

Global Report

첨단 바이오재료에 의한 지속가능한 건설

1. 개요
2. 소개
3. 바이오 콘크리트
4. 바이오 플라스틱
5. 바이오 혼화재
6. 바이오 아스팔트
7. 바이오 매개 지반개량
8. 바이오 재료와 지속가능성

1. 개요

이 논문에서는 지속가능하며 환경 친화적인 건설을 위한 첨단 바이오 재료의 개괄적인 내용들을 제시하고 있다. 그러한 재료에는 콘크리트, 플라스틱, 혼화재, 아스팔트 및 흙 등을 포함한다. 자연적 진화는 바이오 재료가 특정 성분을 함유하는 것을 가능하게 한다. 바이오 재료는 그것들과 합성이 될 수 있는 재료들에 의해 타의 추종을 불허하는 독특한 특성을 제공한다. 그러한 특성은 시간이 가고 자연적인 과정을 거쳐 이루어진다. 바이오 재료가 이렇게 자연적으로 진화하는 특성은 활용될 수 있으며 건설 수요를 충족시키기 위해 사용될 수 있다. 열팽창 계수가 낮거나 거의 제로인 선형 열팽창계수를 가진 바이오재료는 아주 다양한 건설재료를 만들게 할 수 있다. 온도변화로 인한 길이의 어떤 변화에도 견딜 수 있는 그 능력은 내부응력을 제거하는데 도움이 된다. 바이오 재료는 비용 효율성 및 환경 친화성과 같은 합성재료를 능가하는 여러 장점들을 제공한다. 합성물질을 내다 버리는 것은 환경적 딜레마인데 이것은 분해될 수 있는 바이오재료를 사용하여 감소될 수 있다. 콘크리트 내부에 살아있는 박테리아가 콘크리트의 미세균열을 치유하여 건축물의 내구성을 증가시킬 수도 있다.

2. 소개

바이오 재료는 생체(living systems)와 상호 작용하는 물질로 정의된다. 이러한 설명을 고려해보면 우리는 생체재료가 건설 산업에 쓰였다면 어떻게 쓰였는지 알아보기 위해 과거를 돌아볼 필요가 있다. 목재와 같은 재료는 오랫동안 건설재료로 사용되어 왔다. 이 천연자원은 수세기 동안 건축물의 구조재, 지붕재 및 바닥재로 쓰여 왔다. 그러나 화학 산업의 발달은 보다 많은 합성 건설재료를 경쟁적으로 출시하도록 하였다. 이러한 진전에도 불구하고 바이오 재료는 늘 건축의 일부분을 차지해왔다. 향상된 기능을 가진 고급 건설재료를 얻기 위하여 천연자원을 원료로 하는 화학물질도 자주 사용되었다. 세계는 천연자원과 관련된 우리들의 문제에 대해 보다 지속가능한 해법을 찾고 있다. 본 연구는 우리와 우리의 미래 세대를 위해 그만큼 중요하다.

바이오 재료는 한 가지 형태 또는 여러 형태로 건설 산업에 다양하게 사용되어지고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 목재와 같은 일부 바이오 재료는 직접적으로 사용되어지고 있으나 일부는 재료 성능을 최적화하도록 화학적으로 수정되어지고 있다. 이러한 것들은 동물, 식물, 토양과 같은 천연자원이나 생물공학산업 프로세스 등을 통하여 광범위하게 얻어진다.

목재 외에도 농작물도 건설 산업에 맞게 사용되기도 한다. 비록 수밀성 인테리어용으로 아주 제한적이긴 하지만 이러한 재료의 사용도 건설 산업에 상당한 진전이 있다. 오늘날 콘크리트 보강은 천연 섬유를 사용할 수도 있으며 벽체는 석회 바인더(lime binder)와 함께 대마부스러기 응결체(hemp-shive concretion)를 사용하여 축조될 수 있다. 또한 아마씨 기름과 양모도 페인트와 단열재로서 실제 쓰이고 있다. 생물학적 재료를 기반으로 하는 건설에 좋은 사례로 영국 중부 웨일즈의 스트로 베일 농가(Straw bale farmhouse)가 있다. 이 농가는 콘크리트 기초위에 숲에서 베어온 목재와 잘 다진 큰 짚단(large bales of tightly compacted straw)으로 시공되었다. 이 짚단은 제조하여 만든 블록에 비하여 10배 이상 높은 단열성을 제공하며 또한 농장에서 키우는 양에서 얻어진 양모는 지붕단열재로 쓰였다.

화학적으로 만든 건설재료는 커플링제(coupling agents) 등과 같은 재료의 반응과 많은 과정을 거쳐서 특정 속성을 얻는다. 합성재료와는 달리 바이오 재료는 많은 화학적 반응을 거치지 않고 유사한 속성을 제공한다. 처리과정의 이러한 감소는 내재 에너지가 더 적은 바이오재료 사용을 가능하게 한다.

바이오 재료는 장시간 동안 온도변화를 제어하고 일정한 온도를 유지하는데 아주 효과적일 수 있다. 바이오 재료는 생활공간을 보다 안락하게 하면서도 우리일상의 냉난방수요에 아주 비용효과적인 해법을 제공한다. 바이오 기반의 상제어 물질(Bio-based phase control materials)은 동물성 지방이나 식물성 기름 특히 지방산에서 추출하여 이용가능하다. 이러한 물질은 높은 잠열(latent heat)과 내화성을 가지고 있다. 또한 이러한 재료는 매우 안정적이고 내구성이 있으며 독성이 없다. 또한 다른 무기 PCMS(상변화물질)에 비하여 가격도 저렴하며, 목재와 같은 바이오 재료는 $0.082\text{mm}^2/\text{초}$ 정도의 낮은 열확산률(thermal diffusivity)을 가지고 있다.

바이오 혼화재(bio admixtures)는 성능개량을 위해 기능성 분자(functional molecules)의 형태로 건설재료에 첨가되는 바이오 재료로 간주될 수 있다. 바이오 혼화재의 사용은 기원전 3000년으로 거슬러 올라가는데 그 당시 역청(bitumen)은 유기결합재(organic binder)와 발수재로서 점토와 짚의 혼합물로 수메르인들에 의해 사용되었다. 천연자원에서 얻어진 특성 화학물질의 사용으로 만들어진 최적의 건축재료로 인해 잘 알려진 로마 건축물도 가능했었다.

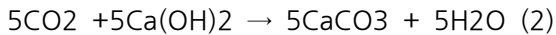
3. 바이오 콘크리트

콘크리트는 단단하고 내구성이 있는 재료이다. 또한 몇 가지 첨가제를 첨가하면 강도를 향상시켜 요건에 맞출 수도 있다. 큰 강도를 가지고 있음에도 불구하고 콘크리트에 균열이 발생하면 구조물의 전반적인 내구성은 감소한다. 이러한 균열을 보수하기 위하여 합성 폴리머를 사용하는 것은 효과적인 방법으로 의심의 여지가 없으나 환경 친화적인 기술은 아니다. 또한 콘크리트 구조물의 유지관리 뿐만 아니라 일반적인 수작업의 보수는 비용도 많이 들며 어떤 경우에 있어서는 전혀 불가능한 경우도 있다. 현재 “자연발생적 치유(Autogenic Healing)”로 알려진 새로운 기술이 보다 친환경적인 것으로 알려져 있는데 이 신기술은 균열을 보수하는데 박테리아 사용을 기반으로 하고 있다. 박테리아는 퇴적물 내부 및 심지어 1km 이상 깊이의 바위 속 뿐 만 아니라 표면을 포함한 지구 전체 거의 모든 곳에서 찾을 수 있다.

한 가지 방법은 작은 캡슐 형태의 내부에 박테리아 포자, 젖산칼슘 및 영양소를 봉입하여 콘크리트 속에 투입하는 것이다. 캡슐내부에 그러한 것들을 봉입하여 넣는 목적은 균열이 발생하기 전에는 어떤 종류의 상호작용을 막고자 하는 것이다. 박테리아 포자 및 유기무기 전구체 화합물은 콘크리트 구조물 내에 넣기 전에 다공질 팽창성 점토 입자(porous expanded clay particles)에 넣어질 수도 있다. 균열이 발생하게 되면 이들 캡슐이 깨지면서 포자는 물과 상호작용하여 활동을 시작하고 젖산 칼슘과 영양소를 석회석으로 만든다. 그로 인해 석회석이 균열을 채워주게 되고 콘크리트 내에 물이 들어오는 것을 막아준다. 이렇게 생성된 석회석은 다음과 같은 방정식에 따라 형성되는 것이다.



그러나 많은 연구결과 이 박테리아는 앞에 언급한 방정식에서 나타난 바와 같이 직접적으로 석회석을 만들 뿐만 아니라 석회석을 만들기 위한 간접적인 프로세스를 거치기도 한다. 그 간접적인 프로세스는 느리며 콘크리트 속에서 자연스럽게 발생하고 아래 (2)번 방정식에 따른 대사 작용으로 인하여 콘크리트 매트릭스 내에 있는 수산화칼슘 미네랄과 함께 이산화탄소 분자가 생성된다.



이산화탄소는 균열 내부에 여전히 존재하고 있는 포틀랜드석 입자와 직접적으로 반응하게 됨으로 균열내부의 표면에서 생성된다. 따라서 총 여섯 개에 상당하는 탄산칼슘의 생성이 앞서 언급한 두 프로세스에 의해 가능한데 이것이 결정적으로 균열의 효율적인 메움 작용을 이끌게 되는 것이다.

박테리아 포자의 생존은 건조 상태 심지어 강한 외력을 받는 곳에서조차도 200년 이상의 오랜 생존 능력을 가지고 있다고 한다. 그러나 보호조치가 없는 상태로 콘크리트 속에 박테리아가 첨가되는 경우 박테리아 수명은 크게 감소된다. 실제로 시멘트 페이스트의 응결이 일어나면서 콘크리트 속의 공극의 직경은 상당히 줄어든다. 대부분의 경우 이러한 현상이 일어나는데 바실러스 포자의 일반적인 크기는 $1\mu\text{m}$ 인데 콘크리트의 공극이 그 이하로 줄어들게 되면서 포자의 수명이 줄어드는 것이다. 따라서 박테리아 포자의 수명을 연장하기 위하여 박테리아 포자를 콘크리트 배합에 투입하기 전에 보호조치가 이루어져야 된다. 일부 연구결과에 따르면 콘크리트에 박테리아를 투입한지 6개월째인데도 불구하고 생존하는 것으로 관찰되었다고 한다.

콘크리트 구조물이 직사광선을 포함한 가혹한 기상조건에 노출됨에 따라 자가치유 메커니즘(self-healing mechanism)에 온도가 미치는 영향연구에 큰 관심을 가지게 되었다. 온도변화에 따라 자가치유 현상의 결과가 달려있는지를 알아보기 위해 실험이 실시되었다. 섭씨 20도, 50도 및 80도 세 가지 다른 온도 값이 한 실험연구에 채택되었다. 섭씨 20도 상태에서 30% 투과율의 균열이 섭씨 80도로 온도가 증가된 상태에서는 3%로 개선되었다. 실제로 온도가 올라감에 따라 투과율이 크게 감소하여서 물의 점성이 감소한다. 따라서 콘크리트의 자가치유 성능은 온도가 올라가면 개선된다는 결론을 내릴 수 있었다.

이 외에도 콘크리트 내부의 여건도 박테리아 포자의 균열치유 효능에 중요한 역할을 한다. 일반적으로 pH값이 12 이상인 여건에서는 박테리아 포자의 활동이 감소한다. 따라서 별도로 준비된 매개체를 통해서 박테리아를 도입한다는 것은 좋은 생각이다. 실리카 겔 및 폴리우레탄 매개체를 사용하여 이루어진 실험연구결과에 따르면 폴리우레탄 매개체를 통하는 것에 비하여 실리카 겔을 매개체로 하여 박테리아를 도입하는 것이 보다 큰 활동성을 나타내는 것으로 밝혀졌다. 석회석 석출(limestone precipitation)이 폴리우레탄의 경우 11%인 것에 비하여 실리카 겔의 경우 25%이었지만 여전히 자가치유 콘크리트의 박테리아 운반 매개체로 폴리우레탄이 더 큰 사용 잠재력이 있는 것으로 결론이 내려졌다. 그 이유는 폴리우레탄을 매개체로 도입된 박테리아에 의해 치유된 시편에서 60% 정도로 보다 큰 강도가 회복되었고 투수계수도 10-10-10-11m/초가 달성되었는데 그에 비해 실리카 겔을 매개체로 도입된 박테리아에 의해 치유된 시편은 강도는 단지 5% 정도만 회복되었고 투수계수도 10-7-10-9m/초가 달성되었기 때문이다. 치유된 콘크리트에서 역학적 특성의 회복은 중

요한 측면으로 최근 수년간 연구진들의 관심을 모았으며 자가치유 메커니즘이 콘크리트의 역학적 특성을 개선한다는 것도 관찰되었다. 예를 들면, 동결융해작용으로 손상된 초고강도 콘크리트의 공명진동수(resonance frequency)는 박테리아에 의해 치유가 이루어진 후 상당한 개선을 보여주었다. 또한 한 연구에서, 미생물에 의해 유도된 탄산칼슘이 몰탈 큐브의 압축강도를 개선하는 것으로 입증되었다. 콘크리트의 처짐과 관련하여 박테리아로 치유된 콘크리트가 균열의 치유과정을 거친 경우 그렇지 않은 경우에 비해 처짐과 휨강도 모두에서 약간 더 좋은 강도회복결과를 나타내었다.

4. 바이오 플라스틱

플라스틱은 우수한 기능성과 제조 용이성이 있다. 토건분야는 전 세계 총 플라스틱 사용량의 약 23%를 사용하는데 그 대부분은 제조에 많은 에너지를 필요로 한다. 건축가와 설계자들은 상업용 건축물 뿐 만 아니라 주거용 건축물의 에너지 효율성, 내구성 및 성능을 극대화하는데 도움이 되도록 플라스틱의 사용에 의존하고 있다. 플라스틱은 지붕재, 벽재, 창문, 울타리 및 배관 등에 사용되고 있다. 이러한 플라스틱은 플라스틱이 생태계에 아주 큰 탄소 발자국을 차지하는 원인이 되고 있으며, 플라스틱을 제조하는 것은 화석연료의 고갈을 초래할 뿐만 아니라 환경에 악영향을 일으키고 있다. 이러한 영향에 대응하기 위하여 과학자들은 지속가능하고 재생가능하며 생분해성이 되는 플라스틱을 생산할 수 있는 새로운 기술을 찾아내기 위해 끊임없이 노력하고 있다. 바이오 플라스틱은 기존 플라스틱의 아주 좋은 대체품이다. 생체복합재료(Bio composites)는 석유 기반의 복합재의 대체재를 제공할 뿐만 아니라 중량대비 동등한 강도를 나타낸다. 생체복합재료는 울타리, 난간, 벽재, 각종 프레임, 문, 장식용 및 단열용 패널재로 용이하게 사용될 수 있다. 우수한 중합기술(polymerization techniques)의 진보 및 이용과 더불어 내열성 바이오 플라스틱도 이용가능하게 되었다. 그러나 바이오 플라스틱의 가격은 그 장점을 고려할 때 석유화학 기반의 플라스틱에 비하여 높기 때문에 바이오 플라스틱이 값싼 가격에 제조될 수 있도록 새로운 혁신을 도모할 필요성이 있다. 이러한 가격문제에 맞서 쉽게 이용 가능한 기술에는 도시 폐기물의 유기물 뿐 만 아니라 식품가공 폐기물, 농업 폐기물, 폐수처리장에서 나온 액상 폐기물 등을 포함한 값싼 원료를 사용하는 것 등이 있다.

5. 바이오 혼화재

현재 많은 바이오 혼화재가 건설재료로 사용 중에 있다. 시멘트는 바이오 혼화재의 대부분을 소비하는데 예를 들면 “리그노술포산염(Lignosulfonate)”은 리그닌(Lignin)에서 나온 바이오 혼화재로서 콘크리트의 시공연도를 개선하고 상대적으로 낮은 물시멘트비를 가진 큰 압축강도를 가진 콘크리트를 생산하기 위하여 목재의 천연 고분자를 원료로 하는 바이오 혼화재이다. 동물의 혈액과 머리카락에서 추출된 “단백질 수화물(Protein hydrates)”은 미고결지반(unconsolidated soil)의 도로용 기반재나 조립식 칸막이 벽재를 제조하는데 사용되는 발포콘크리트 제조에 사용될 수 있다.

마찬가지로 보습제(water retention agent)인 “셀룰로오스 에테르(Cellulose ethers)”는 벽미장에 쓰이고 있다. 페인트, 갱심, 바니스, 아스팔트 및 그라우트용 바이오 혼화재도 실제 쓰이고 있다. Vikan과 Justnes의 연구결과(2006)에 따르면 식물성 기름은 몰탈의 공극구조와 내구성에 영향을 미치는데 사용될 수 있다고 한

다. 콩, 땅콩, 아마씨, 올리브, 옥수수 및 포도씨 등에서 추출한 기름은 장기적인 몰탈의 발수제로 사용될 수 있다. 식물성 오일은 공극구조 개선에 기여하는데 수분포화도가 더 낮기 때문에 내구성을 개선하는 것으로 알려져 왔다. 부레옥잠(Water Hyacinth)은 콘크리트 응결지연제(retarder)로서 사용될 수 있는 또 하나의 혼화재이다. 부레옥잠은 수생식물로서 물에 떠서 수면으로 퍼져나가며 자라는 능력을 가지고 있어서 햇빛을 차단하고 산소고갈의 원인이 된다. 또한 부레옥잠은 응결시간을 늘리고 시공연도를 개선하는 경향이 있으며 더욱이 압축강도의 점진적인 증가에도 영향을 미치는 것으로 관찰되었다.

6. 바이오 아스팔트

바이오 아스팔트는 비석유 기반의 재생 가능한 자원(nonpetroleum based renewable resources)으로 만들어 질 수 있는 아스팔트의 대체재이다. 이러한 자원에는 천연라텍스 고무, 식물성 기름, 당밀, 설탕, 쌀, 옥수수, 천연고무수지 그리고 리그닌, 셀룰로오스, 팜유 폐기물, 코코넛 폐기물, 감자전분, 땅콩 기름 찌꺼기, 건조된 하수배출물, 카놀라유 폐기물 등이 있다. 2010년에 한 연구자가 아스팔트 산업의 특성화와 더불어 비용을 기초로 하는 바이오 아스팔트의 사용을 연구하였다. 와인비료를 바이오 아스팔트로 전환하기 위하여 액화천연열화학공정이 실시되었다. 그러나 무거운 잔류물은 아스팔트의 개질제(modifier)로 사용되었다. 잔류물은 베이스 바인더의 질량 대비 2%, 5% 및 10%가 기존 베이스 바인더에 첨가되었다. 그 결과 비료 기반의 바이오 아스팔트 첨가로 저온에서의 특성은 개선되었으나 고온에서 바퀴패임자국에 대한 내성(resistance to rutting)은 손상되었다.

2009년에 바이오 아스팔트 일부가 기존 아스팔트에 사용될 수 있는 방법에 대해 한 연구가 수행되었다. 바이오매스의 원료에는 참나무, 스위치 잔디와 옥수수 여물 등이 다양하게 활용되었다. 바이오 아스팔트를 생산하기 위하여 바이오매스로 활용된 원료가 열분해 및 분획되었다. 이들 바이오매스의 정전기 침전물(electrostatic precipitates)은 전체 바인더 질량의 3%, 5% 및 9% 세 가지 비율로 아스팔트 바인더와 혼합되었고 AASHTO 기준에 따라 특징이 조사되었다. 그 결과 바이오매스에서 얻어진 바이오 아스팔트는 기존 아스팔트 바인더와 혼합될 수 있는 아주 큰 장점이 있는 것으로 나타났다. 또한 화학조성물 연구를 기반으로 한 기존의 아스팔트 개질제와 바이오 아스팔트 혼합물 사이에 유사성도 있었다. 이 연구원은 향후 바이오 아스팔트의 기술적 거동을 연구할 예정이다. 바이오 수정 바인더의 유동학적 특성(rheological properties)은 DSR(dynamic shear rheometer)과 BBR(bending beam rheometer)시험을 사용하여 확인되었다. 첫 번째 시험결과 소성변형 매개변수(rutting parameter)는 돼지 배설물 비료 기반의 바이오 아스팔트 첨가로 손상된 소변변형의 내성에 좋은 바이오 아스팔트의 첨가로 증가되는 것으로 드러났다. 두 번째 시험결과에서는 바이오 아스팔트의 첨가가 바인더의 m 값을 감소시키는 것으로 드러났다. 따라서 낮은 열온도 특성은 바이오 아스팔트로 감소되었다. 이러한 결과는 확실히 이러한 종류의 바이오 아스팔트가 낮은 열특성을 손상시키지만 소성변형 특성을 개선할 수 있다는 것을 보여준다.

또 다른 연구에서는 바이오 아스팔트와 혼합된 아스팔트의 저온 바인더를 평가하기 위해 연구를 수행하였다. 이 바이오 아스팔트는 돼지우리 폐기물을 열화학적 액화공정을 사용하여 제조되었다. 질량비로 기존 바인더의 2%, 5% 및 10%의 바이오 아스팔트를 기존 아스팔트 바인더와 혼합시켰다. 저온 바인더 속성을 평가하기

위해 BBR 시험과 아스팔트 바인더 균열장치 시험이 이루어졌다. 이들 시험결과 바이오 아스팔트 비율을 증가시키면 바이오 수정 바인더의 저온 균열 온도가 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 시험결과는 바이오 아스팔트와 기존 바인더를 혼합한 것이 고온 혼합 아스팔트의 저온 특성을 개선할 수 있다는 명확한 증거가 되었다. 약 30억 갤런의 폐식용유가 음식점 및 패스트푸드 식당에서 매년 수집된다. 폐식용유는 아스팔트를 제조하는데 중합될 수 있다. 본 연구의 목표는 혼합 아스팔트 고온 상태에서 폐식용유기반의 바이오 아스팔트에 대한 피로, 소성변형, 열분해(thermal cracking) 및 수분 민감성(moisture susceptibility) 등의 실험실 성능을 평가하는 것이다. 바인더와 고온 혼합아스팔트의 성능시험이 기존 아스팔트와 바이오 아스팔트를 혼합하여 이루어졌고 그 결과가 분석되었다.

7. 바이오 매개 지반개량

무해하며 비용효과적인 방법으로 현장에서 고결작용을 유도하기 위하여 토양의 박테리아를 사용하는 방법은 미생물 유도 탄산염 석출(carbonate precipitation)이다. 강성과 팽창성의 개선뿐만 아니라 결과로 나타난 바와 같이 미생물 유도 탄산염 석출을 통해 개선되는 지반의 전단강도에 개선도 있었다. 또한 미생물에 의해 유도된 탄산염 석출은 모래의 공극을 개선할 수 있는 잠재력이 있으며 그 잠재력은 콘관입 시험과 같은 현장에서의 기술사용을 평가할 수 있는 것이다.

현장 적용 기술이 사용되었을 경우 바이오 시멘트로 고결된 지반은 앞서 언급한 미생물 유도 탄산염 석출 연구에서 조사된 하중을 감당할 뿐만 아니라 지반은 k0 스트레스를 받을 수 있다. 인위적으로 시멘트 고결시킨 기존의 모래층은 이전 연구에서 k0 조건하에서 조사되었다.

8. 바이오 재료와 지속가능성

지속가능성의 본질은 “우리는 우리 조상으로부터 상속받은 것이 아니라 우리 아이들로부터 빌린 것이다”라는 아메리칸 인디언의 속담을 통해 가장 잘 이해할 수 있다. 지속가능성은 현 세대의 니즈에 부합하기 위하여 미래 세대의 역량을 손상시키지 않고 현 세대의 니즈에 부합하는 미래 인프라의 구축을 필요로 한다. 화학 산업의 발전은 인류역사의 중요한 돌파구이었다. 그것은 우리의 니즈에 따라 우리들에게 합성 프로세스를 최적화할 수 있도록 해주었다. 그러나 동시에 그것은 우리의 지구를 오염시키기도 하였다. 바이오 기반의 재료는 우리의 수많은 환경문제에 대한 해법을 제공한다. 바이오 기반의 재료는 합성화학물질에 비해 그 재료의 수명을 다할 때까지 온실가스를 덜 발생시키고 독성오염물질도 훨씬 덜하다.

Espinoza 등의 연구결과(2012년)에 따르면 지속가능한 친환경 건설의 핵심 전략 중 한 가지는 재사용가능하고 지속적으로 관리되는 바이오 재료를 사용하는 것이다. 그 연구결과에서는 특히 농업 폐기물과 기타 부산물을 사용하여 만든 바이오 재료와 마감재의 사용을 강조하고 있다. 바이오 기반의 재료는 특정 건축물의 단열 패널 제조에 사용되어지고 있기도 하다. 언급된 또 다른 지속가능한 전략으로는 목재의 채취가 지속가능한 방법으로 이루어지는 인증된 산림에서 공급되는 목재와 목재제품을 사용하는 것이다.

합성재료를 버리는 것은 또 다른 환경 딜레마이다. 화학물질은 우리의 환경에 매우 유해하며 현재와 같이 악화된 여건에 대한 책임이 있다. 바이오 재료는 생분해성 측면에서 하나의 해법을 제공한다. 이 바이오 재료는 폐기물 생성을 없애주므로 내다 버리는 문제를 해결한다. 예를 들어 폐목재는 청정 폐목재와 오염 폐목재 두 부류로 나눌 수 있다. 청정 폐목재는 식물의 뿌리뿔개로 가공되어 조경용으로 사용될 수 있다. 또한 연료로 보일러에 사용될 수도 있으며 건축재로 가공될 수도 있다. 반면에 오염 폐목재는 다양한 시나리오가 있을 수 있다. 오래된 건물의 철거과정에서 나오는 목재는 납이 들어있는 페인트가 칠해져 있을 수 있으며 여러 용도의 보조 재료로는 부적합한 것으로 고려될 수 있다. 또한 바이오 재료가 부식되면 식물의 비료나 에너지를 공급할 수 있는 바이오메탄을 제조하는데 사용될 수 있다.