

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

- 第 2 報 : 非 破 壞 試 驗 -

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

- Part 2 : Non-Destructive Test -

○尹 起 源¹⁾ 金 基 喆²⁾ 韓 千 求³⁾ 金 武 漢⁴⁾

Yoon, Gi Won Kim, Gi Cheol Han, Cheon Goo Kim, Moo Han

Abstract

This study is aimed to analyze the influencing factor on the non-destructive testing by measuring rebound number of schmidt hammer and ultrasonic pulse velocity according to the variation of aggregate kinds and grading. And this study is to provide the reference data on application of practical use.

I. 序 論

最近 大都市의 都市再開發計劃에 의하여 각종 建築物이 해체되고 있다. 그중 鐵筋콘크리트 건축물의 해체시 發生하는 막대한 양의 廢棄 콘크리트는 都市住居環境의 破壞 및 처치 곤란 등으로 처리에 많은 問題點을 안고 있어 資源 및 에너지 節約이라는 측면뿐만아니라 폐자원의 처리 및 활용이라는 측면에서 廢棄 콘크리트의 再活用은 實 際 上 要 求 되 고 있 다.

그러므로 本 研究은 이와같은 폐자원 처리 및 骨材資源 對策의 一環으로 폐기물 콘크리트를 대체골재로 再使用하는 方 案 에 关 하여 제1보에 이어 本 報는 壓縮強度 試驗과 동시에 슈미트햄머法 反撥度와 超音波法 超音波 傳播速度 測定을 병행하여 骨材種類, 粒徑變數 및 配合變數에 따른 非破壞試驗 영향인자를 究明하므로써 폐기물 콘크리트를 대체골재 (이하 再生骨材라 칭함)로 활 용 할 시 의 콘 크 리 트 품 질 관 리 方 案 에 한 參 考 자 료 를 제 시 하 고 자 연 구 목 的 하 였 다.

II. 實驗 計劃 및 方法

2.1 實驗計劃 및 使用材料

本 實驗의 實驗計劃 및 使用材料는 제1보의 研究와 同 일 하 고, 實 驗 測 定 項 目 으 로 는 壓 縮

強度 試驗 이전에 슈미트 햄머에 의한 反撥度 測定 및 超音波速度 測定器에 의한 超音波 傳播速度를 측정하여 壓縮強度와 상호간의 關係를 回歸式을 통하여 比較, 分析하도록 계획 하였다.

2.2 實驗機器 및 方法

本 研究에 用 意 된 實 驗 機 器 로 서 슈 미 트 햄 머 는 NR형(日本 龜倉精機(株)의 Recording Type, Model CX-750; Impact Energy=0.225kgm)을 用 意 하 였 고, 超 音 波 傳 播 速 度 測 定 器 는 스 위 스 의 Proceq사의 CSI Concrete Tester CCT-4(주파수 60Hz)를 用 意 하 였 다.

實驗方法으로는 소정기간 養生이 完 了 된 供 試 體 에 對 하여 지름 및 길이를 버니어 캘리퍼스 로 精 確 히 測 定 하 여 두 고, 먼 저 反 撥 度 測 定 은 공 시 체 의 표 면 에 3cm방안을 表 示 하 여 壓 縮 強 度 試 驗 機 에 걸 고 25kg/cm²의 壓 力 이 미 치 도 록 고 정 시 킨 다 음 슈 미 트 햄 머 의 打 擊 角 度 가 0°인 측면타격으로 20개 測 點 에 對 한 測 定 值 을 平 均 하 여 反 撥 度 를 구 하 였 다.

超音波 傳播速度 측정은 反 撥 度 測 定 이 完 了 된 供 試 體 의 兩 端 部 에 그 리 이 스 를 얹 게 塗 布 하 고, 외 부 지 름 10cm, 내 부 지 름 2.54cm의 원 판 을 密 着 하 여 中 央 을 精 確 히 맞 춘 다 음, 超 音 波 傳 播 速 度 가 充 분 히 안 정 화 된 후 그 값 을 취 하 였 으 며, 다 시 發 振 子 및 受 振 子 의 위 치 를 바 꾸 어 同 一 條 件 으 로 재 차 測 定 한 다 음, 두 값 의 平 均 值 을 구 하 여 供 試 體 의 길 이 를 시 간 으 로 나 는 다 음 식(1)에 依 하여 超 音

- 1) 正會員, 牧園大 講師
- 2) 正會員, 清州大 大學院 碩士課程
- 3) 正會員, 清州大 教授, 工博
- 4) 正會員, 忠南大 教授, 工博

표1. 實驗 結果

기호	배조		굵은골재 입경(mm)	슈미트 햄머(RN)		초음파 속 도(km/sec)	
	W/C (%)	S/A (%)		7일	28일	7일	28일
AN1	40	33	2.5~5	30.5	38.5	4.21	4.47
AN2			2.5~10	30.8	36.9	4.32	4.49
AN3			5.0~10	30.5	37.6	4.32	4.45
AN4			5.0~20	28.1	36.9	4.43	4.60
AN5			5.0~30	28.9	37.8	4.46	4.71
AC1			2.5~5	27.9	32.5	3.88	4.14
AC2			2.5~10	29.0	35.5	3.86	4.12
AC3			5.0~10	30.1	36.2	4.04	4.25
AC4			5.0~20	30.7	35.1	4.01	4.25
AC5			5.0~30	29.2	35.2	3.97	4.24
BN1	60	40	2.5~5	20.9	24.6	3.72	4.07
BN2			2.5~10	20.8	28.2	3.93	4.23
BN3			5.0~10	24.1	27.3	3.94	4.11
BN4			5.0~20	19.9	26.7	4.14	4.40
BN5			5.0~30	19.7	25.8	4.13	4.49
BC1			2.5~5	19.8	21.0	3.60	3.84
BC2			2.5~10	17.8	23.0	3.60	3.87
BC3			5.0~10	21.7	25.1	3.79	4.03
BC4			5.0~20	19.3	23.9	3.79	4.06
BC5			5.0~30	20.9	28.4	3.89	4.09

* A: W/C=40%, B: W/C=60%, N: 천연골재, C: 재생골재
波 傳播速度를 구하였다.

$$V(\text{초음파속도}) = \frac{L(\text{공시체 길이})}{T(\text{시간})} \text{ ----(1)}$$

III. 實驗 結果 및 分析

3.1 슈미트햄머法

實驗計劃에 의하여 製造된 供試體의 非破壞 試驗結果는 표 1과 같다.

그림 1은 굵은골재 種類 및 粒徑變化에 따른 反撥度를 비교한 그래프이다. 反撥度는 粒徑變化에 따라서 전반적으로 비슷한 傾向을 나타내고, 굵은골재의 種類에 따라서는 再生 骨材 사용 콘크리트가 同一 粒徑에서 작은 反撥度로 나타났다. 이는 反撥度가 表面 모르터의 硬度에 의하여 결정되기는 하나 어느정도 굵은골재의 影響도 받고 있어 再生骨材에 붙어 있는 시멘트 모르터는 천연골재보다 硬度가 작기 때문에 나타난 결과로 分析되어진다.

그림 2는 反撥度와 壓縮強度의 관계를 回歸式을 통하여 分析한 것으로써 전반적으로 骨材 種類別로는 影響이 없는 것으로 分析되나,

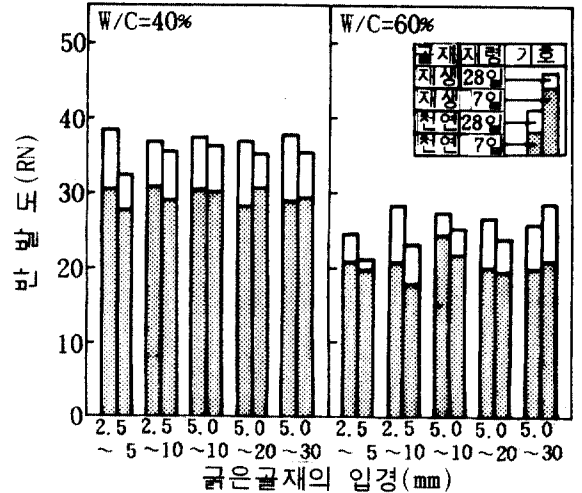


그림1. 굵은골재의 종류·입경에 따른 반발도

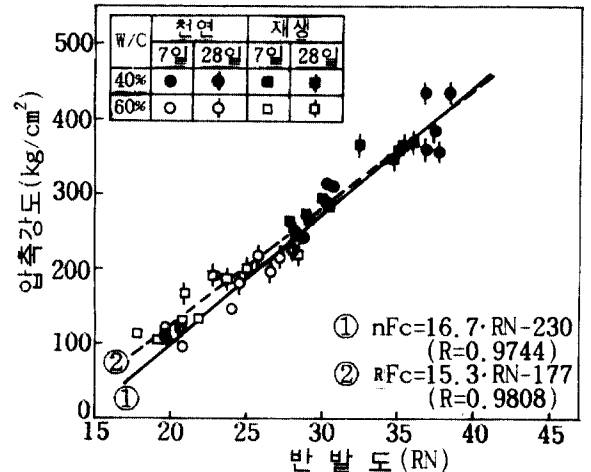


그림2. 반발도와 압축강도관계

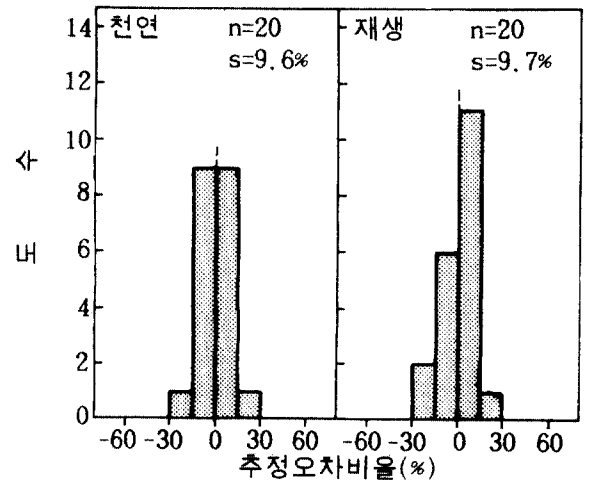


그림3. 반발도에 의한 강도추정오차

미시적으로는 再生骨材 사용 콘크리트가 同一

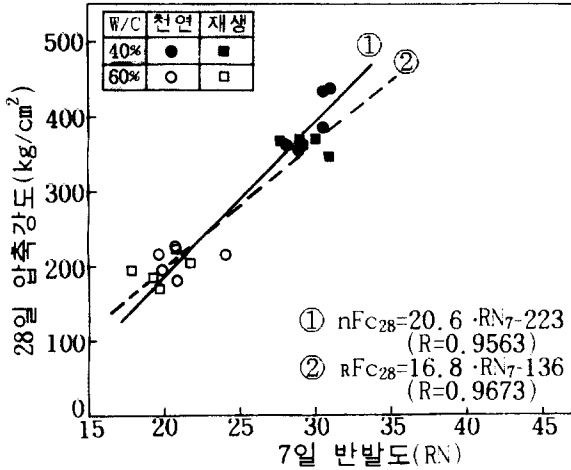


그림4. 7일 반발도와 28일 압축강도 관계

強度에서 적은 反撥度를 나타내는데 그 傾向은 낮은 강도일수록 차이가 크게 나타났다. 이는 낮은 강도일수록 表面 反撥의 영향 깊이가 깊어 재생골재 콘크리트가 그림 1의 原因으로 더 크게 低下된 結果로 분석되어 진다.

그림 3은 그림 2에 제시된 回歸式에 의거 굵은골재 종류별 實測壓縮強度와 推定壓縮強度間의 차를 推定壓縮強度로 나눈 추정오차 비율을 히스토그램으로 비교한 것으로 천연골재 및 재생골재 모두 推定誤差 0%를 기준으로 $\pm 30\%$ 이내에 전부 分布되어 있고, 천연골재의 標準偏差는 9.6%, 재생골재의 標準偏差는 9.7%로 反撥度에 의한 壓縮強度 推定은 양호한 상관성을 나타내고 있다.

그림 4는 7일 反撥度에 의한 28일 壓縮強度를 推定하기 위한 回歸式 그림으로 相關係數가 天然骨材는 0.9563, 再生骨材는 0.9673의 양호한 상관성을 나타내었다.

3.2 超音波 傳播速度法

그림 5는 굵은골재 種類 및 粒徑變化에 따른 超音波 傳播速度를 비교한 것으로 超音波 傳播速度는 슈미트햄머法보다 굵은骨材의 種類 및 粒徑에 따라 더 큰 影響因子가 內在되어 있음을 알 수 있다. 먼저 전반적인 傾向으로 骨材 種類는 재생골재 사용 콘크리트에서 굵은골재의 粒徑은 작은 입경분포일수록 超音波 傳播速度가 늦어지는 結果로 나타났다. 이는 골재종류의 경우 재생골재 사용 콘크리트

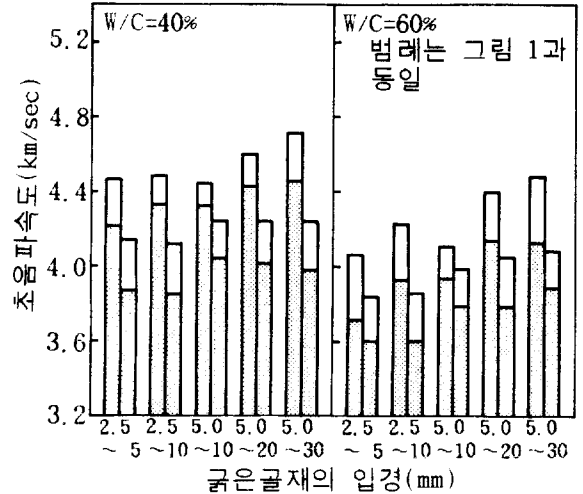


그림5. 굵은골재의 종류 · 입경에 따른 초음파속도

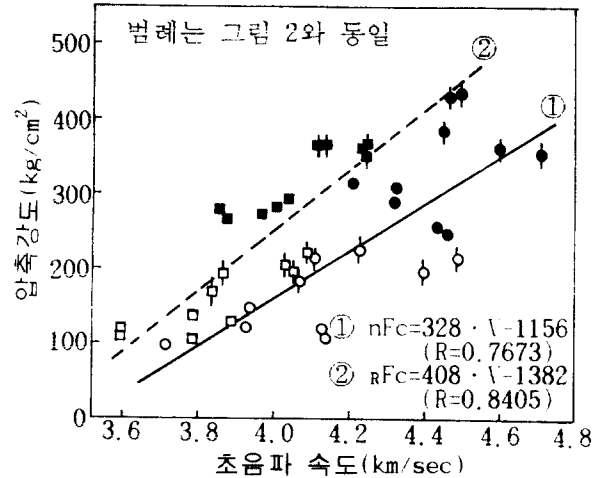


그림6. 초음파속도와 압축강도관계

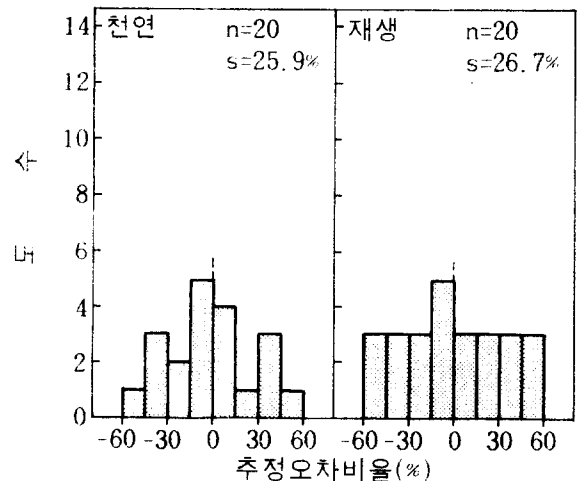


그림7. 초음파속도에 의한 강도추정오차

의 경우는 골재에 附着된 모르터 및 骨材 內

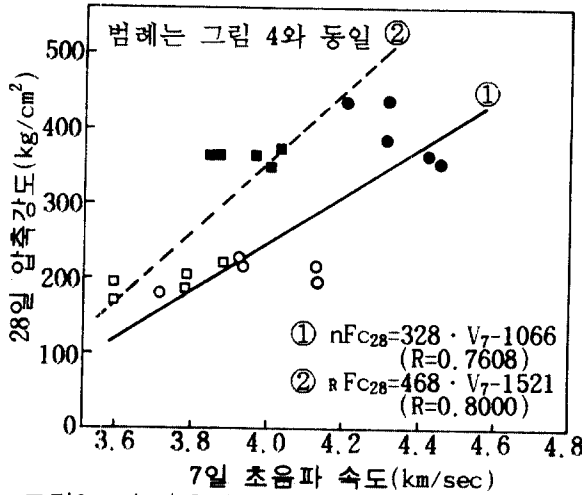


그림 8. 7일 초음파속도와 28일 압축강도 관계

부의龜裂로 초음波的 斷續 및 迂廻로 인하여 傳播距離가 길어져 전파속도가 늦어진 結果로 분석되고, 굵은골재 粒徑의 경우 입경이 미세하면 骨材 粒子間 接觸부에서 上記 초음파 전파속도 지연 現狀이 더욱 深化 되어 나타난 것으로 分析되어 진다.

그림 6은 초음波 傳播速度와 壓縮強度間의 關係를 回歸式으로 分析한 것으로써 전반적으로 相關係數가 反撥度의 경우보다 低하되었는데, 이 原因은 천연 및 再生골재 콘크리트간 회귀식에서 큰 差이가 發生한 것으로 골재 種類간의 影響에서 起因된 것 및 굵은골재 粒徑에서 오는 影響의 복합 때문에 分析된다.

그림 7은 그림 6에 提示된 회귀식을 통하여 分析한 推定誤差로써 천연골재 사용 콘크리트의 경우 推定誤差 變化폭이 최저 -50%에서 최고 47%까지 變化하는 넓은 分布를 보이고, 再生骨材 사용 콘크리트도 천연骨材 사용 콘크리트와 마찬가지로 推定오차 變化폭이 넓은 類似한 傾向을 보이고 있다. 두 골재의 標準 偏差는 천연骨材는 25.9%, 再生骨材는 26.7%의 큰 偏差를 보이고 있다.

그림 8은 7일 초음波 傳播速度에 의한 28일 壓縮強度를 推定한 회귀식으로 슈미트햄머法에 의한 方法보다 상관계수가 많이 低하하는 傾向으로서 초음波 傳播速度는 골재의 種類 및 粒徑이 많은 影響因子가 됨을 알수 있었다.

IV. 結 論

再生骨材 콘크리트의 슈미트햄머法 및 超音波法 非破壞試驗의 影響因子 分析 및 適用性을 실험한 結果는 다음과 같다.

1. 슈미트햄머에 의한 反撥硬度는 굵은골재 種類 및 粒徑에는 큰 影響이 없게 나타났다. 단, 骨材種類의 影響으로는 미소하게나마 낮은 강도일수록 再生骨材 콘크리트에서 굵은골재의 硬度 差이에 기인하여 反撥度가 低하되었다.

2. 초음波 傳播速度는 再生骨材 사용 콘크리트 및 粒徑이 작을수록 동일 거리 일지라도 초음波의 斷續 및 迂廻傳播에 따른 傳播速度가 매우 늦어지는 影響因子를 나타내었다.

3. 實務 適用性에 참고자료가 되는 回歸分析을 통한 推定誤差 分析 結果 슈미트햄머法에 의한 強度推定은 實務 適用에 可能性을 보인 반면, 초음波 傳播速度에 의한 강도추정은 골재의 影響이 많이 作用되므로 實務 適用시는 충분히 검토하고 적용하지 않으면 커다란 誤差가 發生할수 있음을 알 수 있었다.

끝으로 本 研究는 韓國科學財團의 특정기초 과제 研究의 일환으로 연구되었음을 밝히며 위 기관에 감사한다.

參 考 文 獻

1) 韓千求 ; 콘크리트用 代替骨材活用に 있어 VE技法 適用에 관한 實驗的 研究, 大韓建築學會論文集, 제7권, 제6호, 1991.

2) 日本建築學會 ; 콘크리트強度推定のための非破壞試驗方法マニュアル, 1982.

3) 韓千求, 尹錫天, 金武漢 ; 슈미트햄머에 의한 콘크리트 供試體強度의 非破壞試驗法에 관한 基礎的 研究, 大韓建築學會 學術發表論文集, 제6권, 제2호, 1986.

4) 尹勝照, 韓千求, 金武漢 ; 슈미트햄머에 의한 콘크리트 強度 非破壞試驗의 影響因子 分析에 관한 實驗的 研究, 大韓建築學會 學術發表論文集, 제7권, 제1호, 1987.