

콘크리트용 부순 굵은 골재의 입형이 콘크리트의 물리적 성질에 미치는 영향에 관한 연구

A study on the Effect of Aggregate Particle Shape on Property of Concrete.

서기원*, 이욱재*, 김학연*, 김남호**

Seo, Ki Won Lee, Wook Jae Kim, Hag Youn Kim, Nam Ho

ABSTRACT

Recent economic development caused a vast use of mineral resources in Korea. Consequently, a supply of poor quality course aggregate (poor particle shape as well as poor gradation) in construction material become a social problem. In this study, an effect of aggregate particle shape on property of concrete was evaluated. The flat and elongation ratio of crushed aggregate was controlled to 8, 15, 25, 35, and 47% in order to evaluate fresh concrete behavior as well as physical properties in hardened concrete. Test result shows a poor aggregate particle shape cause a significant increase in entrapped air in fresh concrete, while no significant effect on hardened concrete property, such as strength as well as stiffness. This increase in entrapped air, however, believed to cause a significant decrease in concrete durability.

1. 서론

최근 건설 현장에서의 골재 수요가 급격히 증가함에 따라 석산에서는 양질의 부순 굵은 골재를 생산하기 보다는, 많은 양의 굵은 골재를 생산·공급하기 위한 생산 시스템으로 바뀌게 되었다. 이로 인하여, 대부분 석산에서 생산되는 부순 굵은 골재는 모양이 길쭉한 장석이거나, 모양이 납작한 편석 및 각이 매우 예리하고 심하게 모가 난 골재 등이 생산되어, 골재의 입형에서 문제점이 발생되었다. 또한, 국내의 편장석을 판별하는 기준을 KS F 2575에서 규정하고 있는데, 편장석의 정의는 각 국가마다 그 기준을 다르게 두고 있지만, 국내의 편장석을 판별하는 기준은 미국의 ASTM D4791의 기준을 별도의 검증을 거치지 않고, 국내 현실에 맞게 완화된 편장석을 판별하는 기준이 정해졌다. 그 결과로 앞서 말한바와 같이 석산에서는 저급의 입형을 갖는 골재가 생산이 되었고, 이는 결과적으로 콘크리트의 물리적 거동에도 큰 영향을 미치게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 편장석의 함유량에 따른 굳지 않은 콘크리트의 물리적 성질, 편장석 함유량에 따른 굳은 콘크리트의 물리적 성질을 통하여, 부순 굵은 골재의 입형이 콘크리트의 물리적 성질에 미치는 영향에 관하여 연구하고자 한다.

2. 편장석 판별 기준

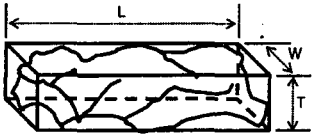
현재 국내의 굵은 골재 내의 편장석을 판별하는 기준은 KS F 2575에서 규정하고 있다. 이는 미국의 ASTM D4791의 기준을 국내의 현실에 맞도록 그 기준이 완화되어 규정이 되었다. 표 1에 나타난 바와 같이, 국내의 편장석을 판별하는 기준은 두께(T)와 너비(W)의 비, 너비(W)와 길이(L)의 비로 나

* 정회원, 한국기술교육대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 한국기술교육대학교 건축공학과 부교수

누어 규정함에 따라 국의 기준의 두께(T)와 길이(L)의 비로 규정하여 생산되는 외국 골재에 비하여 굵은 골재가 편평하거나 길쭉하여, 매우 저급의 입형을 가진 굵은 골재가 건설 현장에 공급되고 있다 결국, 콘크리트의 물리적 거동에 영향을 줄 것으로 보이는 골재의 입형에 관한 기준인 편장석 판별 기준의 검토가 필요할 것으로 보인다.

표 1 국내·외 편장석 판별 기준 및 편장석 함유량 기준¹⁾

골재 형상	KS F 2575			ASTM D4791
	편석	장석	편장석	편장석
	T:W=1:3 이상 일 때	W:L=1:3 이상 일 때	<ul style="list-style-type: none"> ● 편석 또는 장석으로 판정된 입자의 합²⁾ ● 도로포장용 콘크리트골재는 25% 이하로 규정 	T:L=1:3 이상 일 때

¹⁾ 본 연구에서는 편장석에 관한 판별 기준을 ASTM D4791에 맞춰 실험을 실시하였음.

²⁾ 국내 KS F 2575 기준으로는 두께(T)에 대한 길이(L)의 비가 1:3이상인 입자는 편장석으로 정의되지 않음.

3. 사용 재료 및 실험 방법

3.1 사용 재료

본 연구에서 사용된 굵은 골재는 충청 지역의 I사에서 생산된 화강암질의 편장석 함유량이 8.02%인 굵은 골재 A와 편장석 함유량이 47%인 경상 지역의 S사에서 생산된 편마암질의 굵은 골재 E를 주로 사용하였다. 본 실험에서는 골재에서의 편장석 함유량을 변화시키기 위하여 표 3에 나타난 바와 같이 위의 두 골재를 혼합하여, 편장석 함유량 15%, 25%, 35%인 굵은 골재를 생산하였다. 또한 화강암 및 편마암의 암질차이에 따른 물성의 변화를 평가하기 위하여, 편장석량 46.70%인 굵은 골재 E를 LA 마모 시험기에 넣고 1000회 마모시켜 동일한 입도를 갖는 편장석량 6.83%의 굵은 골재 F를 생산하였으며, 이를 본 실험에 사용하였다. 잔골재는 경상 지역에서 생산된 자연모래이며, 시멘트는 S사에서 생산된 비중 3.15의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

표 2 굵은 골재내의 편장석 함유량 및 각 골재 생산시의 혼합 비율

골재 종류	편장석 함유량(%)		골재 혼합율(%)		골재 종류	편장석 함유량(%)		골재 혼합율(%)	
	KS F 2575	ASTM D4791	골재-I	골재-S		KS F 2575	ASTM D4791	골재-I	골재-S
골재 A	2.62	8.02	100	0	골재 D	12.20	35.00	30	70
골재 B	5.09	15.00	82	18	골재 E	16.35	46.70	0	100
골재 C	8.65	25.00	56	44	골재 F ³⁾	4.17	6.83	0	100

³⁾ 편장석량 46.70%인 골재 E를 LA 마모시험기에 넣고 1000회 마모시켜 입형 개선함.

3.2 실험 방법

굵은 골재 입형이 콘크리트의 물리적 성질에 미치는 영향을 연구하기 위하여, 표 3과 같은 콘크리트의 물성 실험이 실시되었으며, 이는 표 4와 같은 배합 설계가 바탕이 되어 이루어졌다.

표 3 실험 종류 및 실험 방법

실험 종류	실험 방법	실험 종류	실험 방법
콘크리트의 슬럼프	KS F 2402	인장 강도	KS F 2423
슬럼프 경시변화	-	휨 강도	KS F 2408
콘크리트의 공기량	KS F 2409	탄성 계수	-
압축 강도	KS F 2405	동탄성 계수	KS F 2437

표 4 배합 설계표

굳지 않은 콘크리트 물성						굳은 콘크리트의 물성					
배합 종류	W/C (%)	단위수량 (kg)	AE제 (%)	감수제 (%)	세골재율 (%)	배합 종류	W/C (%)	단위수량 (kg)	AE제 (%)	감수제 (%)	세골재율 (%)
골재 A	50	190	0.005	0.50	47	골재 A	50	190	0.005	0.50	47
골재 B	50	190	0.005	0.50	47	골재 B	50	195	0.005	0.50	47
골재 C	50	190	0.005	0.50	47	골재 C	50	195	0.002	0.50	47
골재 D	50	190	0.005	0.50	47	골재 D	50	190	0	0.50	47
골재 E	50	190	0	0.50	47	골재 E	50	200	0	0.50	47
골재 F	50	190	0.005	0.50	47	골재 F	50	185	0.004	0.50	47

4. 실험 결과 분석

4.1 편장석 함유량에 따른 굳지 않은 콘크리트의 물리적 성질

그림 1의 슬럼프 경시변화를 살펴보면, 편장석 함유량이 47%로 가장 많은 골재 E(47%)배합에서 슬럼프 경시변화가 가장 빠르게 진행된 반면, 편장석 함유량이 가장 적은 골재 A(8%)배합에서 슬럼프 경시변화가 느리게 진행되어, 편장석이 많이 함유될수록 슬럼프 경시변화가 빠르게 진행되는 것으로 조사되었다. 그림 2에 나타난 바와 같이, 편장석 함유량 많아짐에 따라 공기량의 변화는 현저하게 증가함을 알 수 있다. 배합 설계 당시, AE제의 사용량을 조절하여 조사한 연행공기량이 4%정도로 조사되었다. 따라서 편장석 함유량이 증가함에 따라 골재에서 발생하는 공기량의 급격한 증가는 갇힌 공기(Entrapped Air)의 양이 급격히 증가로 보여지며, 이는 결국 동결 융해에 대한 굳은 콘크리트의 내구성에 나쁜 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

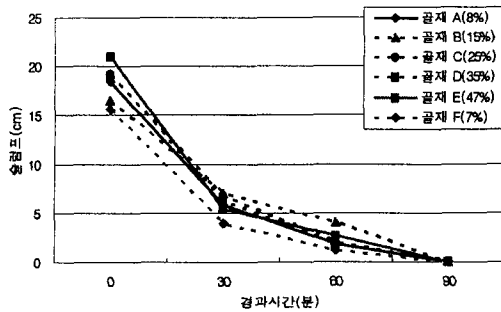


그림 1 슬럼프 경시변화

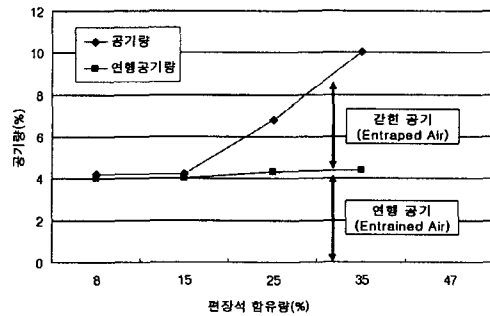


그림 2 편장석 함유량에 따른 공기량

표 2에 나타난 바와 같이, 편장석 함유량 15%로 조사된 굵은 골재는 국내 기준 KS F 2575 기준에 따른 편장석 함유량은 5.09%이며, 이때부터 콘크리트의 갇힌 공기량이 급격하게 증가하여, 편장석 함유량이 증가할수록 갇힌 공기량도 현저하게 증가하고 있다. 결국, 갇힌 공기량이 5%이상 되는 편장석 함유량 35%에서의 국내 기준에 따른 굵은 골재 내의 편장석 함유량은 12.20%로 조사되어, 표 1에 제시된 굵은 골재내의 편장석 함유량 기준을 만족하고 있는 규정상의 문제점을 발견할 수 있다. 따라서, 국내의 굵은 골재 내의 편장석 함유량에 관한 기준의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

4.2 편장석 함유량에 따른 굳은 콘크리트의 물리적 성질

그림 3~그림 5는 굳은 콘크리트의 대표적 물성인 압축강도, 인장강도, 휨강도의 측정 결과이다. 그림 3과 그림 4에 나타난 바와 같이, 굵은 골재 내의 편장석 함유량이 증가할 경우 콘크리트의 압축강도와 인장강도에는 영향을 주지 않는 것으로 보여진다. 반면에 그림 5에 나타난 바와 같이 편장석이 함유량이 많아질수록 휨강도에 좋은 영향을 끼치는 것으로 결과가 나타났는데, 이는 편장석 골재가 배합되는 과정에서 길이 방향으로 누워져 있는 상태로 양생이 되어, 결과적으로 휨 하중에 대하여 좀더 저항할 수 있는 구조가 형성된 것으로 판단된다.

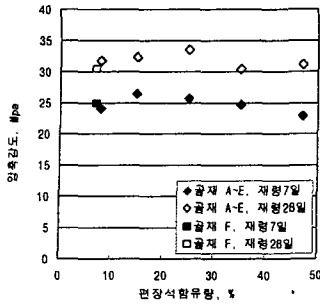


그림 3 압축강도

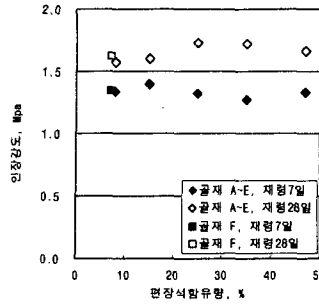


그림 4 인장강도

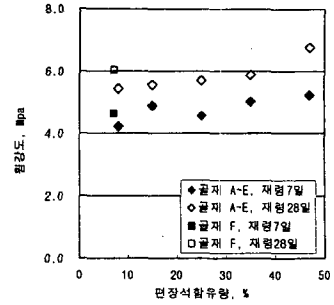


그림 5 휨강도

그림 6과 그림 7에 나타난 바와 같이, 골재 F를 제외하고는 편장석의 함유량이 증가할수록 탄성계수와 동탄성계수도 증가하는 경향을 보이고 있으며, 편마암질 골재 100%로 구성된 골재 F의 경우는 가장 높은 탄성계수를 나타내었다. 따라서 이러한 경향은 편장석량이 증가하여 발생하는 경향이 아닌, 굵은 골재의 암질에 따른 영향으로 판단되며, 굳은 콘크리트의 탄성계수도 편장석 함량의 영향을 크게 받지 않는 것으로 판단된다.

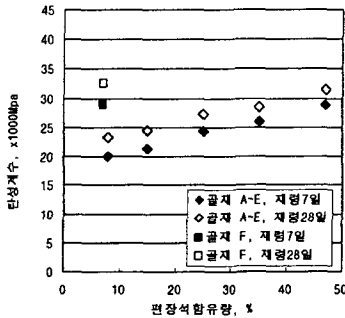


그림 6 탄성계수

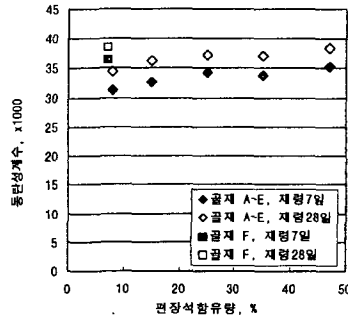


그림 7 동탄성계수

5. 결론

- 편장석 함유량이 증가함에 따라, 슬럼프 경시변화와 공기량에 좋지 못한 영향을 끼치며, 특히 편장석 함유량이 증가함에 따라 갇힌 공기(Entrapped Air)가 증가하였으며, 이는 결국 콘크리트의 동결 용해에 의한 내구성에 악영향을 끼칠 것으로 판단된다.
- 두께(T)와 너비(W)의 비 또는 너비(W)와 길이(L)의 비가 1:3이상 일 때로 나누어 규정하는 국내의 편장석을 판별하는 기준의 검토가 필요할 것으로 판단된다.
- 굵은 골재 내의 편장석 함유량이 콘크리트의 압축강도, 인장강도 및 탄성계수에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.
- 편장석 골재가 배합되는 과정에서 길이 방향으로 누워져 있는 상태로 양생이 되어, 결과적으로 휨 하중에 대하여 좀더 저항할 수 있는 구조가 형성된 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 조병선, "골재의 입형이 콘크리트의 특성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구". 청주대학교 대학원, 1998.12.
2. 송용찬, "굵은 골재의 입형이 고강도 콘크리트의 역학적 특성에 미치는 영향". 청주대학교 산업경영 대학원, 1991.12.