

4. 와이어 메시 레인포스트 시멘트에 관한 研究  
(A study on Wire Mesh Reinforced Cement )

東亞大學校	工科大學	教授	閔丙享
東亞大學校	工科大學	副教授	朴雲龍
慶南大學校	工科大學	助教授	金勇熙
釜山水產大學	海洋工學科	專任講師	鄭昌植
東亞大學校	大學院	( 碩士課程 )	宋聖宰



# 1. 序論

M.R.C (Wire Mesh Reinforced Cement)는 鋼棒을 적절히 配置하고 그 위에 여러겹의 鋼網을 積層한후에 시멘트 mortar를 칩, 시켜, 약 20 mm 內외의 얇은 두께로서 필요한 強度와 彈性을 얻게 한 것이다.

1943년 이탈리아의 Nervi 교수에 의해 최초로 開發되어 船材로서 漁船, tanker, boat, barge 등을 建造하는데 使用되었다.

외국에서는 Ferro-Cement란 이름으로 널리 알려져 있는데 우리나라에서는 Wire Mesh Reinforced Cement라 하였고 M.R.C라 약칭하였다.

1969년 우리나라 수산청에서도 小型漁船을 建造하기 시작하였고 그의 여러 곳에서 계속하여 Yacht, 갑판선, 浮標, barge, cutter 등을 建造한 바 있다. 최근에는 M.R.C의 彈性, 強度, 水密性 및 海水에의 耐久性을 살릴수 있고 重量感이 인하여 長點이 될수 있는 浮標, barge 및 繫留施設用 pontoon과 같은 海上構造物의 建造에는 M.R.C가 좋은 材質로서 評加되고 있다.

마침 우리나라에서도 86 및 88 올림픽 스포츠 경기장의 pontoon 材質을 釜山市에서 M.R.C로 정하고 試製作을 행한바 있다.

本研究는 이 試製作을 통하여 國內材料를 使用할때 M.R.C 材料의 選定方法과 여러 條件에 따른 力學的 試驗을 행하고, M.R.C 長點을 살려 알므로 그 응용을 넓혀 갈 것이 예상되는 M.R.C에 대하여 研究한 것이다.

## 2. 使用材料

2.1 시멘트 : 브롬 포트랜드 시멘트 使用.

2.2 모래 : M.R.C 用 모래는 일반 콘크리트에 使用되는 것과 큰 차이는 없으나 Fig.2 와 같은 粒度分布曲線을 만족해야 한다.

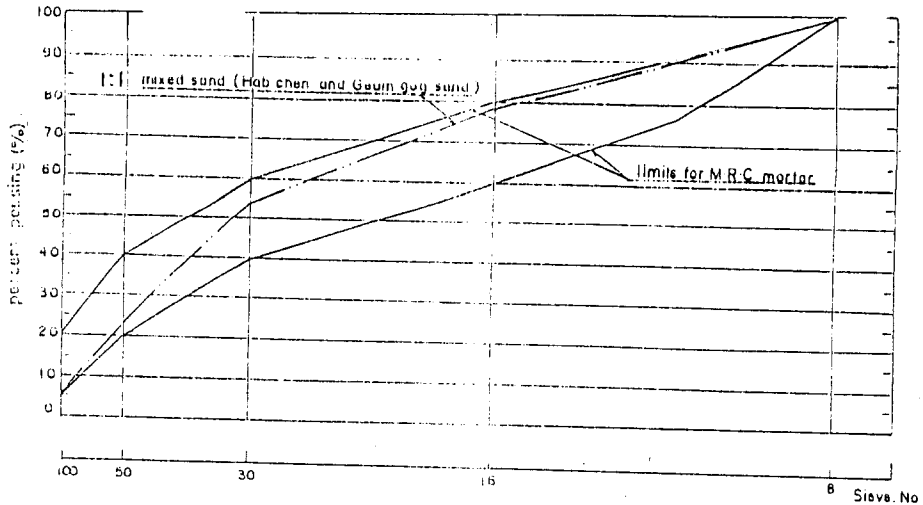


Fig. 2 The adequate distribution of sand for M.R.C.

또한 M.R.C 用 모래의 最適粗粒率을 얻기 위하여 mortar의 配合比는 S:C:W = 1.8 : 1 : 0.4 를 일정하게 하고 粗粒率 1.0 ~ 3.0 까지의 6 가지에 대한 材令 28 일 强度와 減水劑를 使用했을때의 强度를 Fig.4 와 Fig.5 에 나타내었다.

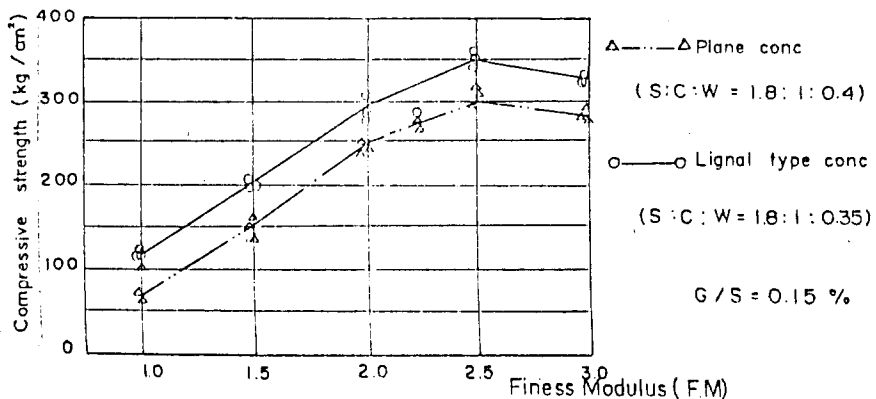


Fig. 4 The relation between compressive strength and F.M. of sand (Age of 7 day)

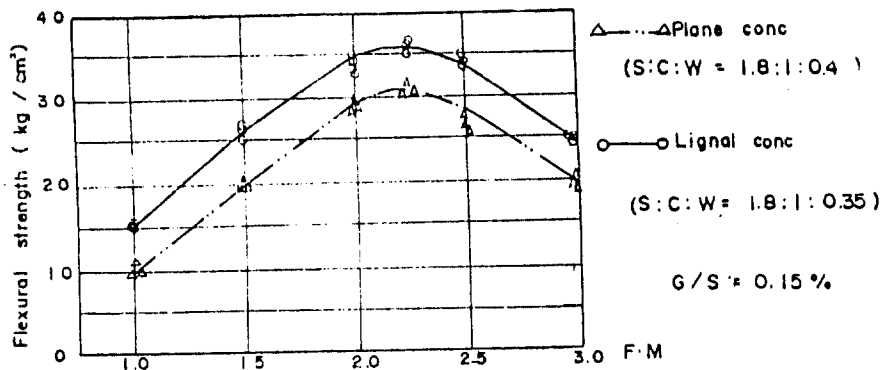


Fig. 5 The relation between flexural strength and F-M of sand  
(Age of 7 day)

### 2.3 鋼棒 (Steel rod)

M.R.C에 사용되는 鋼棒은 主材料로서 成形과 두께를 維持하며 M.R.C에 강한 強性を 만들어 내며 衝擊에 대한 傳達 및 이를 分散시키는 作用을 한다.

鋼棒의 직경은 5~7 mm 이고 炭素含量은 0.2~0.8% 정도인 것이 알맞다.

M.R.C pontoon 試製作에 사용된 鋼棒의 材質은 Table 3과 같다.

Table 3. The Characteristics of steel rod

Diameter (mm)	Quantity of carbon (%)	Tensile strength (t/cm <sup>2</sup> )	Coefficient of elasticity (kg/cm <sup>2</sup> )	Ductility (%)
6	0.15	5.2	$2.3 \times 10^6$	28

### 2.4 鋼網 (Wire Mesh)

M.R.C 構造物의 全斷面에 鉄材의 均等한 分布를 引張強度와 靱強度를 크게 향상 시키며 크랙이나 乾燥收縮에 저항하고 衝擊力을 分散시키는 역할을 한다.

M.R.C 用 鋼網의 直径은 0.8 ~ 10 mm 정도이고 두꺼운 것을 使用 하는 것이 좋다. M.R.C pontoon 의 試製作에 使用된 鋼網은 直径 0.9 mm의 나비 없는 끈은 철사로 된 10mm x 10mm의 方形網을 注文生産하여 使用하였고, 그 材質은 Table 4와 같다.

Table 4 The characteristics of wire mesh

Diameter (mm)	Specific gravity	Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficient of elasticity (kg/cm <sup>2</sup> )	Ductility (%)
0.9	7.8	280	$2.1 \times 10^6$	30

### 2.5 混和劑

混和劑는 Mortar의 Workability 向上과 工費節約을 위하여 적절하게 使用된다. 이번 實驗이나 試製作에 使用된 混和劑는 Table 5와 같다.

Table 5 Sorts of admixing agent.

Sort	Colour	Mixing Quantity in cement (%)	Purpose	
Water reducing admixtures	Lignol G	dark brown	0.15	Decrease of unit water
	Lignol R	dark brown	0.25	
	High efficiency Water reducing admixtures	dark brown	0.01	Increase of workability Increase of water
Air-Entraining admixtures	Pozzolith	lemon yellow	0.1	Increase of workability
	A. E. A.	dark brown	0.03	Increase of resistance against freezing, fusion, dry

## 3. M.R.C의 力學的 實驗

### 3.1 供試體의 製作方法 및 寸수

1) 供試體의 製作方法 : A.S.T.M-C 및 K.S.F의 규정에 依한다.

2) 供試體의 寸수 ① 壓縮強度 試驗 : 2" x 2" x 2"

② 引張強度 試驗 : 1" x 1" x 3"

③ 韌強度 試驗 : 4cm x 4cm x 16cm

⊕ Charpy 衝擊試驗 :  $1\text{cm} \times 2\text{cm} \times 5.5\text{cm}$

供試體의 養生은  $23^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 水中養生으로 하였다.

3.2 鋼網의 混合量에 따른 強度變化

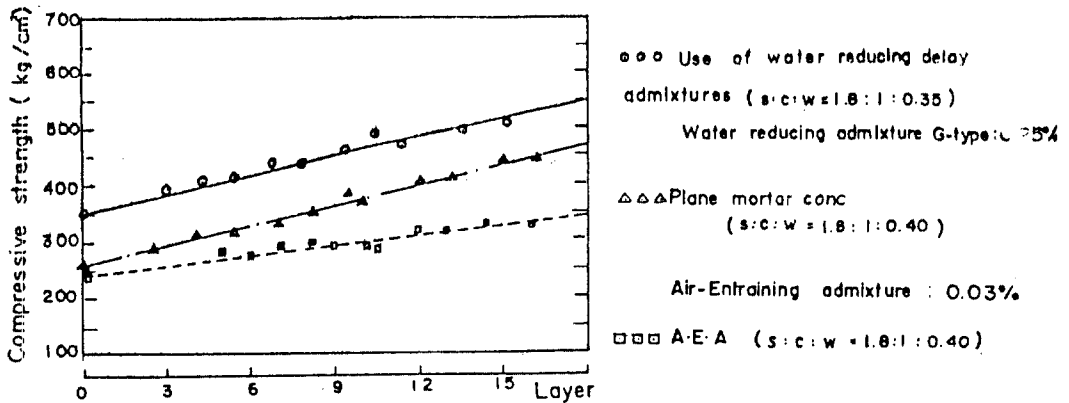


Fig. 6 The relation between layer of wiremesh and compressive strength. (Age of 7 day)

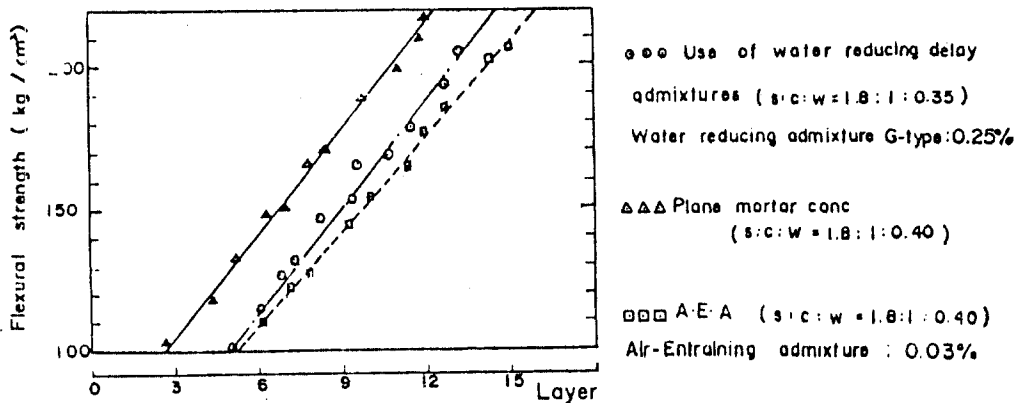


Fig. 7 The relation between layer of wiremesh and flexural strength (Age of 7 day)

Fig. 6, Fig. 7에서 鋼網 層수의 증가와 強度는 거의 직선적으로 증가하였고, A.E.A劑를 사용한 경우에는 連行空氣의 發生으로 鋼網과의 結合력이 약간 떨어져 지는 경향을 보이나 M.R.C 強度에는 큰 영향이 없고 mortar 타설시 workability는 대략히 양호하였다.

3.3 材令에 따른 強度變化

配合比는 S:C:W=1.8:1:0.4의 配合로 하였고 濕和劑의 %를 0.35, 0.40

0.45로 변화시켜 각 材令別 強度試驗을 행한 결과는 Fig.8, Fig.9, Fig.10에 나타 내었다.

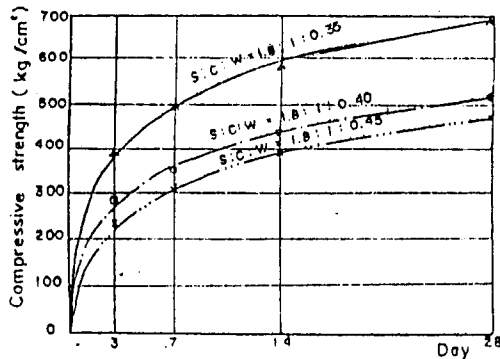


Fig. 8 The relation between compressive strength and Age

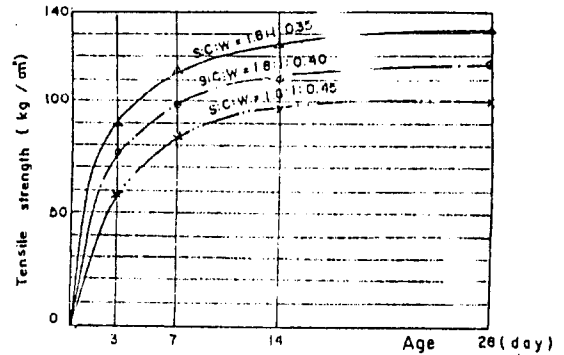


Fig. 9 The relation between tensile strength and age

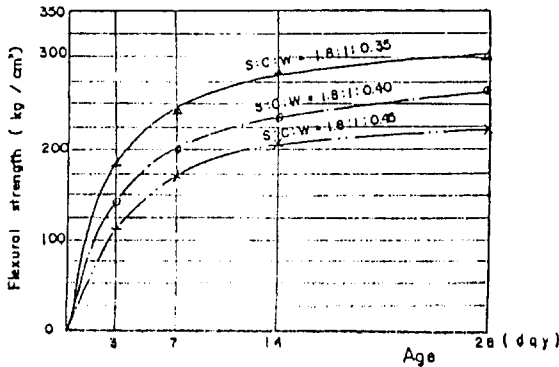


Fig. 10 The relation between flexural strength and age

Charpy 衝擊 에너지에 따른 試驗 値는 Fig. 11에 나타 내었고 材令이 따 른 強度比는 壓縮強度의 경우 0.82~ 0.84 였으며 引張強度의 경우는 0.95~ 0.97 이었고 靱 強度에서는 0.9 ~ 0.92 를 나타 냈다.

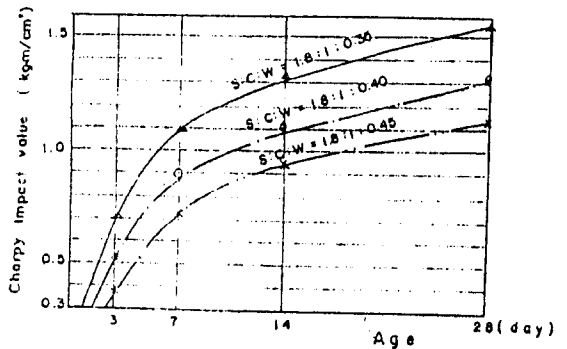


Fig. 11 The relation between Charpy's impact value and age

### 3.4. mortar의 配合條件에 따른 Flow 値

은 M.R.C 製品 生産過程에서 mortar cementing은 가장 중요한 단계이다. 鋼棒으로 成形되고 이 위에 鋼絲網으로 積層되어 있기 때문에 mortar를 이들 内部로 완전히 충전하지 않으면 強度低下와 동시에 防水 構造物 이 되지 않는다.

mortar의 流動性和 作業性を 늘이기 위한 實驗에서 使用된 混和劑와 mortar의 流動性和 作業性を 나타내는 Flow 値 값을



Fig. 12에 정리 하였다.

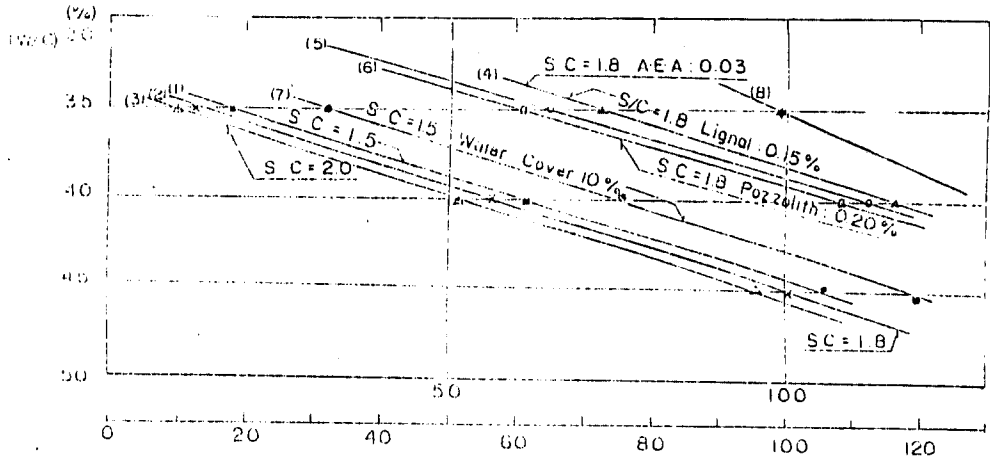


Fig. 12 The relation between mixing condition and flow value

Bleeding 량이 많으면 鋼網과 mortar와의 附着力이 약해져서 強度 低下와 M.R.C 内部의 鋼棒을 타고 가는 물줄기를 형성하게 되어 漏水의 原因이 된다. mortar의 時間經過 및 Bleeding 량의 測定結果 및 乾燥收縮率에 대한 測定結果를 Fig. 13, 14 에 나타 내었다.

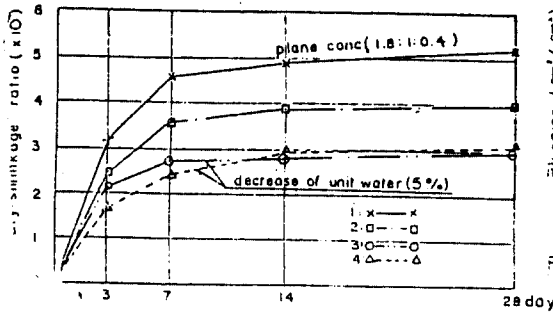


Fig. 14. The relation between the passage of time and dry-shrinkage ratio

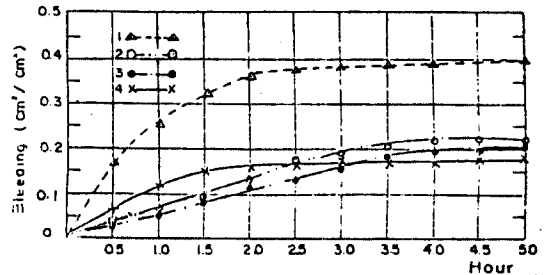


Fig. 13 The relation between the passage time and bleeding

일반 mortar의 경우 乾燥收縮率이  $4 \sim 4.5 \times 10^{-4}$  에서 2배 정도 발생한다. Fig. 13, 14 에서 아스바와 같이 혼화제 의 사용은 乾燥收縮率에 대한 安定性이 뛰어나므로 이의 사용을 권장 하고 싶다.

#### 4. M.R.C pontoon 의 長点

##### 4.1 經濟性

般材로서 開發된 M.R.C는 重量強度比의 낮음과 그 重量 때문에 수를 요구 하는 선박 구조에는 한계가 있을 것이다. 그러나 M.R.C pontoon의 경우 水面위에 떠 있는 것만으로 제 기능을 다하기 때문에 F.R.P나 鈹材의 pontoon에 비해 경제적이고 특수한 기술이나 장치 없이 大量生産이 가능한 이점을 가지고 있다.

여기서 試製作을 행한 M.R.C pontoon의 製作費를 100으로 하였을 때 F.R.P와 Steel을 그 재질을 使用 했을 때와는 Table 11에 비교하였다.

Table 11 Comparison of each material's price

	1.8m x 4.0m x 1.4m	1.7m x 8.0m x 0.8m
M. R. C	100	100
F. R. P	357	277
Steel	135	157

Table 11에서 보는 바와 같이 F.R.P는 高價이고 Steel은 海水의 腐蝕作用에 약해 수명이 대단히 짧은 결점을 가지고 있으므로 M.R.C pontoon이 經濟的이고 耐久性이 우수하다.

## 4.2. 安定性

M.R.C pontoon은 自体重量으로 적절한 먹치를 가지게 되므로 浮體로서의 安定性이 타 재질보다 높으며 波에 의한 계속적인 反復荷重에 매우 強하다 는 것을 Table 12에서 알 수 있다.

Table 12 Results of bending fatigue test

Specimen	Alternative stress	Cycle No	Results
A	+ 625 - 544	$2 \times 10^6$	Crack occured only
B	+ 700 - 600	$2 \times 10^6$	Material crack not occured
C	$\pm 1,100$	100,000	Crack occured only
D	$\pm 1,185$	100,000	Crack occured only

또한 外部 衝擊에 대한 抵抗性を 알기 위하여 낙하 충격 시험을 한 결과를 Table 13에 정리 하였다. Table 13에서 보는 바와 같이 mortar에 약간의

손상이 발생하고 鋼網이 弱化하는 傾向이 있으나 水密性은 계속 維持되었고, 氣溫變化에 대해 保溫性이 우수하였고 열전도를 또한 충분히 낮게 되었다.

Table 13. Results of dropping-impact test.

Mixing ratio	Age (day)	Drop height (cm)	Impact Value (kg.m)	Impact mark (mm)	Results (Opposite surface, impact)			
					Feature of crack	Length of crack (cm)	Width of crack (mm)	Depth of crack (cm)
S:C:W	7	1.5	9.45	25	radial	10	0.8	0.1
1.8:1:0.35	28	2.5	15.75	21	radial	15	1.0	0.7
S:C:W	7	1.5	9.45	28	direction of supporting	15	0.9	0.7
1.8:1:0.40	28	2.5	15.75	23	direction of supporting	18		0.9
S:C:W	7	1.5	9.45	30	direction of supporting, radial	17	1.0	1.2
1.8:1:0.45	28	2.5	15.75	24	radial	20	1.2	1.4
1.8:1:0.35	7	1.5	9.45	24	radial	8	0.3	0.3
Water reducing delay admixtures 0.25%	28	2.5	15.75	20	radial	12	0.5	0.5
1.8:1:0.35	7	1.5	9.45	26	supporting	11	0.9	0.4
A.E admixtures 0.03%	28	2.5	15.75	22	radial	14	1.0	0.7

#### 4.3. 腐蝕性과 防水性

pontoon의 試製作에서는 pontoon의 表面을 에워싸는 처리하였고, 또한 1년간의 시험기간으로는 별 이상이 없었다. 防水性에 있어서는 pontoon과 같은 構造物製作時 cementing 作業은 한 지름이 완성 될때 까지 연속적으로 이루어져야 하며 그렇지 못할 경우 施도 joint가 생겨 強度低下와 漏水의 원인이 된다. 연속적이고 완전한 mortar 치기가 행하여진 pontoon의 原形 防水 實驗 결과 거의 완전한 水密性이 유지되었다.

#### 5. 結論

M.R.C pontoon 에 대한 여러가지 實驗을 통하여 M.R.C의 長處에 대하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

- 1) 粒度分布曲線에 맞는 M.R.C用 모래는 굵은 모래와 가는 모래를 혼합하여 얻어진다.

- 2) M.R.C의 workability 증대 bleeding 량의 減少를 위한 混和劑를 適宜히 使用하는 것이 重要하다.
- 3) M.R.C의 壓縮強度, 引張強度, 靱強度 및 Char, y 衝擊值의 比較 試驗에 比較 結果가 얻어졌다.
- 4) M.R.C는 20mm 이하의 薄板으로 充分한 強度와 彈性 및, 衝擊에 比較 抵抗性이 크고, 不透氣性이 양호하여 joint의 構造가 簡單하게 構造가 되었다.
- 5) M.R.C joint의 製作費는 F.R.P나 鋼材에 比較 經濟的 이다.