



독일의 생태건축 현장을 찾다

Bad König의 스트로베일 하우스

지난 1월부터 세달에 걸쳐 패시브하우스의 개념과 방향을 연재해 준 건축가 홍도영 씨가 독일 현지에서 지어지고 있는 스트로베일 하우스를 소개한다. 우리처럼 벗짚이 아닌 밀대공으로 지어지는 생태건축의 한 부류로, 여러 가지 기술적 실험과 미래 에너지의 고민을 담고 있는 집이다. <편집자 주>



건축가 프로필

Susanne Körner & Tilman Schäberle는 TU Darmstadt에서 건축으로 학위를 따고, 15년 전부터 조화롭고 지속가능한 건축을 발전시키는데 노력해왔다. 풍수지리학자인 Prof. Dr. Lim에게 다년간 수학을 했으며 국제 Qi-MAG연구소로 부터 인증 받은 풍수상담 자격을 가지고 있다. 2002년 이후부터 건축가 그리고 풍수상담가 및 교육가로 독일과 외국 등지에서 활동하고 있으며, 풍수에 바탕을 두고 새로운 재료와 건축기술 그리고 조화로운 건축미장을 가지고 주거와 사무실 건축계획 등을 진행하고 있다. 스트로베일과 대나무를 이용한 건축 분야의 개척자인 이들은 2006년 대나무 건축, 2008년 스트로베일 주거용 건물에 이어 올해는 최초의 산업용 건물을 스트로베일로 건축할 계획을 갖고 있다.



유럽의 스토베일을 이용한 건축

스토베일을 이용한 건축은 1900년경 미국에서 처음 시도되었으며, 독일에서는 1999년 최초로 등장했다. 모든 것이 그렇듯 처음 시작 단계만 하더라도 스토베일, 즉 갈대공으로 집을 짓는다는 일은 주변의 비웃음을 샀다. 그러나 지금은 다르다. 유럽 내 오스트리아와 독일을 중심으로 간간히 건축이 이루어지면서, 스토베일 건축은 건축 방식의 하나로 확고히 뿌리를 내리고 있다. 이는 계속되는 유가(油價)의 압박과 시장 경제의 불안 요소 증가, 친환경 건축 재료에 대한 높은 관심 등을 간접적으로 말해주는 것이다.

이번에 소개하는 Bad König의 스토베일 하우스는 독일 헤센주에 최초로 건축된 주거용 건물이다.

스토베일을 이용하는 긍정적인 이유들

스토베일을 건축에 사용하는 데는 여러 가지 설득력 있는 이유가 있다. '친환경'이라는 점에서는 사실 스토베일을 따라 올 경쟁 재료가 없다.

첫째, 생산 시 환경위해요소가 발생하지 않으며 사용하기 위해 소용되는 부가 에너지 소비도 상당히 적다. 예를 들어 미네랄울을 생산하는데 필요한 부가 에너지를 150이라고 치면, 스토베일은 1정도 양에도 못 미치는 에너지가 들 뿐이다. 둘째로는 기계 이상의 보온성능, 즉 단열능력을 갖고 있기에 결과적으로 난방 에너지와 난방비 절감의 효과가 있다는 점이다. 더불어 전체적으로 환경에 미치는 영향이 적고 저렴한 가격에 많은 양이 제공된다는 것이 장점이다. 왜냐하면 스토베일은 생산 시에 생기는 남아도는 '쓰레기'며 다른 부가적인 에너지 소비 없이 100% 재생이 가능한 재료이기 때문이다.

1	2	3	4
---	---	---	---

1 목조골격이 끝난 직후의 모습. 골조는 공장에서 사전제작해 현장에 운반되어 3일만에 설치되었다. 2 압축된 스토베일을 이용해 벽체를 쌓아올리는 모습. 3 라운드형 곡선의 지붕 위에도 스토베일로 단열한다. 4 실내의 스토베일 위에 황토마감을 하는 모습.



북서쪽 방면의 스트로베일 벽면이 완성된 모습.

독일에서는 대부분의 지역에서 밀농사를 짓기에 스트로베일 공급량이 충분하며, 수송 거리가 상대적으로 짧아 운송비가 적게 드는 이점이 있다. Bad König 스트로베일 건물에 사용된 베일 역시 약 20km 떨어진 근처 농가에서 운송된 것이다.

또한 내화성의 문제도 주목할 만하다. 일반적으로 흔히 알려져 있는 것과 달리 스트로베일은 쉽게 불이 붙는 재료가 아니다. 독일의 기준에 따르면 스트로베일은 보통인 B2의 성능을 가지며 이는 일반적인 목재의 경우에 해당한다. 더불어 황토로 마감이 될 경우는 F30 혹은 F60도 가능하다. 화재 발생 시 구조체가 30분 그리고 60분을 견딜 수 있다는 얘기이다. 이에 해당되는 검사보고서는 이미 독일에 마련되어 있다.

스트로베일을 이용한 건축기술과 시공 과정



스트로베일을 하적하는 모습

스트로베일을 이용한 건축에는 두 가지 방법이 있다. 하중을 견디는 구조, 또는 그렇지 않은 구조이다. 전자는 별도의 구조적 강화 없이 단지 스트로베일만을 이용해 지붕과 층간의 하중을 전달하도록 한다. 후자는 대개 목조구조와 연계해서 시공한다. 흔히 철근콘

크리트의 라멘식 구조에서 이용되는 조적벽이라고 보면 된다. 대신 여기서는 벽돌대신 단열의 역할을 하는 스트로베일을 사용한다.

Bad König의 스트로베일 건물은 전체 기본골조가 사전공장제작을 거쳐 현장에서 크레인을 이용해 3일 만에 완성되었다. 그 다음 목조의 규격에 따라 절단된 압축 스트로베일을 사이사이에 시공해 벽체를 세웠다.

스트로베일 건물의 특수성은 일반 벚꽃이나 기타 풀을 압축하는 장비로 한 간단한 시공과정에 있다. 압축기를 이용하면 베일 한 무더기가 적어도 90-120kg/m³에 달하는 무게감을 갖기 때문에 전체적으로 외벽이 견고해져 구조적으로도 안정적이다.

물론 전제 사항으로 압축할 스트로베일의 재료 자체가 확실히 건조된 상태여야 한다. 그리고 시공 전 건조한 곳에 잘 보관해야 하는 준비성도 요구된다. Bad König의 스트로베일 건물의 경우는 5명이 약 700개의 스

트로베일을 만들고 밭에서 바로 현장으로 운송했다. 스트로베일의 장점 중 또 하나는 특별한 기술이 없는 사람도 빠르게 기술을 습득해 금방 지어낼 수 있다는 점이다.

Bad König의 스트로베일 건물은 700개의 스트로베일을 3층 전체 지붕과 더불어 14일 만에 시공했다. 목구조 사이에 스트로베일을 차례차례 쌓아서 설치하고 지속적인 벽의 안정성을 위해 차량의 바퀴를 교체할 때 사용하는 장치로 눌러 주었다. 전기톱과 전정가위를 이용해 불필요한 부분을 잘라내서 마무리하니, 외벽의 기본이 완성되었다.

스트로베일의 마감과 유의사항



황토로 내부 미장을 하는 모습



외벽의 석회계열 기초마감

이 공사 중에서 가장 중요한 사항은 기본마감이 되는 시기까지 습기로부터 스트로베일을 잘 보호해야 하는 점이다. 시공지는 지붕다락을 포함한 4층 규모인 이 건물의 경우, 습기를 차단하는 일이 쉽지 않았다고 말했다.

외부마감은 환경변화에 강하고 외부로부터 들어 올 수 있는 습기를 억제하기 위해 석회계열을 선택해, 이를 스트로베일 위에 직접 발랐다. 스트로베일은 석회 마감에 좋은 접착 성능을 갖는다. 석회 위에 투습방수성능이 있는 규산 계열의 페인트로 최종 마감했다. 내부는 스트로베일에 가장 좋은 마감이라 할 수가 있는 황

HOUSE PLAN

공사기간 : 2008년 5월 ~ 2009년 6월

크기 : 연면적 220m², 2세대

구조 : 목조, 줄기초 지하층 없음

단열재 : 스트로베일(밀대공), 외벽과 지붕부위

에너지 소비(계산) : 일차에너지 31KWh/m²a, 난방에너지 22 KWh/m²a

난방설비 : 나무를 원료로 하는 난방기, 태양열 집열판, 바닥 난방 방식

계획 및 감리 : Shakti Haus - Dipl. Ing. Susanne Körner
& Dipl. Ing. Tilman Schäberle

구조계산 : Büro Bauquadrat Herr Schmeer

토를 사용했다. 그런데, 여기에는 한가지 문제점이 있었다. 구조적 안정성을 위해 부분적으로 OSB합판을 사용한 곳이 있는데, 이 부위에 황토 마감이 가능했었다. 접착 성능을 높이기 위해 습기에 강한 석고보드를 설치하고 황토미장을 얇게 하는 방법을 택했다. 엄격히 보면 두 가지의 다른 바탕을 가지고 있기에 특히 연결부위의 크랙은 막기가 힘들었지만 여러 번의 보수 작업으로 이를 해결할 수 있었다. 황토로 두세 번 미장한 후, 마지막으로 미세한 점도가루가 들어간 페인트로 마무리했다.

황토는 재질 상 쉽게 작업할 수 있고 무엇보다 실내 습기조절에 탁월하다. 실내습도가 낮은 경우, 다른 미장이나 벽지에 비해 빠른 시간 내에 실내에 습기를 돌려줄 수 있으므로 실내 환경 변동의 폭을 줄이는데 더할 나위 없이 좋은 재료다.

단, 스트로베일 건물 역시 기밀층의 역할이 중요하다. 창호 연결 부위, 바닥 연결 및 모서리 연결 부위 등 기밀층의 틈으로 실내의 습기가 유입되기 때문에 꼼꼼하게 시공해 대류를 통한 공기의 흐름을 막아야 할 것이다.

친환경자재를 사용한 건축 방향

스트로베일로 지어진 이 건물은 처음부터 가급적이면 친환경 자재를 사용하는 것이 목표였다. 건축분야에서 에너지와 지하자원의 사용을 줄일 수 있는 하나의 가능성을 제시한 것이다. 새로 지어지는 저에너지나 패시브하우스의 경우는 난방과 온수를 위해 사용되는 에너지의 양이 적기에 환경적이라 표현하지만 이는 단지 한부분만을 보

는 경향이 강하다. 건축물의 건설을 위해 소요되는 더 많은 경제적인 투자와 에너지 소비, 그리고 철거에 들어가는 비용과 에너지까지 감안한다면 패시브하우스가 친환경적인 것만은 아니다.

예를 들어 주로 사용되는 EPS, 즉 스티로폼이나 미네랄울, 철과 같은 재료는 사용기간 동안 많은 에너지를 절약하게 하지만, 자체를 생산하고 철거할 때는 또 다른 에너지를 소비해야 한다.

이 건물을 설계하고 많은 부분을

스스로 지은 건축주 부부에게 친환경적으로 건물을 짓는다는 것은 환경위해요소가 없고 실내공기환경에 악영향을 주지 않는 재료를 사용하는 것이었다. 친환경재료는 가급적이면 그 지역에서 쉽게 구할 수 있는 것이 이상적이며, 문제없이 그 남은 것을 버릴 수 있어야 한다. 물론 적은 에너지 사용으로 생산과 설치가 가능해야 한다.

이 건물에서 사용된 스트로베일 그리고 황토마감 역시 이 지역에서 생산된 것이다. 그리고 바닥 난방을 고정하기 위한 판 역시 자연 건조된 황토로 제작된 것이고 그 위에 놓이는 바닥판도 마찬가지로 황토로 이루어져 있다. 층간바닥은 삼으로 단열이 되어 있고 바닥판은 단열성 좋은 자갈 크기의 재생 유리를 사용했다. 이 건물에는 일반적인 콘크리트 바닥판은 하나도 찾아볼 수 없다.

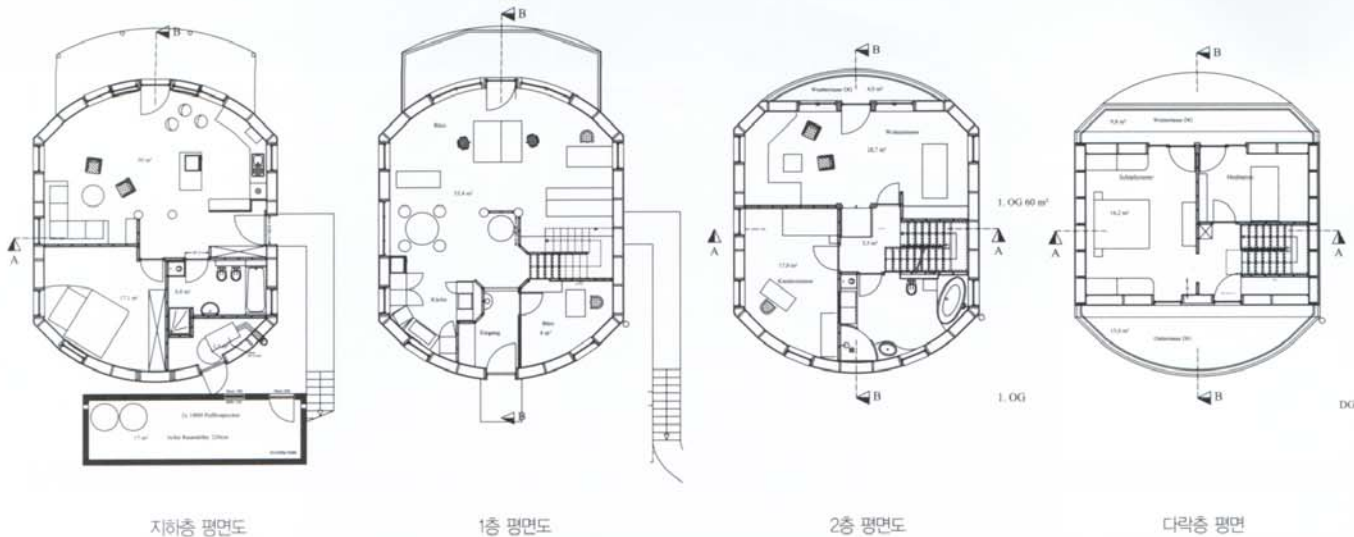


바닥에 재생글라스자갈을 다지고 있는 공정

황토의 바닥판

지붕에 스트로베일을 시공하는 모습, 피란색의 재료는 방수 투습이 가능한 재료로 기와 아래에 생기는 물을 밑으로 흘러내리게 하는 성능을 가지고 있다.





난방과 온수, 그리고 에너지 설비

이집의 총 1차 에너지의 소비는 $31.9\text{kWh/m}^2\text{a}$ 로 나타났다. 이는 소위 말하는 3리터하우스보다도 적은 수치이다. 1년간 총 난방에너지는 $22\text{kWh/m}^2\text{a}$. 이 수치는 폐열회수가 달린 공기조화기가 없는 건물로는 좋은 결과라고 볼 수 있다.

4월부터 10월까지 13m^2 면적의 태양 집열판이 온수를 만드는데 필요한 에너지를 공급하며 겨울에는 나무를 사용하는 난방보일러가 이를 대신한다. 지역적으로(독일 남서부에 있는 Odenwald 지역으로 고도가 높고 침엽수림이 형성되어 있음) 나무가 혼한 숲이 있는 지역이기에 난방으로 필요한 나무구입에 약 250유로가 소요될 것으로 예상되고 있다.

난방 장치는 한국처럼 바닥 난방이며 30°C 의 온수로 집 전체를 덥히게 된다. 태양집열판은 정확히 남쪽을 향해서 설치되어 있고 9개의 커다란 창문이 겨울철 패시브난방의 역할을 해서 난방부하를 줄여주며 모든 창문은 삼중유리로 전체 열관류율은 $0.85\text{W/m}^2\text{K}$ 에 달한다.

잠재성과 앞으로의 과제

스트로베일처럼 친환경 재료를 사용한 건축은 우리 인간과 자연에게 많은 이득을 주는 잠재성을 갖고 있다. 천연자원의 고갈이 심한 현대 사회에서 환경에 영향을 덜 미치고 인간의 건강에 유해하지 않은 건물은 반드시 필요하다. Bad König의 스트로베일 건물은 친환경적인 재료의 사용으로 실내 환경의 쾌적성을 보장하고 경제성이 좋으며 더불어 건축의 문외한이라도 쉽게 배워 지을 수 있는 계기를 마련했다.

가장 어려웠던 점은 건축가의 말처럼 4층 높이의 약 10m가 되는 건물을 비와 습기로부터 보호하는 일이었다. Bad König의 스트로베일 건물은 계절에 맞추어서 공사가 진행되었다. 8월에 스트로베일을 밭에서 베어서 만들고 겨울이 오기 전 외부 마감을 이루어낸 것이다. 앞으로 공장에서 미리 스트로베일을 목조구조에 설치한 후 현장에서 반조립식으로 건축하게 되면 계절에 상관없이 작업할 수 있을 것이라 본다.

Bad König의 스트로베일 건물은 건축가가 계획하고 원한 것처럼 동양에서 말하는 음양의 조화와 빛대어 인간과 자연과의 조화가 잘 드러나는 프로젝트로 결론낼 수 있을 것이다. **전원**



겨울철 패시브난방의 역할을 하는 커다란 창



외벽이 거의 완성된 모습



이 글을 쓴 **홍도영** 씨는 충북대학교 건축공학과를 나와 Bauhaus-Universität Weimar와 건축물리 전문가 과정 WBA를 졸업하고 '건축물의 환경적 진단 및 개선방안'에 대해 실질적인 업무를 맡고 있다. 현재 독일의 Kramm & Strigl, germany에서 건축가로 근무하며, 한국에 패시브하우스를 알리기 위해 노력 중이다. <http://www.passivehouse-korea.com>