

콘크리트 말뚝의 비틀림貫入工法에 관한 小考

李 承 漢

(啓明大學校 土木工學科 助教授·工學博士)

目	次
1. 序 論	(2) 載荷方法
2. 콘크리트 말뚝의 비틀림貫入工法과 그 特性	4. 균열비틀림모멘트에 대한 實驗結果 및 考察
(1) 形狀 및 原理	(1) 균열비틀림모멘트의 算定
(2) 貫入비틀림모멘트와 貫入所要時間	(2) 프리스트레스 量에 의한 영향
(3) 비틀림貫入工法の 振動, 騒音	(3) 鐵筋比에 의한 영향
(4) 말뚝의 支持力	(4) 鋼纖維 混入率에 의한 영향
3. 實 驗	5. 結 論
(1) 供試體	

1. 序 論

土木施工에 따른 騒音 振動 등의 公害가 問題化되어 그 規制가 엄격해지고 있는 現在, 各方面에서 新技術의 開發이 活發해지고 있다. 말뚝시공분야에 있어서도 프리보울링式, 압입式, 사수式 등 많은 무소음 무진동工法の 開發을 볼 수가 있는데, 이들 工法은 施工時 기초지반의 이완과 시공기계의 적용범위 등이 문제점으로 지적되고 있기 때문에 無騒音 無振動工法의 一案으로 말뚝자체를 직접 회전 관입시키는, 이른바 비틀림관입공법에 대한 기대가 크다고 사료된다. 그러나 비틀림貫入工法에서도 施工時에

는 콘크리트말뚝에 커다란 비틀림모멘트가 發生하는 반면 프리캐스트 콘크리트말뚝의 비틀림 抵抗은 작아 貫入깊이가 제한되는 경우가 있다. 따라서 콘크리트말뚝의 비틀림저항을 增大시키기 위하여 콘크리트의 均열強度를 增大시키는 合理的 補強方法을 연구한다는 것은 施工時 말뚝의 비틀림과파 및 우발하중에 대한 安定성을 확보하기 위해 중요한 의의를 갖는 것이라 사료된다.

본 논문에서는 現在 利用되고 있는 비틀림 말뚝의 貫入工法과 그 特性을 들고 비틀림말뚝의 均열내력을 增加시키는 방법으로 프리스트레스, 鐵筋比 및 鋼纖維의 混入率에 착목하여, 이들 양을 변화시켜 기초 실험을 행하고 이들

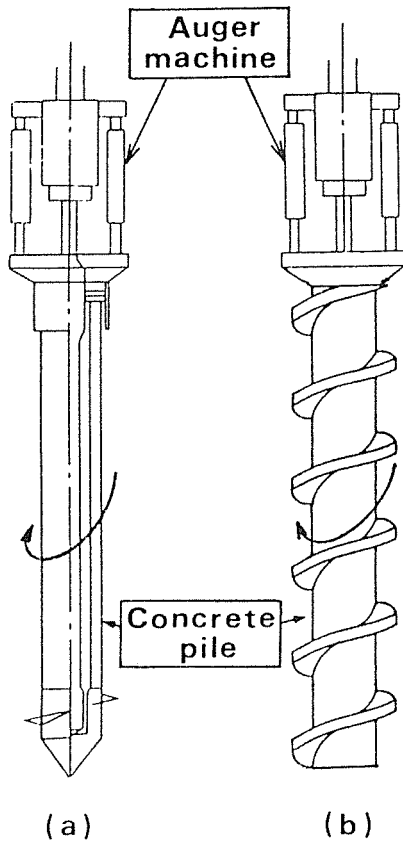


그림-1 콘크리트말뚝의 비틀림貫入工法

이 비틀림내력에 미치는 影響에 대해서 정리를 한 것이다.

2. 콘크리트말뚝의 비틀림貫入工法과 그 特性

(1) 形狀 및 原理

日本의 경우 1970年代 후반¹⁾에서부터 建設公害가 문제가 되기 시작하여 振動 騒音 등의 建設公害가 거의 없고 施工性이 좋은 비틀림貫入工法에 대해 研究開發이 많이 행하여져 現在 實用化되어 利用되고 있다. 그 形狀 및 原理는 다음과 같다.

A말뚝은 그림 1-a와 같이 推進裝置로써 말뚝 先端部에 1枚의 나선상의 철판을 附着하고

円筒形말뚝 中空部에 鋼材 샤프트를 挿入하여 말뚝 頭部와 先端部를 6角形로트드로 同時に 캐치하여 Auger Machine으로 샤프트를 회전시키므로써 말뚝 전체가 회전하도록 하여 말뚝을 地반에 貫入시키는 工法이다.

B말뚝은 그림 1-b와 같이 말뚝자체에 나선상의 후렌지를 붙인 말뚝으로 통상의 Auger Machine으로 말뚝 頭部를 캐치하여 회전시키므로써 地반에 貫入시키는 工法이다.

(2) 貫入비틀림모멘트와 貫入所要時間

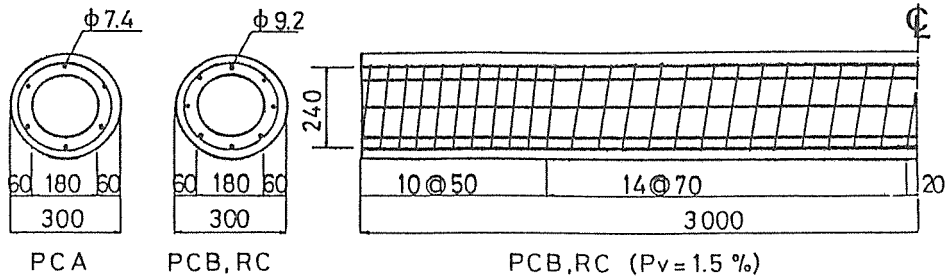
貫入비틀림모멘트와 貫入所要時間은 흙의 剪斷抵抗을 나타내는 N值 및 말뚝 貫入깊이에 따라 增加하며 N值 20-30의 범위내에서 직경 300mm의 말뚝을 13m 貫入시키는데 4-5tf·m의 최대 비틀림모멘트와 20~30分の 貫入時間이 所要되고 있다.

(3) 비틀림貫入工法の 振動·騒音

施工時의 騒音 및 振動에 관해서는 工法 및 Auger Machine의 種類에 따라 약간의 차이는 있지만 A·B工法 共に 抗打點에서부터 10m 거리에서의 騒音에 관해서는 70훈, 振動에 관해서는 60dB 以下로, 디젤함마값은 물론 騒音 및 振動의 規制值(85훈, 75dB)²⁾를 큰 폭으로 밑돌고 있어 建設公害에 관해서는 문제가 되지않아 市街地 工事に 適合한 工法이라 사료된다.

(4) 말뚝의 支持力

抗先端 極限支持力은 현장 콘크리트말뚝과 抗打말뚝의 中間의 位置를 점하고 있다. 느슨한 모래지반에서의 抗주변 마찰支持力은 말뚝을 貫入시킴에 따라 말뚝 體積分이 地반을 壓密하여 支持力 效果가 期待되고, 粘性土 지반에서는 말뚝 體積分이 粘土構造에 변형을 주어 強度가 低下되지만 시간이 경과함에 따라 어느 정도의 強度回復이 가능하리라 기대된다. 또한 비틀림貫入말뚝은 나선상의 후렌지에 地반反力이 作用하므로 支持力 뿐만 아니라 引拔力 效果에 공헌하고 있어 壓縮 및 引張效果가 기대되리라 사료된다.



Details of specimen

그림-2 供試體의 단면치수 및 配筋圖

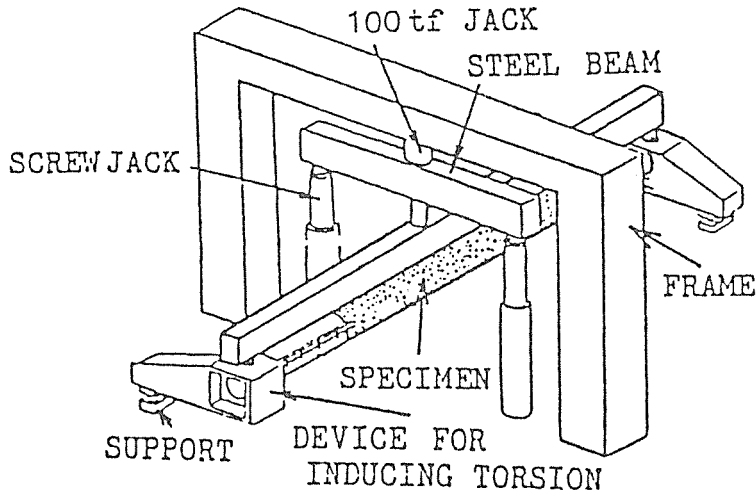


그림-3 비틀림 載荷方法

3. 實 驗

(1) 供試體

部材의 斷面 및 치수는 그림 2와 같으며 導入 프리스트량은 0kgf/cm^2 (以下 RC로 약칭) 40kgf/cm^2 (以下 PCA로 약칭) 및 80kgf/cm^2 (以下 PCB로 약칭)의 3種類로 하였고 縱方向 鐵筋은 그림 2에 나타나 있는 것과 같이 PCA 시리즈에는 異形 PC鋼線 호칭 7.4mm를 円周方向에 같은 간격으로 6개, RC PCB 시리즈에는 異形 PC鋼線 호칭 9.2mm를 8개 배치하였다. 橫

方向 鐵筋은 나선鐵筋을 사용하였고 鐵筋比 $(400 \cdot A_{st}) / (S \cdot D_o)$ 를 0.26%, 1.0%, 1.5%, 2.0%의 4種類로 하였다. 또한 콘크리트의 目標壓縮強度는 PCA에 한하여 600kgf/cm^2 와 800kgf/cm^2 의 2種類로 하였고 鋼纖維의 混入率은 유효 프리스트레스 80kgf/cm^2 인 PCB 供試體에 한하여 콘크리트와의 體積比로 0.5%, 1.0% 2種類로 하였다.

(2) 載荷方法

말뚝의 비틀림 載荷方法의 概略은 그림 3과 같다.

4. 균열비틀림모멘트에 대한 實驗結果 및 考察

(1) 균열비틀림모멘트의 算定

円筒形斷面 部材의 균열비틀림모멘트는 비틀림으로 인한 主引張應력이 콘크리트의 引張強度에 달하였을때 균열이 發生한다고 假定하고 彈性論에 의거하여 다음 式으로 計算된다.³⁾

$$T_c = \frac{\pi \cdot (D^4 - D_1^4)}{16 \cdot D} \cdot \sigma_{ct} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{pe}}{\sigma_{ct}}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 T_c : 균열비틀림모멘트

D : 円筒斷面の 外徑

D_1 : 円筒斷面の 內徑

σ_{ct} : 콘크리트의 引張強度

σ_{pe} : 有效프리스트레스量

各 供試體의 諸元 및 균열비틀림모멘트에 대한 實驗結果 및 計算結果는 表 1에 表記하였다. 이 表에서의 콘크리트 引張強度는 實驗結果 實驗値의 變動이 심하기 때문에 콘크리트의 壓縮強度와 引張強度를 回歸計算하여 나타낸 式 (2)를 使用하였다.

$$\sigma_{ct} = 0.044\sigma_c + 17 \dots\dots\dots(2)$$

表 1 各 供試體의 諸元 및 균열비틀림모멘트

시 리 즈	강 혼 함 유 (%)	鐵 筋 比 (cm)	벽 두께 (cm)	有 効 프리스트레스 (kgf/cm ²)	콘 크 리 트 強 度		균 열 비 틀 림 모 멘 트		
					壓 縮 (kgf/cm ²)	引 張 (kgf/cm ²)	實 驗 值 (tf · m)	計 算 值 (tf · m)	實 計
P C 0	0	0.26	6.31	0.0	765	50.7	1.98	2.39	0.83
			6.38	0.0	750	50.0	1.91	2.36	0.81
		1.0	6.75	0.0	750	50.0	2.13	2.41	0.88
		1.5	6.59	0.0	717	48.5	1.79	2.32	0.77
		2.0	6.50	0.0	717	48.5	1.91	2.31	0.83
P C 40	0	0.26	6.08	41.3	786	51.6	3.52	3.21	1.10
			6.45	38.3	841	54.0	2.74	3.35	0.82
		1.5	6.04	39.3	841	54.0	3.01	3.28	0.92
		2.0	6.74	38.3	863	55.0	3.88	3.45	1.12
		0.26	6.25	40.0	653	45.7	3.41	2.93	1.16
			6.38	38.6	590	43.0	3.10	2.80	1.11
		1.0	6.20	41.8	590	43.0	3.10	2.82	1.10
		1.5	6.55	39.5	627	44.6	3.32	2.92	1.14
		2.0	6.28	40.9	627	44.6	2.84	3.00	0.94
P C 80	0	0.26	6.10	82.5	863	55.0	3.98	4.04	0.99
			6.83	72.9	653	45.7	3.87	3.56	1.09
	0.5	0.26	6.74	71.0	935	58.1	4.61	4.17	1.11
			6.53	82.3	905	56.8	4.01	4.23	0.95
	1.0	0.26	5.88	83.8	914	57.2	3.37	4.11	0.82
			5.98	89.6	861	54.9	4.08	4.10	1.00
	0	1.0	6.70	72.7	847	54.3	4.29	3.99	1.08
		1.5	7.13	71.8	799	52.1	3.98	3.94	1.01
		2.0	7.19	73.5	799	52.1	3.94	3.97	0.99

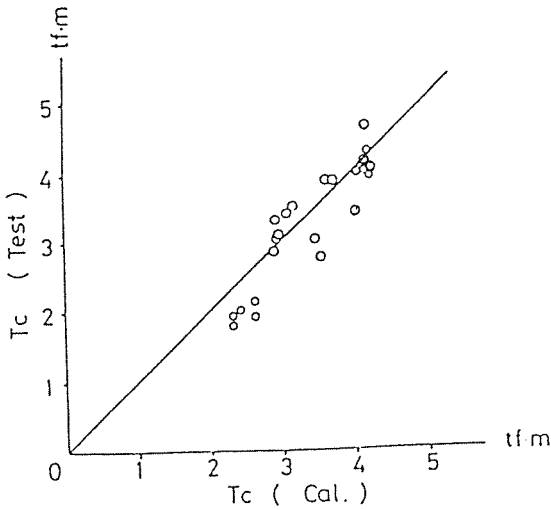


그림 - 4 균열비틀림모멘트의 實驗値와 計算値의 比較

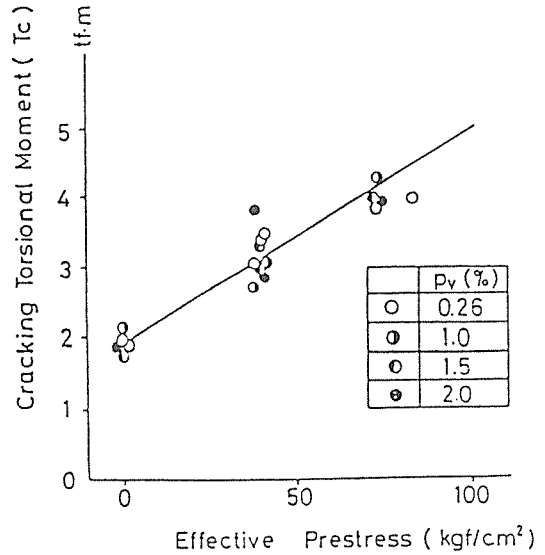


그림 - 5 균열비틀림모멘트와 有效프리스트레스와의 關係

여기서 σ_c : 콘크리트의 壓縮強度

이 式은 日本土木學會 高強度콘크리트 設計 施工指針(案)⁴⁾에서 高強度콘크리트의 引張強度 推定式으로 제안되어져 있는 式 (3)과 유사함을 나타내고 있다.

$$\sigma_{ct} = 0.05\sigma_c + 10 \dots\dots\dots(3)$$

表 1에서의 균열비틀림모멘트에 대한 實驗値와 計算値의 比較는 그림 4에 나타내었으며 全 供試體의 實驗値/計算値의 比는 0.98이고 變動 係數가 12.3%이었다. 따라서 균열비틀림모멘트는 最大主應力說에 따른 彈性式 (1)에 의해 推定할 수 있다고 사료된다.

(2) 프리스트레스수에 의한 영향

導入프리스트레스수와 균열비틀림모멘트 (T_c)와의 關係는 그림 5에 나타내었다. 균열비틀림모멘트는 프리스트레스수에 비례하여 增加하며, 프리스트레스수가 80kgf/cm²(PCB)의 경우가 프리스트레스 0kgf/cm² 部材보다 약 2배의 耐力增加를 나타내었다. 즉 프리스트레스수 80kgf/cm²를 도입시킨 말뚝이 4tf·m이고, 프리스트

레스수 100kgf/cm²를 도입시킬 경우에는 5tf·m로 推定할 수 있다. 따라서 N值 30 以下の 地반에서 直徑 300mm의 비틀림말뚝을 13m 貫入시키는 데 4~5tf·m의 最大비틀림모멘트가 要求되는 것으로 미루어 보아 프리스트레스 80kg/cm²를 도입시킨 말뚝은 10m 정도, 100kg/cm²를 도입시킨 말뚝은 13m 정도까지 비틀림관입을 시킬 수 있다고 사료된다.

(3) 鐵筋比에 의한 영향

나선 鐵筋比의 大小는 기왕의 研究에서 지적하고 있는 것과 같이 균열耐力에 영향을 미치지 않고 균열發生後의 應力分散과 균열폭 제어로 균열면에서의 골재의 맞물림 效果 및 Dowel Action의 增加로 인한 耐力增加에 기여하고 있는 것이 확인되어 균열발생 비틀림모멘트는 補強材를 무시한 彈性論에 의한 式으로 表現可能하다고 사료된다.

(4) 鋼纖維 混入率에 의한 영향

그림 6은 균열비틀림모멘트와 鋼纖維 混入率

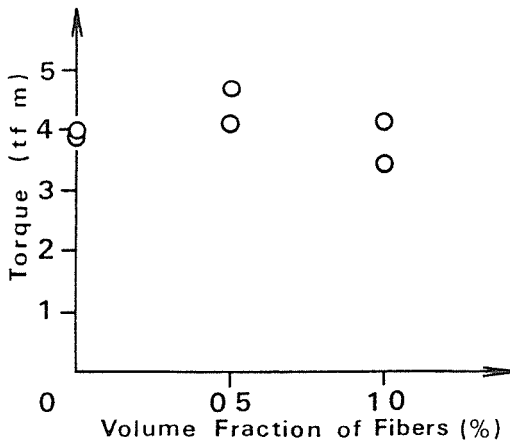


그림-6 균열비틀림모멘트와 鋼纖維 混入率과의 관계

과의 關係를 나타내었다. 콘크리트에 鋼纖維를 混入하므로써 비틀림모멘트가 增大한다는 報告⁵⁾도 있지만 콘크리트의 용적과의 比가 0.5%~1.0% 混入하는 것은 거의 效果가 없음이 判명되었고 2% 이상 混入時 콘시스턴시의 低下와 fiber ball의 形成으로 混入이 不可能하게 되어 鋼纖維에 의한 균열억제 效果를 가져오려면 混合方法에 대한 研究檢討가 今後 必要하다고 사료된다.

(5) 結 論

本 研究는 施工時 無騒音 無振動으로 우수한 建設公害對策工法의 하나인 비틀림 貫入工法에 사용되는 말뚝의 균열비틀림모멘트의 增大와 定量的 評價를 行할 目的으로 本 研究의 범위 내에서 얻은 結論은 다음과 같다.

(1) 균열비틀림모멘트를 增大시키기 위해서는 프리스트레스를 利用하는 것이 가장 效果的이며, 外徑 30cm, 벽두께 6cm인 円筒形 高強度

콘크리트말뚝에 프리스트레스 80kgf/cm² 및 100kgf/cm²를 導入시킨 PC말뚝은 N值 30 以下の 地반에서 각각 10m, 13m 정도까지 貫入 可能하다고 본다.

(2) 순수비틀림을 받는 鐵筋콘크리트 및 프리스트레스트콘크리트部材의 균열비틀림모멘트는 主應力說에 바탕을 둔 彈性式에 의해서 推定할 수 있다.

(3) 2% 以下の 鐵筋比 및 鋼纖維 混入은 균열비틀림모멘트를 增大시키지 못하여 균열비틀림모멘트는 鐵筋 및 鋼纖維를 무시한 콘크리트 全단면 有効로 보고 推定할 수 있다.

(4) 비틀림貫入工法은 無排土工法으로 地반의 다짐效果가 있고 引拔力이 作用하는 引張말뚝 기초에, 나선후렌지의 作用에 의해서 效率的인 設計가 될 수 있다고 사료된다.

<參 考 文 獻>

1. 村田二郎, 國府勝郎, 奥山勝也: ねじり 抵抗 くいの研究, セメント技術年報, pp. 434~437, 1975年
2. 林炳祚, 金亨洙, 嚴元鐸, 鄭斗永: 最新土木施工法, 治庭文化社, pp. 413~415, 1988年
3. 長瀧重義, 岡本亨久, 李承漢, 劉安明: 鐵筋콘크리트 및 프리스트레스트콘크리트 円筒斷面部材의 비틀림 特性에 관한 研究, 大韓土木學會 學術發表會 概要集, pp. 203~213, 1986年
4. 土木學會 콘크리트委員會: 高強度 콘크리트設計施工指針(案), 콘크리트 라이브러리, 第47號, 1980年
5. 小村一輔, 平澤彰彦, 森橋英幸: 鋼纖維 で補強された遠心力成形콘크리트管의 製造に關する研究. セメント 技術年報, pp. 474~477, 1975年