

황토 콘크리트 - 친환경 · 고강도 흙 재료 이용

- 시멘트 콘크리트와 같은 방식으로 타설, 향후 구조체에도 적용 가능 기대 -

지금 세계 여러 나라에서 흙 건축에 대한 관심이 높다. 유럽같은 경우는 가까운 장래에 대부분의 집을 흙으로 지을 것을 염두에 두고 연구하고 있고, 미국은 건강 주택으로서 흙집을 활발하게 짓고 있으며, 호주는 흙 건축이 상용화 수준으로 보급되고 있다. 우리나라에서도 예전부터 사용하여 온 흙인 황토에 대한 관심이 높아져 많은 곳에서 지어지고 있다.

그러나, 흙은 물에 약하고, 강도가 낮아서 현대 건축에 사용되는데 한계를 지니고 있는데, 최근 개발된 고강도 흙 재료는 흙의 장점을 살리면서도, 이러한 단점을 극복하여 새로운 주목을 받고 있다. 본고에서는 흙의 반응 원리를 살펴보고, 이를 이용한 고강도 흙 재료인 황토 콘크리트를 사용한 사례를 중심으로 새로운 흙 건축의 가능성을 살펴보고자 한다.

흙의 반응 원리 - 입자 이론

입자 이론(particle theory)은 입자 간 간극을 최소화함으로써, 입자간의 인력과 전기력을 최대화하여 입자 간 응집 현상이 일어나게 하는 것이다. 입자 간극을 최소화하기 위해서 흙 입자간의 적절한 배합을 하는 최밀 충전 효과(optimum micro-filler effect)를 이용하며, 흙 입자와 물의 최적의 수소 결합을 위하여 불필요한 물 입자를 제어하는 것이 중요하다. 적절한 배합과 외부로부터의 적절한 물리력은 입자 간극을 최소화하고, 모세관 현상에 의하여 불필요한 물을 외부로 빼내는 역할을 한다. 흙을 눌러서 흙



경기도 일산에 있는 고강도 흙 재료로 만든 벽돌집.

벽돌을 만드는 것이나 토벽을 칠 때 흙으로 눌러미장하는 것이 이 원리를 이용한 것이며, 외부 물질의 투여 없이 흙 자체를 이용하여 흙의 효과를 극대화할 수 있는 장점이 있는 반면, 물이 침투하게 되면 최밀 충전이 깨지면서 입자 간 응집이 풀리는 단점 즉 물에 약한 단점이었다.

흙의 반응 원리 - 결합재 이론

결합재 이론(matrix theory)은 흙 입자가 상기의 입자 반응 이외에 새로운 경화체 반응을 일으켜서, 입자와 입자를 엮어줌으로써, 응결 현상이 일어나게 하는 것이다. 점토분과 외부로부터 투입되는 회가 반응하는 이온 반응과 포졸란 반응에 의한 응결 현상으로서, 전통적인 회가 지나 판촉기법이 이 원리를 이용한 대표적인 것이다. 흙에 회 같은

외부 물질이 투여되어야 하는 단점이 있지만, 강도가 높고 물에 강한 장점이 있다.

이 반응은 흙속의 실리카(SiO_2)나 알루미늄(Al_2O_3)이 석회의 알칼리와 반응하는 것으로서, 고대 로마 시멘트나 우리나라의 회가지 등에 쓰였던 반응이다. 그러나 그 반응식을 알려지지 않았다가 우리 연구진이 그 반응식을 다음과 같이 찾아내었으며, 이러한 포졸란 반응은 흙속의 실리카와 알칼리가 반응하여 CSI 겔을 생성하는 afwillite 반응과 흙속의 실리카와 알루미늄이 동시에 알칼리와 반응하여 CASI 겔을 생성하는 stratlingite 반응이었다. 이 두 가지는 동시에 일어나게 되며, 이로 인해 강도가 발현된다. 이러한 반응이 진행되면서, 물과 점토분이 수소 결합을 하여 생긴 경화체와 포졸란 작용으로

생긴겔이실트모래자갈등의다른흡입자들을 서로 엮어주면서 흙이 경화하도록 하는역할을한다.

- afwillite 반응 : $3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- stratlingite 반응 : $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

고강도 흙 재료의 특성

흙의반응원리인입자이론과결합재이론을 이용한 흙 재료는 흙을 고강도화함으로써, 흙이 가지는 저강도와 균열, 물에 약한 단점을 극복하고자 만들어진 재료이다. 고강도흙재료의초기강도발현계수는시멘트 모르타르와 동등한 수준이며, 고강도 흙재료의압축강도는동일물-결합재비와 잔골재-결합재비를갖는시멘트 모르타르 강도와 유사하여, 향후구조체에 적용가능할것으로보인다. 이러한재료의특성은전문적인학술논문으로보고되어있다.

고강도 흙 재료로 만든 벽돌 및 블록

이러한 고강도 흙 재료는 강도가 강하고 물에 강한장점으로인하여, 벽돌로만들어

황토콘크리트가전면적용된영암군관광안내소건설현장.



평평공법이적용된김제지평선중학교시공장면.

저건물내외부에쓰이고있으며, 바닥보도블록, 투수 블록 등 외부 공간 조성용으로 쓰이고 있으며, 하천 생태계를보호하기 위한하천용호안까지사용이확대되고있다.

고강도 흙재료를 이용한 황토 콘크리트

이러한고강도흙재료를이용하여, 일반 시멘트 콘크리트처럼 만든 것이 황토 콘크리트이며, 시멘트 콘크리트와 같은 방식으로타설하여 구조체를만드는것이다. 구조체에적용된것은목포어린이집과김제지

평선중학교신축에부분적으로적용되었으며, 현재영암군 관광안내소에전면 적용되어 시공 중에 있다. 또한이것은 바닥 포장에도 적용되어 서울 아차산 산책로에 적용되었으며, 그이용이증대되고있다.

흙, 개발과 보전으로 발전시켜야

흙은여러가지장점을가진좋은재료임에도불구하고여러가지이유로 인하여소홀히 취급받아 왔는데 요즘은 새롭게 친환경적인면이부각되어관심을받고있다. 외국에서는 이미 이러한 면들을 주목하여여러가지새로운시도들을하고있다. 국내에서는일부관심있는연구자들이개별적으로 연구를 수행하여 오면서 선진 외국을 넘어서는상당한연구의축적이있었다.

도처에 널려 있는 흙을 개발과 보전이라는 두축으로재해석하고발전시켜서, 자원빈국에서 자원 부국으로, 기술 종속국에서



기술 종주국으로 바뀌는 기틀을 만들어갈것을주문하여본다. 

황해주
목포대건축학과교수