

# 유리섬유 보강콘크리트와 그 성질

金 亨 杰 서울工大教授

## 1. 머리말

外国에서는 벌써부터 研究 開發되어 實用에 供하고 있는 유리섬유 補強콘크리트에 對하여 그것이 어떠한 것이며 製造 工程과 아울러 其性質等을 살펴 보기로 한다. 그리고 그 應用 實例는 다음 機會에 紹介하기로 한다.

섬유類가 後世紀에 걸쳐서 보강용 媒介體로서 使用되어 왔다. 벽돌을 만들때에 쓰는 芻짚과 같은 自然섬유를 쓰는 第1次的인 目的은 Brittle 한 材料의 性質을 變化시키고 또 改良하는 것이었다. 섬유類가 広範圍하게 商業的으로 쓰인것은 過去 60年동안 開發되어 온것처럼 石綿 시멘트工業에서 었다. 石綿은 亦是 天然섬유이나 그 性質이 調節될 수 있는것이다. 콘크리트製品의 補強材로 쓰일 수 있는 人造材料의 探究에 對한 研究가 今世紀初부터 繼續되어 왔던 것이다.

유리섬유 補強콘크리트 Glass Fiber Reinforced Concrete System을 使用할 수 있다는 것이 유리로 補強한 plastic 開發의 最初 段階 時代에 이미 認定되어 있었다.

러시아에서의 經驗으로 確定的인 着述이 1964年에 出版되었는데 이것은 全部 Almina 시멘트를 써서 연구하였던 것이였고 Portland 시멘트를 使用하지는 않았었다. 그것은 그當時 利用萬能했던 섬유가 시멘트풀에서 發生하는 알카리에 견딜 수 없었기 때문이었다.

유리섬유 補強콘크리트 System이 主로 飛躍의 發展을 이룩한 것은 유리成分으로 因하여 섬유가 Portland 시멘트의 알카리 侵害에 對하여 그抵抗이 훨씬 強해진다는 것을 英國의 建築研究所에 있는 A.J Majumdar 博士가 알게된 때였다.

英國의 Pilkington 兄弟社는 이 유리에 對하여 營業 鑑札을 얻었고 그들의 研究와 開發은 Cem-Fil이라 불리우는 장사성이 있는 유리섬유로 이끌어 가게 되었다. 이

材料의 性質을 안다는 것도 勿論이려니와 유리섬유 補強 콘크리트의 製造工程은 至今까지 8年동안이나 開發되어 왔다.

그러면 유리섬유 補強 콘크리트란 무엇인가? 유리섬유 補強콘크리트란, 시멘트(또는 시멘트와 모래를 混合한것)와 물을 混合하여 만들어진 것으로서 유리섬유로 補強된 合成材料이다. 補強하는 鋼材가 特別한 位置에 配置되는 鉄筋콘크리트와는 달리 補強하는 材料가 만들어지는 物體内部全體에 分布된다는 點에서 이 새로운 材料는 全體的으로 合成된 것이라는것이 다르다.

## 2. 유리섬유 보강콘크리트의 製造工程

噴霧하여 製作하는 工程이 유리섬유 보강 콘크리트 生産品을 만드는 方法으로서 現在 가장 널리 使用되고 있는 것이다. 다른 方法도 있기는 하나 本稿에서는 이 方法을 써서 製作한 유리섬유 보강 콘크리트 生産品에 對하여 論하기로 한다. 이 噴霧式 工程에서는 特殊하게 設計되어 손으로 操作할 수 있는 銃모양의 것이 使用된다. 이 銃모양의 것으로 시멘트Slurry를 미리 마련한 틀에 뿌리고 同時에 미리 定한 길이로 유리를 잘게 잘라서 表面에 無作為로 뿌린다. 이 工程에 依한 工法의 利點은 施設이 比較的 廉價이고 어떠한 모양의 製品이라도 거의 다 만들 수 있다는 點이다. 噴霧式 工程에 쓰이는 이 機器는 Slurry와 유리를 내밀어 주는 速度를 調節할 수 있게 되어있어서 適當한 유리섬유가 包含되도록 調節이 可能하다. 그리고 이 유리섬유는 全製品 重量의 5%가 되도록 調節되어 있는 것이 標準이다.

噴霧速度는 Wet狀態에서 1分동안에 24乃至 30lbs를 내뿜도록 되어 있는 것이 普通이다. 뿜칠 速度를 좀더 빨리 하면 操作하는 사람이 製品의 두께를 Control하기가

困難하다. 이 噴霧式 Unit한 set로 一日 生産可能한 유리섬유보강콘크리트의 量은 約 4,000lbs라 한다. 參考로 이 機器한 Unit의 價格은 約 10,000 \$이다. 또한 Unit 設置하는데 必要한 工場의 最小面積은 300坪 程度라 하며 이 坪數만 가지면 거기서 噴霧作業, 型틀準備 및 脫型 養生을 할 수 있고 또 原料貯藏倉庫와 品質管理用 Space도 包含시킬 수 있다 한다.

유리섬유 보강 콘크리트 製作에 있어서 適當한 養生은 絶對로 重要한 것으로서 적어도 7日間의 製品을 高湿度와 室溫度 條件下에 둘 수 있도록 하기 爲한 充分한 space가 利用 可能해야 된다. 熱氣養生法이 이 養生時間을 줄이기 爲하여 研究되고 있다. 嚴格한 品質 管理가 또한 必要하고 여기에는 다음 것들이 考慮되어야 한다.

- 1) 材料 噴霧速度에 對한 規則的인 Check.
- 2) 엷은 部分의 有無를 確認하기 爲하여 뽀질을 하고 있는 동안에 製品의 두께를 Check 할 것
- 3) 製作途中 周期的으로 試驗用版을 만들어 가지고 유리섬유 含有量을 Check 할 것. 또 이 試驗用 版으로 부터 잘라낸 조각은 強度試驗用으로 쓸 수가 있다.

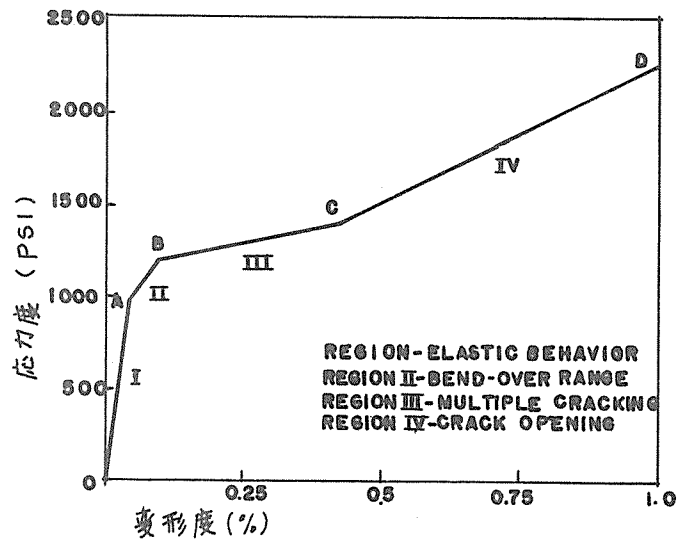
充分한 生産量이 要求되고 標準化가 이루어졌다면 噴霧式工法을 自動化하는 것도 可能할 것이다. 어느 程度로 自動化가 要求되는지를 成就시키는데는 여러가지 方法이 있는데 그중에서 한가지 잘 開發된 工法은 眞空作用을 利用한 脫水台위에 平平한 薄版을 噴霧하여 堆積시키는 것에 關聯된 것이다. 이와 같은 工法에 쓰이는 slurry는 過剩水를 包含하고 있다. 이 過剩水는 眞空으로 뽑아내는 工程에 依하여 脫水台를 通過하여 slurry가 堆積한 平平한 薄版으로 부터 脫水된다. 그 結果 平平한 薄版은 成型이 될 수 있도록 充分히 굳어지게 된다. 그리고 굳기前 狀態에서는 要求되는 製品 形態를 만들 수 있다. 이 自動化된 噴霧式 脫水作用 工法을 쓰면 材料는 最大密度, 最上의 機械的 性質 그리고 가장 均質한 品質을 갖게되는 것이 普通이다. 簡單한 自動 噴霧式 脫水型 plant의 값은 70,000 \$ 程度라고 한다.

### 3. 유리섬유 보강콘크리트의 力學的 性質

이 論文에 실린 試驗 資料는 全部 Pilkington 兄弟會社와 英國의 建築 研究所에서 얻은 結果이다. 또 그것은 1½inch 길이로 잘게 자른 Cemfil의 알카리 抵抗 유리섬유 5% (重量으로)와 물시멘트비가 25%乃至 33%의 깨끗한 Portland Cement 풀로 이루어진 合成材料를 써서 試驗한 것이다. 또 特記한 것을 除外하고는 試驗 結果의 資料는 製作后 28日에 試驗한 材料에 關한 것이다.

試驗用材料는 版面에 두 方向으로 分布한 섬유와의 混合物을 만들어 내는 噴霧 脫水式 工法에 依하여 이루어진 것이다. 그리고 試驗片의 크기는 6×2×용nich 普通이었다.

(1) 유리섬유 보강콘크리트의 應力度-變形度 曲線



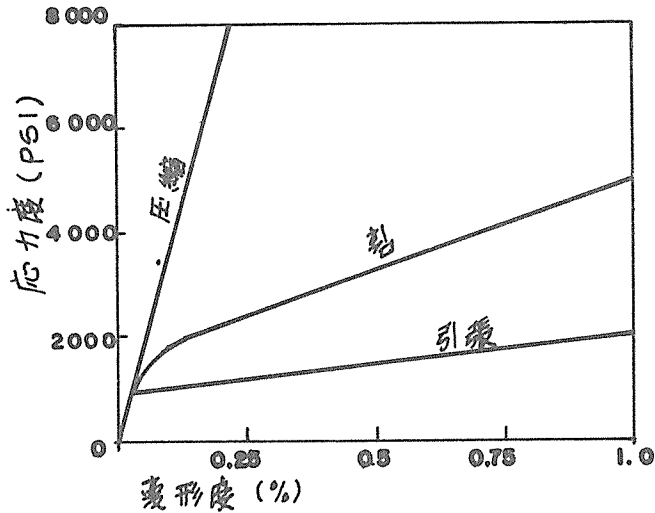
(그림 1) 유리섬유 보강콘크리트의 引張에 對한 應力度-變形度 曲線

그림 1은 이 材料의 引張力에 對한 應力度-變形度 曲線의 細部를 나타낸 것인바, 섬유가 끊어지기前까지 材料가 따라가는 4段階를 나타내고 있다. 第1段階에서는 材料는 彈性的으로 挙動하고 Young's Modulus는 다음과 같은 混合式으로 나타내진다.

$$E_c = E_f V_f + E_m V_m$$

第2段階는 第1段階에서 第3段階로 넘어가는 zone으로서 여기서는 微細한 龜裂이 發生한다. A點을 普通 Bend-over (휨의 轉位點)點이라고 한다. 第3段階는 龜裂이 많이 일어나는 區域이다. C點에서는 龜裂이 完結되고 試驗片에는 微細한 龜裂이 橫方向으로 많이 생기게 된다. 마지막으로 策4段階는 龜裂이 커지고 섬유가 龜裂을 다리놓다시피 걸치게 된다. 마침내 섬유가 빠져나와 끊어지게 되므로서 破壞되는데 破壞 引張 強度는 이 曲線上의 D點으로 定義된다.

그림 2는 直引張, 휨 및 圧縮에 對한 유리섬유 보강콘크리트의 應力度, 變形度 曲線의 代表的인 것을 나타낸 것이다. 휨에 있어서 材料는 引張 試驗에 對해서 前述한 바와 꼭 같은 4段階를 거친다. 差異中의 主된 것은 應力度-變形度 曲線의 直線部의 끝, 比例限度 그리고 破壞點 또는 破裂強度가 引張 試驗에서의 Bend-over 點과 引張 破壞 強度보다도 높은 應力度 段階에서 일어난다는 것이다. 理論에서 予測되는 바와 같이 破裂強度는 引張 破壞 強度의 約 2.5倍가 되여야 할 것이다. 그리고 이 關係는 試驗結果로 證明이 된 것이다.



(그림 2) 유리섬유 보강콘크리트의 압축, 휨 및 인장에 대한 一般의 応力度- 변형度關係

(2) 剪断 強度

噴霧式 工法으로 만들어진 유리섬유 보강콘크리트는其成分으로서, 断面에 無作為하게 分布된 섬유를 갖았기 때문에 剪断 強度는 作用하는 荷重의 狀態에 따라 그 값이 달라진다.

(a) 内部層 剪断力에 對하여

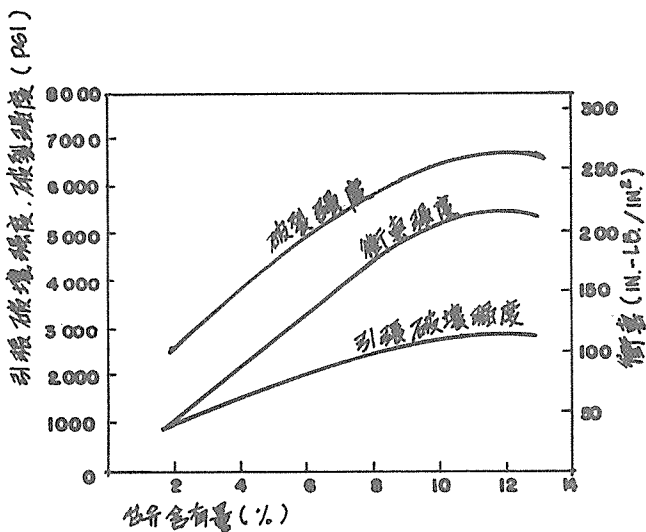
섬유는 이 剪断에 抵抗하는데는 아무 役割도 못한다. 따라서 剪断 強度는 유리섬유 보강콘크리트版 그自體의 것과 같고 大略 300psi이다.

(b) 面内 剪断力에 對하여

이 剪断에 對하여는 荷重이 作用하는 方向과 直角方向으로 存在하는 섬유와 版이 抵抗하며 그 값은 大略 1200psi이다.

(c) 貫通 剪断力에 對하여

版을 直角으로 貫通하고자 하는 剪断에 對하여는 섬유는 全的으로 作用하고 따라서 剪断強度의 값은 섬유로 control 된다. 그 값은 約 5,100psi로 測定되어 있다.



(그림 3) 破裂強度, 引張破壞強度, 衝擊強度에 미치는 섬유含有量의 影響

(3) 衝擊強度

유리섬유 보강콘크리트의 衝擊強度는 Izod 試驗을 써서 測定하였는데 그 값은 120in.-lb/in<sup>2</sup> 程度가 基準이다. 参考로 石綿과 시멘트를 使用한 것은 大略 25in.-lb/in<sup>2</sup>가 基準이 됨을 밝혀둔다. 유리섬유 보강콘크리트는 훨씬 높은 衝擊強度를 갖는 以外에 石綿 시멘트나 콘크리트보다도 完全히 다른 破壞特性을 갖고 있다. 石綿시멘트는 berittle 한 材料이기 때문에 衝擊으로 因하여 龜裂이나 粉碎되어서 못쓰게 되는 것이 代表的인 反面에 유리섬유 보강콘크리트는 ductile 한 特性을 나타내는 것처럼 보이며, 衝擊으로 因한 破損은 衝擊을 받은 部分에 局限되고 衝擊받은 部分 밖으로는 龜裂이 퍼져 나가는 일이 없다.

(4) 여러가지 要素가 유리섬유 보강콘크리트性質에 미치는 影響

유리섬유 보강콘크리트의 性質을 決定하는 主要한 要素는 섬유 含有量, 混合物의 密度, 모래와 같은 不活性의 充填物量, 섬유의 方向 그리고 養生 條件等이다. 물 시멘트比와 다짐과 같은 다른 要素는 間接的인 影響을 미친다. 그것은 그것들은 主로 密度에 影響을 주기 때문이다.

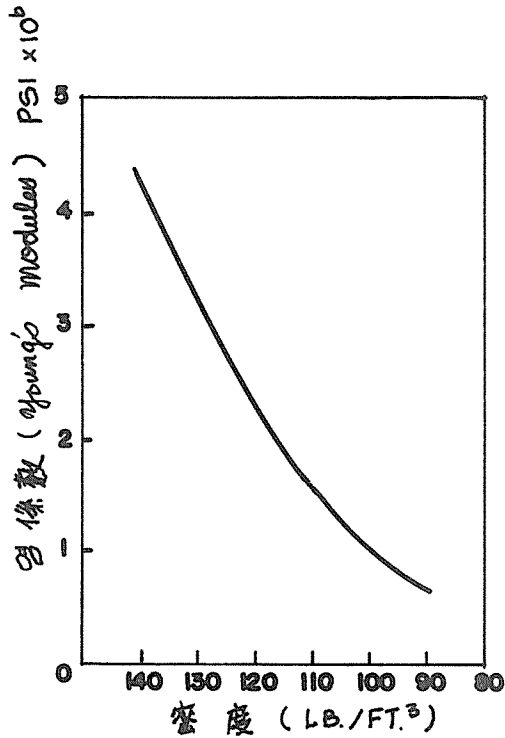
섬유 含有量은 引張強度와 破裂強度 그리고 衝擊強度에 主로 影響을 준다. 이와 같은 性質의 相互 關係를 그림 3에 나타냈다. 그림 3에서 強度를 나타내는 曲線이 水平에서 떨어지게 되는것은 더 많은 섬유가 含有되면 混合物속에 空氣가 말려 들어서 密度를 低下시키는 傾向이 있다는 事實때문이다.

混合物의 密度는 比例限度, Bend-Over 点(應力度- 변형度 曲線이 直線으로 가다가 구부러지기 始作하는 点) 그리고 영係數(Young's Modulus)와 같은 版의 屬性에 影響을 미치며 密度가 높을수록 性質이 좋아지게 된다. 그림 4에 密度가 영係數에 미치는 影響의 代表的인 것을 나타냈다. 混合物에 섬유를 使用한 퍼센테이지가 낮기때문에 섬유 含有量은 영係數에 그다지 影響을 미치지 않는다.

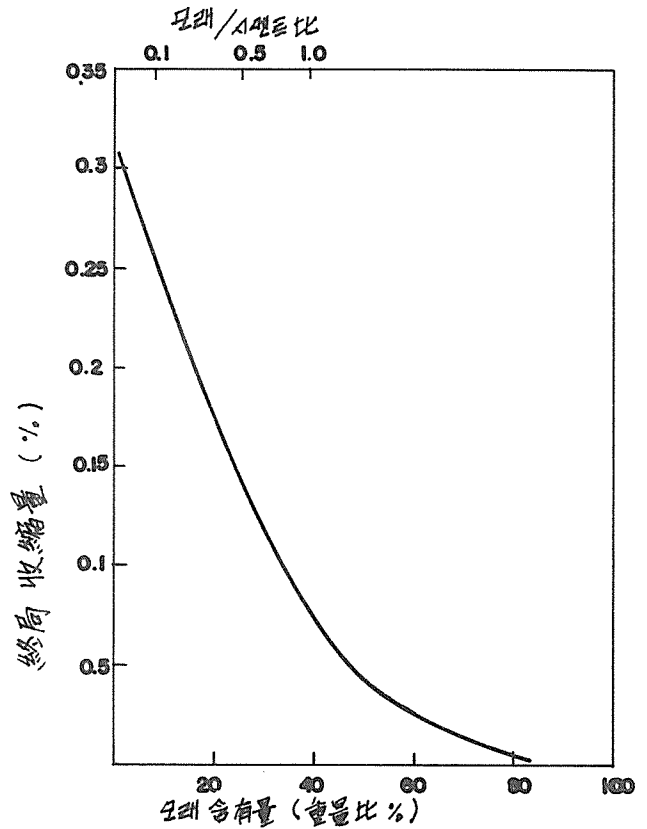
低密度는 또한 破裂強度와 引張強度를 低下시킨다. 그것은 왜냐하면 低密度에서는 섬유와 콘크리트 사이의 附着을 低下시키는 影響을 갖는 콘크리트에 더 많은 空氣가 끌어들여지기 때문이다.

脫水하지 않은 材料에서 低密度라는 것은 脫水한 材料에 比하여 이 두 混合物의 性質差異에 對한 主된 理由가 된다. 表 1에 그것을 나타냈다.

養生을 適當히 하지 않으면 콘크리트가 充分히 水化되지 않고 따라서 콘크리트와 섬유 사이의 附着이 弱해진다. 이것은 破裂強度와 引張強度 및 衝擊強度의 低下



(그림 4) 彈性係數에 미치는 密度의 影響



(그림 5) 噴霧 脫水式 유리섬유 보강콘크리트의 120°F에서의 終局收縮量과 모래 함유량과의 關係

表 1. 유리섬유 보강콘크리트 製品의 製作 28日後의 性質

性 質	噴霧式	噴霧脫水式
比例限當 (Psi)	1,000~1,600	1,450~2,300
破裂強度 (Psi)	3,000~4,000	4,000~6,000
引張強度 (Psi)	1,150~1,600	1,450~2,500
衝擊強度 (in-lb/in <sup>2</sup> )	57~143	85~170
壓縮強度 (Psi)	7,300~11,400	8,700~14,500
영 계 수 (Psi)	1.5~3×10 <sup>6</sup>	2.2~3.6×10 <sup>6</sup>

를 가져오게 된다. 그것은 또한 比例限度와 영계수 같은 版의 屬性이 낮아진다는 것을 意味한다.

깨끗한 시멘트풀을 바탕으로 하여 만든 유리섬유 보강 콘크리트는 어지간히 높은 收縮을 나타낸다.

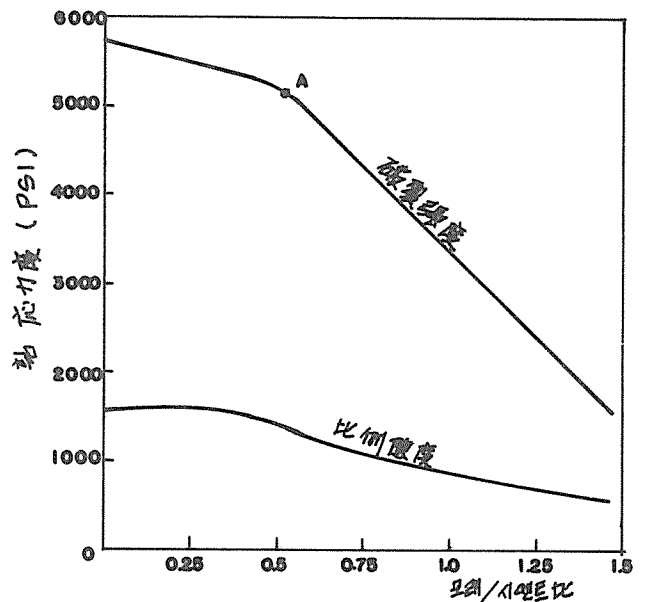
初期 乾燥 收縮의 極限值는 122°F의 溫度와 30%의 相對 湿度下에서 0.3%까지도 될 수 있다. 이 收縮은 珪 土質 모래와 같은 不活性 充填材를 넣으므로 低下시킬 수 있다. 그림 5에 모래 함유량과 收縮量과의 關係를 나타냈다.

모래를 넣는 것이 收縮에 도움을 준다 할지라도 그림 6에 나타낸 것처럼 모래 함유량이 많아지면 많아질수록 機械的 性質에서 많은 損失을 가져오게 된다. 그림 6에서 A點은 普通 바람직한 모래 함유량의 最大값으로 여겨지고 있다.

#### (5) 長期間에 걸친 性質

유리섬유 보강콘크리트의 여러 性質은 周圍 環境條件 如何에 따라 時間의 흐름과 더불어 變化한다. 여기에 關 大韓建築士協會誌 通卷第107号

聯하여 耐久性을 詳細히 論하는 것은 不可能하므로 이것에 關해서는 文尾의 參考文獻 7을 紹介하여 둔다. 表 2에 過去 7년에 걸쳐서 Pilpington 兄弟會社와 建築研究所에서 遂行된 耐久性 試驗의 結果를 要約해서 나타냈다.



(그림 6) 모래添加가 破壞強度와 比例限度에 미치는 影響

\* 40% 相對湿度와 68°F의 溫度

\*\* 64~68°F의 溫度

耐候性 試驗 計劃은 英國에서 繼續되고 있고 其外에 카나다, 나이지리아, 印度, 濠洲를 包含한 다른 數個國에

表2. 5%유리섬유를 써서 만든 噴霧腹水式 유리섬유 보강콘크리트의 여러 材齡에서의 強度에 關한 性質

性 質	1 年			5 年			20年(推定値)	
	Air *	Water **	Weathering	Air *	Water **	Weathering	Air *	Water **
휩과 破裂強度 (Psi)	5,075~5,800	3,200~3,600	4,350~5,200	4,350~5,075	3,050~3,600	3,050~3,350	3,775~4,900	2,900~3,000
比例 限 度 (Psi)	1,300~1,900	2,300~2,800	2,000~2,500	1,450~1,750	2,300~2,800	2,175~2,610	1,200~1,450	2,300~2,610
引 張 強 度 (Psi)	2,000~2,300	1,300~1,750	1,600~2,000	1,900~2,175	1,300~1,750	1,000~1,200	1,760~2,175	1,200~1,600
Bend-Over 点 (Psi)	1,000~1,200	1,300~1,600	1,300~1,450	1,000~1,200	1,000~1,300	1,000~1,200	1,000~1,200	1,200~1,600
영 係 數 (Psi)	2.9~3.6 × 10 <sup>4</sup>	4.0~5.0 × 10 <sup>4</sup>	2.9~3.6 × 10 <sup>4</sup>	2.9~3.6 × 10 <sup>4</sup>	4.0~5.0 × 10 <sup>4</sup>	3.6~4.6 × 10 <sup>4</sup>	2.9~3.6 × 10 <sup>4</sup>	4.0~5.0 × 10 <sup>4</sup>
衝 擊 強 度	90~125	40~50	65~80	90~105	20~30	20~35	70~100	20~35

衝擊強度 (in-lb/in<sup>2</sup>)

耐候性 試驗 場所가 마련되어 있다. 거기서 広範圍하게 變化하는 各各 다른 氣候 條件下에서의 耐久性에 關한 資料가 蒐集될 것이다.

#### 4. 유리섬유 보강콘크리트 製 建築 Panel 의 經濟性

사람이 뽑칠해서 만드는 유리섬유 보강콘크리트는 勞 動 集約的 工法이고 耐알카리性 유리섬유는 比較的 高價인 原料이다. 即 두가지가 다 유리섬유 보강콘크리트라는 것은 값이 싼 建築材料라고는 生覺할 수 없다는 것을 말해준다. 좀더 仔細한 經濟性은 生産者가 勞動力을 如何히 잘 利用하느냐, 材料를 浪費하느냐 안하느냐 그리고 特히 過多하게 뽑칠을 하지 않느냐 또 不必要하게 두께를 두껍게 하지나 않는가에 달려있다는 것이 本質的인 問題일 것이다.

잘 訓練된 뽑칠 操作者는 材料를 效果있게 쓰도록 잘 Control 한다. 用意 周到하게 計劃한다는 것과 經驗은 工場配置와 作業組織이 잘되어있다면 勞動力을 最大限으로 活用할수 있다는 것을 確實하게 하기 爲하여 必要하다.

값이 經濟的인 유리섬유 보강콘크리트는 잘 訓練된 操作者에그리고 잘 組織된 工場을 所持한 製作者에 依해서 만이 生産 될 수 있다. 이런 要求條件이 充足되지 않은데서는 유리섬유 보강콘크리트는 品質과 두께를 인색하게 하므로서 다른사람과 競争되는 價格으로 生産할 수 밖에 없다.

유리섬유 보강콘크리트 製造用混合物의 基本이 되는 材料의 값은 시멘트의 種類와 유리成分에 크게 左右된다. 그러나 混合物이 5%의 유리섬유를 包含하고 두께가 3inch 일때, 그리고 材料의 浪費가 있을때 그값은 1平方 feet 에 對하여 大略 35乃至 40Cents가 代表的이라고 한다.

마감 處理된 製品의 價格은 製品의 種類, 勞動力, 生産量, 型틀價格, 製造方式, 利益의 程度, 其他 다른 要素에 依하여 左右된다는 것이 分明하다. 그러나 한 例로서 建築에서 흔히 만들어지는 建築用 유리섬유 보강콘크리트 製 패널의 價格은 一平方 feet 당 2.50 \$에서 8.00 \$의 範圍에 있음을 들 수 있다.

建築用 패널의 경우에는 工場渡 價格은 独立的으로 생각할 수는 없고 오히려 유리섬유 보강콘크리트는 其事業 全体價格에 對한 影響을 考慮할때 價格이 節減된다는 것이 흔히 있는 일이다.

이들 必然的으로 나오는 結果로서의 節減은 다음 事項들로 부터 由來된다.

(a) 패널은 比較的 輕量이다. 運搬에 있어서, 또 現場에서의 操作 그리고 輕量構造의 뼈대 에서의 價格 節減이 되는 콘크리트 또는 組積造의 壁(相當 콘크리트패널 重量의 1/2보다도 작은것이 普通)과 比較할때 特히 그러하다.

(b) 샌드위치(Sandwich) 패널形으로 建設될 때에는 얇은 두께의 壁패널을 가지고도 높은 絶緣性을 얻을 수 있다. 例를 들면 全두께 6 inch의 壁이 0.06보다도 良好한 “U” 값을 갖는다. 壁패널의 두께가 얇으면 開發者는 建物이 앉는 予定된 全建築 敷地面積에 對하여 利用 可能한 바닥 面積을 더 많이 얻게 된다.

(c) 不燃性이라해서, 그리고 要求되는 耐火性을 充足하는 유리섬유 보강콘크리트製 패널을 設計 할 수 있다해서 유리섬유 보강콘크리트가 建物의 火災荷重을 增加시켜 주는것은 아니다. 그러므로 特別한 防火手段은 必要치 않다.

(d) 特히 設置費를 節減 할 수 있는 機會를 갖는 이 패널의 모양과 크기에 對해서도 制限은 極히 적다.

(e) 衝擊強度가 세기때문에 操作과 架設하는 동안에 일어날 수 있는 損傷에 對하여 견디어 낸다. 뿐만 아

니라 假令 損傷이 일어난다 할지라도 現場에서 때 때로 修理가 된다.

(f) 表面 마감을 広範圍하게 할 수 있고 또 그維持에도 費用이 들지 않는다.

그 以外の 많은 生産 地域에서도 마찬가지이다. 即 유리섬유 보강콘크리트 製品의 工場生産價格에 있어서 其使用에 對한 經濟性의 妥當性은 반드시 그대로 라고만은 말할 수 없다. 그보다는 오히려 技術的인 利得과 유리섬유 보강콘크리트가 다른 어느 곳에서도 通用되는 價格節減으로부터 發生하였다고 보아야 옳을 것이다.

#### 5. 맺는말

유리섬유 보강콘크리트는 北美에서는 바로 開發의 문턱에 있다 하겠다. 그러나 商業用으로 開發한지 겨우 6年后에 歐洲에서 広範圍하게 쓰이게 된 것으로 보아 美國과 世界 他地域에서도 그用途가 비슷하게 成長되어 갈것은 것이 疑心의 余地가 없다.

耐火性能이 良好하다는것, 모양과 크기에 있어서의 融通性, 維持費가 들지 않는 表面마감處理, 콘크리트에 比하여 比較的 輕量이라는 것과 더불어 衝擊強度와 韌強度가 強하다는것 등의 理由로 유리섬유 보강콘크리트는 建設 工業에서 뛰어나게 適合한 材料가 된다.

이와 같은 特性이 建物 패널에 잘 利用된다 할지라도 其用途는 이와 같은 活用面에만 局限되지는 않고 오히려 豫期되는 것은 他用途에 많이 쓰이게 될것 이라는 것이다.

한발자욱 더 나아가서 유리섬유 보강콘크리트는 다른 分野 特히 騒音減少 乃至는 調節을 해야 하는 公共 事業用 製品類(例: 管類와 現在는 鑄鐵型틀로 만들어지는 製品類)에 有益한 까닭에 建設 工業에만 局限될것은 아니리라. 이 製品은 또한 石綿을 包含하는 製品을 取扱 하므로서 健康을 害치는 問題를 극복하기 爲하여 石綿시멘트 代替物을 찾아 내고 있는 그러한 狀況에 對하여 미리 準備된 解決方案을 提供해 줄것이다.

#### 参考文献

1. Ali, M. A., Majumdar, A. J., Singh, B., "Properties of Glass Fiber Cement - The Effect of Fiber Length and Content," Journal of Materials Science, V.10, 1975, pp. 1732 - 1740.
2. Ferry, R., "Glass Fiber Reinforced Cement," Concrete Construction, April 1975, pp. 137 - 139.
3. Ironman, R., "Stronger Market Seen for Glass Fiber Concrete," Concrete Products, January 1976.
4. ACI Committee 544, Symposium on Fiber Reinforced Concrete, Special Publication, SP-44, A. C. I., 1974, 554pp.
5. Steele, B. R., "Prospects for Fiber Reinforced Construction Materials," Conference Proceedings, International Building Exhibition, London, 1971, BRS Current Paper No. CP17/72.
6. "Levelopments in Fiber Composite," Precast Conerete, October, 1975.
7. "A Study of the Properties of Cem-Fil/O.P.C. Composites," Building Research Establishment Current Paper CP38/76.
8. Nair, N. G., "Mechanics of Glass Fiber Reinforced Cement," Rilem Symposium 1975 on Fiber Reinforced Cement and Concrete, pp. 81 - 94.