된다. 따라서, 지반의 융기 등은 생기기 어려우나, 지반 표면의 융기나 각 서로 인접하는 삭공 상호간의 변형량을 측정하기 위해 도 3에 나타내는 바와 같이 레벨 센서에 의한 레벨 검출 방식을 이용한다. 도 3에 나타내는 바와 같이 레이저 빔 발생 장치(11)에 대해, 지상부의 지표면 혹은 건조물 주입의 영향을 받는 위치에 설치한 레이저 수신 장치(12)를 통하여, 레이저 빔 센서(15)를 설치한다.

<114> 그리고 수신 장치 및 컴퓨터(17)를 통하여, 적절히 주입 제어 장치(18)에 의해, 도면에 나타내는 바와 같이 주입관(9)에 대한 주입 스테이지의 이향, 본 지반 주입재의 주입의 주입량이나 인터벌 시간이나 비중 등을 조정적으로 제어하도록 한다. 이때 레이저 빔 장치(11)로부터 발생하는 레이저 빔이 정밀하게 제작된 레이저 빔 센서(15)에 대해, 수신 장치(12)가 상하로 변위하여, 지반(3)의 융기 등이 정확하게 검출된다. 그리고 컴퓨터(17)를 통하여, 도시하지 않은 주입 제어 장치를 움직이거나 멈추게 하고, 간헐적으로 주입하는 본 지반 주입재의 측방 지반의 압밀 탈수에 최적인 타이밍과 양으로 주입을 행하고, 지반의 융기 등을 측정하면서, 주입의 중지, 주입량의 조정, 다른 주입 지점에 대한 이향 등 최적으로 주입을 행한다.

<115> 또한, 해당 도 3에 나타내는 바와 같이, 주입의 압밀체의 측방 변위나 지반의 융기 등의 계측 검지는 레이저 광선을 이용하고, 또, 광학적으로 검지하기 위해, ㎜ 단위의 정밀한 계측이 필요하다.

<116> 따라서, 해당 삭공(4)의 변위나 지반(3)의 융기는 광범위에 걸쳐 정밀한 계측이 가능하고, 지반(3)의 변위 등의 미소한 변위를 정확하게 검출하여 설계대로의 지반(3)의 강도 향상을 실시할 수 있다.

<117> 이렇게 하여, 상술 실시예에 있어서, 측방 지반(3)에 대한 압밀 탈수 작용을 통하여, 지반(3)의 강도를 향상하는 것이 기본적으로는 가능하나, 지반 주입재의 지반(3)에 대한 주입 부위에 지반(3) 중의 수분이 한쪽으로 일주(逸走)하여 다른 지반(3) 부분의 유동성을 높이거나 할 우려가 있기 때문에, 액상화 현상 등의 잠재적인 원인을 제외할 수 있도록, 본 지반 주입재의 주입에 수반하여 배제되는 지반(3) 중의 수분을 강제적으로 배출할 수 있도록 페이퍼 드레인이나 샌드 드레인 등의 드레인재(배수성이나 토성이 다른 지층을 관통하여)를 나란히 설치하고, 압밀 작용과 탈수 작용을 양쪽 모두에 걸쳐 적극적으로 실시할 수 있다.

<118> 도 4는 개량해야 할 지반에 굴곡하여, 또 굴곡 직선을 임의로 조합 보링하고, 혹은 세로 말뚝으로부터 건조물의 기초 아래에 수평 보링하여 얻어진 보링 구멍 중에, 복수의 외관 토출구를 갖는 외관을 설치하고, 이 외관 내에, 내관을 이동이 자유롭게 삽입하고, 이에 의해 내관과 출구로부터 외관 토출구를 거쳐 본 지반 주입재를 지반 중에 주입하도록 한 태양을 나타내는 것으로, 이에 의해 지반 주입을 실시하기 어려운 이미 설치된 구조물 하부의 지지 지반을 급속하고 또한 확실하게, 또한 경제적으로 지반 주입하여, 지반 침하나, 지진시에 있어서의 지반의 액상화를 미연에 방지할 수가 있다.

<119> 도 4 (a)는 구조물 바로 아래의 개량해야 할 지반 처리의 기본 모식도이다. 도 4 (a)에 도시된 바와 같이, 빌딩, 폐기물 처리장, 용수지, 저수지 등, 이동 불가능한 구조물 바로 아래의 개량해야 할 지반의 근방 지표면으로부터 지반 중에 굴곡하고, 또는 굴곡과 직선을 조합하여, 보링 구멍을 형성한다. 다음으로 이 보링 구멍 중에 설치한 주입관으로부터 가소성 주입재를 압입한다.

<120> 도 4 (b)는 구조물 하부의 지반 주입예이며, 구조물 하부의 깊이 방향으로 복수층 적층하여 처리할 수도 있다.

<121> 다음으로, 본 발명의 다른 실시예의 형태를 도 5에 나타낸다. 도 5 (a)는 지반 중에 케이싱 등 관체를 설치한 다음 철근 등의 인장재를 삽입하고, 지반 주입재에 압입하면서 케이싱을 뽑아내고, 지반 중에 괴상 고결체를 형성하여, 주변 지반을 압축하여 강화할 뿐만 아니라, 압축 말뚝 또는 인장 말뚝으로서의 효과도 있는 말뚝체와의 복합적 지반 강화를 도모하는 태양이고, 도 5 (b)는 가소성 주입재의 압입에 의한 말뚝 기초의 지반의 강화 모델이며, 도 5 (c)는 방토 벽(earth-retaining wall)에서의 가소성 주입재에 의한 앵커 형성의 태양을 나타낸다. 도 5 (b) 및 도 5 (c)도 도 5(a)의 방법을 사용해도 되며, 인장력을 갖는 외관을 이용하여 내관으로부터 주입함으로써 외관의 인장재로서의 효과를 부여해도 된다.

<122> 본 발명의 주입 관리 방법으로는, 지반 주입재의 배합으로부터 주입재 송액 계통(liquid delivery system)을 통해 지반 중의 복수의 주입 포인트에 주입할 때까지의 주입 상황을 화면 표시하고, 일괄 감시를 행하여 주입 관리를 실시한다.

<123> 도 6은 본 발명의 실시에 제공되는 주입 관리 방법의 한 구체적인 예를 나타내는 플로우 시트로서, 집중 관리 장치 X1에 의해 주입 상황의 일괄 감시, 관리를 행하고, 항상 그 상황이 주입 감시반 X2에 화면 표시된다.

<124> 도 7에 집중 관리 장치 X1의 조작 플로우 차트를 나타내면서, 도 6에 대해 설명한다. 우선, 주입 목적, 주입 조건에 따라 주입 사양 파일을 집중 관리 시스템 X1에 미리 설정해 두고(시스템 사양 설정 등록), 이어서 집중 관리 장치 X1의 개시 스위치를 ON으로 하여 데이터 기록을 개시한다. 이때, 주입 감시반 X2에도 램프로 ON 표시가 되어 있으며, 주입 데이터가 화면에 표시된다. 또한, 여기서 말하는 주입 사양 파일이란 재료의 배합량, 그라우트의 유동 규정값(적정 유동 범위), 또 압력 규정값(적정 압력 범위), 규정 주입량(적정 적산 주입량 범위), 즉, 원하는 그라우트의 유동 특성, 주입 압력, 유량(단위 시간당 유량 및/또는 적산 유량) 등이다. 또, 상기에 있어서 지반 융기의 적정 범위를 더해도 좋다.

<125> 집중 관리 장치 X1의 지시에 의해, 물, 분립소재가 각각 계량기(23)를 구비한 물 탱크(4) 및 분립 소재를 저장하는 호퍼(25)로부터 믹서(27)에 정량 공급되어 교반 혼합된다. 또 이 시점에서 겔화 촉진제를 첨가하는 경우는, 겔화 촉진제를 저장하는 호퍼(26)보다 계량기(23)를 통하여 첨가된다.

<126> 믹서(27) 내에서 충분히 혼합된 그라우트는 믹서(27)에 장착된 혹은 따로 구비된 유동 특성 계측 장치(28)에 의해 유동 측정이 행해져서, 결과는 집중 관리 장치 X1을 통하여 주입 감시반에 표시된다. 여기서 나타내는 유동 특성이란 그라우트의 플로우, 혹은 슬럼프, 겔 타임, 혹은 점도, 혹은 전단 강도(콘에 의한 관입 측정 등이 사용됨) 등에 의해 판단되는 것이다. 소정의 유동성이 얻어지면 배합 완료로 되어, 그라우트는 믹서(27)보다 도관(29)을 통하여, 다시 그라우트 펌프(30)에 송액된다. 또 소정의 유동성을 얻지 못하고 있는 경우, 집중 관리 장치 X1의 지시에 의해 재차, 재료(물, 혹은 분립 소재, 혹은 겔화 촉진제)의 첨가가 행해져, 이것은 소정의 유동 특성이 얻어지기까지 반복된다.

<127> 여기서는 믹서(27) 내로부터 직접 그라우트를 꺼내는 것도 가능하고, 유동 특성 계측 장치(28) 및 집중 관리 장치 X1을 통하지 않고, 실제로 수동으로 유동성을 확인할 수도 있다.

<128> 그라우트 펌프(30)에 보내져 그라우트는 주입 과정으로 이향한다. 집중 관리 장치 X1로부터의 지시에 의해, 밸브(5)가 열리고 그라우트 펌프(30)는 원하는 압력으로 그라우트를 가압한다. 가압된 그라우트는 도관(29), 주입 호스(31), 주입관(9)을 통하여 지반(3)에 주입, 압입된다.

<129> 도관(29')에는, 압력계 p_0, 유량계 f_0가 장착되고, 측정된 주입 압력, 유량(단위시간당 유량 및/또는 적산 유량)은 유량 압력 제어 장치(32)에 송신되는 동시에, 집중 관리 장치 X1에 의해 관리된다.

<130> 주입 압력 및 유량이, 미리 설정된 압력 규정값(적정 압력 범위), 규정 주입량(적정 적산 주입량 범위)이 아닌 경우, 혹은 지반 융기량이 적정 범위보다 큰 경우, 주입은 중단되던가, 혹은 집중 관리 장치에 의해 조정 및 제어의 지시가 송신된다. 또, 상시 데이터는 주입 감시반에 화면 표시되므로 주입 상황에 따라, 주입 조건의 변경이 가능하며, 또는 주입 긴급 정지를 행할 수 있다.

<131> 또한, 유량계 f_0 으로는, 회전유량계, 전자유량계 등, 임의의 유량계를 사용할 수 있으며, 펄스로 출력된 전기 신호의 유량은 유량 압력 제어 장치(32)를 통하여 집중 관리 장치 X1에 입력되어 카운트된다. 유량계 f_0 및/또는 압력계 p_0으로부터의 정보에 근거하는 집중 관리 장치 X1로부터의 지시에 의해 그라우트 펌프(30)의 회전수를 조정하여 매분 유량이나 주입 압력을 제어한다.

<132> 또, 집중관리 장치 X1에 의해, 인버터에 의해서 펌프의 회전수를 조절하여 유량을 제어한다.

<133> 그라우트 펌프(30)는 인버터 또는 무단 변속기를 갖는 펌프, 혹은 리턴 장치를 갖는 펌프여도 된다. 인버터나 무단 변속기는 집중 관리 장치 X1의 지시를 받지 않아도, 직접 유량을 조정하여 소정의 압력값으로 세트할 수도 있다. 또, 리턴 장치도 직접 조정하여 도관(29')의 압력이 원하는 압력을 유지하도록 리턴시키는 것도 가능하다. 또한, 상술한 조정은 수동으로 행해도 된다.

<134> 또, 그라우트 펌프(30)를 대신하여 컴프레서를 사용할 수도 있다. 믹서(7)로부터 그라우트를 우선, 가압 용기를 마련하고, 이에 충전하고, 그 다음에 컴프레서의 작동에 의해 가압 용기 중의 그라우트를 가압하여 가압 주입 그라우트로 한다.

<135> 주입관(9)에는 밸브(5)가 장착되고, 이 밸브(5)는 집중 관리 장치 X1로부터의 전기 신호에 의해 자동적으로 개폐된다. 복수 개의 주입관(9)을 사용하여, 지반(3)중의 복수의 주입 포인트(22)로부터의 동시 주입, 연속 주입, 인터벌 주입, 또는 이들을 조합하여 주입을 행한다. 또 밸브(5)는 주입이 완료한 시점에서 수동으로 닫힐 수도 있다.

<136> 모든 주입을 완료한 후, 집중 관리 장치 X1의 개시 스위치를 OFF로 함으로써 집중 관리 장치 X1에 의한 데이터의 기록이 종료한다.

<137> 배합으로부터 주입까지의 데이터를 집중 관리 장치 X1에 송신하고, 주입 감시반 X2에 화면 표시함으로써 주입 상황의 일괄 감시를 행하여, 그라우트의 유동 특성, 송액 계통의 주입 압력, 유량을 소정의 범위로 유지하면서 주입하는 동시에, 주입의 완료, 중지, 계속, 또 재주입을 행한다.

<138> 또, 집중 관리 장치 X1의 지시에 의해 자동 개폐되는 겔화 촉진재의 분기 밸브(34)를 설치함으로써, 겔화 촉진제(11)의 배합시를 관리한다. 미리 시스템 사양 설정에 겔화 촉진제의 첨가시를 등록하고, 믹서(27) 내에서의 혼합, 그라우트 펌프(30)에의 송액 전의 첨가 및 겔화 촉진제 펌프(35)를 통하여 그라우트 펌프(30)로부터 압송된 그라우트에 겔화 촉진제를 첨가하는 것도 가능하다.

<139> 본 발명에 사용되는 주입 공법은 도 7에 있어서, 유동 특성 계측 장치(28), 유량 압력 제어 장치(32)나 지반(혹은 구조물) 변위 계측기 혹은 다시 자동개폐 가능한 밸브(5)를 설치하고, 이것을 집중 관리 장치 X1에 접속하고, 또한 데이터를 주입 감시반 X2에 화면 표시한 것에 특징을 갖는다. 주입 감시반 X2에는 주입 연월일, 주입 시간 등의 「시간 데이터」, 재료의 배합량, 그라우트 성상 등의 「그라우트 데이터」, 주입 블록 No., 주입 구멍의 구멍 번호, 주입 포인트 등의 「장소 데이터」, 주입 압력, 유량(단위 시간 유량이나 적산 유량) 등의 「주입 데이터」가 표시된다. 그 외, 주입액 식별 데이터나 지반(혹은 구조물) 변위 데이터를 표시할 수도 있다.

<140> 도 9에 예를 들면 10개의 송액 계통을 갖는 주입을 행했을 때의 송액 계통의 데이터(유량, 압력, 적산 유량, 최대 압력의 합계 40 데이터)를 주입 감시반 X2 위에 하나의 화면에 표시한 화면을 나타낸다. 도 9의 화면을 상술하면 이하와 같다.

<141> 상반분의(上半分의) 2 화면:

<142> 그룹 1: 1호~5호의 적산 유량, 최대 압력 디지털 표시

<143> 그룹 2: 6호~10호의 적산 유량, 최대 압력 디지털 표시

<144> 적산 유량은 20분간의 주입량이다. 또, 최대 압력은 30초마다 표시되고, 19분 30초부터 20분까지 동안의 최대치를 표시하였다. 최대 압력이 설정 압력 이상 계속되면, 그 송액 계통의 주입은 종료하는 것의 판단이 된다. 또, 적산 유량이 설정 적산 유량에 이르렀을 경우도, 이 송액 계통의 주입은 종료하는 것의 판단이 된다.

<145> 하반분(下半分)의 2 화면:

<146> 그룹 3: 1호~5호의 유량, 압력 트렌드 표시

<147> 그룹 4: 6호~10호의 유량, 압력 트렌드 표시

<148> 2 화면의 각각의 좌측은 각 송액 계통에 있어서의 시간(t)의 경과에 대응하는 순간 유량과 순간 압력의 차트를 나타내고, 우측은 19분 30초부터 20분까지의 평균 순간 유량(ℓ/분)과 평균 순간 압력(MPa)을 나타낸다.

<149> 이와 같이 하여, 도 8의 화면에 도시된 바와 같이, 주입 감시반 X2에는 송액 계통 No. 1~10의 송액 상태가 동시에 표시되나, 하나의 송액 계통마다 화면을 변환하면서 표시할 수도 있다. 또한, 유량 압력 제어 장치(32)에서의 설정 압력, 실제 압력, 송액 유량, 적산 송액 유량을 동일 화면 또는 다른 화면에 표시해도 된다. 이에 의해, 압력, 유량과의 관계를 실시간으로 파악할 수 있어, 주입을 소정의 설정 범위 내에 들어가도록 관리할 수 있다. 또, 도 8에 있어서 최대 압력 대신에, 압력이나 유량을 표시해도 된다. 또한, 집중 관리 장치 X1은 주입 사양 파일, 주입 결과 일람표, 주입 차트, 일계표, 주계표, 월계표 등의 장표 작성 및 해석 데이터의 작성도 행할 수 있다.

<150> 주입 사양 파일은 집중 관리 장치 X1의 동작 설정 파일이며, 주입액 송액 계통의 주입 완료 조건의 규정 압력값, 규정 주입량의 설정을 행한다. 각 장표 파일은 등록된 유량, 압력, 적산 유량 혹은 최대 압력의 각 데이터와, 구멍 번호 등의 수동 입력, 또는 자동 입력에 의한 데이터로부터 변환 작성된다. 또한, 해석 데이터는 각 장표로부터 변환 작성된다.

<151> 도 8의 주입 감시반 X2의 화면에 있어서, 각 송액 계통의 1개마다 한 장씩, 예를 들면 도 9에 도시되는 주입 구멍에 있어서의 주입 포인트마다, 블록 No., 주입 구멍 No. 및 스테이지 No.와 함께 압력, 유량, 차트를 표시할 수도 있다.

<152> 또한, 이들 데이터로부터 주입 구멍마다, 예를 들면, 도 9의 블록 No. 1, 주입 구멍 No.3에 대해 표시하면, 도 10에 도시된 바와 같이, 각 스테이지마다, 시간 t에 대한 주입 압력 P, 유량 Q 및 적산 유량을 표시할 수도 있다. 또, 이들을 도 11에 나타내는 바와 같이 3차원적으로 표시함으로써, 각 스테이지에서의 N값과 흙을 덮는 중량에 의한 압력으로부터 상정한 허용 주입 압력, 범위, 목표 N 값으로부터 상정한 허용 주입량을 기준으로 설정하였다. 각 주입 스테이지에서의 주입량으로부터 주입 전의 N 값의 데이터로부터 주입 후의 목적 N 값에 대응한 지반 개량 효과의 예측이 실시간으로 가능해진다.

<153> 이와 같이 하여, 가압 주입 그라우트의 소정 설정의 유량 내지는 설정 압력을 가지고, 혹은 한계 범위 내의 유량 내지는 압력을 가지고, 송액 압입한다. 이 결과, 확실하게 또한 개량 효과의 예측까지 가능해진다. 또, 상기의 설정 압력, 설정 주입량은 시험 주입의 데이터를 가미하여 보정할 수가 있다.

실 시 예

<178> 이하, 본 발명을 실시예에 근거하여 구체적으로 기술하나, 본 발명은 이들 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

<179> **사용 재료**

<180> (1) 플라이 애시(fly ash)

<181> 화력 발전소에서 배출되는 석탄재: FA, 실리카계 비경화성 분상체

<182> 밀도 1.9~2.3 g/㎤, 입도 분포 0.1 ㎜ 이하가 90% 이상

<183> (2) 시멘트

<184> 보통 포틀랜드 시멘트: PC, 경화 발현재

<185> (3) 황산알루미늄

<186> 황산알루미늄, Al_2O_3=17.2%, 겔화 촉진제

<187> (4) 물 유리

<188> JIS3호 물 유리, SiO_2=29.0%, Na_2O=9.0%, 몰비 3.3, 겔화 촉진제

<189> (5) 소석회

<190> 공업용 수산화칼슘, 겔화 촉진제 및 경화 발현재

<191> (6) 슬래그

<192> 슬래그 8000 블레인 값, 경화 발현재 및 실리카계 비경화성 분상체

<193> (7) 석고

<194> 반수 석고, 경화 발현재

<195> (8) 소각재

<196> 쓰레기 소각로로부터 배출되는 소각재, 실리카계 비경화성 분상체

<197> 밀도 2.5~2.7g/㎤

<198> (9) 벤토나이트

<199> 보수재 및 증점재

<200> (10) 기포제

<201> 사전 발포형 에어 발생제

<202> (11) 알루미늄 분말

<203> 사후 발포형 에어 발생제

<204> **배합예 1~3**

<205> 플라이 애시, 시멘트, 물을 반죽하여 혼합한다. 플라이 애시와 시멘트의 배합량은 동일하게 하여 물의 배합량만을 변화시켰다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 1~3의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기의 표 1에 나타낸다.

표 1

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	물 ml	물성값							
				경화발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	초기점성 cps	1일강도 MN/m^2
1	400	35	153	8.05	35	480	12	3.0	20 (8시간)	740	0.31
2	400	35	131	8.05	30	300	11	2.0	20 (5시간)	950	0.56
3	400	35	109	8.05	25	2	7.5	0.7	20 (2분)	2100	0.84

<206>

<207> 표 1에 있어서, 겔화 시간이란 배합후 가소성 겔을 나타낼 때까지의 시간을 말하며, 테이블 플로우가 대략 20㎝가 된 시점을 겔화 시간으로 한다. 또, 가소성 유지 시간과는 정지해 두면 겔상을 유지하나, 힘을 가하면 유동하는 상태를 나타내고 있는 시간을 말한다.

<208> **배합예 4~6**

<209> 플라이 애시, 시멘트, 물을 반죽하여 혼합한다. 물의 배합량은 동일하게 하여 플라이 애시와 시멘트의 배합량을 변화시켰다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 4~6의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기 표 2에 나타낸다.

표 2

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	물 ml	물성값							
				경화 발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	초기 점성 cps	1일 강도 MN/m^2
4	400	35	153	8.05	35	480	12	3.0	20 (8시간)	740	0.31
5	370	65	153	14.94	35	420	7	4.5	20 (7시간)	1020	1.50
6	217.5	217.5	153	50.00	35	360	2	6.0	20 (6시간)	4000	4.32

<210>

<211> 표 2에서, 경화 발현재비가 커지면 블리딩률이 커지게 되어, 가소상 유지 시간이 짧아지고, 초기 점성도 높아지며, 탈수에 의해 급속히 물분체 비가 저하하여 맥상으로 갈라져 주입되기 쉽다. 따라서, 경화 발현재 비는 50% 보다 적고, 바람직하게는 1~20%, 더욱 바람직하게는 1~15%, 가장 바람직하게는 1~10%가 적합하다. 또한, 본 발명에 있어서, 포틀랜드나 시멘트가 아니어도 고로(高爐) 시멘트, 알루미나 시멘트, 조강 시멘트, 슬래그 시멘트, 그 이외 임의의 시멘트를 사용할 수가 있다.

<212> **배합예 7, 8**

<213> 표 1의 배합예 1, 2에 황산알루미늄을 첨가하여, 겔화를 촉진시켰다. 여기서 겔화를 촉진한다고 하는 것은 배합후 가소성을 나타낼 때까지의 시간을 단축하고, 혹은 플로우를 작게 하는 것을 말한다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 7, 8의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기의 표 3에 나타낸다.

표 3

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	물 ml	황산알루미늄 g	물성값									
					경화 발현재비 %	물분체비 %	황산알루미늄 첨가량 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm		초기 점성 cps	1일 강도 MN/m^2
											5분 후	30분 후		
7	400	35	153	2.16	8.05	35	0.5	45	14	0.8	X	21.0	1070	0.10
8	400	35	131	2.16	8.05	30	0.5	5	8	0.5	20	18.5	1800	0.21

<214>

<215> 주) 표 중 X는 측정불능을 나타낸다.

<216> 표 3에서, 황산알루미늄을 첨가함으로써 겔 타임이 단축되나, 가소상 유지 시간은 그만큼 단축되지 않으며, 또 블리딩률도 감소하여, 가소상 그라우트로서의 작업성을 향상할 수 있다고 생각된다. 단, 황산알루미늄에는 강도 발현을 저하시키는 성질이 있기 때문에 분체에 대해 첨가량은 2.0% 이내, 바람직하게는 1.0% 이내를 사용한다.

<217> **[가소성 그라우트로서의 요인과 조건]**

<218> **(1) 경화 발현재 비**

<219> 그라우트에 포함되는 분체, 즉 플라이 애시와, 플라이 애시의 함유량에 대한 시멘트의 함유량: 시멘트(경화 발현재) 중량/{플라이 애시(실리카계 비경화성 분상체) 중량 + 시멘트(경화 발현재) 중량} × 100[%]

<220> 시멘트는 경화 발현재이며, 또한 플라이 애시의 가소재라고도 할 수 있다. 플라이 애시는 시멘트와 혼합함으로써 포졸란 반응을 일으켜 고결 강도를 얻는다. 그러나 경화 발현재비를 크게 함에 따라 가소상 그라우트로서의 특성이 저하한다. 즉, 침전하여 블리딩이 커지게 되어 침전한 것은 유동하기 어려우며, 가소상 겔이 되기 어렵기 때문에, 경화 발현재비는 50% 미만으로 하나, 그 바람직한 범위는 황산알루미늄(겔화 촉진제)을 첨가하지 않는 경우 1~20%, 바람직하게는 1~15%, 더욱 바람직하게는 1~10%이다. 또 황산알루미늄을 첨가하는 경우는 2~40%, 바람직하게는 2~20%이다.

<221> **(2) 물분체 비**

<222> 그라우트 중의 분체에 대한 물의 함유량: 물 중량/{플라이 애시(실리카계 비경화성 분상체) 중량 + 시멘트(경화

발현재) 중량} × 100[%]

<223> 이 값이 작으면 가소상으로 되기 쉽다. 즉, 배합후 가소상 겔이 되는 시간이 짧아지고, 또한 플로우 값이 작아진다. 그러나 물분체 비가 너무 작으면 작업성을 손상하기 때문에, 그 범위는 20~200%, 바람직하게는 20~100%, 더욱 바람직하게는 20~50%(중량비)로 한다. 그러나 물 유리를 촉진제로서 사용하는 경우는, 물분체비는 크게 취할 수 있다. 그 외, 혼합 조건, 환경, 또 재료에 의해, 그라우트의 성상은 달라지기 때문에, 후에 나타내는 블리딩률, 플로우 값, 강도의 측정이 중요해진다.

<224> **(3) 황산알루미늄 첨가량**

<225> 그라우트 중의 분체에 대한 황산알루미늄의 첨가량: 황산알루미늄 중량/{플라이 애시(실리카계 비경화성 분상체) 중량 + 시멘트(경화 발현재) 중량} × 100[%]

<226> 황산알루미늄은 겔화 촉진제이며, 플라이 애시와 시멘트의 유동성 있는 상태 중에 첨가하면, 겔화를 촉진시켜, 가소상 겔이 되는 시간을 앞당긴다. 단, 황산알루미늄에는 고결 강도를 저하시키는 작용도 있으므로, 그 첨가량은 20% 이하, 바람직하게는 0.1~10%로 한다.

<227> **(4) 겔 타임**

<228> 여기서는 일반적인 물 유리계 그라우트로 보여지는 것과 같은 고화상으로 되는 화학적 겔화를 의미하는 것이 아니라, 배합 후, 자기 무게에 의한 유동성이 없어져서, 힘을 가하면 유동하는 가소상 겔이 될 때까지의 물리적 겔화 시간을 겔 타임이라고 표현한다. 일반의 물 유리를 주재로 하는 그라우트와 달리, 명확한 겔화 시간을 나타내는 것은 불가능하다. 따라서 플로우 값을 사용하여 그 값이 20 ㎝ 이하로 되었을 때를 겔화로 간주하고, 이것을 겔 타임으로 하였다.

<229> **(5) 가소상 유지 시간**

<230> 아스팔트 침입도 시험 방법 JIS K 2530-1961에 준하여 총 질량 230 g, 선단 각도 15도, 36 ㎜의 관입 콘을 사용하여 정적 관입 저항을 측정하고, 관입 저항값이 0.01 MN/㎡를 넘은 비가소상 겔이 되는 시점을 고결 또는 경화라고 간주하여, 겔화로부터 고결에 이를 때까지의 시간을 가소상 유지 시간으로 하였다.

<231> **(6) 블리딩률**

<232> 배합 후, 그라우트를 충분히 혼합시키고, 이어서, 200 ㎖ 메스 실린더에 그라우트를 넣어 정지 밀폐하고, 1시간 경과 후에 블리딩 수량(표면에 뜨는 액체)을 측정하여, 다음 식으로 블리딩률을 구한다.

<233> (블리딩 수량/메스 실린더 용량) × 100[%]

<234> 여기서는 1시간 경과후의 블리딩 비율을 나타낸다. 1시간 경과후의 블리딩률이 10% 이상의 배합에서는, 주입액이 분리하기 쉽고 맥상 또는 균열상으로 주입되기 쉽다. 그 후, 시간이 경과하면 다시 블리딩률이 증대한다. 따라서, 1시간 경과의 블리딩률은 10% 이하, 바람직하게는 5% 이내의 배합이 바람직하다. 도 12에, 표 1, 3에 있어서의 황산알루미늄의 유무에 의한 물분체 비와 블리딩률의 관계를 나타낸다.

<235> **(7) 플로우 값**

<236> 플로우 시험(JIS R 5201 테이블 플로우)에 근거하여, 그라우트에 15초간에 15회의 낙하 운동을 부여하여, 그 확대를 측정하였다. 가소상 그라우트로서는 약 18~19 ㎝가 적합하다고 되어 있으나, 본 발명에서는 플로우 값이 20 ㎝ 이하가 되는 시점에서 자기 무게에 의한 유동성이 없어진 것으로서 겔 타임으로 하였다. 본 발명에서의 유동성 주입재는 지반 중에 주입하여 가압 탈수에 의해서 물분체비가 저하하여 테이블 플로우가 20 ㎝ 이하에 이르는 배합이 이용된다. 또, 실린더에 의한 플로우는 높이 8 ㎝, 직경 8 ㎝의 원통에 그라우트를 채우고, 원통을 없앴을 때의 그라우트의 확대를 측정하는 것이다. 상술한 테이블 플로우보다 간단하고 쉽게 측정할 수 있기 때문에 현장 등에서 사용되는 경우가 많으나, 간단하고 쉽기 때문에 인위적인 오차가 생길 가능성이 있다. 도 15에 테이블 플로우와 실린더에 의한 플로우의 대략의 관계를 나타낸다.

<237> 이와 같은 배합에서는, 물분체 비가 큰 배합으로도 탈수에 의해 지반 중에서, 물분체 비가 20% 이하가 되어, 가소상 겔로부터 비가소상 겔을 거쳐 고화한다.

<238> **(8) 초기 점성**

<239> B형 점도형을 이용하여 배합 직후의 배합액의 점도를 계측하였다. 혼합 직후는 유동성이 있기 때문에 계측할 수 있었으나, 겔화하면 100000 cps 이상이 되어 측정 불가가 된다. 도 13에 표 1, 3에서의 황산알루미늄의 유

무에 의한 물분체 비와 1축 압축 강도의 관계를 나타낸다.

<240> **(9) 1축 압축 강도**

<241> 배합 후, 충분히 혼합한 그라우트를 직경 5 ㎝, 높이 10 ㎝의 몰드에 채우고, 정지한 상태에서 1일 양생하여, 1축 압축 강도를 측정하였다. 도 14에 표 1, 3에서의 황산알루미늄의 유무에 의한 물분체 비와 1축 압축 강도의 관계를 나타낸다.

<242> 도 14에 의하면, 황산알루미늄의 첨가에 의해 강도가 저하되어 있다. 또, 물분체 비가 많으면 고결 하기까지의 시간이 길어지기 때문에, 물분체 비가 작은 것보다 강도 발현이 늦어진다.

<243> **배합예 9~11**

<244> 물 유리를 물로 희석하고, 이것에 플라이 애시, 시멘트, 소석회, 물을 혼합한 현탁액을 혼합한다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 9~11의 지반 주입재의 조제 조건 및 물성값을 하기 표 4에 나타낸다.

표 4

배합예	B액		A액				물성값									
	물유리	물 ml	플라이애시 g	시멘트 g	소석회 g	물 ml	경화발현재비 %	물분체비 %	소석회첨가량 %	SiO_2 %	겔타임 분	가소상유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm 5분후	플로우값 cm 30분후	1일강도 MN/m^2
9	20	110	200	20	10	171	9.09	127.51	4.55	1.51	40	1.7	0.5 미만	X	22	0.15
10	20	110	200	20	20	166	9.09	125.45	9.09	1.86	30	1.3	0.5 미만	X	20	0.19
11	20	105	200	20	20	171	9.09	125.24	4.55	1.88	1	1	0.5 미만	16	15	0.21

<245>

<246> **(1) 소석회 첨가량**

<247> 그라우트 중의 분체에 대한 소석회의 첨가량:

<248> 소석회 첨가량/{플라이 애시(실리카계 비경화성 분상체) 중량 + 시멘트(경화 발현재) 중량} × 100[%]

<249> 소석회는 겔화 촉진제이며, 시멘트와 마찬가지로 플라이 애시와 혼합하면 포졸란 반응을 일으킨다. 단, 시멘트 정도의 고결 강도는 얻을 수 없다. 여기서는 가소상으로 하기 위해, 또 그 유지 시간을 갖기 위한 겔화 촉진제로서 사용하였다. 그 범위는 시멘트 첨가량에 따라 다르나 3~15%가 바람직하다.

<250> **(2) 실리카 농도**

<251> 그라우트 중의 SiO_2 량:

<252> 물 유리의 SiO_2 % × (물 유리 중량/그라우트 중량)[%]

<253> 본 출원인에 의한 실험에 의하면 그라우트를 가소상 및 고결시키기 위해서는, 그 외의 재료의 배합 비율 비율에 따라 다르나, 실리카 농도는 0.2~7.0%로 한다. 단, 3호 물 유리의 몰비 이하의 저몰비 물 유리를 사용하는 경우는 3.0~7.0%가 바람직하다. 물론, 고몰비의 물 유리나 분상 물 유리를 사용하는 것도 가능하다. 또, 물 유리와 산을 혼합하여 이루어진 산성 물 유리도 겔화 촉진제로서 사용할 수 있다. 이 경우도 본 발명에서는 물 유리라고 표현한다.

<254> **(3) 특성 및 비교**

<255> 표 4의 배합의 특징으로서 겔 타임의 조제가 쉬우며, 또 가소상 유지 시간은 약간 짧으나 조기 강도의 발현은 현저하다고 하는 것을 들 수 있다. 따라서, 조기 강도의 발현을 중요시하는 경우에 적합하다. 가소상 그라우트를 A액으로 하고, 물 유리 수용액을 B액으로 하여 A액의 겔 타임을 단축시킬 수 있다. 또, 그라우트를 겔화 후 잘 반죽하여 혼합하는 것에 의해, 조기 강도의 발현은 저하하나 가소상 유지 시간을 길게 할 수 있다. 따라서, 겔화 후 잘 반죽하여 혼합한 것을 주입함으로서 장시간의 주입을 필요로 하는 목적이나 인터벌 주입에 의해, 한 번 주입한 주입 포인트에 재차 주입을 반복하여, 주입재를 확대하는 지반 개량에 적합하다.

<256> **배합예 12**

<257> 배합예 2에서는 경화 발현재로서 시멘트를 사용하였으나, 같은 배합량으로 경화 발현재로서 소석회를 사용한다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 12의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기은 표 5에 나타낸다.

표 5

배합예	플라이애시 g	소석회 g	물 ml	물성값							
				경화발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm		1일 강도 MN/m^2
									5분후	30분후	
12	400	35	130.5	8.05	30	4	20	2.0	19.6	18.9	0.09

<258>

<259> **배합예 13**

<260> 배합예 2에서는 경화 발현재로서 시멘트를 사용하였으나, 동일 배합량으로 경화 발현재로서 슬래그를 사용한다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 13의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기의 표 6에 나타낸다.

표 6

배합예	플라이애시 g	슬래그 g	물 ml	물성값						
				경화발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	1일 강도 MN/m^2
13	400	35	130.5	8.05	30	180	17	1.2	20 (3시간)	0.27

<261>

<262> **배합예 14**

<263> 경화 발현재로서 석고를 사용한다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 14의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기의 표 7에 나타낸다.

표 7

배합예	플라이애시 g	석고 g	물 ml	물성값						
				경화발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	1일 강도 MN/m^2
14	400	35	208.8	8.05	48	4	15	0.5	14.5 (5분)	0.08

<264>

<265> **(1) 경화 발현재 비**

<266> 그라우트에 포함되는 분체의 함유량에 대한 경화 발현재의 함유량: 경화 발현재 중량/{플라이 애시(실리카계 비경화성 분상체) 중량 + 경화 발현재 중량} × 100[%]

<267> 배합예 1~11에 나타내는 PC 첨가량과 동일하며, 배합예 12~14에서는 각각 경화 발현재로서 소석회, 슬래그, 석고를 사용했으므로, 소석회 첨가량, 슬래그 첨가량, 석고 첨가량을 의미한다. 단, 배합예 9~11의 소석회 첨가량은 겔화 촉진제로서 사용하고 있기 때문에, 배합예 9의 소석회의 사용 목적이 다르다. 따라서, 경화재 첨가량이라고 표기하였다.

<268> **(2) 배합예 12의 특성 및 비교**

<269> 경화 발현재로서 소석회를 사용한 경우, 시멘트와 동일 플라이 애시에 첨가하면 포졸란 반응을 일으킨다. 이 반응은 매우 완만하기 때문에 가소상으로는 되나 고결에는 시간이 걸려, 또, 충분한 고결 강도를 얻기 위해서는 수주간 걸린다. 단, 동량의 시멘트를 사용하는 것보다도 가소상으로 되기 쉽기 때문에 시멘트와 병용함으로써

뛰어난 효과를 기대할 수 있다고 생각한다.

<270> **(3) 배합예 13의 특성 및 비교**

<271> 경화 발현재로서 슬래그를 사용한 경우, 시멘트보다 약간 빨리 겔화하여 가소상 유지 시간은 길어지나, 시멘트에 유사한 결과가 된다. 단, 강도 발현은 시멘트보다 늦어진다.

<272> **(4) 배합예 14의 특성 및 비교**

<273> 경화 발현재로서 석고를 사용하는 경우, 석고는 반응이 빠르기 때문에 가소상으로도 되기 쉬우나, 강도 발현도 빠르기 때문에 가소상 유지 시간이 매우 짧아진다.

<274> **배합예 15, 16**

<275> 2액식의 배합으로서, 플라이 애시, 시멘트, 물 및 가소제를 배합하였다. 경시적으로 가소상으로 되어 고결한다. 상술의 그라우트에 다시 가소제를 첨가하여, 겔 타임을 앞당긴다. 플라이 애시, 시멘트, 물 및 가소제를 배합한 상술의 배합예 7을 이용하여, 겔화하기 전의 유동성이 있는 상태 중에, 황산알루미늄 용액 및 물유리를 물로 희석한 수용액을 첨가하였다. 배합 비율은 배합예 7의 그라우트 20에 대해, 가소제 수용액을 1로 하였다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 15, 16의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기의 표 8, 9에 나타낸다.

표 8

배합예	A액	B액		물성값								
	배합예 7 ※ ml	황산알루미늄 g	물 ml	경화 발현재비 %	물분체비 %	황산알루미늄 첨가량 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm 5분 후	플로우값 cm 30분 후	2일 강도 MN/m^2
15	400	4.5	17.95	8.05	38.6	1.38	35	30	0.3	24.2	21.0	0.18

<276>

<277> ※ 배합예 7은 가소상 그라우트이다.

표 9

배합예	A액	B액		물성값									
	배합예 7 ※ ml	물유리 ml	물 ml	경화 발현재비 %	물분체비 %	황산알루미늄 첨가량 %	SiO_2 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm 5분 후	플로우값 cm 30분 후	1일 강도 MN/m^2
16	400	9.85	10.15	8.05	38.6	0.5	0.56	1	1.5	1.2	19.5	16.6	0.42

<278>

<279> ※ 배합예 7은 가소상 그라우트이다.

<280> **(1) 배합예 15, 16의 특성 및 비교**

<281> 가소상 그라우트인 배합예 7에 물 유리를 물로 희석한 수용액을 첨가한 경우, 겔 타임은 매우 짧아지며, 또 가소상 유지 시간도 짧아져서 강도 발현은 현저해진다. 따라서, 조기 강도의 발현을 중요시하는 경우에 적합하다. 또 A액이 가소상 그라우트이고 B액이 물 유리 수용액인 경우, A액·B액의 혼합 주입재에 의해 괴상 겔의 형성이 용이하다.

<282> **배합예 17**

<283> 표 1의 배합예 3의 플라이 애시에 소각재를 혼합하였다. 플라이 애시와 소각재의 혼합 비율은 1 대 1이다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 17의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기의 표 10에 나타낸다.

표 10

배합예	플라이애시 g	소석회 g	시멘트 g	물 ml	물성값							
					경화발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm		1일 강도 MN/m²
										5분후	30분후	
17	200	200	35	108.8	8.05	25	3	10	0.3	19.1	18.4	0.32

<284>

<285> **배합예 18**

<286> 표 1의 배합예 1의 플라이 애시에 화산재를 혼합하였다. 플라이 애시와 화산재의 혼합 비율은 3 대 1이다. 이와 같이 하여 얻어진 배합예 18의 지반 주입재의 조정 조건 및 물성값을 하기 표 11에 나타낸다.

표 11

배합예	플라이애시 g	화산재 g	시멘트 g	물 ml	물성값							
					경화발현재비 %	화산재첨가량 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	1일 강도 MN/m²
18	300	100	35	152.5	8.05	22.99	35	2	9	0.3	18.5 (5분)	0.25

<287>

<288> **배합예 19**

<289> 플라이 애시에 경화 발현재로서 시멘트를 첨가하고, 다시 벤토나이트를 혼합하였다. 그 배합예 19의 지반 주입재의 조제 조건 및 물성값을 하기의 표 12에 나타낸다.

표 12

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	벤토나이트 g	물 ml	물성값						
					PC첨가량 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	플로우값 cm		1일 강도 MN/m²
									5분후	30분후	
19	400	18	13	160.2	4.18	37.17	7	7	21.0	19.5	0.10

<290>

<291> **배합예 20**

<292> 플라이 애시에 세골재(산 모래)를 혼합하고 경화 발현재로서 시멘트를 첨가하였다. 그 배합예 20의 지반 주입재의 조제 조건 및 물성값을 하기의 표 13에 나타낸다.

표 13

배합예	플라이애시 g	세골재(산 모래) g	시멘트 g	물 ml	물성값							
					경화발현재비 %	세골재첨가량 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	1일 강도 MN/m²
20	140	360	10	110	1.96	70.59	21.57	3	8.5	1.2	19.8(5분)	0.25

<293>

<294> **배합예 21**

<295> 플라이 애시와 시멘트를 흙탕물로 혼합하였다. 그 배합예 21의 지반 주입재의 조제 조건 및 물성값을 표 14에 나타낸다.

표 14

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	흙탕물		물성값							
			점토 g	물 ml	경화 발현재비 %	점토 첨가량 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	1일 강도 MN/m^2
21	260	20	65	235	5.80	18.84	68.12	2	15	0.5	19.7(5분)	0.08

<296>

<297> **(1) 물분체 비**

<298> 그라우트 중의 분체에 대한 물의 함유량: 물 중량/{플라이 애시, 소각재, 화산재, (실리카계 비경화성 분상체) 중량 + 시멘트(경화 발현재) 중량 + 벤토나이트, 세골재 중량, 점토(증량재) 중량} × 100[%]

<299> 여기서는 경화 발현재와 플라이 애시 이외의 분체로서 소각재, 화산재, 벤토나이트, 세골재를 사용하였다. 또, 혼합수로서 점토를 함유하는 흙탕물을 사용하였다. 그 밖에도 현장 발생토나 규사 등을 사용할 수 있다. 이들은 증량재로서도, 또, 골재로서도 사용할 수 있으며, 또 그 입경이나 입도에 의해 유동성이나 강도를 조정할 수 있다. 또, 시멘트 등의 경화 발현재 등을 사용하지 않더라도 점토를 첨가함으로써 유동화토로서 사용할 수 있다.

<300> **(2) 배합예 17, 18의 특성 및 비교**

<301> 표 10의 배합예 17과, 표 1의 배합예 3을 비교하면, 소각재를 혼합한 배합예 17이 블리딩률은 감소하고, 플로우값이 작아졌다. 또, 표 11의 배합예 18과, 표 1의 배합예 1을 비교해도 같은 결과가 얻어졌다. 소각재나 화산재를 혼합하면, 플라이 애시만의 경우보다 유동성을 잃기 쉬우며, 또, 강도 발현도 저하하는 경향에 있다. 경화 발현재비는 50% 미만, 바람직하게는 1~20%, 분체비는 20~150%가 바람직하다.

<302> **(3) 배합예 19의 특성 및 비교**

<303> 플라이 애시, 시멘트에 벤토나이트를 첨가함으로써 그라우트의 점성이 커지게 되고, 동일한 물분체 비로 벤토나이트를 첨가하지 않는 배합과 비교하여 겔 타임이 짧아졌으나, 가소상 유지 시간은 충분히 유지되었다. 벤토나이트를 사용함으로써 용이하게 유동성을 조절할 수가 있다. 또한, 벤토나이트에 의해 그라우트가 증점되어 물에 대한 분산도 억제할 수 있다. 경화 발현재 비는 50% 미만, 바람직하게는 3~40%, 물분체 비는 20~150%가 바람직하다.

<304> **(4) 배합예 20의 특성 및 비교**

<305> 플라이 애시, 시멘트에 세골재(산 모래)를 혼합할 수 있으나, 세골재가 많으면 블리딩률이 커지는 경향이 있다. 따라서, 세골재 첨가량 80% 이하가 바람직하다. 또, 경화 발현재 비는 50% 미만, 바람직하게는 1~20%, 물분체 비는 20~150%가 바람직하다.

<306> **(5) 배합예 21의 특성 및 비교**

<307> 플라이 애시와 시멘트를 흙탕물로 혼합한 것은, 흙탕물에 포함되는 점토에 의해 증점되고, 또한 유동성이나 보수성이 향상하기 때문에, 증점재, 또는 유동화재, 또는 보수재로서의 효과가 있으며, 토중에 있어서의 가소상 겔의 확대에 효과가 있다. 따라서, 흙탕물 중에 포함되는 점토의 함유량에 의해 그라우트의 성상을 조절할 수 있다. 경화 발현재 비는 50% 미만, 물분체 비는 20~150%가 바람직하다.

<308> **배합예 22, 23**

<309> 에어 발생제로서 사전 발포형의 기포제와 사후 발포형의 알루미늄 분말을 플라이 애시와 시멘트의 모르타르에 혼합하였다. 그 배합예 22, 23을 표 15, 표 16에 나타낸다. 에어 발생제는 고결체의 밀도를 작게 하는 것 이외에 유동성을 향상시키는 효과가 있다.

표 15

<310>

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	기포제 g	물 ml	물성값						
					경화 발현재비 %	물분체비 %	기포제 첨가량 %	블리딩률 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	플로우값 cm (경과)
22	162	54	0.8	130	25.00	60.2	1.48	0.5	270	10	19.8(5시간)

표 16

<311>

배합예	플라이애시 g	시멘트 g	알루미늄 분말 g	물 ml	물성값						
					경화 발현재비 %	물분체비 %	알루미늄 분말 첨가량 %	블리딩률 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	플로우값 cm (경과)
23	162	54	0.02	130	25.00	60.2	0.01	3.0	120	5	20.0(2시간)

<312> **(1) 기포제 첨가량**

<313> 그라우트 중에 포함되는 시멘트에 대한 기포제의 함유량을 기포제 중량/(시멘트 중량) × 100 [%] 로 하면 기포제 첨가량은 0.5~1.5%(대 시멘트 중량비)가 바람직하다.

<314> **(2) 알루미늄 분말 첨가량**

<315> 알루미늄 분말은 시멘트 등의 알칼리에 반응하여 수소 가스(기포)를 발생한다. 그라우트 중에 포함되는 분말에 대한 알루미늄 분말의 함유량을 알루미늄 비: 알루미늄 분말 중량/분상체 중량 × 100 [%] 로 하면 알루미늄 비 0.01% 정도가 효과적이다.

<316> **(3) 배합예 22, 23의 특성 및 비교**

<317> 에어 발생제에는 고결체의 밀도를 작게 하는 것 이외에 유동성을 향상시키는 효과가 있다.

<318> **배합예 24**

<319> 슬래그, 시멘트, 물을 반죽한다. 주재로서 슬래그를 사용하여 경화 발현재로서 시멘트를 사용하였다. 그 배합예 24를 표 17에 나타낸다.

표 17

<320>

배합예	슬래그 g	시멘트 g	물 ml	물성값						
				경화 발현재비 %	물분체비 %	겔타임 분	가소상 유지시간 시간	블리딩률 %	플로우값 cm (경과)	1일 강도 MN/m^2
24	400	35	261	8.05	60	90	10	0.5	20.8 (1시간)	1.15
25	400	35	217.5	8.05	60	2	8	0.5	18.5 (5분)	4.32

<321> 주재로서, 플라이 애시를 사용한 경우와 슬래그를 사용한 경우를 비교하면, 슬래그 쪽이 시멘트와의 반응이 양호하다. 배합예 2와 비교하면, 경화 발현재 비는 동일하며, 물분체 비가 배로 되어 있음에도 불구하고 겔 타임은 빠르며, 또 강도 발현도 현저하다. 이 경우, 경화 발현재 비는 50% 미만, 나아가서는 1~20%, 또 물분체 비는 20~150%, 나아가서는 30~80%가 바람직하다.

<322> 본 발명의 외주입(外注入) 실험을 행하였다. 배합액은 표 18의 배합예를 사용하고, 대상으로 한 지반은 대략 N값이 7, 상대 밀도가 40%, 세립분 함유율이 20% 미만인 사질토(砂質土) 지반이다. 비교예로서 종래의 물 유리계 현탁형 순결(瞬結) 배합(이하, 순결 배합(flash-setting formulation))의 비교예 1은 순결 배합(겔화 시간 10초, 가소 상 유지 시간 없음)이며, 비교예 2는 LW(겔화 시간 1분, 가소상 유지 시간 없음)이다. 비교예 1,

비교예 2의 배합은 각각 표 19, 표 20에 나타낸다. 또, 실시예 1의 배합예를 사용한 실시예를 표 18에 나타낸다. 배합액의 혼합과 가소상 겔의 생성과 압입 상황에 대해서도 구분을 A~F로 나타낸다. 굴착 조사에 있어서의 고결 상황을 I~VI에 나타낸다. 표 18로부터 구분 A에 의한 압입에서는 배합 후, 혼합 장치 중에서 혼합하여 가소상 겔로 하고, 그대로 압입 불능으로 되기까지 압입한 경우, 가소상 겔화물에 의해 거의 구(球)형상의 고결체를 형성하였다. 겔 형상 괴상체의 성장은 가소상 유지 시간이 길고, 강도가 크지 않은 물분체 비, 경화 발현체 비 배합이 커다란 괴상체를 만든다.

<323> 구분 B에 의한 압입에서는, 복합 장치의 혼합 공정 중에서 가소상 겔로 되기 전에 주입을 개시하여 주입 과정 중에서 가소상 겔에 이르렀으나, 그대로 주입 불능으로 되기까지 압입한 경우, 형상이 부정형으로 되며, 주입 대상 범위 내에 괴상 고결체를 형성하였다. 이는 압입 초기에 있어서 유동성이 충분히 있는 배합액이 지반의 압입 저항이 작고 약한 방향으로 압입되어 탈수와 함께 유동성이 저하하며, 다시 지반주입 전에 가소상으로 된 주입재가 압입되어 괴상체가 확대하여 고화한 것으로 생각된다. 이 경우, 구 형상체가 아니라도 약한 부분을 중심으로 체결 고정한 것이기 때문에 부정형이 되어도 개량 효과는 충분히 얻을 수 있다.

<324> 구분 C에 의한 압입에서는 혼합 공정 중, 그 스테이지의 압입이 완료하기까지는 가소상 겔에는 이르지 않으나, 압입 시간과 함께 압력이 상승하여 최종적으로 주입량이 0이 되어 주입이 불능으로 된 것으로, 굴착 결과의 조사에서는 주입 초기에서는 유동성이 크다. 이 때문에 일부 할당 범위 외까지 맥상으로 갈라져 주입되기는 하나, 지반 중에서 탈수에 의해 유동성이 상실되고, 할당 범위 내에서 가소상 겔의 형성과 함께 괴상 겔이 크게 성장하여, 주변 지반을 압축 강화하는 효과를 얻을 수 있다.

<325> 구분 D에 의한 주입에서는, 겔화 후 가소상 유지 시간이 없는 통상의 물 유리 그라우트로서, 겔화와 함께 압력은 상승한다. 다시 주입하면, 맥상으로 갈라져서 할당 범위 이외까지 일탈하여 맥상으로 고결한다. 이 때문에 대상 지반을 고밀도화하는 효과는 거의 없다.

<326> 구분 E에 의한 주입에서는, 일반의 가소상을 나타내지 않는 배합제로서, 주입 중에 초압(初壓)인 채 압력 상승을 나타내지 않고, 주입 대상 범위 외에 일탈하여 개량 효과는 거의 발생하지 않는다.

<327> 구분 F에 의한 압입에서는, 지반 중에 대한 주입 시점에 있어서 이미 유동성이 극히 낮기 때문에 주입관 토출구로부터 지반에 토출되면 바로 토출구의 외측에서 탈수가 발생하고, 그 후 계속하여 토출구의 안쪽의 주입재의 탈수 현상이 일어나며, 다시 가압함에 있어 주입관 내의 주입재의 탈수가 주입관 내의 위쪽에 미치고, 마침내는 주입관 전체가 고화하여 주입 불능에 빠지는 것을 알았다.

<328> 이와 같이 하여 유동성이 적은 가소성 그라우트를 지반 중에 주입하면 아무리 펌프압을 올려도 주입 불능으로 되며, 균열 주입도 생기지 않는다고 하는 현상이 발생하게 되었다. 이와 같은 현상은 주입관에 유입하기 전에, 분말 형상 주입액과 가소재를 각각 혼합하여 슬럼프(5) 미만의 가소상 겔을 주입한 경우에도 발생하는 현상이다.

<329> 구분 A, B, C에 있어서는 주입 후의 굴착 조사에 있어서 고결체의 체적과 주입량을 측정한 바, 그 탈수량은 거의 30% 이내였다. 배합액이 30%의 탈수로 가소상 겔로 되는 조성을 지반 중에 압입하면, 괴상 겔이 형성되기 쉬운 것을 알 수 있었다. 즉 상기 유동 범위의 주입재를 주입 불능이 되기까지 가압 탈수하여 지반 중에 압입하면, 탈수율이 거의 30% 이내에서 유동 불능한 괴상 겔이 지반 중에 형성되는 것을 알았다. 이들의 현상도 포함하여 각종의 야외 압입 실험으로부터 이 주입액의 주입시의 배합액이 주입 시점에서 가소상 겔에 도달하고 있는지, 혹은 주입 개시 시점에서는 가소상 겔로 되어 있지 않아도 주입 중에 지반 중으로 주입되기 전의 단계에서, 가소상 겔에 도달하는지, 혹은 배합액으로부터 30% 이내의 탈수에 의해 가소상 겔이 주입 중에 형성되도록 배합을 설정하면 지반 중에서 괴상 겔이 형성되는 것을 알 수 있었다.

<330> 표 18은 N값이 10 이하인 지반에서의 개량 효과의 예이다. 예를 들면 구체적으로는 배합예 3의 경우, 배합후 5분간 혼합하고 매분 토출량 5 ℓ/min, 초기 압력 1.0 MN/㎡, 최대 지름 압력 3.0 MN/㎡에서 주입 속도가 0으로 되어 압입 불능으로 되었다. 전체 주입량이 150 ℓ의 압입으로 굴착 조사한 결과, 대략 100 ℓ(탈수율 30%)의 괴상 겔이 형성되어 있는 것을 알았다.

<331> 가소상 겔의 압입 공법은, 지반 중에서 유동성이 저하하는 가소상 겔의 압입이기 때문에, 펌프압으로 압입할 수 있는 범위의 느슨한 지반이 대상이 되며, 통상 N값이 15 이하, 가장 바람직하게는 N값이 10 이하인 연약 지반이다. 그러나 액상화 방지나 기초의 보강에 있어서는 N값이 15 이상 혹은 20 이상의 지반을 더욱 개량하는 경우가 있다. 이와 같은 지반 조건과 목적에 대해 본 발명자는 몇 가지의 야외 주입 시험으로 실험 2의 구분 B, C에 의한 방법이 극히 효과적임을 알았다.

<332> 이와 같은 지반에서는 배합 3을 A 구분과 같이 주입한 경우, 주입 후 주입압이 상승하여 커다란 괴상의 겔을 얻기 어렵거나, 예 2의 배합을 3시간 혼합 후, 매분 토출량 5 ℓ/min으로 초기 압력 0.1 MN/㎡로 주입한 바, 5 분 후 1.0 MN/㎡로 되고, 다시 최종 압력 3 MN/㎡로 전체 주입량이 50 ℓ로 되도록 압입하였다. 같은 괴상 고화체(固化體)의 선행부에 일부 균열이 인정되어 중심부측이 균열을 중심으로 커다란 두께의 괴상 고화체가 형성되었다.

<333> 즉, 주입시에 가소상 겔 상태의 압입은 N값이 15 이내라도 지반 중에서 가소상 겔이 성장하며 확대하나, 지반의 N값이 15 이상으로 되면 가소상 겔인 채 계속 압입하는 것이 곤란해진다. 그러나 주입 초기에 있어서 가소상 겔이 아닌 상태의 배합액을 지반에 주입함으로써 N값이 15 이상인 커다란 지반에서도 맥상으로 균열을 형성하면서 갈라짐(split) 탈수하여 가소상 겔로 되면, 유동성이 저하하여 균열 중에서 겔로 되고, 그 겔을 중심으로 괴상 겔이 확대하여 커다란 괴상 겔로 성장한다. 이 경우 구 형상체는 아니나 할당 범위 내에서 주변 지반의 밀도를 상승시켜, 지반의 고강도화가 가능하게 된다.

<334> 이와 같은 결과는, 주입 초기에 있어서 유동성이 양호한 배합액을 주입하여 균열 주입을 행한 후, 가소상 겔의 압입으로 전환하여 주입함으로써 가소상 겔을 압입하는 데는 지반 밀도가 높거나 지반 개량을 필요로 하는 지반 개량을 위해 극히 효과적인 수단임을 발견하였다. 동일하게 유동성이 양호한 배합액과 가소상 겔을 번갈아 압입하고, 균열 주입 괴상 겔의 압력을 반복하면서 소정 영역에 있어서의 괴상 겔의 확대를 행하여 압입하기 어려운 밀도의 지반의 강화를 행할 수 있다.

<335> 이와 같이 하여 종래의 시멘트 그라우트나 LW 그라우트만으로는 단순히 맥상으로 일탈할 뿐이나, 도중에 가소상 겔에 도달하는 주입재 혹은 가소성 겔상의 주입재의 압입을 행함으로써, 가소상 겔 압입 공법의 적용 범위가 비약적으로 확대하는 것을 알았다.

<336> 구체적인 수법으로서 F재 또는 F재와 C재를 유효 성분으로 하는 가소상 겔 혹은 다시 유동성 조정재를 혼합한 가소상 겔을 주입하면서 유동성 조정재의 종류나 양을 선정하여 혼합해 주입함으로써 유동성이 양호한 주입재와 유동성이 낮은 주입재의 주입을 조합하여 주입할 수도 있고, 혹은 A액으로서 유동성이 양호한 주입재 또는 유동성 조정재를 첨가한 가소상 겔을 주입하면서 유동성 조정재를 합류하여 압입하는 방법을 병용하면서 균열 주입 괴상 압입을 조합할 수 있다.

표 18

<337>

구분	혼합액의 혼합과 가소상 겔의 생성과 압입	주입액의 배합예 (실시예 1 유래)	고결 상황
A	혼합 공정 중에 가소상 겔로 된 상태로 압입	3, 8, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 25	I
B	혼합 공정 중에 가소상 겔에 이르지 않은 중에 압입을 개시하여 주입 과정 중에 가소상 겔로 된 상태로 압입	7, 9, 10, 11, 15, 19	II
C	혼합 공정 중에 가소상 겔에 이르지 않았으나 그대로 압입하고, 압입 중 압력이 상승하여 상한 압력(3MN/㎡)에서 주입 불능으로 되어 주입 종료	1, 2, 4, 5, 6, 13, 24	III
D	혼합 공정 중에도 주입 중에도 가소상을 나타내지 않은 배합액을 주입하고, 주입중 압력이 상승하였지만 그 후 압력이 저하	표-19의 A액 표-20의 A액	IV
E	주입 중 압력 상승하지 않음	표-19의 B액 표-20의 B액 표-21의 A액 표-22의 A액	V
F	주입후 바로 압력이 상승하여 주입 불능	표-21 VT-22	VI

<338> 상기에 있어서의 고결 상황의 설명

<339> 굴착 조사에서의 고결체의 형상

<340> I 직경 30~70 ㎝의 거의 구체인 큰 괴상 고결체 형성

<341> II 형상이 구상이 아니고 부정형이나, 직경 20~50 ㎝ 괴상 고결체 형성

<342> III 일부의 선단부는 주입 범위 외까지 맥상도 볼 수 있었으나, 할당 범위 내에서 직경 20~50 ㎝ 괴상 고결체 형성

<343> IV 두께 1~10 ㎝의 맥상 주입 범위 외로 일탈

<344> V 두께 1~5 ㎝의 맥상 주입 범위 외로 일탈

<345> VI 주입 구멍의 크기의 고결체만 형성

표 19

<346>

A액(100ℓ)		B액(100ℓ)		
물 유리	물	슬래그	소석회	물
30ℓ	70ℓ	40kg	15kg	80ℓ

표 20

<347>

A액(100ℓ)		B액(100ℓ)	
물 유리	물	시멘트	물
50ℓ	50ℓ	15kg	95ℓ

표 21

<348>

A액(200ℓ)			B액
시멘트	골재(규사)	물	물 유리
80.4kg	260kg	72.6ℓ	10ℓ

표 22

<349>

A액(200ℓ)			B액
시멘트	골재(규사)	물	황산알루미늄
80.4kg	260kg	72.6ℓ	16ℓ

<350> 본 발명에서의 도 1에 나타내는 시험 시공에 의한 연구 결과, 이하와 같이 주입 설계함으로써 지반강화 효과를 얻을 수 있음을 알았다.

<351> 도 1에 있어서 주입 간격은 0.5~3.0 m로 한다. 개량 비율은 5~40%로 한다. 여기서 개량률이란 1주입 구멍의 분담 개량 면적 1 ㎡당으로 환산하여 고결 덩어리의 단면적에 상당하며, 개량률 5~40%란 0.05~0.4 ㎡를 의미한다. 또, 이 개량 비율은 개량 대상 지반의 N값과 개량 목표 N값으로부터 1구멍 당 할당 면적 중 간격의 감소량이 산출되며, 그 감소량이 겔화물로 치환되는 면적에 대응하는 것으로부터 산출된다. 이하, 표 23에 본 발명에서의 지반 강화로서 유효한 설계예를 나타낸다. 이것은 실시예 2에서 모래 지반에서 행한 실험예에 의거하는 것이며, 주입 배치는 도 1 (B)에 나타내는 정방형 배치, 주입 간격은 1 m, 2 m, 또 개량률은 5%, 10%, 15%, 20%이다.

표 23

<352>

주입 간격 (m)	1구멍당 분담 개량 면적 (㎡)	개량률 (%)	고결 덩어리 직경 (m)	고결 덩어리 단면적 (㎡)	탈수 수축 계수 ※2	1m당 주입량 ※3 (㎥/m)
1.0	1.0	5.0	0.252	0.05	0.69	0.07
2.0	4.0	5.0	0.504	0.20	0.69	0.29
1.0	1.0	10.0	0.357	0.10	0.69	0.15
2.0	4.0	10.0	0.714	0.40	0.69	0.58

1.0	1.0	15.0	0.437	0.15	0.69	0.22
2.0	4.0	15.0	0.874	0.60	0.69	0.87
1.0	1.0	20.0	0.505	0.20	0.69	0.29
2.0	4.0	20.0	1.010	0.80	0.69	1.16

<353> ※2: 탈수 수축 계수는 시험 주입에 의해 얻어진 개량 고결체와 그 주입량에 의해 산출한 수축률의 평균값

<354> ※3: 1m당 주입량은 고결 덩어리의 주입 깊이 1m당 주입량

<355> 이와 같이 산출된 주입량이 소정 심도로 안정되도록 매분 주입 속도(ℓ/min)와 주입 압력을 설정해가는 것이 필요하다. 이를 위해서는 매분 토출량 5~50 ℓ/min, 주입압력 0.5~10 MPa로 주입 관리하면서 주입하는 것이 바람직함을 알았다.

<356> 이때, 지반 융기는 20 ㎝ 이내, 바람직하게는 10 ㎝ 이내로 안정되면 수일 후에는 지반 중의 겔이 탈수에 의해 지반 융기가 5~10㎝ 정도로 안정되는 것을 알았다.

<357> 또, 주입 심도가 GL 3.0 m 이하이면 지반이 약간 융기하기 쉬워지며, GL 1.5m 이하이면 10 ㎝ 이상으로 융기하는 것을 알았다. 따라서, 주입 깊이가 3.0 m 이하, 혹은 1.5m 이하에서 지반 융기하기 어려운 대응을 취하는 것이 유효함을 알았다. 또, 지반 개량 효과는 상기 주입 구멍 간격의 범위에서 복수개의 삭공으로부터 압입함으로써 서로 구속하여 그 사이의 지반이 압축되어서 비로소 가능함을 알았다.

산업상 이용 가능성

<358> 실리카계 비경화성 분상체와 물, 혹은 실리카계 비경화성 분말 형상체와 칼슘계 분상 경화 발현재와 물을 유효 성분으로 함유하는 가소상 겔 주입재를 연약 지반에 정적으로 압입함으로써, 지반 중에 주입재 그 자체에 의한 괴상체를 형성하면서, 주변 토사를 압축하여 밀도의 증대를 도모한다. 이 때문에, 토목 기술 분야에 있어서 이용 가능성이 높다.

도면의 간단한 설명

<154> 도 1은 가소성 그라우트 압입에 의한 지반 강화 모델도로서, (a)는 개량 대상 영역에 대한 가소성 그라우트에 의한 고결체의 배치를 나타내는 기둥 배합 단면도이며, (b), (c)는 평면도 및 가소성 주입재의 주입 배치도이다. (b)는 정사각형 배치도이며, (c)는 삼각형 배치도이다.

<155> 도 2는 (a)는 소정 지역의 지반에 서로 인접하여 삭공(削孔)한 가소상 겔의 로드(rod) 주입관에 의한 아래에서 위로의 끌어올림 주입 태양의 단면도이며, (b)는 소정 지역의 지반에 서로 인접하여 주입 외관을 설치하고, 주입 내관으로부터 가소상 겔을 압입하는 예를 나타낸 단면도로서, 1개의 펌프로부터 밸브(5)를 교체하면서 인터벌 방식에 의해 압입하는 태양의 단면도이며, (c)는 인장 강도가 있는 주입관의 소정 설치에 간격을 두고 가소상 겔에 의한 고결체를 형성하고, 또 주입관의 인장 강도를 고체에 의한 지반의 고밀도체에 의한 보강 효과를 나타내는 단면도이다.

<156> 도 3은 지반의 시공 중도에서의 변위계측 태양의 모식도이다.

<157> 도 4는 (a), (b)는 구조물 직하의 내진(耐震) 보강 주입의 기본 모식도로서 단면도이다.

<158> 도 5는 (a)는 삭공한 케이싱 내에 철근을 삽입하여 케이싱 빼냄에 의한 가소상 겔의 압입의 모식도이며, 가소상 겔은 일탈하지 않기 때문에 주변 지반을 압밀하여 큰 강도를 갖는 그라우트 파일을 형성한다. (b)는 가소성 그라우트에 의한 말뚝 기초(pile foundation)의 지반 강화의 단면도이며, (c)는 방토 벽에 있어서의 가소성 그라우트의 압입에 의한 앵커 형성의 단면도이다.

<159> 도 6은 본 발명에 있어서의 재료의 혼합 및 그라우트의 주입까지의 주입 관리 방법의 한 구체적인 예를 나타내는 플로우 시트이다.

<160> 도 7은 집중 관리 장치의 조작 및 집중 관리 시스템이 관리하는 배합과 주입의 플로우 차트이다.

<161> 도 8은 집중 관리 장치를 사용하여, 송액 계통 10개에 대한 적산 유량과 최대압 및 유량과 압력을 주입 감시반에 나타낸 화면 표시의 예이다.

<162> 도 9는 주입 영역의 4개의 주입 블록 구분 No. 1~4를 주입 감시반에 나타낸 화면 표시의 예이다.

<163> 도 10은 지반의 스테이지 No. 1~3에서의 유량과 주입 압력을 주입 감시반에 나타낸 그래프(차트)이다.

<164> 도 11은 주입량 또는 주입압의 3차원적 표시예이다.

<165> 도 12는 황산알루미늄(황산밴드)의 유무에 의한 블리딩률의 차이를 나타낸 그래프이다.

<166> 도 13은 황산알루미늄의 유무에 의한 초기 점성의 차이를 나타낸 그래프이다.

<167> 도 14는 황산알루미늄의 유무에 의한 강도 발현의 차이를 나타낸 그래프이다.

<168> 도 15는 테이블 플로우와 실린더에 의한 플로우의 관계를 나타낸 그래프이다.

<169> **부호의 설명**

<170> 3: 지반

<171> 4: 삭공

<172> 5: 밸브

<173> 6: 컨트롤러

<174> 7: 컴퓨터

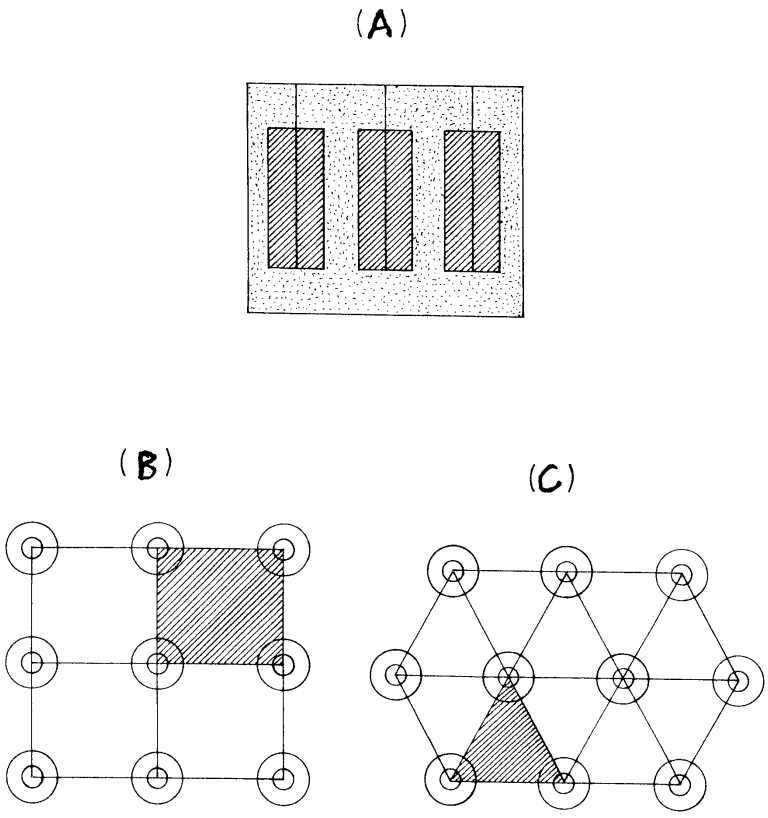
<175> 8: 케이싱

<176> 9: 주입관

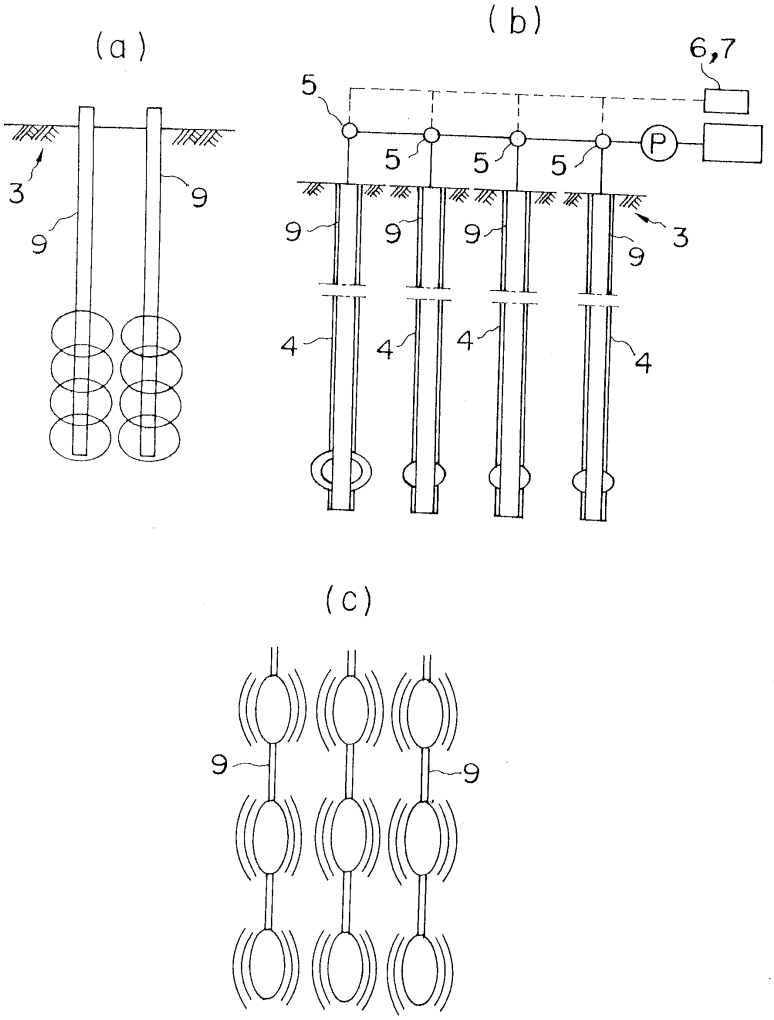
<177> 10: 철근

도면

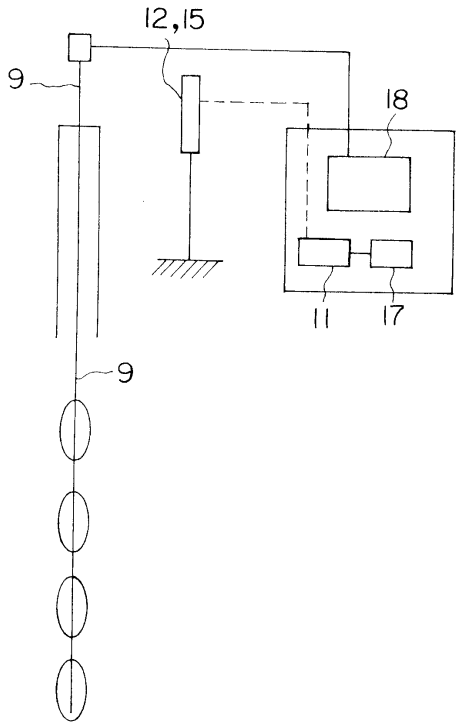
도면1



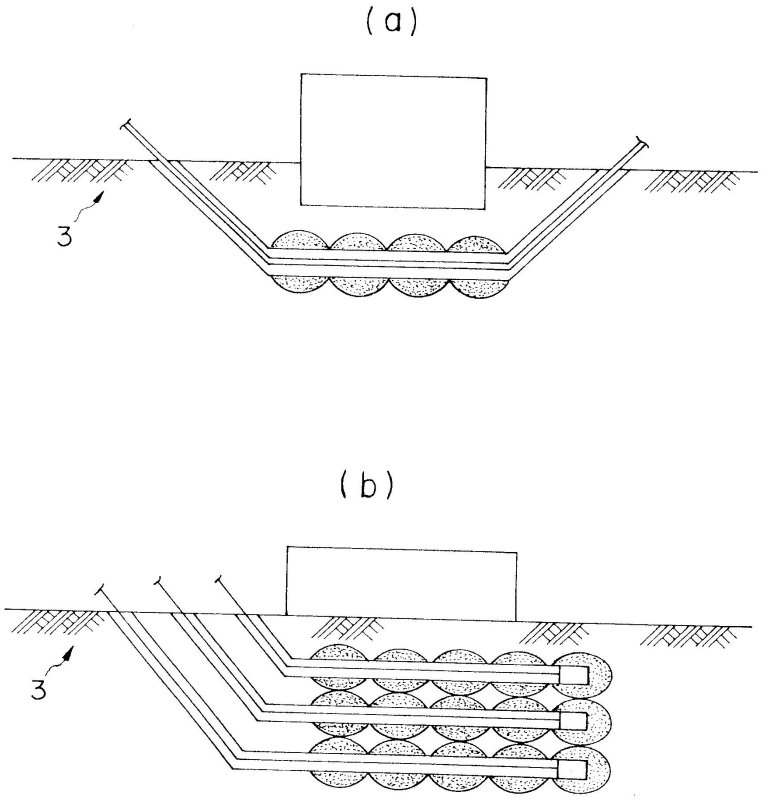
도면2



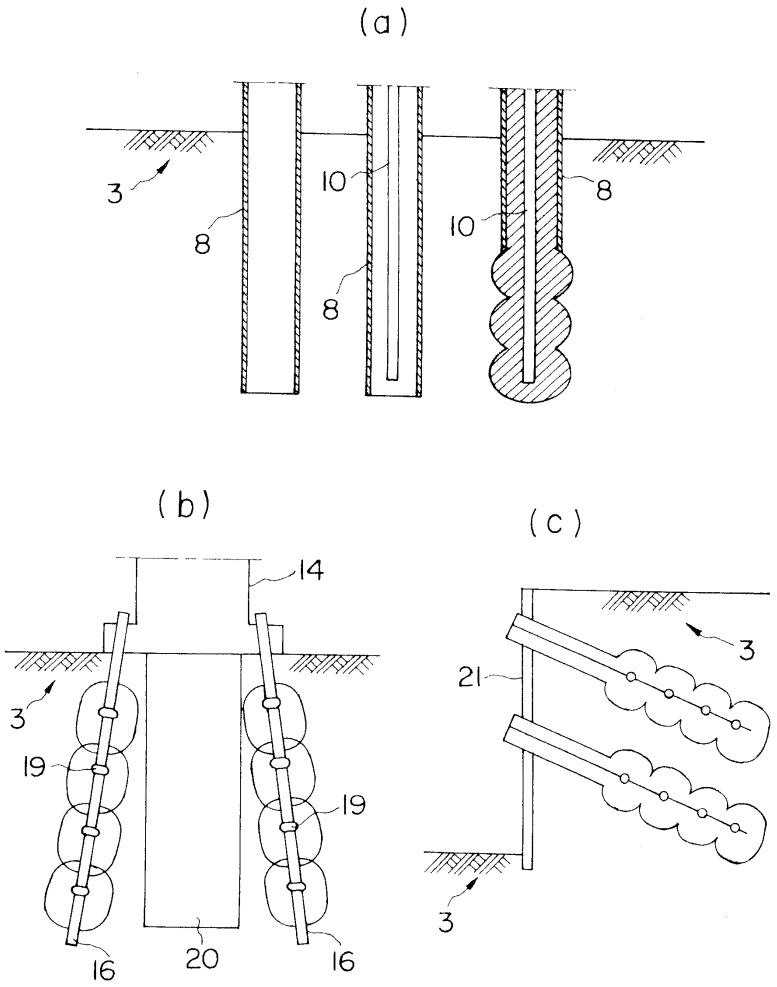
도면3



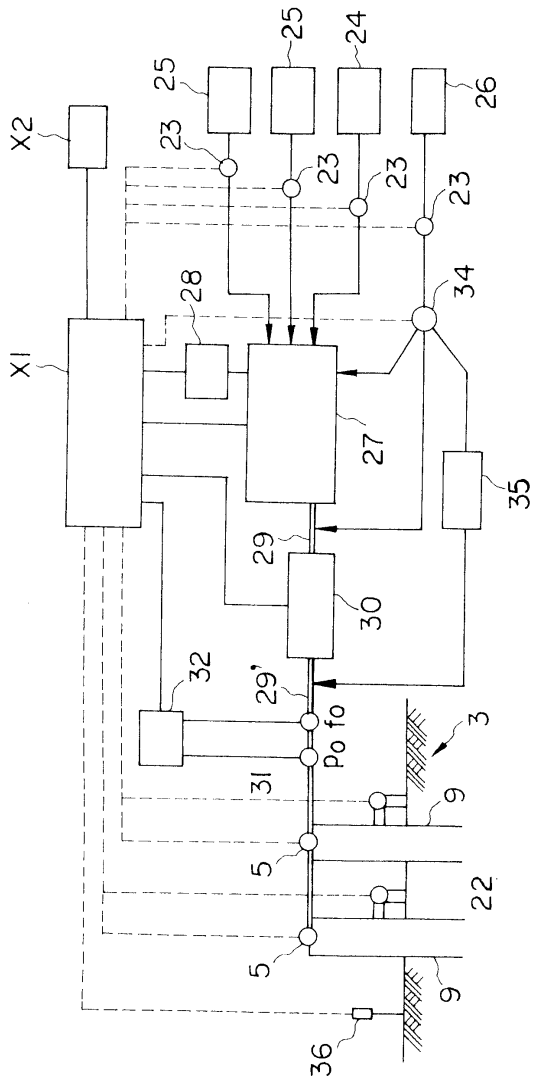
도면4



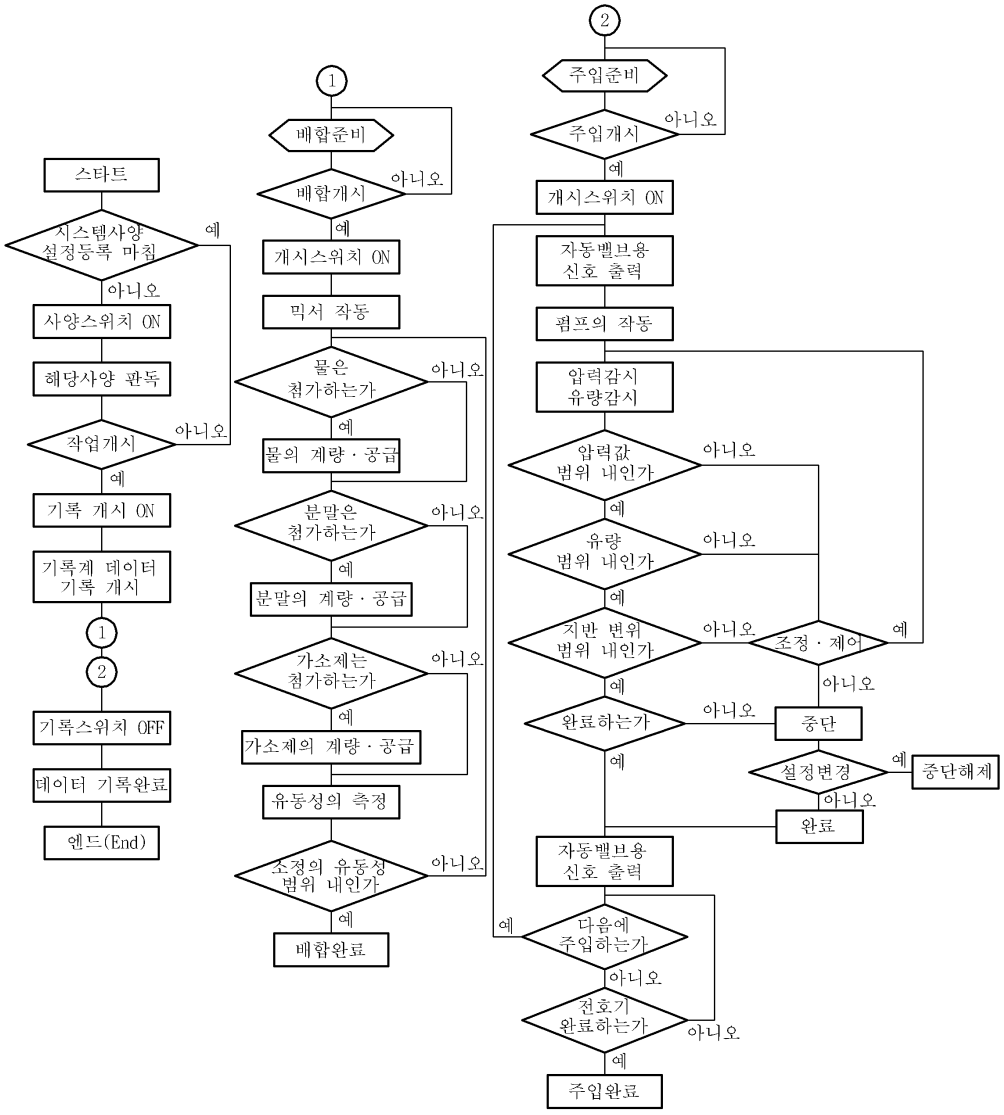
도면5



도면6


25
24
25
26
X2
23
23
23
23
28
34
X1
27
35
29
30
32
29'
Po fo
3
31
9
5
22
5
9
36

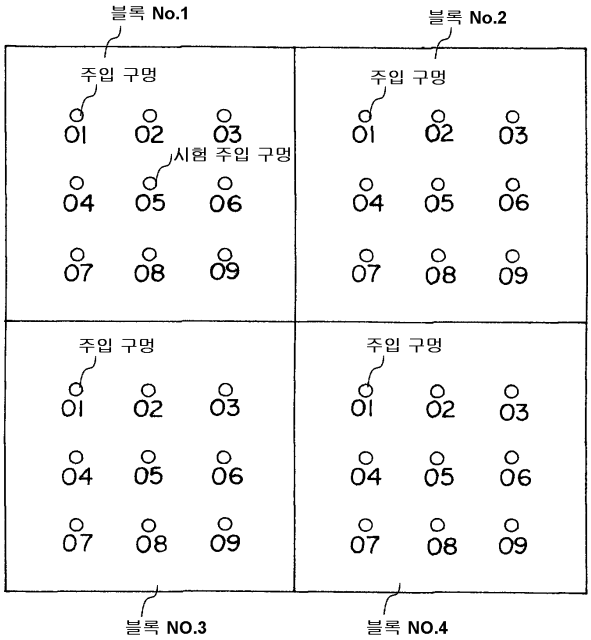
도면7


스타트
시스템사양 설정등록 마침
예
아니오
사양스위치 ON
해당사양 판독
작업개시
아니오
예
기록 개시 ON
기록계 데이터 기록 개시
1
2
기록스위치 OFF
데이터 기록완료
엔드(End)
1
배합준비
배합개시
아니오
예
개시스위치 ON
믹서 작동
물은 첨가하는가
아니오
예
물의 계량 · 공급
분말은 첨가하는가
아니오
예
분말의 계량 · 공급
가소제는 첨가하는가
아니오
예
가소제의 계량 · 공급
유동성의 측정
조정의 유동성 범위 내인가
아니오
예
배합완료
2
주입준비
주입개시
아니오
예
개시스위치 ON
자동밸브용 신호 출력
펌프의 작동
압력감시 유량감시
압력값 범위 내인가
아니오
예
유량 범위 내인가
아니오
예
지반 변위 범위 내인가
아니오
조정 · 제어
예
아니오
예
완료하는가
아니오
중단
예
설정변경
중단해제
아니오
완료
자동밸브용 신호 출력
다음에 주입하는가
예
아니오
전호기 완료하는가
아니오
예
주입완료

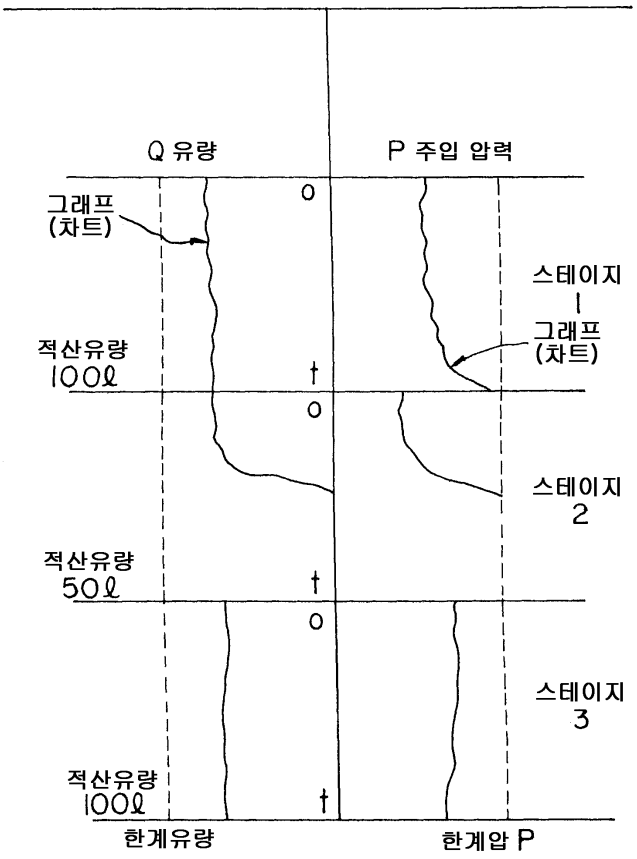
도면8

감시화면			시간 20분
적산유량 01~05	최대압 01~05	적산유량 06~10	최대압 06~10
01- 적산 123.4 L	01- 최대압 1.23 MPa	06- 적산 123.4 L	06- 최대압 1.23 MPa
02- 적산 123.4 L	02- 최대압 1.23 MPa	07- 적산 123.4 L	07- 최대압 1.23 MPa
03- 적산 123.4 L	03- 최대압 1.23 MPa	08- 적산 123.4 L	08- 최대압 1.23 MPa
04- 적산 123.4 L	04- 최대압 1.23 MPa	09- 적산 123.4 L	09- 최대압 1.23 MPa
05- 적산 123.4 L	05- 최대압 1.23 MPa	10- 적산 123.4 L	10- 최대압 1.23 MPa
01~05 유량 / 압력		06~10 유량 / 압력	
	01 유량 10.5 L		06 유량 10.5 L
	01 압력 1.00 MPa		06 압력 1.00 MPa
	02 유량 10.5 L		07 유량 10.5 L
	02 압력 1.00 MPa		07 압력 1.00 MPa
	03 유량 10.5 L		08 유량 10.5 L
	03 압력 1.00 MPa		08 압력 1.00 MPa
	04 유량 10.5 L		09 유량 10.5 L
	04 압력 1.00 MPa		09 압력 1.00 MPa
	05 유량 10.5 L		10 유량 10.5 L
	05 압력 1.00 MPa		10 압력 1.00 MPa

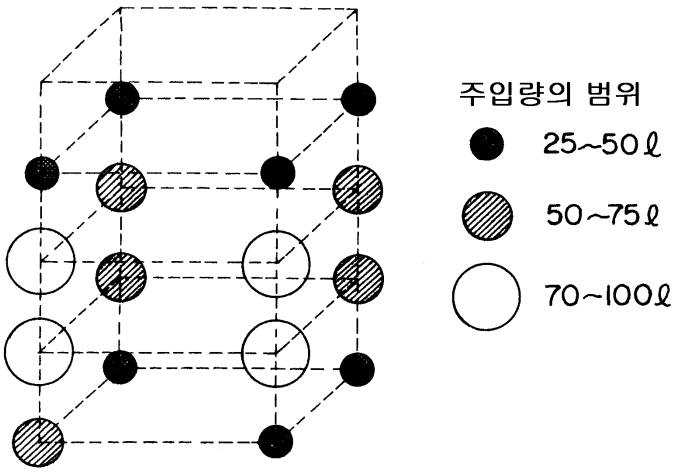
도면9


블록 No.1
블록 No.2
주입 구멍
주입 구멍
01
02
03
시험 주입 구멍
04
05
06
07
08
09
주입 구멍
주입 구멍
블록 NO.3
블록 NO.4

도면10


Q 유량
P 주입 압력
그래프
(차트)
0
t
스테이지
1
그래프
(차트)
적산유량
100ℓ
0
t
스테이지
2
적산유량
50ℓ
0
t
스테이지
3
적산유량
100ℓ
한계유량
한계압 P

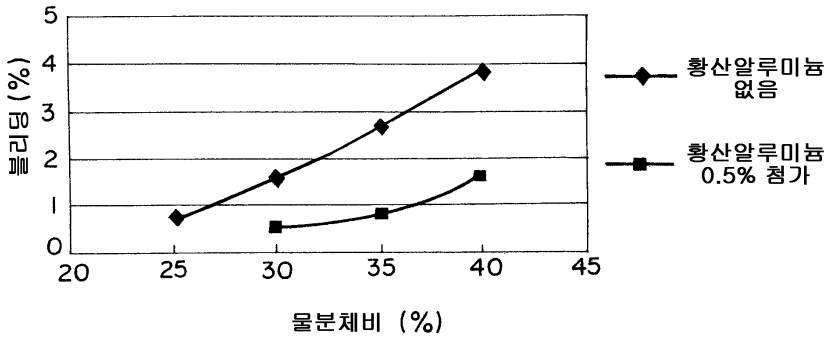
도면11



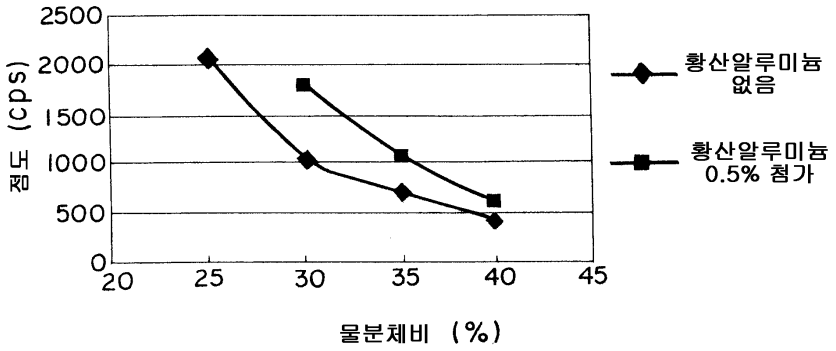
주입압의 범위

심도(m)	주입압(MP)
0~1.5	1~3
1.5~3.0	3~6
3.0~10.0	6~10

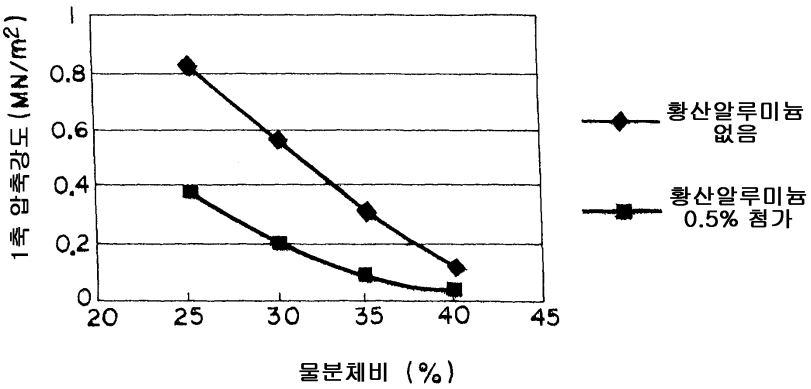
도면12



도면13



도면14



도면15

