

Global Report

제강 슬래그와 석회암 파쇄석을 골재로 대체한 콘크리트의 강도 평가

1. 개요
2. 소개
3. 연구목적
4. 재료 및 방법론
5. 시험결과 및 검토
6. 결론

1. 개요

지구온난화와 환경파괴는 최근 몇 년 동안 큰 문제가 되어왔다. 산업계 전반적으로 특히 건설업계에서 점점 더 많은 환경 친화적인 재료를 사용하는 것이 대단히 중요하다. 천연자원의 고갈을 방지하고 폐기물의 사용을 강화하는 것은 과학자들과 엔지니어들에게 하나의 과제가 되었다. 본 연구에서는 콘크리트의 잔골재를 산업부산물로서 대량으로 발생하는 제강 슬래그로 대체하고, 굵은 골재를 석회암 파쇄석으로 대체한다. 제강 슬래그(SS - Steel Slag)는 철강공장에서 얻어지는 부산물이고, 석회암 파쇄골재는 석회암 채석장에서 얻어지는 폐 석회암 조각들이다. 본 연구에서 우리는 잔골재와 굵은 골재의 부분 대체재로서 제강슬래그와 석회암 파쇄골재를 사용한 M20급 시멘트 콘크리트의 압축강도 연구를 시도하였다. 압축강도 시험은 다양한 비율의 제강슬래그가 혼합된 콘크리트 시험체에 대해, 재령 3, 7, 21 및 28일 상태에서 실시하였다. 시멘트 콘크리트의 압축강도는 제강 슬래그를 40% 혼입하였을 때 가장 높은 수치를 나타내었는데, 이때의 콘크리트 재령은 28일이고, 압축강도는 31.186 N/mm²로서 기존의 일반 시멘트 콘크리트 강도보다 더 큰 수치를 나타내었다. 이 연구를 통해 천연 잔골재는 제강 슬래그로 50%까지 대체할 수 있다는 결론을 내리게 되었다.

2. 소개

건설산업은 수직적 건설과 수평적 건설로 구성되어 있다. 수직적 건설은 건축구조물 건설을 말하고, 수평적 건설은 대형 시설물(heavy construction)을 말한다. 민간 또는 공공기관 건축물, 주거용 및 비주거용 건물의 시공은 건축구조물 건설에 해당한다. 가장 크고 화려한 시설물의 대부분은 철도, 고속도로, 공항, 항구, 댐, 운하, 교량 및 기타 주요 공공시설로서 대형시설물이다. 그 밖의 기타 시설물에는 산업용 시설물과 해양 시설물 등이 있다. 따라서 이러한 중요하고 화려한 시설물의 건설에는 엄청난 양의 시멘트 콘크리트가 소요된다. 이 세상에서 문명이 시작된 이래 인간은 늘 어떤 형태의 건설 활동에 참여해왔고, 시멘트 콘크리트를 직접적으로 사용해 왔다. 오늘날의 세계에서 기술의 변화는 건설업계와 건설 활동에 혁명을 일으켰다. 시멘트 콘크리트는 세상에서 가장 다양하고 폭넓게 사용되는 건설재료 중 하나이다. 콘크리트는 세계적으로 모든 건설 활동에 널리 사용되고 있는 주요 건설 재료이다. 건설 활동은 나날이 증가하고 있으며, 그 결과 시멘트 콘크리트는 과도하게 이용되고 있다. 그리고 시멘트 콘크리트의 재료는 천연 하천모래, 돌, 석회석, 점토 물 등과 같은 천연자원이나 자연에서 이용 가능한 재료의 채취를 과도하게 유발한다. 시멘트 콘크리트는 지구상에서 두 번째로 많은 양이 소비되는 재료이다. 시멘트 콘크리트의 매력적인 특성은 경제성, 효율성, 내구성, 강도, 성형성, 유연성 및 강성 등이다. 이러한 특성은 시멘트 콘크리트에 광범위한 구조적 적용성을 제공하게 되어, 콘크리트의 골재로 고로슬래그 사용을 검토하게 되었다. 그 결과 고로슬래그는 천연골재와 유사한 특성을 가지고 있으며 콘크리트에 함유되는 경우 어떤 폐해도 유발하지 않는 것으로 밝혀졌다. 이 연구는 콘크리트의 굵은 골재로 고로슬래그를 사용하는 것이 경화한 콘크리트의 단기적인 특성에 부정적 영향을 초래하지 않는 것으로 밝혀졌기 때문에 상당히 고무적인 것이었다.

슬래그로 콘크리트의 굵은 골재 및 잔골재를 대체하는 것에 관해 연구하게 되었는데, 슬래그로 골재(굵

은 골재 및 잔골재)를 0, 30, 50, 70 및 100%씩 대체하고 물시멘트비가 0.55, 0.45 및 0.4인 M20, M30 및 M40급 콘크리트가 연구대상이었다. 전체적인 연구는 결정화된 슬래그(crystallized slag)로 일반적인 채석 굵은 골재를 대체하고 입상 슬래그(granular slag)로 천연 잔골재를 대체하는 두 단계로 이루어졌다.

3. 연구목적

3.1 다양한 대체비율의 제강 슬래그로 잔골재를 대체하고 굵은 골재로 석회암 파쇄석을 사용하는 M20급 무근 시멘트콘크리트의 압축강도 발현의 연구

3.2 제강 슬래그를 첨가하지 않은 석회암 골재 콘크리트의 강도발현과 일반 콘크리트와의 압축강도 비교 연구

4. 재료 및 방법론

4.1 시멘트 : 일반적인 포틀랜드 시멘트(OPC, Ordinary Portland Cement) 53규격(Grade)이 사용되었다. 시멘트의 물리적 특성은 IS 12269:1989 요건에 부합시키기 위한 표준절차에 따라 시험이 실시되었다.

4.2 잔골재 : IS383-1970 권고요건에 부합하며, 4.75mm 체를 통과하는 해당 지역에서 이용 가능한 하천 모래가 사용되었다.

4.3 굵은 골재(석회석) : 4.75mm체에 걸러지는 Gulbarga 지역 인근 shabad taluka에서 이용 가능한 굵은 골재가 사용되었다.

4.4 제강 슬래그 : 이 제강 슬래그는 천연골재를 대체함으로서 콘크리트용 골재로 건설업계에 사용될 수 있다. 제강 슬래그는 Agni steels 공장에서 확보하였다.

4.5 물 : 식수가 콘크리트 시편의 제작 및 양생용으로 사용되었다.

4.6 실험연구 : 대체적으로 배합설계(M20)는 IS 10262:2009 기준에 따라 재료의 물리적 특성을 기반으로 이루어졌다.

4.6.1 압축강도 시험 : 총 48개의 콘크리트 시험체(Cube)가 제작되었고 양생은 3일, 7일, 21일 및 28일 동안 실시되었다. 건조 후 시험체(Cube)의 극한하중(Ultimate load)을 확인하기 위하여 압축강도 시험기(Compression Testing Machine)로 시험이 실시되었다. 골재 대체율은 0%, 30%, 40% 및 50%로 준비되었다. 본 연구를 위해 물시멘트비는 0.48로 일정하게 유지되었다.

5. 시험결과 및 검토

시험조사 결과는 그림으로 표시되었다. 모든 시험 결과 값은 세 개의 시편 시험결과를 평균한 것이었다. 시험체(Cube)시험으로 얻어진 압축강도 값은 표 5에 표시하였다.

사용된 제강 슬래그 (%)	재령 3일	재령 7일	재령 21일	재령 28일
0	5.20	12.05	23.058	26.611
30	6.15	15.775	26.56	29.587
40	6.49	18.51	27.90	31.186
50	6.23	16.50	27.30	31.061

<표 5 - 시험체(Cube)의 압축강도 N/mm^2 >

0%, 30%, 40%, 50% 등 다양한 비율의 제강 슬래그로 대체한 콘크리트 시편의 압축강도는 재령 28일의 경우 각각 26.611N/mm^2 , 29.587N/mm^2 , 31.186N/mm^2 , 31.061N/mm^2 을 나타내었다.

제강 슬래그 대체비율이 40%에 달했을 때 가장 큰 압축강도를 얻을 수 있었고, 더 증가시키면 강도가 감소하는 것을 정리된 표를 통하여 관찰할 수 있었다. 또한 모든 비율의 대체수준에서 콘크리트의 압축강도는 일반 콘크리트의 강도에 비해 증가한다는 사실도 알 수 있었다. 이제 우리는 콘크리트에 제강 슬래그를 함유시키면 매우 유리하다고 말할 수 있다.

6. 결론

6.1 연구결과 표준시방의 콘크리트 배합에서 석회암 파쇄석으로 굵은골재(콘크리트 배합의 일반 골재)를 대체할 수 있다.

6.2 가장 경제적인 배합설계는 shabad의 여러 곳에서 이용 가능한 석회암 파쇄석을 이용하는 것이다.

6.3 본 연구를 통해 시멘트 콘크리트 제조에 50%까지 석회암 파쇄석으로 천연 굵은 골재를 대체하고, 제강 슬래그로 천연모래인 잔골재를 대체할 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

6.4 위의 연구결과에서 제강 슬래그로 천연 잔골재를 40% 대체하였을 때 시멘트 콘크리트의 강도가 최상의 결과를 나타낸다는 결론을 내릴 수 있다.

6.5 제강 슬래그로 천연 잔골재를 50% 이상의 비율로 대체하면 시멘트 콘크리트의 강도가 감소한다는 결론을 내릴 수 있다.

6.6 위의 연구로 M20급 시멘트 콘크리트에 대한 목표 강도(mean target strength)는 제강 슬래그로 천연 잔골재를 부분 대체하고 석회암 파쇄석으로 천연 굵은 골재를 대체하여 달성되었다.

6.7 위의 연구로 잔골재로 제강 슬래그를 그리고 굵은 골재로 석회암 파쇄석을 부분 대체하여 사용하는 M20급 무근 시멘트 콘크리트의 복합적인 효과가 확인되었다.

6.8 제강 슬래그로 천연 잔골재를 부분 대체함으로서 시멘트 콘크리트를 경제적으로 제조할 수 있었다.

6.9 이번 연구로 우리는 제강 슬래그로 천연 잔골재를 부분 대체함으로서 친환경적이고 지속가능하며 환경 친화적인 시멘트 콘크리트를 생산해 낼 수 있게 되었다.