

遠心成型 콘크리트의 壓縮強度 特性에 관한 基礎的 研究

A Fundamental Study on the Compressive Strength of Spun Concrete

○尹起源* 李鳳熙** 韓千求*** 潘好鎔****

Yoon, Gi Won Lee, Bong Hi Han, Cheon Goo Bahn, Ho Yong

ABSTRACT

To reinforce the foundation of building, the spun concrete pile is mostly used with consider the strength, economiability, durability, and etoetera. So, this study is designed for analyze the compressive strength of centryfugal manufacture concrete than that of normal concrete, and is aimed for presenting the reference data to the practical use of pile manufacture.

I. 序 論

最近 建設物의 重量化로 基礎를 補強하여야만 하는 경우가 많이 있는데, 이러한 基礎를 補強하기 위한 方法으로는 주로 말뚝기초가 使用되고 있다.

말뚝기초로서 말뚝 材質로는 木材, 콘크리트, 鐵材 등 여러 種類가 있으나 強度·經濟性·耐久性·구득의 容易性 등을 고려하면 遠心力을 이용한 鐵筋 콘크리트의 工場製品 말뚝이 주로 使用되고 있다.

그러나 이와같은 鐵筋 콘크리트 말뚝은 製作工程 및 養生方法 등의 差異로 보통 콘크리트와는 性狀面에서 많은 差異가 있을 것으로 사료되나 工場別 노하우 등으로 이에 대한 國內실정에 맞는 研究報告는 많지 않다.

그러므로 本 研究에서는 忠北 음성군에 位置한 무극 콘크리트(주)의 말뚝 生産工場 新設準備 過程에서 忠北 地方 工業試驗所의 工場指導의 일환으로 콘크리트의 配合設計를 실시하며 研究·指導하였는 바, 이 資料를 報告하므로써 遠心成形 콘크리트의 特性을 究明함과 동시에 實務의 遠心成形 콘크리트 工場의 말뚝생산 응용에 한 參考資料를 提示하고자 함에 本 研究의 目的이 있다.

II. '實驗設計' 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, 配合事項으로서 W/C는 27.5부터 37.5까지 0.25 간격으로 5개 水準이었으며, Slump는 모든 配合에서 3±1cm가 되도록 配合 設計하는 1水準이었고, 또한, 製造方法으로 成形은 다짐대에 의한 方法과 遠心力에 의한 方

표 1. 實驗要因 및 水準

實驗 要因		水 準	
配合	W/C	5	27.5, 30.0, 32.5, 35.0, 37.5
事項	Slump	1	3+1cm가 되도록 配合設計
제조	成型	2	φ10×20cm(원주형 供試體, 다짐대에 의한 다짐)
			φ20×30cm(中空(φ10cm)形 供試體, 遠心力에 의한 다짐)
方法	養生	2	水中, 蒸氣養生

法の 2水準이었으며, 養生方法으로는 水中養生과 蒸氣養生의 2水準이었다.

단, 本 實驗에서 다짐대에 의하여 成型된 供試體는 水中養生(이하 標準製作이라 칭함)과 蒸氣養生으로 區分하였고, 遠心力에 의하여 成型된 供試體는 試驗機 사정상 水中養生만을 實施하도록 하였다.

2.2 使用材料

本 實驗에 使用된 시멘트는 國內産 성신양회(주)사의 보통 포틀랜드 시멘트(KS L 5201 제1종)를 使用하였는데, 그의 物理的 性質은 표2와 같다. 骨材로서 잔·굵은 骨材는 음성군 무극에 위치한 영풍 광업소의 金鑛廢石을 크렛서로 粉碎하여 만든 碎石과 製砂機를 통한 碎砂를 使用하였는데, 이때 각 骨材의 粒度曲線은 그림1과 같고 物理的 性質은 표3과 같다. 물은 지하수를 使用하였으며, 混和劑로서 高性能 減水劑는 日本 花王社의 나프탈린 설존산계 MIGHTY-150으로 物理的 性質은 표4와 같다.

2.3 實驗方法

먼저 使用材料로 시멘트 및 骨材의 物理的 性質試驗은 KS의 해당규격에 의한 標準的인 實驗方法에 의거 實施하였다.

* 正會員, 淸州大 大學院,

** 正會員, 淸州大 産業大學院,

*** 正會員, 淸州大 副教授, 工博,

**** 正會員, 淸州大 教授, 工博

표2. 시멘트의 物理的 性質

比重	Blaine (cm ² /g)	44μ 잔사 (%)	凝結時間(分)		Auto- clave (%)	Fc(Kg/cm ²)		
			初結	終結		3日	7日	28日
3.15	3435	13.2	315	449	0.10	190	283	388

표3. 骨材의 物理的 性質

區分	比重	吸水率 (%)	相粒率 (FM)	粒形判定 實積率(%)	單位容積 重量(Kg/m ³)
碎砂	2.65	1.19	2.78	55.7	1,650
碎石	2.67	0.47	6.77	59.1	1,625

표4. 高性能 減水劑의 物理的 性質

化學成分	PH	比重	鹽化性	色相	점도
나프탈렌 설 폰 산 포르말린 고축합물	9±1	1.2 ± 0.012	부염화	암갈색	180 ~ 250

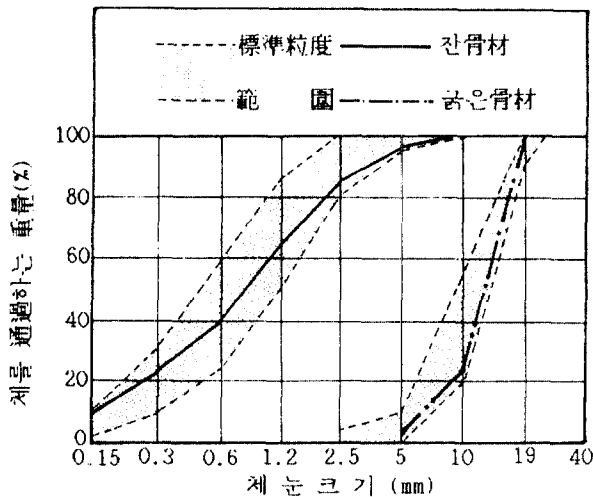


그림1. 잔·굵은 骨材의 粒度曲線

또한, 콘크리트의 實驗으로 아직 굳지않은 狀態에서의 콘크리트 混合, 供試體 製作 및 養生과 硬化 콘크리트의 壓縮強度 試驗은 KS의 해당규격에 의거 標準的인 實驗 方法에 따랐다.

단, 遠心力에 의한 成型方法은 KS F 2454에 規程되어 있으나 本 實驗에서는 工場에서 適用하고 있는 方法을 實驗方法으로 하였는데 즉, 그림 2와 같이 遠心力 다짐 試驗機에 콘크리트를 채운 물드를 차분위에 싣고 回轉數를 표5와 같이 初期부터 高速까지 4段階로 區分하여 다 짐 成型하였다.

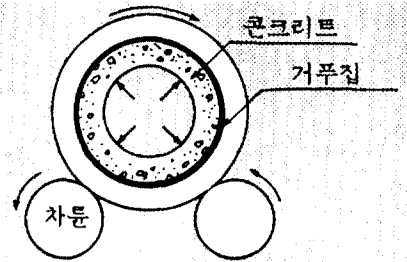


그림2. 遠心力 다짐 試驗 方法

표 5. 遠心 力속방법

區分	遠心力(g)	回轉數(rpm/sec)	時間(分)
初期	1	109	1
低速	5	244	3
中速	15	422	4
高速	30	545	7

III. 實驗結果 및 分析

3.1 成型 및 養生方法과 壓縮強度

本 研究의 實驗 計劃에 따른 各 組合別 成型 다짐 및 養生 方法에 따른 콘크리트의 壓縮強度의 實驗 結果는 표6과 같다.

표 6. 實驗結果

記號	W/C (%)	S/A (%)	단위수량 (kg/m ³)	슬럼프 (cm)	壓縮強度(kg/cm ²)		
					3일	7일	28일
A1					432	530	577
A2	27.5	38	173	2.0	515	521	586
A3					497	537	580
B1					416	469	499
B2	30.0	40	165	3.1	415	472	581
B3					460	535	578
C1					356	443	510
C2	32.5	40	160	2.7	443	423	487
C3					422	512	565
D1					323	422	483
D2	35.0	40	150	2.1	350	389	453
D3					381	454	551
E1					296	399	451
E2	37.5	41	150	2.0	363	397	480
E3					343	444	518

*記號中 A~E는 W/C, 첨자 1은 標準製作, 2는 蒸氣養生, 3은 遠心成型을 지칭함.

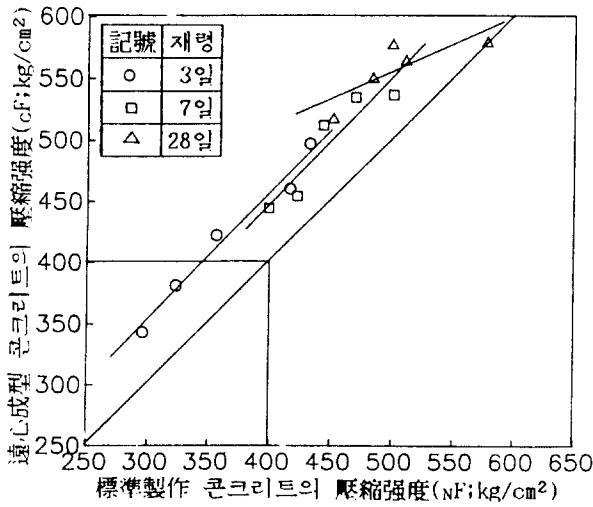


그림 3. 標準製作과 遠心成型의 壓縮強度 比較

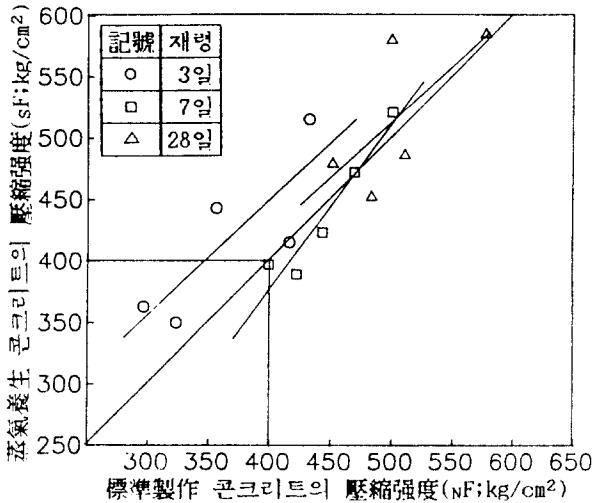


그림 4. 標準製作과 蒸氣養生의 壓縮強度 比較

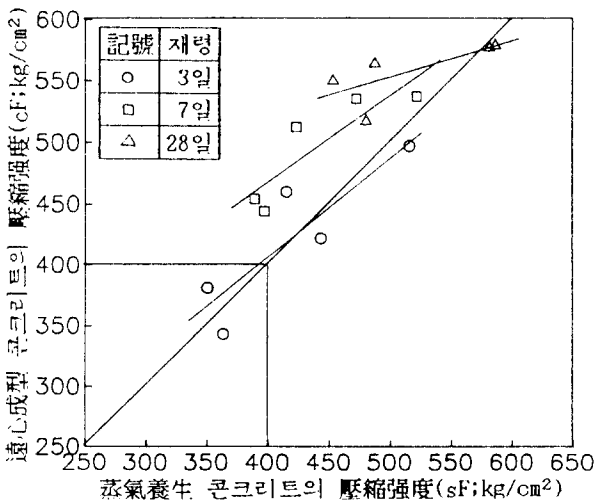


그림 5. 蒸氣養生과 遠心成型의 壓縮強度 比較

먼저 그림 3은 標準製作 콘크리트와 遠心成型 콘크리트의 壓縮強度를 比較한 것이다. 全般的으로 遠心成型 콘크리트는 標準製作方法보다 10~21% 크게 나타났다. 이는 遠心力에 의한 치밀한 다짐 및 탈수현상으로 W/C가 減少되어 큰 壓縮強度를 나타낸 것으로 分析된다.

그림 4는 標準製作 콘크리트와 蒸氣養生 콘크리트의 壓縮強度를 비교한 것이다. 壓縮強度의 경우 전반적으로 蒸氣養生 콘크리트는 標準製作 콘크리트보다 2~16% 큰 壓縮強度를 나타내는데 7, 28일의 경우는 큰 差異가 없게 나타났다. 蒸氣養生 콘크리트에서 3일 壓縮強度가 크게 나타난 原因으로는 蒸氣養生이 初期 強度의 발취속진이 目的인 것으로 3일 強度는 높으나 재령이 경과할수록 壓縮強度 增加率은 둔화하여 標準製作 콘크리트의 壓縮強度와 비슷하여지는 것으로 分析된다.

그림 5는 蒸氣養生 콘크리트의 壓縮強度와 遠心成型 콘크리트의 壓縮強度를 比較한 것이다. 3일의 경우는 서로 비슷한 傾向을 나타냈으나 7, 28의 경우는 遠心成型 콘크리트의 壓縮強度가 큰 傾向을 나타내는데 이의 原因으로 초기 재령에서 蒸氣養生은 초기강도 발취, 遠心成型은 遠心力에 의한 다짐효과 및 W/C의 減少로 거의 비슷한 傾向을 나타내나 재령이 경과할수록 W/C理論과 같이 W/C가 低下된 遠心成型 콘크리트의 壓縮強度가 크게 나타난 것으로 分析된다.

3.2 C/W와 壓縮強度

그림 6은 標準製作, 遠心成型, 蒸氣養生 콘크리트의 경우 C/W와 壓縮強度의 關係를 分析한 것이다. 당연한 결과이겠지만 C/W가 증가할수록 壓縮強度는 增加하는 것으로 나타났다.

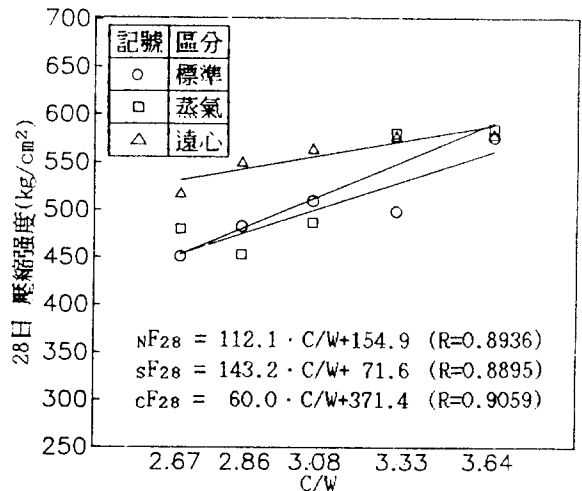


그림 6. C/W와 壓縮強度 關係

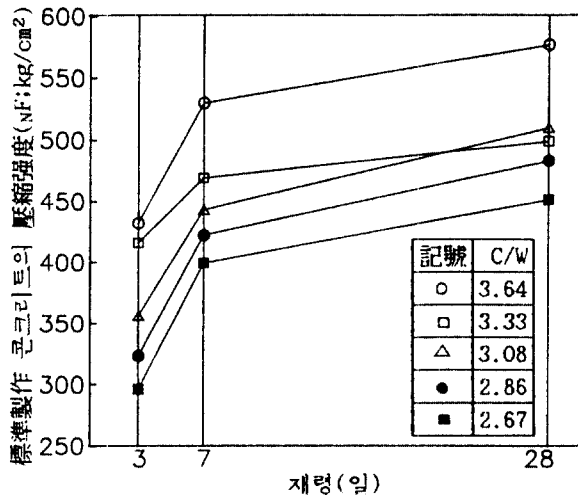


그림 7. 標準製作 콘크리트의 재령과 壓縮強度 關係

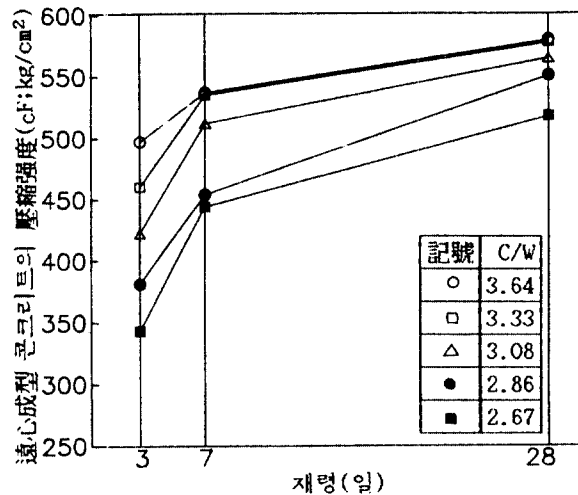


그림 8. 遠心成型 콘크리트의 재령과 壓縮強度 關係

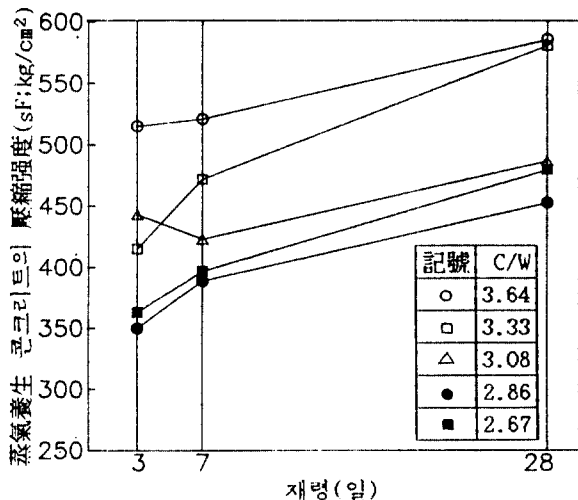


그림 9. 蒸氣養生 콘크리트의 재령과 壓縮強度 關係

本實驗結果 실무에서 應用할 수 있는 각 養生方法別 C/W에서 추정할 수 있는 28일 壓縮強度 추정식은 다음과 같이 밝혀졌다.

$$*標準製作 : nF_{28} = 154.9 + 112.1 C/W$$

$$*蒸氣養生 : sF_{28} = 71.6 + 143.2 C/W$$

$$*遠心成型 : cF_{28} = 371.4 + 60.0 C/W$$

3.3 재령과 壓縮強度

그림 7~9는 標準製作, 遠心成型, 蒸氣養生 콘크리트의 C/W별 재령 경과에 따른 壓縮強度의 變化 傾向을 分析한 것이다. 全般的인 傾向은 재령이 增加할수록 壓縮強度는 增進되는 것으로 나타났다.

단, 標準製作 및 遠心成型의 경우는 一般的인 理論과 같이 그 비율은 낮은 재령일수록 현저하며 시일이 경과할수록 增加率は 둔화하는 log曲線 傾向으로 增加함이 나타나나 蒸氣養生의 경우는 초기에서 強度의 增進現狀이 크게 나타나고 재령이 경과할수록 그 增加率が 둔하여 거의 直線傾向을 나타낸다.

IV. 系 結 論

말뚝생산 공장과 같은 成型 및 養生方法이 콘크리트의 壓縮強度에 미치는 影響을 分析하기 위한 實驗 研究 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 標準製作 콘크리트보다 遠心成型 콘크리트는 다짐 효과 및 W/C의 저하로 전 재령에서 10~21%의 強度 增進現狀이 나타났으며, 蒸氣養生 콘크리트는 3일의 경우 高溫에 따른 硬化 促進作用으로 2~16%의 強度 增進現狀이 나타나나 7, 28일은 差異가 없게 나타났다.

2) C/W가 증가할수록 壓縮強度는 增加하는데, C/W에서 推定하는 28일 壓縮強度는 다음과 같다.

$$*標準製作 : nF_{28} = 154.9 + 112.1 C/W$$

$$*蒸氣養生 : sF_{28} = 71.6 + 143.2 C/W$$

$$*遠心成型 : cF_{28} = 371.4 + 60.0 C/W$$

3) 재령이 증가할수록 標準製作 및 遠心成型 콘크리트는 기존의 理論과 유사한 log 曲線의 傾向으로 強度 增進現狀이 나타나나 蒸氣養生은 3일 強度가 標準製作에 비해 큰 傾向을 나타내어 全體的으로 完만한 直線傾向을 나타내었다.

끝으로 本 研究가 이루어질 수 있도록 後援하여 주신 무극 콘크리트(주), 忠北 地方 工業試驗所 및 성신양회에 感謝한다.