

Global Report

친환경 콘크리트에 관한 논문 검토

1. 개요
2. 소개
3. 콘크리트로 인한 환경영향
4. 재활용 골재의 사용
5. 석분의 사용
6. 친환경 콘크리트의 장점
7. 친환경 콘크리트의 단점
8. 결론

1. 개요

건설 산업은 빠르게 성장하고 있으며 건설 산업의 다양한 어려움들을 해결하기 위해 신기술들이 급속히 진화해 왔다. 건설 산업에 사용된 모든 재료들 중에서 콘크리트는 건설용 주요 재료이다. 환경에 크나큰 상흔을 남기면서 수십억 톤의 천연재료들이 콘크리트 제조를 위해 채굴된다. 현재 폐기물 및 산업 부산물을 재활용하여 콘크리트를 환경 친화적인 재료로 만드는 것이 많은 호응을 얻고 있는데 이러한 콘크리트는 친환경 콘크리트로 불릴 수 있다. 이 보고서에서는 친환경 콘크리트에 관한 장단점 뿐 만 아니라 친환경 콘크리트에 관한 핵심 아이디어를 제공하고자 한다.

2. 소개

콘크리트란 말은 속이 딱 차 단단한 또는 응축된 것을 의미하는 라틴어 “concretes”에서 기원한다. 콘크리트는 주로 골재 및 물 등을 함께 하여 만든 복합 건설재이다. 다양한 특성을 나타내는 수많은 종류의 콘크리트가 있으며 콘크리트는 세계에서 가장 많이 사용되는 인공제품이다. 콘크리트가 환경에 미치는 영향은 전적으로 부정적인 영향만이 아닌 혼합 복합체이지만 콘크리트는 결과적으로 환경에 영향을 미치며 건축물 철거현장에서 폐 콘크리트의 처리문제를 생성하거나 온실가스 배출의 주요 원인이 되고 있다. 따라서 폐 콘크리트의 재활용은 코앞에 닥친 급선무이다. 콘크리트는 또한 이산화탄소 배출과 관련된 문제 이외에 다른 환경 문제와도 관련이 있다는 것은 흥미로운 일이다. 앞서 언급한 이 모든 이유들로 인해 토건 기술자들은 친환경 콘크리트라는 새로운 개념의 콘크리트를 만들게 되었다.

전 세계 건설 산업의 규모는 빠른 속도로 성장하고 있다. 이 거대한 건설 산업의 성장은 건설자재에 대한 수요를 촉발시키고 있다. 골재는 콘크리트의 주요 구성재이다. 이용 가능한 골재의 채취가 끊임없이 계속되어 최근에는 문제점으로 부상하였다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 어떤 대체재를 찾아야 할 필요성이 생기게 되었다. 요즘에는 어느 정도 해결책이 있으며 그 해결책의 하나는 친환경 콘크리트로 알려져 있다. 친환경 콘크리트는 녹색 콘크리트라 부르는데 그 색상을 두고 하는 말이 아니다. 녹색 콘크리트란 원료 제조, 가공, 배합에서부터 구조 설계, 시공 및 사용기간(service life)에 이르기까지 모든 측면을 고려하는 콘크리트로 환경을 생각하는 하나의 개념이다. 이 친환경 콘크리트는 폐기물이 시멘트의 부분 대체재로 사용되고 폐기처리비용이 발생하지 않으며 제조 시 에너지 소비도 감소되고 내구성도 더 늘어나기 때문에 제조비용도 저렴하다. 폐기물은 새로운 제품을 생산하는데 사용될 수 있으며 또는 천연 자원이 보다 효율적으로 사용될 수 있도록 혼합재로서 사용될 수도 있고, 폐기물 처리로부터 환경이 보호된다. 전통적으로 골재는 경제적인 가격으로 쉽게 이용 가능하였으며 모든 목적에 맞는 품질도 확보할 수 있었다. 그러나 최근 수년 동안 천연자원인 골재의 사용은 세계적인 차원에서 의문시 되고 있다. 이것은 주로 골재의 고갈과 환경 보호에 대한 인식이 커졌기 때문이다.

이러한 점에 비추어 미래 세대에게 천연자원의 이용가능성 문제도 깨닫게 되었다. 전 세계 건설 산업의 규모가 빠르게 성장하고 있다. 콘크리트는 시멘트, 세골재, 조골재와 적당량의 물로 이루어진 가장 널리 사용되는 건설재인데 세골재로는 보통 천연 모래가 쓰인다. 건설 분야에 모래가 사용됨으로서 과도한

모래 채취가 이루어졌다. 건설 활동의 급속한 성장으로 이용 가능한 천연 모래는 고갈되고 있다. 또한 우수한 품질의 모래는 장거리에서 수송됨에 따라 건설비용도 늘어나고 있다. 건설 산업의 급속한 발전과 환경보호에 대한 사람들의 인식이 증가하면서 폐기물 제어 및 관리는 지속가능한 발전을 위해 현대 사회의 커다란 문제점들 중 하나가 되었다. 건설 및 철거 폐기물은 철거된 콘크리트, 벽돌과 같은 조적재, 석고 및 타일 류 그리고 기타 자재 등을 포함하고 있어 전 세계에서 생성되는 전체 고형 폐기물의 대부분을 차지하고 있는 부분 중 하나이다.

환경보호국인 EPA는 건설 및 철거 폐기물을 건설, 리노베이션 또는 시설물의 철거과정에서 나오는 폐기물이라고 정의하고 있다. 시설물에는 도로 및 교량 뿐 만 아니라 주거용 및 비주거용 등 모든 종류의 건축물을 포함한다. 건설 및 철거 폐기물의 구성재에는 주로 콘크리트, 아스팔트, 폐목재, 금속재, 집성보드 및 지붕재 등이 포함된다. 모술(Mosul) 시 건물의 특성은 주요 건설재로 콘크리트를 사용하는 것이 특징이다. 콘크리트 블록은 내력벽재 또는 칸막이재로 널리 사용되고 있다. 콘크리트는 재료의 이용 가능성과 저렴함으로 다른 건설재와 비교하여 가장 널리 알려진 재료가 되었다. 이것은 모술시의 건설 및 철거 폐기물의 대부분이 콘크리트라는 것을 의미한다. 폐기물을 소비하고 환경을 보호하는 방법들 중 재활용처리 방법은 가장 중요한 방법이다.

3. 콘크리트로 인한 환경영향

3.1 시멘트 매 1톤을 생산할 때 약 0.9톤의 이산화탄소가 발생한다고 한다. 이산화탄소는 지구온난화에 영향을 미치는 온실가스 중 하나이다.

3.2 콘크리트 제조용 주요 구성재는 골재로서 골재가 없다면 콘크리트 생산이 불가능하다. 골재는 암석 광산에서 채취되는 경우가 많은데 콘크리트가 제조되는 속도를 감안하면 천연재료의 감소가 현저히 늘어날 것이다.

3.3 건설 및 철거 폐기물의 처리문제는 요즈음 큰 문제가 되었다. TIFAC(Technology, Information, Forecasting, Assessment Council)의 보고서에 따르면 건설 산업에서 나오는 전체 폐기물의 양은 연간 12백만 톤에서 14.7백만 톤으로 추정되고 있다고 한다. 그 중 7.8백만 톤은 콘크리트와 벽돌 폐기물이라고 한다. 이러한 폐기물의 증가로 인해 많은 국가들은 이러한 폐기물재를 자원으로 사용하기 위한 연구를 시작하게 되었다.

4. 재활용 골재의 사용

건설 및 철거 폐기물의 처리는 전 세계적으로 큰 현안으로 등장하게 되었다. 미국에서 연간 건설 및 철거 폐기물은 약 135백만 톤이 생성된다. 건설 및 철거로 인해 발생하는 폐기물은 유럽연합 및 기타 여러 나라에서 가장 큰 현안 중 하나를 차지한다. 경제적 그리고 환경적 이익을 극대화하기 위해 부가가치가 높은 용도로 철거 폐기물을 재활용 및 재사용 할 수 있는 잠재력이 크다는 사실이 현재 널리 받아

들어지고 있다. 그 결과 재활용 산업이 크게 성장하였다. 전 세계 많은 국가의 정부들은 기술적, 경제적 또는 환경적으로 수용가능한 곳에서 재사용 및 재활용을 독려하고 주로 쓰이는 골재의 사용을 감소시키는데 목표를 둔 다양한 조치들을 도입하였다. 세계 여러 지역에 있는 재활용 업체들은 쓸모없는 폐기물을 도로용재, 골재 보조재 등과 같이 부수적인 건설재로 전환하고 있다. 보다 광범위하게 재활용 콘크리트 골재(RCA - Recycled Concrete Aggregate) 사용을 촉진해야 할 필요성을 받아들이면서 콘크리트용 골재는 구체적인 용도에 맞는 시방에 설정된 요건들에 부합되어야만 한다는 것을 기억해야 한다. 이러한 이해의 차이는 관리가 가능한 단계로 줄여야 하며 구조용 콘크리트로 RCA를 사용하는 것은 점진적으로 촉진되어야만 한다. 마찬가지로 건설용 콘크리트 사용에 쓰이는 골재의 분리, 분쇄, 선별 및 입도조성과 폐기물 처리에 대한 제어에 상당한 주의가 필요하다. 또한 지속가능한 건설 및 철거 폐기물 관리전략을 구현하고 부가가치가 높은 용도로 재활용을 장려하는 규제 또는 규제조치가 시급히 필요하다. 건설 및 철거 폐기물에 대한 분쇄작업과 체가름 작업을 위해 다양한 공정이 이루어질 수 있다. 이러한 재료는 종종 금속, 목재, 하드보드, 플라스틱, 종이 등의 형태로 이물질들을 함유하고 있다. 따라서 이러한 재료들의 큰 덩어리들을 기계적 또는 수동으로 제거하고 분쇄작업에 앞서 부수어진 제품의 세척작업으로 이어지는 프로세스가 채택되어야 한다.

콘크리트 제조를 위해 재활용 골재가 천연골재를 직접적으로 대체될 때 콘크리트의 압축강도에 손실이 있다는 보고가 있어왔다. 따라서 재활용 골재는 천연골재의 부분 대체재로 사용될 수 있다. 재활용 골재로 제조된 콘크리트의 낮은 압축강도는 재생된 미세입자의 흡수로 인해 혼합을 촉진하는데 필요한 높은 물시멘트비로 인해 발생되었다. 재활용 골재를 사용한 콘크리트는 기존 콘크리트에 비해 흡수율이 높는데 이것은 주로 재활용 골재에 부착된 물탈 때문이다. 재활용 골재를 사용한 콘크리트는 건조수축도 약간 큰 편인데 이것은 주로 물시멘트비 증가 때문이다. 재활용 골재를 사용한 콘크리트는 탄산염에 대한 저항성이 우수해지는데 이것은 다공성 재활용 골재와 채석골재에 부착된 기존 물탈이 있기 때문이다.

재활용 골재를 사용한 콘크리트는 천연골재를 사용하여 제조된 콘크리트에 비해 동결융해 저항성이 상대적으로 크다. 콘크리트 제조자들이 재생 조골재를 사용하면 생 콘크리트 상태에서 안정적이고 경화 후 상태에서 일반골재 사용 콘크리트와 유사한 특성을 나타내는 콘크리트 제조에 어떤 문제점을 가질 가능성이 없어져야 한다. 이것은 RCA 사용을 지향하는 콘크리트 시방지정자와 제조자의 역할을 줄이는데 매우 중요하다. RCA 콘크리트의 핵심 기술적 특성 및 내구성은 만약 물시멘트비의 조정을 통해 달성된 동일한 강도를 가진 배합을 적용한다면 일반 골재 사용 콘크리트의 특성과 유사하다.

5. 석분의 사용

석분은 채석과정에서 발생하는 폐기물이다. 석분은 세골재 대신에 효과적인 공극 채움재로 사용될 수 있는 재료로 최근에 큰 관심을 얻고 있다. 이번 연구에서 석분을 사용한 콘크리트의 내구성과 특성이 조사되었다. 석분은 특히 콘크리트용 세골재로 사용될 수 있는 채석과정의 부산물이다. 채석활동 중에 암석은 다양한 크기로 분쇄된다. 이 과정에서 생성된 먼지를 석분이라 하는데 그동안 폐기물로 처리되어왔다. 그래서 쓸모없는 재료로 취급되었고 공기오염의 원인이 되었다. 따라서 석분은 건설공사에 사용

되어져 공사비용을 감소시킬 수 있으며 건설재를 절약할 수 있고 천연자원도 절약하여 사용될 수 있다. 개발도상국들의 대부분은 콘크리트의 품질을 손상시키지 않으면서 어느 정도 또는 전체적으로 콘크리트 세골재를 대체재로 바꾸어야 한다는 압박을 받고 있다. 석분은 건축재, 도로공사용재, 골재, 벽돌, 타일과 같이 건설업계에서 다양한 용도에 사용되어져 왔다.

일반적인 강모래는 천연모래의 운반비 등의 과도한 비용으로 값이 비싸다. 또한 이러한 천연자원의 대규모 고갈은 환경문제를 야기한다. 운반이나 기타 제약 요인으로 인해 강모래의 사용 장점이 떨어지게 됨에 따라 콘크리트용 대체재의 개발이 필요한 실정이다. 강모래는 콘크리트 제조 시 가장 일반적으로 사용되는 세골재로서 심각한 부족문제가 제기되어 있다. 강모래의 가용성, 비용 및 환경문제 등으로 계속해서 사용하는 것은 심각한 문제를 야기하게 된 것이다.

이러한 상황에서 채석장에서 나오는 석분은 강모래의 경제적인 대체재가 될 수 있다. 채석장 석분은 크기가 4.75mm 미만의 세립자 형태로 암석을 추출 및 처리하는 과정 후에 나오는 잔류물, 찌꺼기 또는 쓸모없는 폐기물로 정의될 수 있다. 일반적으로 석분은 고속도로공사에 표층부 마감재로 대규모로 사용되고 중공 블록이나 조립식 경량 콘크리트 제품의 제조에 사용되기도 한다. 콘크리트의 세골재로서 석분을 사용하는 것은 연구진과 조사자들의 큰 관심을 불러 일으켰다. 최근에 환경오염을 줄이기 위해 다양한 산업부산물(플라이애시, 실리카 흙, 왕겨재, 주물 폐기물 등)을 성공적으로 활용할 수 있는 좋은 시도들이 있어왔다. 이 외에도 콘크리트용 천연골재의 대체 가능성이 있는 대체 자원들이 주목을 받아왔다. 결과적으로 기존의 콘크리트에 화강암 석분 사용의 적합성을 확인하기 위한 합리적인 연구들이 수행되어 왔다. 제조된 모래로 볼릴 수 있는 석분의 활용은 지난 30여 년 간 서구 선진국들 사이에 건축재로 받아들여졌다. 이 산업 폐기물의 사용이 증가하는 것과 관련하여 지속적인 연구와 개발 작업을 수행한 결과 호주, 프랑스, 독일 및 영국과 같은 선진국들에서 채석장 석분의 사용수준이 전체 발생량의 60% 이상에 도달하였다. 인도에서 제조된 모래의 사용은 일부 선진국들과 비교했을 때 그다지 많은 것은 아니었다.

기존 콘크리트에 비해 황산염 공격하의 환경에서 석분을 사용하는 콘크리트의 내구성이 더 우수하다. 기존 콘크리트에 비해 산성 물질을 사용하는 여건 하에서 석분을 사용하는 콘크리트의 내구성이 보다 더 우수하다. 석분 사용 콘크리트의 탄성계수에 미치는 영향은 천연모래를 함유하는 기존 콘크리트만큼 우수하다. 미세입자인 석분은 유동성을 얻기 위해 석분 배합 콘크리트에 요구되는 고유동화제의 양을 증가시키는 경향이 있다.

석분으로 콘크리트용 천연모래를 완벽하게 대체하는 것은 가능하다. 그러나 필요한 시공연도와 강도 요건에 맞는 수분 함량과 배합비에 도달하기 위해 사용 적정량의 석분으로 시험배합을 수행하는 것이 권고된다. 또한 세골재로 석분을 실제 사용하는데 요구되는 석분사용 콘크리트에 관한 보다 많은 연구들이 이루어져야 한다.

6. 친환경 콘크리트의 장점

기존 콘크리트에 비해 친환경 콘크리트를 준비하는데 많은 변화가 필요한 것은 아니다. 환경오염을 감소시키며, 내열성과 내산성이 우수하다. 기존 콘크리트에 비해 석분을 부분적으로 사용한 경우 압축강도와 쏘름 인장강도가 더 우수하다. 전반적인 시멘트의 소비량을 감소시킨다. 친환경 콘크리트가 기존 콘크리트에 비해 경제적이다.

7. 친환경 콘크리트의 단점

친환경 콘크리트로 시공한 건축물이 상대적으로 소수이다. 기존 콘크리트 건축물에 비해 수명이 짧다. 기존 콘크리트에 비해 압축강도와 기타 특성이 떨어진다. 흡수율이 높다. 기존 콘크리트에 비해 수축 및 크리프(creep)가 크다. 친환경 콘크리트의 휨강도가 덜하다.

8. 결론

많은 표면적을 가진 골재는 지정하는 시공연도 조성과 표면을 적시는데 요구되는 물의 양을 증가시킬 가능성이 크다. 물의 양을 증가시킨다는 것은 분명히 콘크리트의 품질에 부정적인 영향을 미칠 것이다. 석분의 물리적 화학적 특성은 세골재의 요건을 충족시켜야 한다. 친환경 콘크리트 제조를 위해 폐기물의 사용 잠재력은 매우 크다. 폐기물이나 부산물로 콘크리트의 기존 구성재를 대체하는 것은 경제적이고 환경 친화적인 콘크리트를 제조할 수 있는 기회를 제공한다. 폐기물이나 혼합물을 사용하여 기존 콘크리트 구성재를 부분 대체하면 압축강도와 인장강도를 증가시키고 내황산염의 개선이 이루어지며, 침투성이 감소되고 시공연도가 개선된다. 석분과 같은 폐기물을 사용하는 콘크리트의 단위 용적당 비용은 기존 콘크리트 배합에 비해 저렴하다. 다양한 매개변수를 고려한 친환경 콘크리트에 대한 상세한 수명 주기 분석이 구체적인 콘크리트 특성을 이해하기 위하여 대단히 필요하다.