

# 再生骨材 콘크리트의 強度 早期推定 및 非破壞實驗 適用性에 관한 研究(II)

- 第 1 報 : 力學的 性質 및 強度 早期推定 -

A Study on the Application of Early Estimation Methods and Non-Destructive Testing for the Strength of Recycled Aggregate Concrete(II)

- Part 1 : Mechanical Properties and Early Estimation of Strength -

○崔 青 閣<sup>1)</sup> 尹 起 源<sup>2)</sup> 韓 千 求<sup>3)</sup> 金 武 漢<sup>4)</sup>  
Choi, Cheong Kak Yoon, Gi Won Han, Cheon Goo Kim, Moo Han

## Abstract

To analyze the using of recycled aggregate on concrete as the substitute aggregate is important problem for the reuse of waste matter and prevention of environmental pollution. Therefore, this study is designed for investigating and analyzing the mechanical properties and early estimational factors of strength on concrete using aggregate of the waste concrete. And is aimed to provide the fundamental data for recycled aggregate.

## I. 序 論

막대한 量의 콘크리트 廢棄物은 資源節約과 環境保護 等 多岐적인 側面에서 再活用に 관한 研究가 切實히 要求되고 있다.

그러므로 本 研究는 전(I)편 研究에 이어 廢棄 콘크리트를 骨材로 再使用(以下 再生骨材라 칭함)할때 骨材調合 및 W/C 變化에 따른 諸般 力學的 性質을 究明함과 동시에 強度 早期推定 및 非破壞試驗을 實施함으로써 再生骨材를 使用한 콘크리트의 品質管理에 한 參考資料를 提示하고자 研究 目的하였는데, 本 報에서는 그 中 力學的 性質 및 強度 早期推定에 대하여 報告하고, 第 2報에서는 非破壞 試驗에 대하여 報告한다.

## II. 實驗計劃 및 方法

### 2.1 實驗計劃

本 研究의 實驗計劃은 表 1과 같다. 즉, 配合 事項으로 W/C比는 7개 水準, 骨材 種類는 3개 水準으로 하여 NN콘크리트의 슬럼프가 18±2cm가 되도록 配合 計劃하여 전 配合에 同一하게 適用하도록 實驗計劃하였다.

또한, 實驗事項으로는 굳지 않은 狀態에서의 슬럼프치 및 強度 早期 推定을 위한 酸中和量과 比重值를 測定하고, 硬化狀態의 壓縮強度와 非破壞 試驗 및 彈性係數를 實驗하도록 計劃하였다.

表 1. 實驗計劃

要 因		水 準	
配 合 事 項	W/C比	7	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70
	骨 材	3	NN(天然잔骨材+天然굵은骨材) NR(天然잔骨材+再生굵은骨材) RR(再生잔骨材+再生굵은骨材)
	슬럼프	1	NN콘크리트의 슬럼프가 18±2cm로 配合設計하여 全 配合에 同一하게 適用
實 驗 事 項	아직굳지 않은狀態	3	슬럼프值, 酸中和量, 比重值
	硬化狀態	4	壓縮強度(7, 28日), 反撥度, 超音波 傳播速度, 彈性係數

### 2.2 使用材料

本 實驗에 使用한 시멘트는 國內産 H社의 1종 보통 포틀랜드시멘트로서 그의 物理的 性質은 表 2와 같다.

天然 잔 굵은骨材는 충북 청원군 부강산을 使用하였고, 再生骨材는 既往의 實驗에 使用하였던 壓縮強度 200~500kg/cm<sup>2</sup>인 콘크리트 供試體를 조 크러셔로 分碎한 것을 체가름하여 使用하였는

表 2. 시멘트의 物理的 性質

比 重	粉末度	凝結時間		auto-clave (%)	壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	初 結 (min)	終 結 (h-m)		3日	7日	28日
3.15	3,260	220	5-30	0.02	217	280	359

- 1) 正會員, 淸州大 大學院 碩士課程
- 2) 正會員, 淸州大 工學碩士
- 3) 正會員, 淸州大 教授, 工搏
- 4) 正會員, 忠南大 教授, 工搏

데, 再生 간骨材는 체가름하여 標準粒度 範圍內에 들도록 粒度를 調節하였으며 再生 굵은骨材는 前(I)편의 研究에서 5~30mm의 粒徑이 유리한 것으로 밝혀져 5~30mm範圍의 骨材를 利用하였는데, 天然 및 再生 간·굵은骨材의 物理的 性質은 表 3과 같고 粒度曲線은 그림 1과 같다.

表 3. 간·굵은骨材의 物理的 性質

種 類	比 重	吸 水 率 (%)	F. M	
간骨材	天然骨材	2.54	2.08	2.98
	再生骨材	2.27	9.13	2.89
굵은骨材	天然骨材	2.62	1.76	7.03
	再生骨材	2.40	7.74	6.96

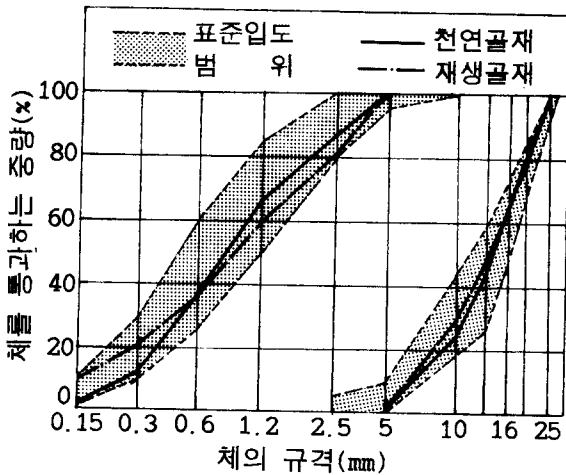


그림 1. 간·굵은 골재의 입도곡선

### 2.3 實驗方法

本 研究의 實驗方法으로 콘크리트의 混合, 슬럼프 試驗, 供試體 製作(φ10×20cm), 養生(水中; 23±2℃) 및 硬化狀態에서의 壓縮強度 試驗은 KS의 해당 規定에 의거 標準的인 實驗方法으로 實施하였고, 強度 早期推定으로 酸中和量과 比重值의 實驗方法을 要約하면 다음과 같다.

1) 酸中和量 : 콘크리트의 블리딩수를 30分 및 60分에서 採取하여 여과지로 여과한 다음 10ml를 採取하여 페놀프탈레인 溶液으로 적변시킨 후 0.1N 鹽酸을 뷰렛으로 넣어 白色으로 변하는 中和量을 酸中和量으로 하였다.

2) 比重值 : 混合된 아직 굳지않은 콘크리트를 20分 經過 後에 NO.4체로 시멘트몰탈 300g을 채 취하여 1ℓ 매스실린더에 넣고 분산제(Lignal-S) 0.5cc를 添加한 後 물을 1ℓ까지 채운 다음 入口

를 손으로 막고 20初 동안에 10回 反轉시킨다. 反轉 完了 時間을 基準으로 보오며 比重計를 몰탈 현탁용액에 띄워 1分에서 5分까지 30初간격으로의 比重值을 測定하였다.

### III. 實驗結果 및 分析

#### 3.1 아직 굳지 않은 콘크리트의 性質

그림 2는 물시멘트별 骨材의 種類에 따른 슬럼프 프치를 比較한 것으로서 먼저, 全般的인 傾向으로 NN콘크리트의 슬럼프치는 18~20cm 程度로 나타났고, NR콘크리트의 경우 16~18cm 程度로 NN에 비하여 약 2cm 정도 低下한 것으로 나타났으며, RR콘크리트의 경우 6~11cm程度로 NN에 비하여 9~10cm 程度 低下한 것으로 나타났는데, 이를 NN콘크리트의 슬럼프를 100%로 할때 NR은 약 90%, RR은 약 45%로 나타났다.

이는 天然 骨材에 비하여 再生骨材의 粒形이 低下한 점과 表面의 形狀이 거칠고, 특히 再生 간骨材의 경우 그림 1과 같이 微粒分의 過多 含有에 起因하여 再生骨材를 使用한 경우 슬럼프值가 低下한 것으로 分析된다.

#### 3.2 硬化콘크리트의 性狀

그림 3은 W/C比를 역수화하여 C/W比 變化에 따른 骨材 調合別 28日 재령의 壓縮強度를 比較한 것으로써 당연한 結果이겠지만 壓縮強度는 C/W比의 增加에 比例하여 直線的으로 增加하는 것으로 나타났다.

全般的인 傾向으로 骨材 種類別 壓縮強度의 增進 구배는 거의 類似하게 나타났는데, NN콘크리트에 비하여 NR의 경우 5kg/cm<sup>2</sup>程度 크고, RR의 경우 17kg/cm<sup>2</sup>정도 低下한 것으로 나타났다.

이는 NR의 경우 碎石骨材의 影響으로 附着強度 增進에 起因된 結果로 보여지며, RR의 경우는 再生 간骨材中 微粒分의 過多含有로 시멘트 페이스트리의 相對的 不足에 起因된 結果로 分析된다.

#### 3.3 強度의 早期推定

##### 3.3.1 酸中和法

그림 4는 經時變化에 따른 酸中和量을 比較한 것으로써 당연한 結果이겠지만 酸中和量은 W/C가 낮을수록 크고 時間이 經過할수록 增加하는 것으로 나타났다.

또한, 骨材 種類別 酸中和量의 全般的인 傾向

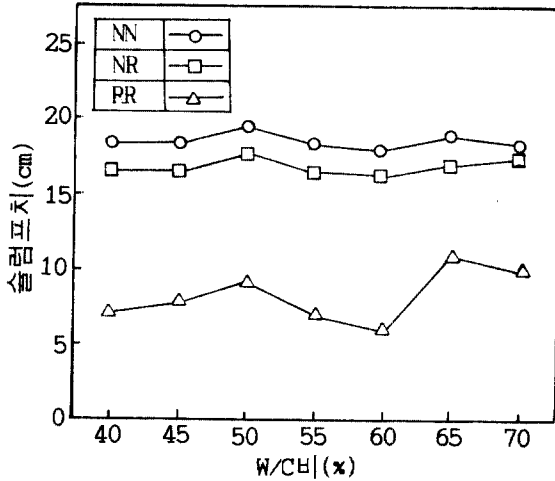


그림 2. 골재 조합별 W/C에 따른 슬럼프치

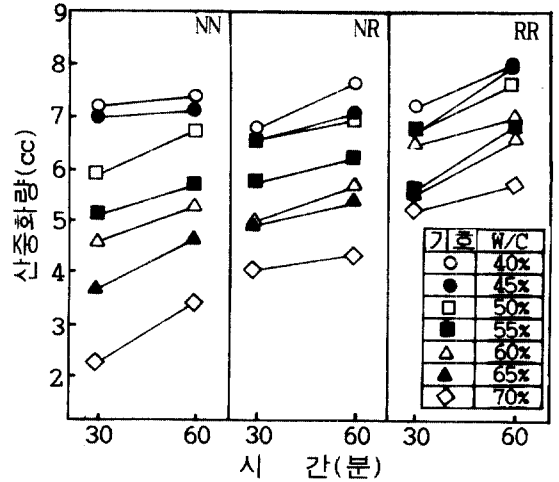


그림 4. 시간 변화에 따른 산중화량 비교

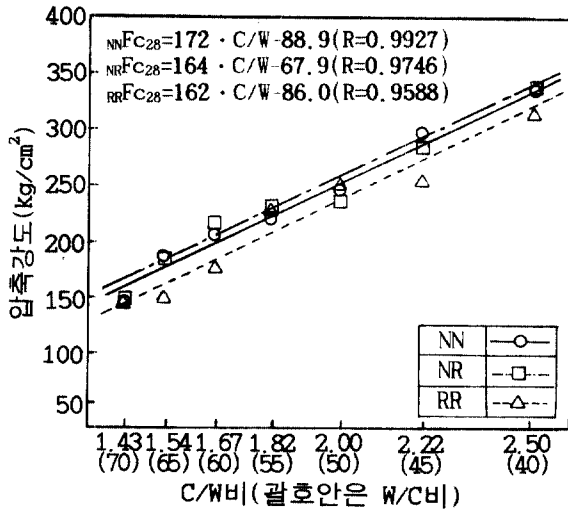


그림 3. C/W비 변화에 따른 압축강도

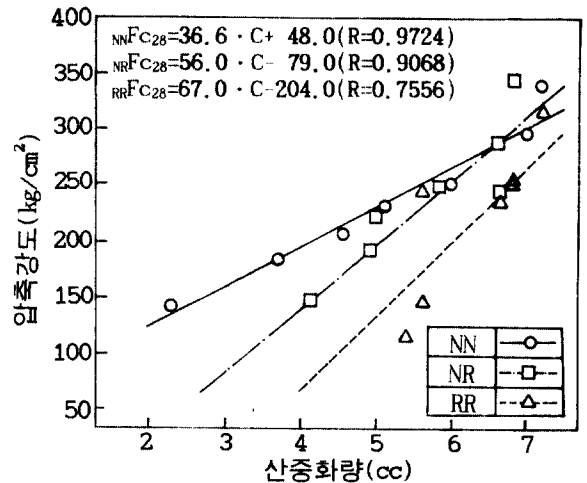


그림 5. 산중화량과 압축강도의 관계

은 RR의 경우 제일 크고 NR, NN의 순으로 나타났는데, 이는 再生骨材에서의 알카리 침출 또는 骨材 内部로의 알카리의 浸透가 저지되거나 天然骨材보다 미소함에 따라 NN보다 NR, RR경우 酸中和량이 큰 것으로 分析된다.

그림 5는 아직 굳지않은 狀態에서의 30分 酸中和량과 28日 재령 壓縮強度와의 關係를 나타낸 것으로서 酸中和량과 壓縮強度와의 回歸式은 그 그래프 中에 提示된 바와 같고 相關係數는 NN의 경우 0.97, NR의 경우 0.91, RR의 경우 0.76 순으로 再生 잔 굽은 骨材를 使用하는 경우 W/C에 따라 알카리度 變化가 작게 나타나고 있어 相對的으로 相關性은 低下하는 것으로 나타났다.

### 3.3.2 比重計法

그림 6은 반전 完了後 1分부터 5分까지 每 30 初 經過에 따른 비중치의 變化를 나타낸 것으로 全般的으로는 거의 一定한 比率로 低下하는데 骨材 調合別로는 RR콘크리트가 제일 크고 NR, NN의 순으로 작게 나타났는데, 이는 再生骨材의 경우 天然骨材보다 많은 微細粒子가 懸탁액화함으로써 나타낸 結果로 分析된다.

그림 7은 1分 比重値와 28日 壓縮強度의 關係를 나타낸 것으로서 比重値와 壓縮強度와의 回歸式은 그 그래프 中에 提示된 바와 같고 比重値와 相關係數는 NN 및 RR의 경우 0.97, NR의 경우 0.96 으로 나타나 骨材調合이 거의 影響因子가 되지 않는 것을 알 수 있으며, 酸中和法에 비하여 相關性이 良好한 것으로 나타났다.

### 3.3.3 複合法

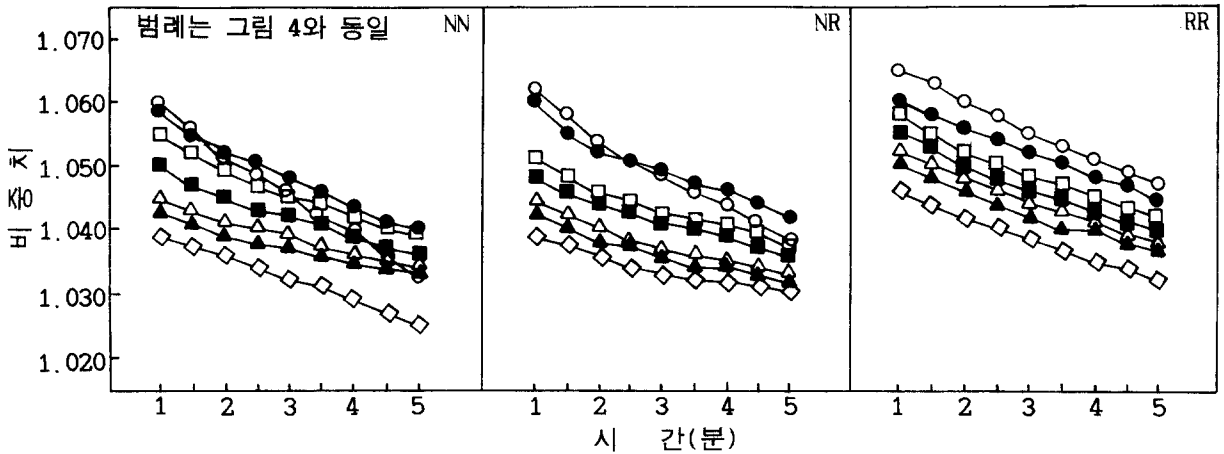


그림 6. 시간변화에 따른 비중치 변화

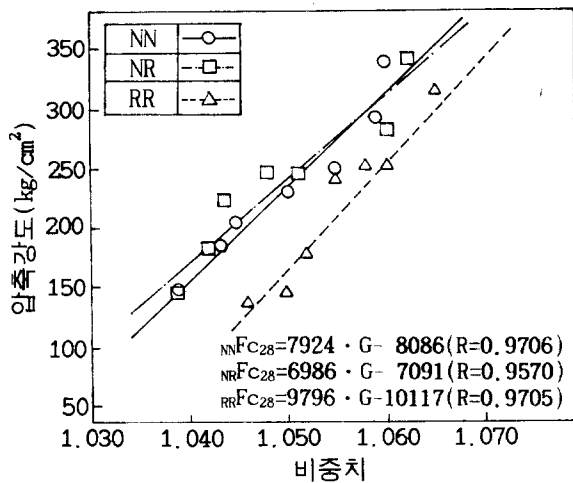


그림 7. 비중치와 압축강도의 관계

표 4는 比重計法 1分 比重値와 酸中和法의 30分 酸中和量을 相互 2方法에 의하여 各 骨材別 多重相關으로 壓縮強度를 推定하는 回歸式을 分析한 것이다.

먼저, 複合法에 의한 경우 壓縮強度와의 相關係數는 NN 및 RR이 0.98, NR이 0.96으로 比重計法이나 酸中和法의 單一 方法보다는 壓縮強度 推定精度가 良好한 것을 알 수 있었다. 또한, 骨材

표 4. 複合法에 의한 相關性 分析

骨材 調合	Fc=C+K <sub>1</sub> ·G+K <sub>2</sub> ·N (G: 比重値 N: 酸中和量)			
	C	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	R
NN	-4497.5	4426.35	16.48	0.9756
NR	-6163.7	6054.84	8.70	0.9598
RR	-12034.9	11732.27	-19.89	0.9795
ALL	6986.0	6869.90	-1.17	0.8466

調合別로 區分하지 않을 경우(ALL)는 相關係數가 0.85로 매우 低下하므로 추후 再生骨材를 使用한 콘크리트의 壓縮強度 早期 推定時에는 반드시 骨材 調合別로 區分하여 適用시켜야만 良好한 品質 管理가 이루어질 것으로 사료된다.

#### IV. 結論

廢棄 콘크리트를 骨材로 使用할때 骨材調合 및 W/C比 變化에 따른 諸般 力學的 性質 및 強度早期推定에 관한 相關關係를 分析하기 위한 研究에서 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 骨材 調合에 따른 슬럼프치는 骨材의 表面 形狀이나 粒形 및 粒度分布에 따라 NN, NR, RR 순으로 나타났다.

2) 骨材 調合別 C/W比에 따른 壓縮強度의 增進 傾向은 거의 類似하고 NN에 비하여 NR의 경우는 5kg/cm<sup>2</sup>程度 큰 반면 RR의 경우는 再生 骨材가 微粒分을 多量 含有함에 따라 약 17kg/cm<sup>2</sup> 정도 低下한 것으로 나타났다.

3) 強度 早期推定法으로 酸中和法은 骨材 自體의 알카리度가 影響因子가 되었으나 比重計法에서는 使用骨材의 粒度分布가 影響因子가 되는 것으로 밝혀졌다.

4) 強度 早期推定으로 本 研究의 範圍에서는 酸中和法보다 比重計法이 相關性이 良好한 것으로 나타났으며, 酸中和法과 比重計法의 複合에 의한 壓縮強度 早期推定은 單一 方法보다도 相關性이 良好한 것으로 나타났다.