

# 에폭시 樹脂 모르터의 強度 特性

## Strength Characteristics of Epoxy Resin Mortar

延 圭 錫\* · 姜 信 業\*\*  
Kyu Seok Yeon, Sin Up Kang

### Summary

The objective of this study was to investigate the compressive and bending strength characteristics of epoxy resin mortar, which is still in an early stage of its use and study in Korea.

The results obtained are summarized as follows;

1. The compressive strengths of epoxy resin mortar after 1 day, 2 days and 3 days were gained 87%, 91% and 95%, respectively, in view of that of mortar at the age of 7 days.

This result showed that the initial compressive strength within 1 day was very high.

2. The highest compressive strength of epoxy resin mortar was 914 kg/cm<sup>2</sup> at the point of having the mixing ratio of one to two. It reached up to 3.7 times that of the normal portland cement mortar at the age of 28 days.

3. The bending strengths of epoxy resin mortar after 1 day, 2 days and 3 days came up to 88%, 93% and 97%, respectively, in comparing that of mortar at the age of 7 days. It was expressed to be simielar to the tendency of compressive strength.

4. The highest bending strength of epoxy resin mortar was 384 kg/cm<sup>2</sup> at mixing ratio of one to two. It came up to as much as 6.5 times in comparing with that of the normal portland cement mortar at the age of 28 days.

Therefore, the epoxy resin mortar would be effective for promoting the bending strength of structural members.

5. The regression equation between compressive and bending strength was obtained as follows;

$$\sigma_b = 0.391 \sigma_c + 27.54 \quad (r=0.99)$$

And the estimated value of bending strength was corresponded to about 44 per cent in comparing with that of the compressive strength.

### I. 緒 論

近年에 이르러 高分子化學 分野의 發達로 因하여

無機質 시멘트 代身 樹脂(Resins)를 利用한 콘크리트가 開發되고 있다.<sup>1)</sup>

一般的으로 樹脂의 形態는 熱可塑性(Thermoplastic)과 熱硬化性(Thermosetting) 樹脂로 大別 되

\*江原大學校 農科大學

\*\*忠南大學校 農科大學

는데, 構造物用으로 利用되는 것은 大部分이 後者에 屬하는 것들로 페놀樹脂(Phenolic resins), 不飽和포리에스터(Unsaturated polyesters), 尿素樹脂(Urea resins), 에폭시樹脂(Epoxy resins), 멜라민樹脂(Melamine resins) 등이 그것이다. 이 中에서도 建設分野에 많이 쓰이는 것은 에폭시樹脂로서 그 使用量은 날로 增加하고 있다.<sup>14)</sup>

本來, 이 에폭시樹脂는 接着劑 및 塗料用으로서 그 基礎化學에 對해서는 이미 數十年前에 알려졌지만 實際의 生産은 1930年代初 獨逸과 스위스에서 行해졌으며, 美國에서도 이 무렵에 試驗이 시도 되었다고 한다. 그런데, 에폭시樹脂에 관한 最初의 特許는 1936年 스위스의 Pierre Castan 博士에게 주어졌으며, 3年後에는 美國의 S.O. Greenlee 博士에 依해 數種의 基本的인 에폭시樹脂類가 만들어져 이것의 大多數는 現在에도 使用되고 있다.<sup>15)</sup>

이와같은 에폭시樹脂가 콘크리트 構造物에 應用되기 始作한 것이 美國에서는 1948年으로 硬化한 콘크리트의 接着이였으며, 日本에서는 10年後인 1958年頃으로서 댐 콘크리트의 龜裂 補修用으로 쓰였다고 한다. 이밖에도 英國, 獨逸, 소련 等 유럽의 여러 나라들도 이때쯤 使用를 시작한 것으로 나타나 있다.<sup>1)</sup> 그 後 이 에폭시樹脂가 先進 外國에서는 콘크리트 分野에의 利用이 急速히 擴大되어 橋梁, 道路, 댐, 터널, 上·下水道施設 等の 土木構造物에 많이 使用되고 있다.<sup>10, 12, 16)</sup>

한편, 이에 對한 研究도 活發해 “폴리마 콘크리트(Polymer Concrete) 國際會議”란 名稱으로 세미나도 열리고 있는데, 英國, 美國에 이어 세번째로 1981年 5月 日本에서 開催된 會議에는 7個國 270餘名이 參席하여 發表된 論文만도 77編에 達했다<sup>6)</sup>.

이에 비해 우리 나라에서는 에폭시樹脂가 良好한 接着性, 速硬性, 高强度 等の 長點 때문에 콘크리트 構造物의 補修用으로 利用되기도 하지만, 設計 및 施工基準이 없고, 施工技术도 初步的인 段階를 벗어나지 못하고 있으며, 이에 對한 研究도 거의 이루어지지 않고 있는 實情이다.

따라서, 여기에서는 에폭시樹脂 모르타의 物理的·力學的 性狀을 究明하기위한 基礎段階로 于先 壓縮 및 휨 強度에 對해 試驗을 遂行하였던바, 몇 가지 結果를 얻었기에 報告하고자 한다.

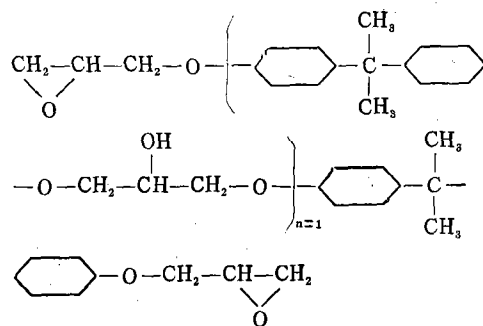
## II. 材料 및 方法

### 1. 使用材料

#### 가. 에폭시樹脂

에폭시樹脂는 化學構造에 따라 그 性質이 多樣하게 나타나는데, 最近에는 에폭시樹脂의 施工性을 容易하게 하기 위해 超低粘度 特殊 에폭시樹脂도 開發되고 있다.<sup>6)</sup>

一般的으로 콘크리트 構造物用으로 汎用化 되어 있는 것은 Bisphenol A와 Epichlorohydrin을 重合시켜 만든 Epi-Bis型 에폭시인데, 그 化學構造式은 다음과 같다.<sup>17)</sup>



이 試驗에서 使用한 에폭시樹脂는 서울 K化學에서 製造한 것으로 一般的 性質은 Table-1과 같다.

Table-1. General properties of epoxy resin used

Item	Values
Appearance	Citrine and transparent
Viscosity (25°C, cp)	125
Specific gravity (25°C)	1.17
Working life (25°C, min.)	30-60

#### 나. 硬化劑

硬化된 에폭시樹脂의 性質은 硬化劑의 種類에 依해 左右 되는데, 이것 역시 化學構造에 따라 달라지기 때문에 그 種類가 많다.<sup>2, 7)</sup>

이 試驗에서 使用한 硬化劑도 서울 K化學에서 合成·製造한 것으로 일반적인 性質은 Table-2와 같다.

Table-2. General properties of hardener

Item	Values
Appearance	Deep brown and transparent
Viscosity (25°C, cp)	45
Specific gravity (25°C)	0.96

다. 細骨材

樹脂 모르타용 骨材는 普通 포트랜드 시멘트(以後는 普通 시멘트라고 한다.) 모르타용과 같은 骨材를 쓸 수 있으나 濕氣가 많은 骨材를 그대로 쓰면, 強度低下를 招來하므로 含水率이 0.1% 以下가 되도록 해야한다.<sup>7)</sup>

이 試驗에서 使用한 細骨材는 KS L 5100에 規定된 江原道 注文津產 強度試驗用 標準砂로서 充分히 乾燥된 것이었다.

2. 試驗方法

시멘트는 물과의 水和作用으로 因하여 硬化되나 에폭시樹脂는 2液狀으로 主劑(Resin)와 硬化劑(Hardener)의 化學反應에 依해 硬化된다.

完全硬化까지의 時間은 熱硬化性 樹脂이므로 加熱溫度에 따라 달라지나, 23°C 程度일 경우는 5~7日로 되어있기 때문에<sup>13)</sup> 여기서는 材齡 7일까지만 強度를 測定했다.

主劑와 硬化劑의 配合比率는 硬化劑의 種類에 따라 다른 것이 보통인데, 이것은 製造會社에서 定해 주고 있다.

가. 모르타의 配合

供試體 製作用 모르타는 모래를 計量 한 後 에폭시樹脂와 硬化劑를 同時에 投入하여 삼비빔을 했으며, 供試 모르타의 配合內容은 Table-3과 같다.

Table-3. Details of mix proportion

(Unit : wt. %)

Mixing ratio (wt.)	Epoxy resin	Standard sand	Hardener*
1 : 2	33	67	(20)
1 : 4	20	80	(20)
1 : 6	14	86	(20)
1 : 8	11	89	(20)
1 : 10	9	91	(20)
1 : 12	8	92	(20)
1 : 14	7	93	(20)

\*Per cent by weight of epoxy resin.

나. 供試體 製作 및 養生方法

① 長方形(4cm×4cm×16cm) 供試體를 製作하여 휨 및 壓縮強度 試驗用으로 使用했다.

② 供試體는 製作 直後 溫度 23±2°C, 濕度 90% 以上으로 조정된 濕潤養生箱子에 넣어 養生시켰다.

③ 其他의 要領은 KS F 2403에 準하였다.

다. 強度試驗

① 에폭시樹脂 모르타는 高強度이어서 KS에 規定된 모르타의 휨 強度 試驗法으로는 容量의 초과로 強度測定이 不可能하기 때문에 JIS R 5201에 依해 強度試驗을 했다.

② 壓縮強度는 휨 強度用 供試體의 一部分을 利用해서 試驗했다.

③ 器機는 암슬러형 萬能強度 試驗機(電動油壓式 20ton)와 모르타用 加壓裝置( 휨 및 壓縮強度 試驗用)를 使用했다.

④ 壓縮強度 및 휨 強度는 各各 다음 式에 依해 算出했다.

$$\sigma_c = \frac{W}{A} = \frac{W}{4 \times 4} = 0.0625 \times W \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_b = \frac{3}{2} \frac{Wl}{bd^2} = \frac{W \times 10}{4 \times 4^2} = 0.234 \times W \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 壓縮強度

配合比에 따른 에폭시樹脂 모르타의 材齡別 壓縮強度를 試驗한 結果가 Table-4 이다. 이 表를 利用하여 材齡과 壓縮強度와의 關係를 그림으로 나타낸 것이 Fig. 1 이며, 配合比와 壓縮強度와의 關係를 圖表化한 것이 Fig. 2 이다.

이 Table-4 및 Fig. 1 에서 볼 수 있는 바와같이 7日 壓縮強度를 100%로 하였을 때, 1日 壓縮強度는 平均 87%로 急速한 強度 增加를 보였으나 2日 壓縮強度가 平均 91%, 3日 壓縮強度가 平均 95%를 보여 材齡 1日이 經過한 以後 부터는 強度 增加가 緩慢해 에폭시樹脂 모르타는 1日 以內의 初期 強度가 매우 높은 것으로 나타났다.

특히, 配合比가 1:2인 경우는 3時間 強度, 1:4 과 1:6이면 4時間 強度, 1:8 과 1:10이면 5時間 強度, 1:12 이면 6時間 強度가 普通시멘트 모르타

Table-4. Results of compressive strength test

(Unit : kg/cm<sup>2</sup>)

Mixing ratio(wt.)	Age							
	3hrs	4hrs	5hrs	6hrs	1day	2days	3days	7days
1 : 2 (%)	292 (31.9)	423 (46.2)	568 (62.1)	746 (81.6)	828 (90.5)	851 (93.1)	878 (96.0)	914 (100)
1 : 4 (%)	210 (24.2)	364 (42.0)	511 (59.0)	634 (73.2)	769 (88.9)	800 (92.4)	831 (96.0)	865 (100)
1 : 6 (%)	174 (26.7)	286 (44.0)	402 (61.8)	474 (72.9)	535 (82.3)	570 (87.6)	603 (92.7)	650 (100)
1 : 8 (%)	138 (29.1)	253 (53.3)	319 (67.2)	360 (75.9)	395 (83.3)	415 (87.5)	435 (91.7)	474 (100)
1 : 10 (%)	111 (30.7)	224 (62.0)	285 (78.9)	311 (86.1)	331 (91.6)	346 (95.8)	351 (97.2)	361 (100)
1 : 12 (%)	76 (24.2)	161 (51.2)	243 (77.3)	257 (81.8)	281 (89.4)	290 (92.3)	301 (95.8)	314 (100)
1 : 14 (%)	59 (22.0)	116 (43.2)	190 (70.8)	211 (78.7)	231 (86.1)	239 (89.1)	253 (94.4)	268 (100)

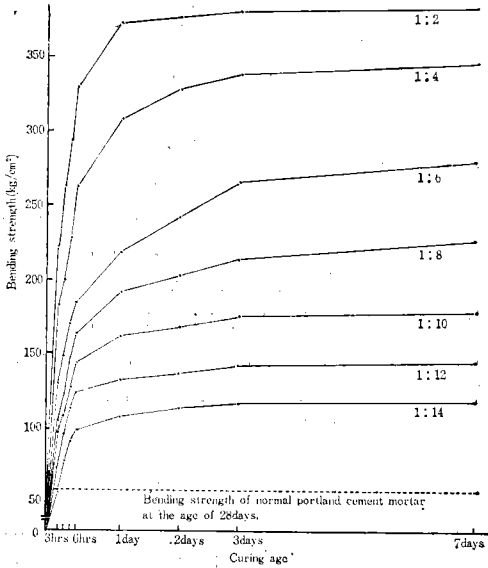


Fig. 1. Relation between curing age and compressive strength of epoxy resin mortar

의 28日 壓縮強度 (試驗值로서  $\sigma_c = 246\text{kg/cm}^2$ )를 上廻하고 있었으며, 1:14에서도 3日이나 7日의 材齡이 되면 普通시멘트 모르터의 28日 壓縮強度보다 높은 強度를 보였다.

또한, Table-4 및 Fgi. 2 를 살펴보면 配合比가 커짐에 따라 壓縮強度는 減少하는 傾向이었는데, 材齡이 짧은 것은 配合比間의 強度差가 작았으나 材齡이 오랜 것은 그 差가 크게 나타났다.

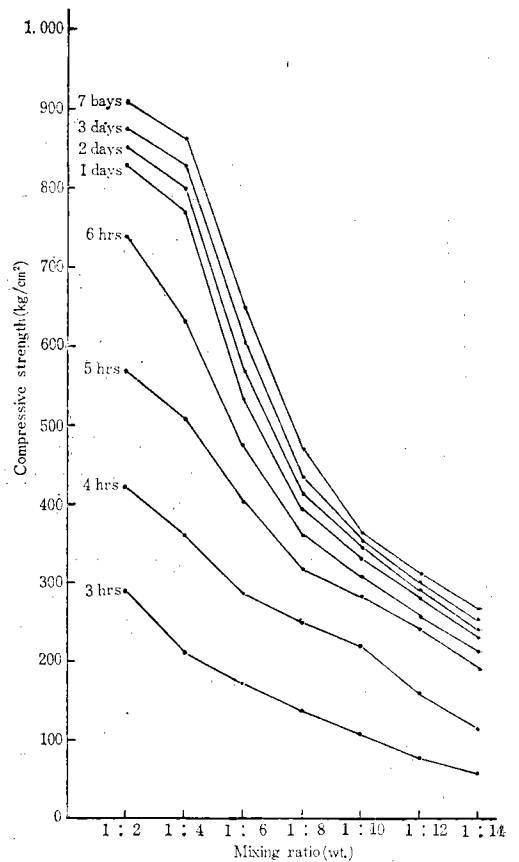


Fig. 2. Relation between mixing ratio and compressive strength of epoxy resin mortar

即, 材齡이 3時間일 때는 1:2와 1:14의 強度差가  $233\text{kg/cm}^2$  밖에 안되었으나, 材齡 6時間에서는 535

/cm<sup>2</sup>, 1日에서는 597kg/cm<sup>2</sup>, 3日에서는 625kg/cm<sup>2</sup> 7日에서는 646kg/cm<sup>2</sup>으로서 그 差가 漸次로 커지는 현상을 보였다.

그 樣相을 仔細히 보면 配合比 1:2와 1:4 사이의 기울기는 緩慢하지만, 1:4부터 1:10까지는 急했으며 1:10에서 1:14까지는 다시 緩慢한 變化를 나타내고 있어 配合比가 富配合이거나 極히 貧配合이면 隣接 配合比와의 強度差가 작음을 알 수 있었다.

한편, KS L 5105에 依해 시멘트와 標準砂의 配合比를 1:2.45로 하여 製作한 모르터의 28日 壓縮強度를 에폭시樹脂 모르터의 材齡 1日, 3日, 7日 強度와 比較한 것이 Table-5이다.

Table-5. Comparison of normal portland cement mortar and epoxy resin mortar for compressive strength

Age Mixing ratio (wt.)	1day		3days		7days	
	Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Times*	Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Times*	Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Times*
1:2	828	3.4	878	3.6	914	3.7
1:4	769	3.1	831	3.4	865	3.5
1:6	535	2.2	603	2.5	650	2.6
1:8	395	1.6	435	1.8	474	1.9
1:10	331	1.3	351	1.4	361	1.5
1:12	281	1.1	301	1.2	314	1.3
1:14	231	0.9	253	1.0	268	1.1

\*Basis: Compressive strength of normal portland cement mortar at the age of 28 days. ( $\sigma_c=246\text{kg/cm}^2$ )

여기서 볼 수 있듯이, 가장 높은 壓縮強度는 配合比가 1:2일때로 914kg/cm<sup>2</sup> (7일 強度)를 보였으며 普通시멘트 모르터(28일 強度)의 3.7倍였다.

그런데, 配合比가 1:4일때도 3倍 以上の 強度를 보여 1:2일때의 強度와 그 差가 크지 않은 것으로 나타나 強度와 材料의 節約面을 고려한 有利한 配合比는 1:4임을 알 수 있었다.

또한, 配合比가 1:14일때의 強度만 보통시멘트 모르터의 28日 壓縮強度와 비슷할뿐, 1:12부터는 이보다 훨씬 높은 強度를 보이고 있음을 감안해 볼 때, 단지 시멘트 콘크리트 補修用 모르터라면 1:12의 配合比로서도 支障이 없을 것으로 思料된다.

2. 휨 強度

에폭시樹脂 모르터의 휨 強度를 試驗한 結果가 Table-6이다. 이것을 利用하여 材齡別 휨 強度의 變化 樣相을 그림으로 表示한 것이 Fig. 3이며, 配合比에 따른 휨 強度의 變化를 나타낸 것이 Fig.4이다.

이 Table-6 및 Fig.3에서 볼 수 있는 바와 같이 材齡 7日의 휨 強度를 100%로 하였을때, 1日 휨 強度는 平均 88%, 2日 휨 強度는 平均 93%, 3日 휨 強度는 97%로서 壓縮強度와 마찬가지로 1日 以內的 初期 強度가 상당히 높았다.

여기서 特記할만한 것은 1:14로 極히 貧配合일 때의 3時間 強度를 除外하고는 普通시멘트 모르터의 28日 휨 強度를 上廻하고 있다는 點이다.

또한, Table-6 및 Fig.4에 나타났듯이 配合比가

Table-6. Results of bending strength test

(Unit : kg/cm<sup>2</sup>)

Age Mixing ratio (wt.)	3hrs	4hrs	5hrs	6hrs	1day	2days	3days	7days
	1 : 2 (%)	222 (57.8)	263 (68.4)	293 (76.3)	329 (85.6)	372 (96.8)	377 (98.1)	381 (99.2)
1 : 4 (%)	183 (52.7)	201 (57.9)	229 (65.9)	262 (75.5)	309 (89.0)	330 (95.1)	339 (97.6)	347 (100)
1 : 6 (%)	130 (46.0)	148 (52.4)	171 (60.6)	185 (65.6)	218 (77.3)	243 (86.1)	266 (94.3)	282 (100)
1 : 8 (%)	104 (45.4)	122 (53.2)	147 (64.1)	164 (71.6)	192 (83.8)	204 (89.0)	215 (93.8)	229 (100)
1 : 10 (%)	90 (50.0)	108 (60.0)	128 (71.1)	144 (80.0)	163 (90.5)	169 (93.8)	176 (97.7)	180 (100)
1 : 12 (%)	72 (49.3)	96 (65.7)	113 (77.3)	124 (84.9)	133 (91.0)	137 (93.8)	143 (97.9)	146 (100)
1 : 14 (%)	56 (47.0)	77 (64.7)	90 (75.6)	98 (82.3)	108 (90.7)	114 (95.7)	117 (98.3)	119 (100)

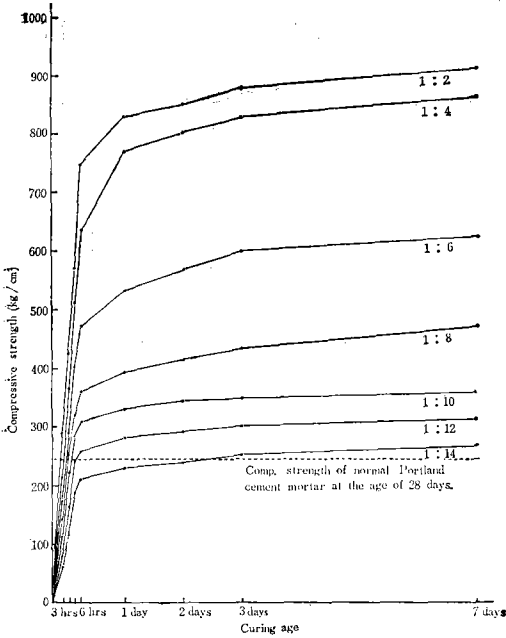


Fig. 3. Relation between curing age and bending strength of epoxy resin mortar

키짐에 따라 휨 強度는 減少하는 傾向이었는데, 1:2와 1:14의 強度差가 材齡 3時間일때는 166kg/cm<sup>2</sup>, 6時間에서는 231kg/cm<sup>2</sup>, 1日에서는 264kg/cm<sup>2</sup>, 3日에서는 267kg/cm<sup>2</sup>를 보이고 있어 材齡이 오를수록 配合比에 따른 強度差는 커지고 있으나 壓縮強度의 그것 보다는 差가 작았다. 隣接配合比間의 強度差도 壓縮強度와는 달리 貧配合이나 富配合에 關係없이 1:2부터 1:14까지 모두가 比較的 均等하게 나타났다.

한편, KS L 5105에 準하여 보통시멘트 모르타르로 製作(配合比 1:2.45) 한 長方形供試體(4cm×4cm×16cm)의 28日 휨 強度 試驗結果( $\sigma_b=59\text{kg/cm}^2$ )를 에폭시樹脂 모르타의 材齡 1日, 3日, 7日 強度와 比較한 것이 Table-7이다.

이 表에서 볼 수 있듯이 에폭시, 樹脂 모르타의 휨 強度는 普通시멘트 모르타의 28日 強度보다 最高 6.5 배나 높았는데 配合比가 1:2이면 6배정도, 1:4이면 5배정도, 1:6이면 4배정도 1:8이나 1:10이면 3배정도, 1:12나 1:14이면 2배정도로 나타나 普通시멘트 모르타에 비해 상당히 높은 휨 強度를 보이고 있음을 알 수 있다.

이것은 樹脂 自體가 硬化 後에는 플라스틱의 強

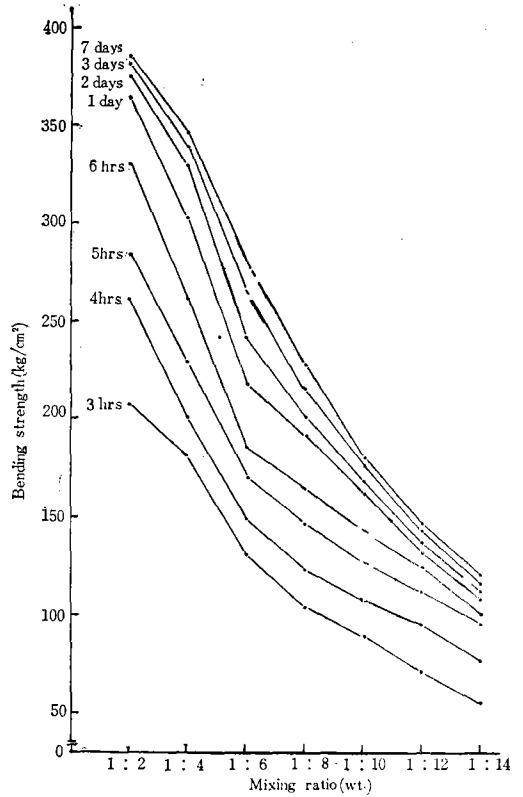


Fig. 4. Relation between mixing ratio and bending strength of epoxy resin mortar

Table-7. Comparison of normal portland cement mortar and epoxy resin mortar for bending strength

Mixing ratio (wt.)	1 day		3 days		7 days	
	Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Times*	Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Times*	Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Times*
1:2	372	6.3	381	6.5	384	6.5
1:4	309	5.2	339	5.7	347	5.9
1:6	218	3.7	266	4.5	282	4.8
1:8	192	3.3	215	3.6	229	3.9
1:10	163	2.3	176	3.0	180	3.1
1:12	133	2.3	143	2.4	146	2.5
1:14	108	1.8	117	2.0	119	2.0

\*Basis: Bending strength of normal portland cement mortar at the age of 28 days. ( $\sigma_b=59\text{kg/cm}^2$ )

한 휨성을發揮하기 때문이라 判斷되며, 에폭시樹脂가 構造物의 휨部材用으로서 有利한 材料임을 말해주는 것이라고 할 수 있겠다.

### 3. 壓縮強度와 휨 強度의 關係

에폭시樹脂 모르터의 壓縮強度와 휨 強度의 關係는

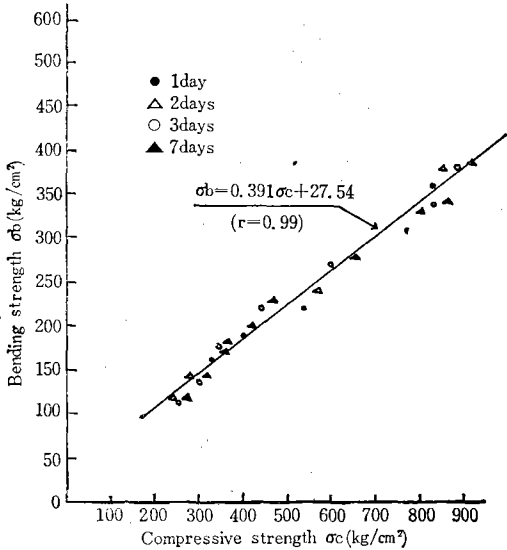


Fig. 5. Compressive strength vs. bending strength of epoxy resin mortar (Above 1day of curing age)

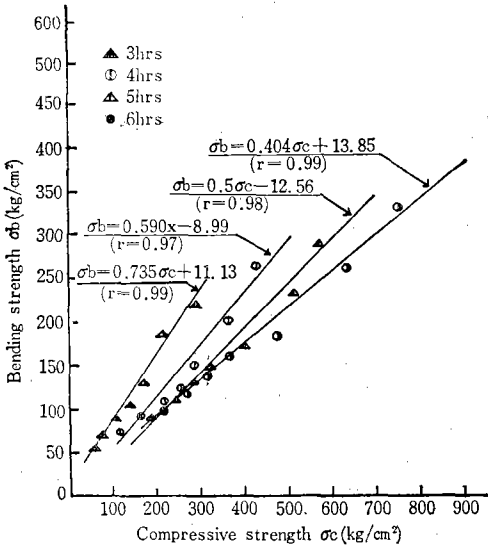


Fig. 6. Compressive strength vs. bending strength of epoxy resin mortar (Below 6hrs of curing age)

材齡에 따라 큰 差異를 나타내기 때문에 材齡 3時間부터 6時間까지와 1日 以後 7日까지의 關係를 分離하여 考察키로 한다.

于先, 材齡 3時間에서 6時間까지의 強度 關係를 나타낸 것이 Fig.5인데 各 材齡別(時間別) 기울기가 서로 다르게 나타났다.

即, 壓縮強度에 對한 휨 強度의 比가 材齡 3時間에서는 79%, 材齡 4時間에서는 56%, 材齡 5時間에서는 47%, 材齡 6時間에서는 44%를 보였다.

또한, 材齡 1日부터 7日까지의 壓縮 및 휨 強度를 比較한 것이 Fig. 6이다. 여기서는 材齡別로 큰 差異를 보이지 않아 하나의 關係式 ( $\sigma_b = 0.391\sigma_c + 27.54$ )으로 表示할 수 있었는데, 壓縮強度에 對한 휨 強度의 比가 44%나 되었다. 이것은 試驗結果에 나타난 보통시멘트 모르터의 比 ( $\frac{\sigma_b}{\sigma_c} \times 100 = \frac{59}{246} \times 100 = 24\%$ )보다 무려 20%나 높으며, 보통콘크리트의 값<sup>3)</sup> ( $\sigma_b = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{6} \sigma_c$ )보다도 훨씬 높은 값으로서 에폭시樹脂 모르터의 特性을 잘 나타내주는 結果라고 하겠다.

### IV. 結 論

아직 우리 나라에서는 그 利用性이 汎用化되어 있지 않은 에폭시樹脂 모르터의 壓縮 및 휨 強度 特性을 究明하기 위하여 試驗을 遂行하였던 바, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 壓縮強度는 7日 強度를 100%로 하였을때, 1日 強度가 平均 87%, 2日 強度가 平均 91%, 3日 強度가 平均 95%로서 1日 以內의 初期強度가 매우 높은 것으로 나타났다.

2. 에폭시樹脂 모르터의 가장 높은 壓縮強度는 配合比 1:2일때의 914kg/cm<sup>2</sup>으로서 보통시멘트 모르터의 壓縮強度보다 3.7배나 되었다.

3. 휨 強度는 7日 強度를 100%로 하였을때 1日 強度가 平均 88%, 2日 強度가 平均 93%, 3日 強度가 平均 97%로서 壓縮強度와 비슷한 傾向을 보였다.

4. 에폭시樹脂 모르터의 가장 높은 휨 強度는 配合比 1:2일때의 384kg/cm<sup>2</sup>으로서 보통시멘트 모르터의 휨 強度 보다 무려 6.5배나 되는 것으로 나타나 휨 部材用 材料로서 有利함을 알 수 있었다.

5. 壓縮強度와 휨 強度의 關係式은  $\sigma_b = 0.391\sigma_c + 27.54$ 이며, 壓縮強度에 對한 휨 強度의 比는 44%

로서 普通시멘트 모르타르 보다 20%나 높게 나타났다.

參 考 文 獻

1. ACI (1980) : Use of Epoxy Compounds with Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 5, pp.503-1~32.
2. 金 博允 譯(1979) : 에폭시樹脂, 大光書林, pp. 5~67.
3. 金 生彬 外2人(1980) : 鐵筋콘크리트工學, 慶文出版社, pp.22~23.
4. 間山正一(1975) : 에폭시樹脂모르타르의力學性狀, 道路建設, 329, pp.52~57.
5. 野村裕之, 橘明弘(1975) : 超低粘度에폭시樹脂의展開と應用, 工業材料, 23(12), pp.59~64.
6. 農業振興公社 試驗所(1980) : 가조地區 콘크리트補強을 위한 Epoxy樹脂 施工 資料, 試驗事業研究 報告書, 18, pp.327~347.
7. 大浜嘉彦(1973) : 플라스틱콘크리트用材料について, 콘크리트 저널, (114), pp.72~79.
8. 大浜嘉彦(1981) : 第3회 폴리머콘크리트 國際會議의概況, 콘크리트工學, 19(9), pp. 57~60.
9. 大浜嘉彦, 出村克宣, 小宮山正(1980) : 폴리에스테르레진콘크리트의強度などの性狀に及ば스ステレン-폴리에스테르比의影響, 材料, 29(318), pp.60~65.
10. 大浜嘉彦 外5人(1974) : 플라스틱콘크리트의用途開發と展望(對談資料), 콘크리트 저널, 12(8), pp.85~92.
11. 岡田清(1978) : 플라스틱콘크리트, 콘크리트工學, 16(1), pp.18~28.
12. P.C. Saxena, S.L. Mokhashi, S.T. Paliwal and M.M. Choudhary (1981) : Some Application of Epoxy Resins in Concrete and Other Structures in India, Proceedings of Third International Congress on Polymers in Concrete, pp.123~137.
13. 清水茂夫(1974), 레진콘크리트의概要と製造技術, 工業材料, 22(5), pp.81~88.
14. S.P.I. Committee (1978) : Resin Report '78, Plastics Engineering, 34(9), pp.16~23.
15. 柳田力(1981) : 콘크리트工法의最近의動向, 土木技術, 36(12), pp.24~28.
16. T. Iiono, K. Otokawa (1981) : Application of Epoxy Resins in Strength of Concrete Structures, Proceedings of Third International Congress on Polymers in Concrete, pp. 1262~1278.
17. 延 圭錫(1980) : 에폭시樹脂 콘크리트의 構造物에의 應用, 江原大論文集, 14, pp.157~162.