

굵은骨材의 粒形이 콘크리트의 特性에 미치는 影響에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Effect of Coarse Aggregate Shape Influencing to the Properties of Concrete

○宋容璨* 韓千求**
Song, Yong Chan Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study is designed to analyze the variation of grading and shape of aggregate with the number of rotations of Los-Angeles abrasion machine, and is aimed to analyze the effect of slump and compressive strength of concrete with the shape of coarse aggregate by the abrasion act.

I. 序 論

最近 建設需要의 增大에 따른 良好한 江骨材 資源의 多量使用으로 天然骨材資源이 점차 고갈 되어감에 따라 碎石굵은骨材 使用이 不可避하게 되었다.

또한 콘크리트는 高強度, 高流動化, 經濟性 및 高效率化등을 要求함에 따라 종전과는 달리 骨材의 粒形이 콘크리트의 特性에 미치는 影響에 대하여도 檢討한 必要가 있게 되었다.

그러므로 本 研究에서는 크릿시로 1차 破碎한 화강암 碎石을 로스안젤스 磨耗試驗機를 利用하여 粒子變化 特性을 우선 조사하도록 研究 目的하였다. 또한 本 研究에서는 상기의 조사으로 變化된 骨材粒形이 高強度 시멘트의 使用 및 高流動化劑의 活用이 점차 要求되는 추세에 따라 이와같은 조건속에서의 影響을 分析하는 것으로 궁극적으로는 高品質 및 高效率化하는 콘크리트 施工 實務에 한 參考資料를 提示하고자 研究 目的하였다.

II. 實驗計劃 및 方法

2.1 實驗計劃

本 研究의 實驗計劃으로 實驗 要因 및 水準은 표1과 같다. 즉, 먼저 骨材實驗으로 碎石의 磨耗作用에 따른 粒子特性 分析은 KS F 2508의 G 規定으로 0, 125, 250, 500, 1000회의 5水準으로 變化시켜 粒度分布, 粗粒率, 粒形判定 實積率, 形狀係數를 分析하도록 實驗計劃하였다.

또한 콘크리트의 實驗은 상기의 粒形變化에서 얻어진 碎石 굵은骨材를 粒度分布 편차를 除去하기 위하여 同一 粒度分布가 되도록 체가름한 후 再混合한 5개 水準과 여기에 碎石과 同一 粒度分布의 감자갈 1개 수준을 추가하여 6개 水準의 粒形變化를 백하였고, W/C는 0.4, 0.6의 2水準, S.P劑는 1.2%인 1水準, 슬럼프치 變化要因은

표1. 實驗要因 및 水準

要 因		水 準
骨材 實驗	마모 回轉數 變化에 따른 粒度, 粒形變化	5 마모 回轉數 0, 125, 250, 500, 1000
	굵은骨材 粒形	6 상기 5水準과 天然 粗은骨材
크	W/C	2 0.4, 0.6
리	S.P劑 含有量	1 Rheobuild - 716 으 로 시멘트 使用量의 1.2%
트	슬럼프	1 天然 粗은骨材의 슬럼프치가 18±1 cm 가 되도록 配合設計하여 全配合에 同一하게 適用함.
實 驗		

표2. 콘크리트 配合

W/C	S.P劑 (%)	S/A (%)	單位水量 (kg/m ³)	전대용적 (l/m ³)			혼화제량 (kg/m ³)
				C	S	G	
0.4	1.2	33	205* (198.9)**	164	205	416	6.1
0.6	1.2	43	175* (171.5)**	93	310	412	3.5

*은 물과 혼화제량을 합한 것이고,

**은 순수물량임

1水準의 配合變數로 굳지 않은 콘크리트 狀態의 5분, 10분, 20분, 30분의 슬럼프值와 材齡 7日 및 28日의 壓縮強度를 分析하도록 實驗計劃하였다. 이때 實驗要因 및 水準에 따른 콘크리트 配合은 표2와 같다.

2.2 使用材料

먼저 骨材試驗에 使用한 碎石 骨材는 忠北 淸原郡 美容面産을 利用하였고, 콘크리트 實驗에 使用한 超早強 포틀랜드시멘트는 國內産 S社製, 天然 粗· 粗은骨材는 忠北 淸原郡 옥산면産, 高性能 減水劑인 Rheobuild-716은 코리아마스터빌티스(주)製를 使用하였으며, 물은 淸州市 上水道를 利用하였다. 이때 各 材料의 物理的 性質 및 粒度曲線은 표3~5 및 그림1과 같다.

*忠北大 施設課, 淸州大 産業大學院, **正會員, 淸州大 建築工學科 副教授, 工博

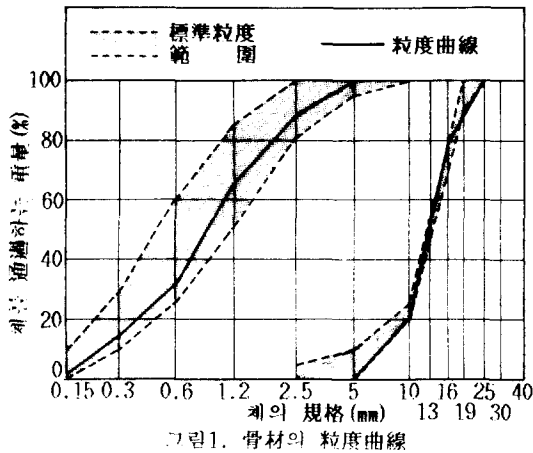


표 3. 초조강 시멘트의 물리적 성질

比重	분말도 (cm ² /g)	凝結 (h-m)		壓縮強度 (kg/cm ²)			
		초경	중경	1일	3일	7일	28일
3.12	5,800	1-55	4-10	174	285	360	425

표 4. 콘크리트 실험에 사용한 골재의 물리적 성질

골재	마모회수	比重	F.M	흡수율 (%)	單位重量 (kg/m ³)	粒形判定實積率 (%)
골은	0	2.69	6.8	0.78	1,585	55.4
	125	#	#	#	1,635	57.5
골재	250	#	#	#	1,681	58.9
	500	#	#	#	1,674	60.8
실험	1000	#	#	#	1,688	62.0
	天然 골은골재	2.62	#	1.81	1,710	65.0
天然 잔골재	2.56	2.92	1.84	1,527	59.6	

표 5. 고성능 감수제의 물리적 성질

類 型	色 相	主 成 分	毒 性	比 重
액상	黑色	Sythetic Polymers	무	1.10

2.3 실험 방법

(1) 골재 실험

磨耗作用에 따른 골재粒子 特性의 變化實驗은 實驗計劃에 따라 KS F 2508 規定에 의거 로스 앤 켈스 磨耗 試驗機를 利用하여 實施하였으며, 粒度 試驗은 KS F 2502 規定에 의거 체가름 試驗을 實施하여 粒度 및 粗粒率을 求하였다.

粒形實驗中 粒形判定 實積率은 KS F 2527, 形狀係數는 Wentworth의 方法으로 하였는데 즉, 粒形判定 實積率은 20mm체를 通過하고 10mm체에 남는량 60%, 10mm체를 通過하고 5mm체에 남는량 40%를 各各 混合하여 單位容積重量과 吸水率 및 比重을 實驗하여 實積率을 求하였다. 形狀係數는 骨材크기 19mm, 16mm, 13mm, 10mm, 5mm의 骨材를 各各 3개씩 任意로 選擇하여 최대경, 중간경, 최소경을 버어니어캘리퍼스 (精密度:0.05mm) 로 測定하여 평균값으로 求하였다.

(2) 콘크리트 실험

콘크리트 混合은 KS F 2403 規定에 의거 容積

50l 인 Laboratory concrete mixer를 使用하여 混合하였고, 콘크리트 供試體 製作은 $\phi 10 \times 20$ cm 인 圓柱形 金屬틀 (壓縮強度用)를 利用하여 製作하였으며 24時間 경과후 시멘트 페이스트로 채핑하였고, 다시 24시간 경과후 탈형하여 水中 ($23 \pm 2^\circ\text{C}$)에서 5일 및 26일간 養生하였다.

슬럼프試驗은 콘크리트 混合 5, 10, 20 및 30 분에서 KS規定에 의거 슬럼프試驗을 實施하였다.

養生된 供試體의 壓縮強度 試驗은 KS F 2405 規定에 의거 100ton U.T.M을 使用하여 最大荷重을 斷面積으로 나누어 求하였다.

III. 實驗結果 및 分析

3.1 磨耗에 따른 粒度變化

그림 2 및 3은 磨耗에 따른 골은골재의 粒度分布 및 粗粒率 變化를 나타낸 것으로 粒度變化의 全體的인 傾向은 磨耗 回轉數의 增加에 따라 磨耗로 破碎된 粒粒子의 量은 增加하였는데, 특히 그림 4의 磨耗 回轉數에 따른 F.M의 變化는 初期에서 크게 低下하고 後期로 갈수록 緩慢하여지는 지수함수 傾向을 나타내어 初期의 磨耗에 따른 큰 粒子變化 傾向이 나타남을 알수 있었다.

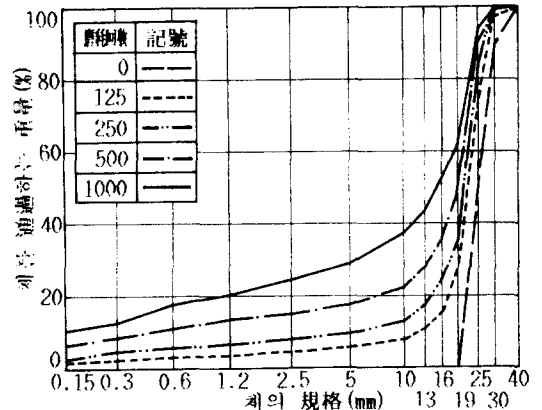


그림 2. 마모회수에 따른 粒度分布의 變化

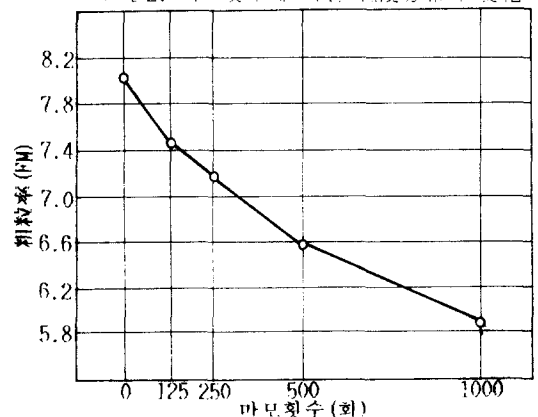


그림 3. 마모회수에 따른 粗粒率 變化

3.2 磨耗에 따른 粒形變化

그림4 및 5는 磨耗에 따른 骨材의 粒形變化로써 먼저 그림4의 粒形判定 實積率은 磨耗 回數增加에 따라 增加하여 球形化하는데 磨耗試驗機의 回轉數가 0~500사이에서 急激한 增加를 나타내었으며, 그以後는 큰 差異가 없이 漸進적으로 增加하는 log曲線 傾向을 나타내고 있었다.

또한 磨耗試驗機의 回轉數에 따른 形狀係數는 그림5와 같이 試驗機의 回轉數의 增加에 따라 지수 함수적으로 減少하여 球形化하는 傾向으로 나타났다. 特히, 粒形判定 實積率의 傾向과 같이 0~500회 사이에서는 急激한 變化를 보여 初期 回轉數의 增加에 따라 骨材는 각이진 모양에서 球形의 骨材로 쉽게 變化되어짐을 알수 있었다.

3.3 骨材의 粒形과 슬럼프치

그림6 및 7은 骨材의 粒形이 變化함에 따른 슬럼프치의 變化 傾向을 나타낸 것으로 당연한 結果이겠지만 粒形이 球形化될수록 슬럼프치는 增加하게 나타났다. 단, 세부적인 傾向으로 富配合인 W/C 0.4의 境遇 粒形判定 實積率 55~61% 範圍에서 粒形判定 實積率 增加에 따른 슬럼프치 變化는 緩慢하게 增加하다가 粒形判定 實積率 61~62%에서 急激한 變化를 보이고 있으나 貧配合인 W/C 0.6의 境遇는 粒形判定 實積率 55~61%의 範圍에서 오히려 急激한 變化를 보이고 그 以上에서는 거의 變化가 없는 것으로 나타나 貧配合으로 될수록 骨材粒形의 變化는 슬럼프치에 큰 影響을 미치는 것으로 밝혀졌다.

이의 原因으로는 貧配合의 境遇는 磨耗回數의 增加로 骨材의 粒形이 球形에 가까운 모양으로 되면, 混合된 콘크리트는 骨材간의 結合力 低下의 影響이 커서 슬럼프치 增加가 크게 되어 富配合보다 쉽게 流動化하는 것으로 分析되어 즉, 實務應用時는 슬럼프치 側面만을 고려하면 貧配合에서 骨材의 粒形이 特히 重要한 影響因子가 됨을 시사하고 있는 結果이다.

또한, 測定時間別 슬럼프치의 變化는 W/C 0.4 및 0.6 공히 時間이 經過할수록 低下하는 傾向을 나타내었는데 이는 時間이 經過함에 따라 아직 굳지않은 콘크리트 狀態에서의 水和反應 및 水分蒸發에 기인하여 나타난 結果로서 W/C別 特異한 事項은 發見되지 않았다.

아울러 本 實驗 過程에서 定量的이지 못하고 直感的인긴하나 高流動化劑를 使用함에 따라 單位水量 및 單位시멘트량을 減감할수 있었고, 초조강 포틀랜드시멘트를 使用함에 따라 配合特性은 同一 條件의 普通 포틀랜드 시멘트를 使用한 一般 콘크리트 境遇와 同一 워커빌리티를 發揮

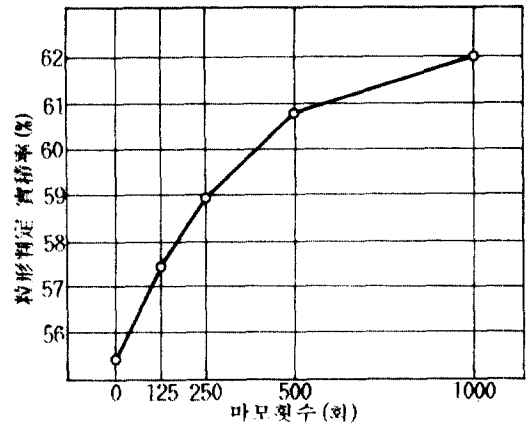


그림4. 마모회수에 따른 粒形判定 實積率 變化

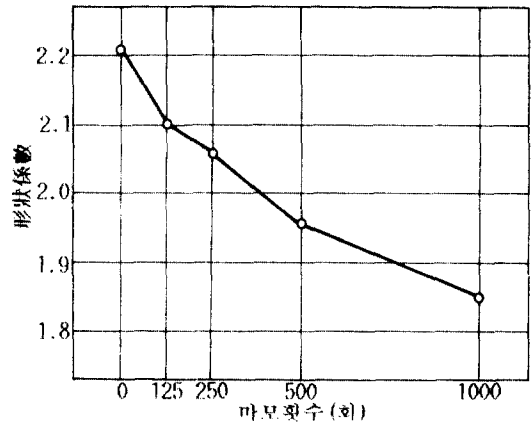


그림5. 마모회수에 따른 形狀係數 變化

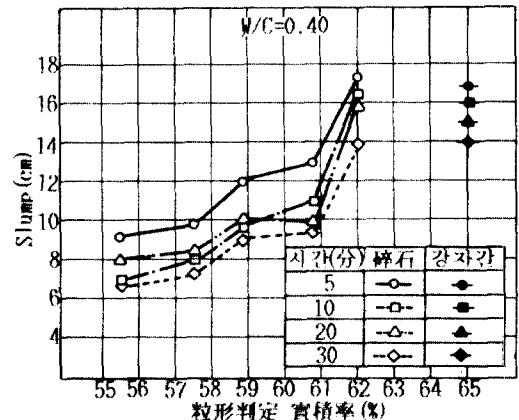


그림6. 粒形判定 實積率에 따른 슬럼프치 變化하기 위하여는 시멘트의 분말도 增大에 기인하여 單位水量 5~10% 增加와 잔골재율 2~3%減少 傾向도 알수 있었다.

3.4 骨材의 粒形과 壓縮強度

그림8 및 9에서 먼저, 全般的인 壓縮強度 傾向은 초조강 포틀랜드 시멘트의 高強度化에 기인하여 7일의 境遇 W/C 0.6은 250kg/cm² 前後

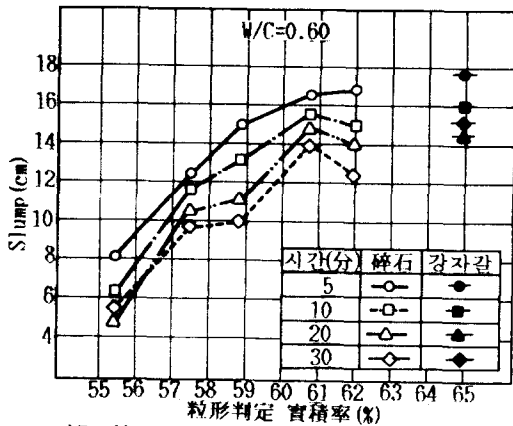


그림7. 粒形判定 實積率에 따른 슬럼프直 變化

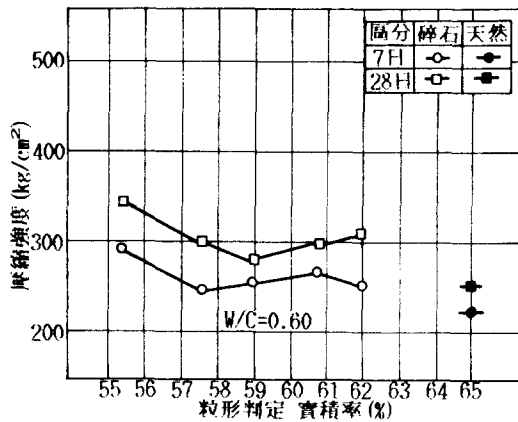


그림9. 粒形判定 實積率에 따른 壓縮強度 變化

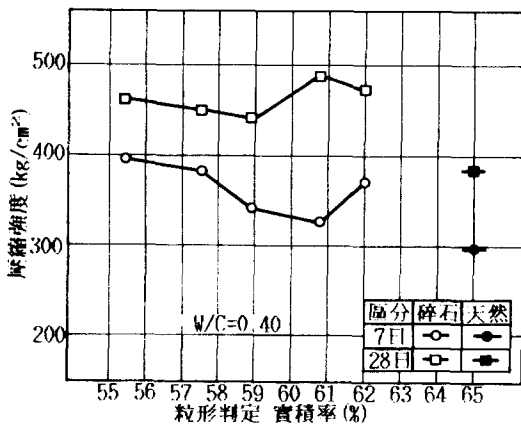


그림8. 粒形判定 實積率에 따른 壓縮強度 變化

0.4는 350kg/cm²前後이고 28일의 境遇는 300 및 450kg/cm²前後로써 既存의 普通 포틀랜드시멘트 보다 30~50% (壓縮強度로 100kg/cm²) 前後 增加된 結果로 나타났다. 이 結果로 미루어 볼때 既存의 普通 포틀랜드 시멘트도 분말도 및 成分組成 變化面으로 高品質化하면 現在の 콘크리트보다

同一 條件에서 50%以上의 高強度化도 가능할 수 있음을 시사하는 結果이다.

粒形變化에 따른 壓縮強度는 碎石의 境遇 W/C 0.4의 28일 재령인 壓縮強度 400kg/cm²以上에서는 影響이 거의 없었던 것외에 全般적으로는 球形化함에 따라 低下하는데, 그 低下比率는 粒形判定 實積率 1%에 대하여 壓縮強度는 2~2.5% (7~10kg/cm²) 程度이었다. 이는 骨材의 粒形變化에 따른 骨材간 結合力 (Interlocking) 低下에서 기인한 것으로 分析된다.

또한, 天然 骨材와 碎石 骨材간의 壓縮強度는 骨材 表面組織 變化의 差異로 시멘트페이스트와 骨材간 接着力 (Bond) 增進에 기인하여 天然骨材보다 碎石骨材에서 10~40%增進되게 나타나는데 이는 既存의 10% 전후의 增進보다는 매우 큰 比率임을 알수 있었다.

IV. 結 論

磨耗 試驗機의 磨耗 回轉數 增加에 따른 碎石 骨材의 粒子特性 變化의 分析과, 骨材의 粒形變化가 콘크리트의 슬럼프치 및 壓縮強度에 미치는 影響을 分析하기 위한 實驗 研究에서 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 각이진 碎石骨材를 磨耗시키면 磨耗初期에서 粒度 및 粒形變化가 크게 나타나, 磨耗 回轉數變化에 따른 F.M과 形狀係數 變化는 지수함수 傾向, 粒形判定 實積率 變化는 log曲線 傾向을 나타내었다.

2) 粒形이 슬럼프치에 미치는 影響은 W/C 0.4인 富配合보다 0.6인 貧配合에서 크게 나타났다.

3) 粒形中 骨材形狀 變化가 壓縮強度에 미치는 影響은 400kg/cm² 以上에서는 影響이 없었으나 그 以下에서는 骨材간 結合力 (Interlocking) 變化에 따라 粒形判定 實積率 1%增加에 대하여 壓縮強度는 2~2.5% (7~10kg/cm²) 程度 低下하였다.

4) 粒形中 表面組織 差異로써 表面組織이 거친 碎石骨材는 매끄러운 강자갈보다 시멘트페이스트와 表面의 附着力 (Bond) 差異에 기인하여 10~40% 크게 나타났다.

5) 附加적으로 一般 콘크리트 境遇보다 高유동화제를 使用함에 따라 配合上 單位水量 및 單位 시멘트량의 節減效果를 얻을수 있었고, 초조강 시멘트를 使用함에 따라 單位水量 5~10%의 增加, 잔골재율 2~3%減少로 配合修正이 必要함을 알수 있었으며, 30~50%의 壓縮強度 增進效果도 얻을 수 있었다.