

Global Report

콘크리트의 강화 및 양생재로 사용하는 해조류 검토

1. 개요
2. 소개
3. 관련문헌
4. 연구 목적
5. 해조류 채취 위치
6. 결론

1. 개요

전 세계적인 개발활동의 증가로 건설자재에 대한 수요가 기하급수적으로 증가하고 있다. 다른 아시아 국가들과 비교하여 인도도 개발열기가 고조되고 있어서 나날이 국내시장에서 건축자재에 대한 엄청난 수요가 이어지고 있다. 최근의 추세는 지속가능한 건설에 주목하는 경향이 늘어나고 있다. 지속가능한 개발에 있어서 친환경 건설자재는 중요한 역할을 한다. 해조류는 우수한 단열성 및 열용량 특성(heat capacity characteristics) 뿐만 아니라 완벽한 생분해성 및 강력한 이산화탄소 고정(carbon-dioxide fixation) 능력과 같은 수많은 장점을 제공하는 순수 천연 재료이다. 20여 년 전부터 식품, 화장품, 건설자재(콘크리트, 비소성 점토벽돌, 지붕자재, 생물학적 필러(Novel Biofiller)) 등과 같은 다양한 분야에 해조류의 사용에 관한 연구가 진행되어왔다. 콘크리트와 관련하여 이루어진 연구의 대부분은 콘크리트의 강도증진에 초점이 맞추어져 왔으나 어떻게 해조류가 콘크리트의 강도를 증진시킬 수 있는지와 콘크리트의 내부(자체) 양생제(internal curing agent)로서 해조류의 사용에 관한 내용에 초점을 맞추어 연구한 사람은 없었다. 이 보고서를 통해 우리는 해조류의 중요성과 관련문헌 및 콘크리트에 사용 방안을 검토코자 하며 압축 강도, 쪼갬 인장강도, 휨강도 및 화학적 성분과 관련하여 다양한 시험을 수행하였다.

2. 소개

“Seaweed(해초)”는 구어체 용어이며 공식적인 정의는 없다. 해조류는 홍조류, 녹조류 및 갈조류와 같은 다양한 조류 중 하나에 속한다. 이들 세 그룹에는 공통적인 다중세포 조상(multi cellular ancestor)이 없기 때문에 이 해조류는 다계통 발생군(polyphyletic group)에 속한다.

해조류는 식용 또는 치약, 화장품 및 페인트의 성분으로 쓰이는 등 많은 용도를 가지고 있다. 또한 식용이나 기타 직접 사용하는 것 이외에도 해조류는 농축 및 겔화 특성을 이용한 천연화합물, 해조류 껍 제 조용 등으로 풍부하고 다양한 원료로 쓰이기도 한다.

세계적으로 포틀랜드 시멘트를 사용하는 콘크리트는 가장 널리 사용되고 있는 건설자재로서 그 생산이 계속 늘어나고 있는 추세이다. 전체 콘크리트 제품의 약 15%에는 화학 혼화제가 함유되어 있다. 혼화제는 콘크리트, 몰탈 또는 그라우트에 첨가하는 화학물질로서 경화전이거나 또는 경화 후에 그 재료의 특성을 변화시키기 위해 쓰인다.

ICA(Internal curing admixture)는 수화작용이 일어나는 동안 화학적 수축작용으로 소비되는 수분을 대체하기 위한 내적 수분의 원천을 제공한다. 시멘트의 수화작용이 일어남에 따라 이 수분은 혼화제의 공극에서 빠져나와 시멘트 페이스트의 공극으로 흡수된다. 이러한 프로세스는 건조수축의 발현을 최소화할 수 있으며 양생초기 균열을 피하고 강도를 증진하는데 도움이 된다. 또한 이들의 내적 결함력으로 인해 궁극적으로 압축강도도 증가될 수 있다. 시멘트 제조과정의 화학반응 경로(chemical pathways)에는 카본 네가티브(carbon negative - 시멘트 생산 시 방출하는 이산화탄소 보다 더 많은 양을 대기 중에서 제거) 물질을 제조하는 공정이 있는데, 이것은 콘크리트가 양생되는 동안 구조물에 이산화탄소를 끌어들이는 용도로 사용될 수 있다. 해저 퇴적물에서 이산화탄소를 격리하는 해조류 양식은 큰 잠재력이 있으나 아직 개발초기단계에 있다.

본 연구의 목적은 콘크리트의 양생 및 강화용 혼화제로서 해조류에서 얻어지는 천연 또는 재생 바이오 폴리머 알긴산의 사용가능성을 조사하는 것이다.

3. 관련문헌

콘크리트에 선인장 점액과 해조류 추출물을 첨가하면 물-시멘트 비율에 따라 기계적 특성과 내구성에 분명한 영향을 미친다. 물-시멘트비가 작은 경우 투수성 공극(permeable porosity)이 줄어들게 되는데 그 이유는 폴리머의 보습성이 시멘트의 추가적인 수화작용을 위해 수분을 더 공급하기 때문이다. 물-시멘트비가 큰 콘크리트의 경우 수화작용에 필요한 충분한 수분이 이미 확보되어 있기 때문에 여분의 수분이 도움이 되지 않고 시멘트 수화작용과 후속 건조에 지체효과 발생으로 공극이 증가하는 현상이 발생하였다. 공극과 관련한 이러한 변화들은 압축강도에 약간의 영향을 미친다. 물-시멘트비가 0.6이고 습윤 양생을 하지 않은 재령 120일의 콘크리트의 경우 이러한 영향이 두드러졌는데 선인장 점액(cactus mucilage)과 해조류 추출물(seaweed extract)을 조합한 콘크리트의 경우 관리기준 콘크리트에 비하여 강도가 20%까지 증가하였다.

내구성과 관련하여 모세관 현상에 의한 수분흡수 및 높은 염화물 침투성(chloride permeability)은 혼화재의 사용으로 형성된 투수성 공극으로 약간의 영향을 받지만 관리기준 배합 콘크리트와 비교하여 물-시멘트비가 작은 콘크리트의 경우 영향이 작고 물-시멘트비가 큰 경우 더 크게 영향을 받는다고 한다. 염화물이온 확산계수(chloride ion diffusion coefficients)는 선인장 점액과 해조류 추출물을 첨가하였을 경우에 관리기준 배합 콘크리트에 비하여 물-시멘트비 변화조건 및 양생형식 변화조건 모두에서 분명한 감소량을 보였다. 보다 작은 공극과 공극을 함유한 액상(Solution)재료의 특성변화(점착성)가 조합되어 이러한 결과를 초래한 것으로 설명할 수 있을 것이다. 2016년 3월 (E.F. Hernández)의 연구결과에 따르면 감소된 투수성 공극과 증가된 점성(viscosity) 때문에 탄산염화작용 깊이(carbonation depth)는 관리기준 콘크리트 배합에 비하여 선인장 점액을 함유하는 콘크리트에서 감소하였다고 한다. 해조류 잔류물과 폴리프로필렌 복합재는 계면 상호작용(interfacial interaction)을 향상시킬 수 있다. 2009년 Carmen Albano는 그의 연구에서 해조류와 폴리프로필렌 고착재(matrix)의 다양한 중량 배합비 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50를 가지고 복합재의 인장강도, 굽힘강도 및 충격 영향을 조사하였다. 30:70의 조합이 준비된 복합재 가운데 전반적으로 가장 우수한 기계적 성능을 나타내었다. 섬유질과 폴리프로필렌 고착재 사이의 계면 접착 및 결합의 정도는 SEM(전자현미경)으로 조사하였다. 2008년 독일의 M.Masudal Hassan는 해조류를 비소성 점토벽돌을 만드는데 사용될 수 있다고 그의 연구에서 발표 하였다.

식용으로 145종 그리고 피코콜로이드 제조용으로 101종 등 최소 221종의 해조류가 활용되고 있다. 건조 중량으로 총 2,005,459톤의 해조류 제품이 생산되었는데 90%는 중국, 프랑스, 영국, 한국, 일본과 칠레에서 제조된 것이었다. 그 중 1,033,650톤은 중국, 한국 및 일본에서 나온 것이었는데 90%가 양식한 것이었다. 양식한 해조류의 93%를 차지하는 것으로 다시마(Laminaria - 682,581톤), 김(Porphyra - 130,614톤), 미역(Undaria - 101,708톤), 그리고 꼬시래기(Gracilaria - 50,165톤) 등 4가지 종이 주류였다. 수확한 가치는 미화 62억 달러를 넘는 수준이었다. 1999년 7월 W. Lindsey Zemke-White의 연구 자료에 따르면 1984년 이후 해조류 생산은 세계적으로 119% 증가했다고 한다.

연구 결과에 따르면 해조류와 시멘트의 화학 반응으로 인한 환경오염은 없는 것으로 결론을 내리고 있다. 해조류가 환경 친화적이기 때문에 해조류가 콘크리트를 보다 경제적으로 만들며 동시에 쓰레기 문제도 감소시키는 것이다. 본 연구에서 해양 갈색 조류를 콘크리트의 첨가재로 사용하였다. M25급 콘크리트 제조 시 물-시멘트비를 0.5로 고정시킨 상태에서 해양갈색 조류를 시멘트 사용량의 2%, 5%, 8% 및 10%씩 첨가하였다. 경화 후 콘크리트 시험은 재령 3, 7 및 14일에 실시되었다. 시험결과 해조류의 첨가에 따라 콘크리트 강도 특성은 증가 또는 감소 등 다양하게 나타났다. 압축강도는 해조류를 많이 첨가하면 할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 콘크리트 처짐특성 시험(Deflection characteristics test) 결과 최적의 배합 콘크리트 빔에 대한 극한하중 부담능력은 기존의 콘크리트 빔에 비해 더 우수한 결과를 보여주었다. 본 연구결과 콘크리트에 해조류 8% 첨가 시 강도특성이 향상되는 것으로 나타났으며, 2016년 R. Ramasubramani 연구보고서에서는 해조류의 첨가량을 10% 이상으로 증가시키는 경우 강도가 감소하기 시작했다고 밝히고 있다.

최근의 추세는 지속가능한 건설에 주목하는 경향이 늘어나고 있으며, 친환경 건설자재가 지속가능한 개발에 있어서 상당히 중요한 역할을 한다. 콘크리트는 세계적으로 가장 인기가 있는 건설자재가 되었으며 지속가능한 콘크리트는 대상 구조물의 지속가능성을 결정하는 주요 요소이다. 지속가능한 콘크리트를 달성하려는 많은 노력들이 이어져 오고 있는데 이러한 노력들은 친환경, 에너지 저감 및 저탄소 배출 등 콘크리트 기술의 혁신을 가져다주었다. 해조류는 우수한 단열성 및 열용량 특성(heat capacity characteristics) 뿐만 아니라 완벽한 생분해성 및 강력한 이산화탄소 고정(carbon-dioxide fixation) 능력과 같은 수많은 장점을 제공하는 순수 천연 재료이다. 본 연구보고서에서 다양한 용도로 건설 분야에 해조류를 활용하는 방안은 A. Muthadhi 박사에 의해 중점적으로 검토되었다.

4. 연구 목적

- 4.1 이 프로젝트에서 해조류는 자체 양생재(self curing agent /internal curing agent)로서 콘크리트에 사용된다.
- 4.2 혼화재로서의 해조류 사용은 시멘트로 부터의 이산화탄소 고정(CO₂ fixation)에 도움이 될 수 있다.
- 4.3 건설재, 산업용 및 음식제품 원료로서의 해조류 활용은 늘어날 것이다.
- 4.4 해조류의 연구개발을 시작하려는 국가에서 보다 많은 고용을 제공할 수 있는 추가적인 경제활동이 시작될 것이다.
- 4.5 연구개발 인력이 업그레이드될 것이다.
- 4.6 보다 많은 국가들이 천연자원의 마구잡이 활용보다는 해조류를 양식하는데 관심을 갖게 될 것이다.

5. 해조류 채취(Seaweed collection) 위치

해조류 가공은 인도의 여러 주에서 이루어지지만 천연 해조류의 상업적 수확은 남쪽의 Kanyakumari (CapeComorin) 지역에서부터 북쪽의 만나르 만(Gulf of Mannar)을 형성하는 반도지역에 이르기까지 총거리 300km의 타밀나두(Tamil Nad) 해안선의 남쪽지역 일부로 제한적이다. Ramanathapuram 지역의 해안을 따라 형성된 해조류 벨트 지역과 Mundel, Valinokkam, Chinna Ervadi, Kilakarāi, Kalimangundu, Periapattnam, Pudumadam, Seeniappa Darga, Vedalai,Pamban, Chinnapalam 및 Rameswaram 지역일부에서 채취가 집중적으로 이루어지고 있다. 본 연구에서 사용된 해조류는 타밀나두의 Ramanathapuram 지역에서 채취한 것이었다.

6. 결론

전 세계적인 개발활동의 증가로 건설자재에 대한 수요가 기하급수적으로 증가하고 있다. 다른 아시아 국가들과 비교하여 인도에서도 개발열기가 고조되고 있어서 나날이 국내시장에서 건축자재에 대한 엄청난 수요가 이어지고 있다.

최근의 추세는 지속가능한 건설에 주목하는 경향이 늘어나고 있다. 친환경 건설자재는 지속가능한 개발에 있어서 중요한 역할을 한다. 해조류는 우수한 단열성 및 열용량 특성뿐만 아니라 완벽한 생분해성 및 강력한 이산화탄소 고정(carbon-dioxide fixation) 능력과 같은 수많은 장점을 제공하는 순수 천연 재료이다.

20여 년 전 부터 식품, 화장품, 건설자재(콘크리트, 비소성 점토벽돌, 지붕, 생물학적 필러(Novel Biofiller)) 등과 같은 다양한 분야에 해조류의 사용에 관한 연구가 진행되어왔다.

콘크리트에 관해 이루어진 연구의 대부분은 콘크리트의 강도증진에 초점이 맞추어져 왔으나 어떻게 해조류가 콘크리트의 강도를 증진시킬 수 있는지와 콘크리트 내부 양생제(internal curing agent)로서 해조류의 사용에 관한 내용에 초점을 맞추어 연구한 사람은 없었다.

콘크리트 내부 양생제 및 강도증진제로서의 해조류 사용은 친환경 건설자재 분야에서 완전히 새로운 연구 분야이다.