

# 내알카리성 琉璃纖維補強콘크리트에 대하여

元 永 浩

〈佑林콘크리트工業(株)〉

## 1. 개요

기존 콘크리트가 보강재로서 철근 및 강선을 사용해 왔던 반면에 무게를 경량화 시키기 위해 개발된 섬유보강 콘크리트라는 것이 있는데 여기에 쓰이는 보강섬유로는 Steel, Plastic, Natural material, 유리섬유 등으로 다양하다.

그 중에서 유리섬유 보강콘크리트(Glass Fibre Reinforced Concrete)에 대해 알아보면 다음과 같다.

이는 처음 영국의 Pilkington 사에서 연구 개발이 시작되어 현재에 이르게 되었다.

용도는 주로 건축용으로 많이 쓰이며 도로포장 및 충격이 강한 구조물에 대해서 실험 및 시공이 이루어지고 있으며 우리나라에서는 1985년부터 생산 보급이 이루어지고 있다.

## 2. 특 징

1. 초기 압축강도가 매우 높다.
2. 불연재이므로 내화력이 우수하다.
3. 일반 PCCW에 비해 경량이다(1/3 - 1/10 배).
4. 일반 PC 제품에 비해 마감상태에 있어서 미려함과 다양성, 미세함이 있다.
5. 불소 페인트 마감처리로 범람이나 알루미늄재의 표면과 동일한 면처리가 가능하다.

## 3. 내알카리성 유리섬유

시멘트 몰탈에 유리섬유가 섞여서 강화될 경우, 유리섬유는 보다 높은 인장강도와 탄성계수가 요구된다. 시멘트 몰탈 자체의 인장강도는 20-40 kg/cm<sup>2</sup>이며 탄성계수는 1.5-3.0 × 10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup>이다. 반면에 유리섬유는 〈표-1〉에서 보듯이 보강재로 쓰기에 충분할 만큼 수치가 높다. 하지만 여기에 한가지 문제가 있다. 어떻게 시멘트 몰탈의 알카리 성분을 유리섬유가 저항할 수 있는가 하는 것이다.

GRC의 구성요소는 주로 포틀랜드 시멘트이다. 시멘트에 물을 첨가하면 수화작용으로 말미암아 hydrated calcium hydroxide (mCaO·nSiO<sub>2</sub>·xH<sub>2</sub>O; m, n, x는 시간에 따라 변함)와 calcium hydroxid (CaO·H<sub>2</sub>O)의 혼합체가 되는데 이 calcium hydroxid pH 12.5-13.0까지의 강알카리성을 띠게 만든다. 단위 중량에 비해 많은 표면적을 지닌 일반 유리섬유(13미크론 지름의 섬유가 약 1200cm<sup>2</sup>/g인 경우)가 이런 강알카리에 접하게 되면 급속한 표면파괴가 이루어지게 된다. 따라서 FRP에 쓰이는 일반 E-GLASS가 GRC에 쓰일 경우에는 짧은 시간내에 파괴가 진행되어 시멘트 몰탈 보강재로서의 역할을 잃게 된다. 결과적으로 GRC에는 내알카리성 유리섬유가 사용되어야 한다.

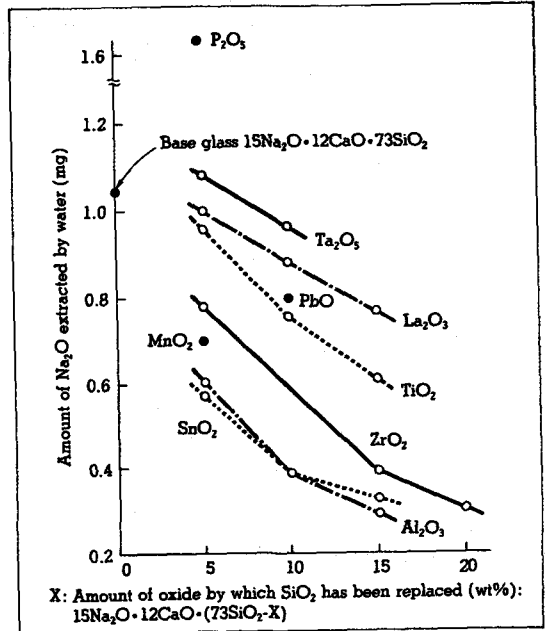
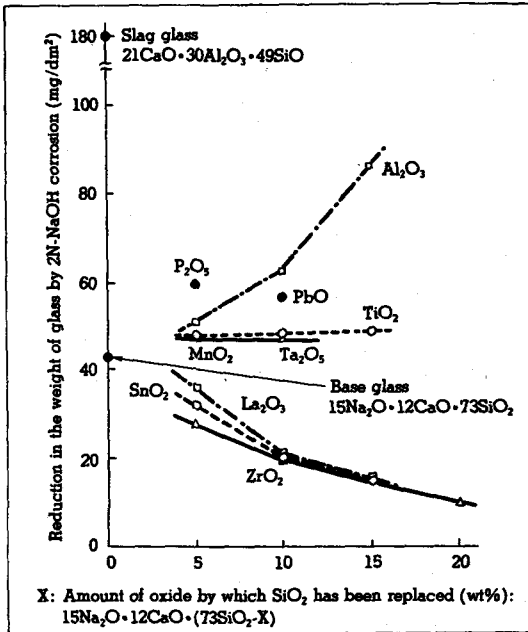
이 점은 유리섬유의 성분에 달려 있는데 즉 ZrO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>나 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등의 화학성분이 들어감으로 내알카리성을 갖게 하며 〈그림-1〉에 잘 나와 있다.

GRC에 쓰이는 유리섬유는 내알카리일 뿐 아니라 물에 대한 저항성도 커야 한다.

유리섬유의 성질

<표-1>

		ARFIBRE	ARFIBRE-SUPER	E-Glass	
Physical Properties	Density	2.78	2.91	2.54	
	Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	25,000	25,000	25,000	
	Elastic modulus (kg/cm <sup>2</sup> )	7.5x10 <sup>5</sup>	7.7x10 <sup>5</sup>	7.4x10 <sup>5</sup>	
Alkali Resistance	Percentage of diameter reduction in 100° C alkali solution (%)	1N-NaOH, 1.5 hrs	5 max	3 max	59
		Saturated Ca (OH) <sub>2</sub> solution, 4 hrs	1 max	0.5 max	9



<그림-1> SiO<sub>2</sub>의 양과 NaOH 용액에 의해 부식한 유리섬유량의 관계

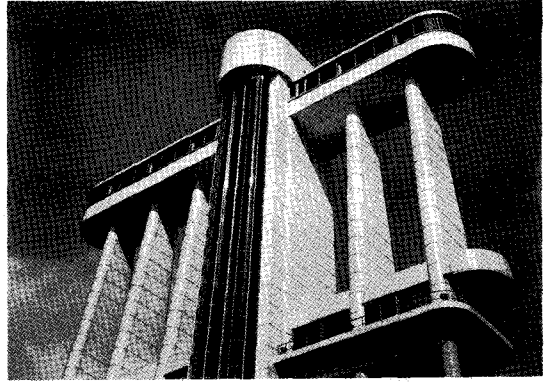
<그림-2> SiO<sub>2</sub>의 양과 내수성 관계

내수성을 향상시키는 성분은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 <그림-2>에서 보듯이 상당히 좋은 성분이나 이것은 내알카리성을 저하시키므로 사용하는 것이 바람직하지 못하다. 따라서 내알카리성과 내수성을 동시에 만족시킬 수 있는 수산화물이 필요한데 실재에서는 ZrO<sub>2</sub>가 쓰이고 있다.

내알카리성 유리섬유의 화학성분은 이런 관점에서 검토되어야 하며 <표-2>에서 보듯이 ZrO<sub>2</sub>가 포함된 ARFIBRE가 쓰이며 여기에 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Rare-Earth Oxides가 함유된 ARFIBRE-SUPER가 더 나쁜 조건에 쓰이는 경우에 적합한 유리섬유이다.

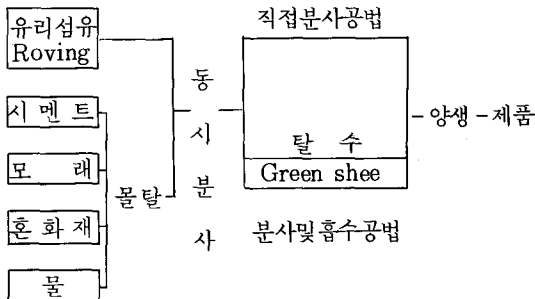
〈표-2〉 유리섬유의 일반적인 화학 성분

	ARFIBRE	ARFIBRE-SUPER	E-Glass
SiO <sub>2</sub>	62.5	56.4	52.8
ZrO <sub>2</sub>	16.8	16.9	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	-	14.5
MgO	-	-	0.4
CaO	5.7	-	20.6
Na <sub>2</sub> O	14.2	15.3	0.3
K <sub>2</sub> O	0.3	0.9	0.1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	10.7
Rare-earth Oxides	-	10.3	-



4 GRC 제조방법

1) Spray 공법



2) 직접분사 공법

공기압력으로 인해 시멘트 몰탈과 Chopper gun에 의해 미리 알려진 유리섬유가 동시에 형틀에 뿌려진다.

GRC제조 방법중 비교적 간단한 편에 속하며 형틀이 가변성이거나 주문 제작에 알맞는 형태이다.

3) Spray Suction 공법

공법의 기본 개념은 직접분사 공법과 같은데 구별되는 것은 형틀모양이 다른 것인데 탈수에 편하도록 되어 있는 것이다.

직접분사 공법이 다양한 모양의 주문 제작에 적합한 반면 이 공법은 대량 생산의 일반 판에 적합하다.

ARFIBRE		Conventional E-Glassfiber	
Before treatment	Treated 24 hrs in 1N-NaOH at 100°C	Before treatment	Treated 24 hrs in 1N-NaOH at 100°C

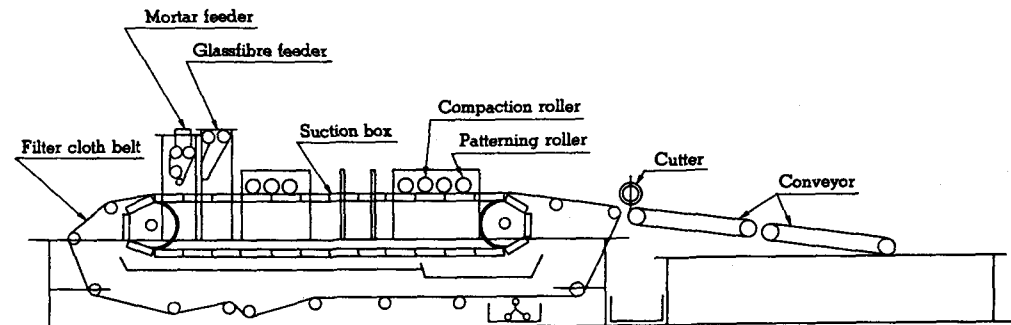
〈그림-3〉 촉진 내알카리성 시험

〈표-3〉 직접분사공법 GRC 일반 제원 5wt% Arfibre 포함하여 28일 양생인 경우

Bulk density	Dry air		1.9-2.3
	Absolute dry		1.8-2.1
Strength	Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Cross-plane	800-1,000
		In-plane	600-800
	Bending strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Mor	250-350
		Lop	80-120
	Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Uts	100-150
		Bop	5-70
	Shearing strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Interlaminar	15-20
		In-plane	100-150
		Punch-through	250-350
Impact strength (kg·cm/cm <sup>2</sup> )			12-18
Young's modulus (kg/cm <sup>2</sup> )			1.8-2.5x10 <sup>5</sup>
Poisson's ratio			0.3
Water	Coefficient of water absorption (%)	Absolute dry at 105°C ↔ Stored in water 24 hrs	10-15
		Wet & dry shrinkage (%)	(20°C 98% ↔ 20°C 40%)
Thermal	Thermal conductivity (Kcal/m.hr. °C)		0.6-0.9
	Thermal expansion (x 10 <sup>-6</sup> /°C)		8-12
	Heat resistance	No changes found in strength and other properties up to 100°C, 5 hrs	
Fire	Incombustibility	Certificate No. 1111 by the Japanese Ministry of Construction	
Sound	Transmission loss	GRC 15mm: 32dB at 500Hz GRC 20mm: 34dB at 500Hz	

Mor: Modulus of rupture  
Uts: Ultimate tensile strength

Lop: Limit of proportionality  
Bop: Bend over point



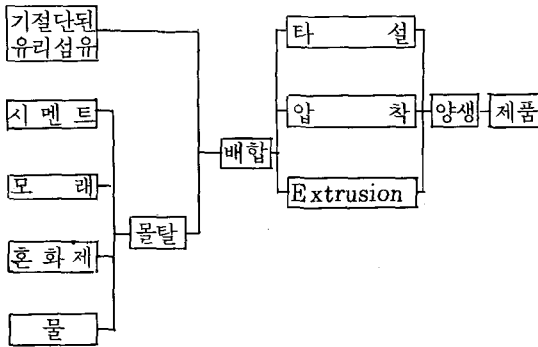
Spray Suction 공법을 이용한 GRC 판 제작용 기계

## Spray Suction 공법에 의한 GRC 의 일반제원

〈표-4〉

		Soft Type (Siding Panels)	High-Strength Type
Bulk density		0.85	2.10
Bending strength, (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR	90	320
	LOP	80	120
Impact strength (kg-cm/cm <sup>2</sup> )		2	15
Young's modulus (kg/cm <sup>2</sup> )		4x10 <sup>4</sup>	20x10 <sup>4</sup>
Water permeability		0.5ml/cm <sup>2</sup> . day, max. (JIS A-6910)	No. water permeation (BS 4624, 1981; Test 15)
Frost-thaw resistance		No abnormality after 200 cycles of freezing and thawing (ASTM C-666)	No abnormality after 300 cycles of freezing and thawing (ASTM C-666)
Thermal conductivity (kcal/m·hr. °C)		0.12	0.80
Thermal expansion (x 10 <sup>-6</sup> /°C)		6.4	8

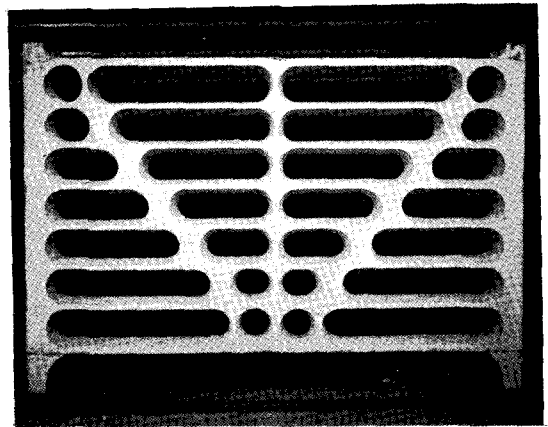
## 4) Premix 공법



## 5) Premix 타설공법

시멘트 몰탈과 기질단된 유리섬유가 믹서에 의해 배합이 되어 일반 콘크리트와 마찬가지로 형틀에 타설된다.

## 6) Premix 압착공법



일정량의 시멘트 몰탈과 유리섬유의 혼합체가 형틀에 놓여진 다음 압착이 되어 제품을 제작하게 된다.

일반 포틀랜드 시멘트 몰탈의 경우에는 타설 후 즉시 탈형 할 정도의 강도를 내게끔 할 수 없으므로 특수 시멘트 몰탈을 사용하여 형틀에

<표-5>

Premix 타설 GRC 의 일반제원

<b>Bulk density</b>	Dry air	1.8 - 2.0	
	Absolute dry	1.6 - 1.8	
<b>Strength</b>	Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	700 - 1,000	
	Bending strength (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR	100 - 200
		LOP	70 - 100
	Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	UTS	50 - 100
		BOP	40 - 60
Impact strength (kg.cm/cm <sup>2</sup> )	8 - 10		
<b>Water</b>	Young's modulus (kg/cm <sup>2</sup> )	1.5-2.0x10 <sup>5</sup>	
	Coefficient of water absorption (%)	12 - 16	
	Frost-thaw resistance	No abnormality after 300 cycles of freezing and thawing (ASTM C-666)	
<b>Thermal</b>	Thermal conductivity (Kcal/m.hr.°C)	0.6 - 0.9	
	Thermal expansion (x 10 <sup>-6</sup> /°C)	8 - 12	
<b>Fire</b>	Incombustibility	Certificate No. 1111 by the Japanese Ministry of Construction	

<표-6>

Premix 압착 GRC 의 일반제원

		Standard Type	High Strength Type
<b>Bulk density</b>		2.1 - 2.2	2.1 - 2.2
<b>Bending strength (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	MOR	200 - 240	280 - 320
	LOP	110 - 140	130 - 170
<b>Tensile strength (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	UTS	60 - 90	80 - 120
	BOP	50 - 60	60 - 80
<b>Impact strength (kg.cm/cm<sup>2</sup>)</b>		5 - 7	6 - 8
<b>Young's modulus (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		2.9-3.2x10 <sup>5</sup>	3.0-3.3x10 <sup>5</sup>
<b>Coefficient of water absorption (%)</b>		5 - 7	6 - 8

Premix-Extruded GRC의 일반제원

〈표-7〉

	Soft type (Sawing and nailing possible)	High- strength type (Sawing possible)	Superhigh- strength type (contains <i>continuous glass fiber roving,</i> sawing possible)
Bulk density	1.0	1.4	1.4
Bending strength, $Mor$ ( $kg/cm^2$ )	210	260	600
Tensile strength, $Uts$ ( $kg/cm^2$ )	80	90	270
Impact strength ( $kg.cm/cm^2$ )	4.0	5.0	30.0 min
Young's modulus ( $kg/cm^2$ )	$2.5 \times 10^4$	$8 \times 10^4$	$20 \times 10^4$
Coefficient of water absorption(%)	20	15	8

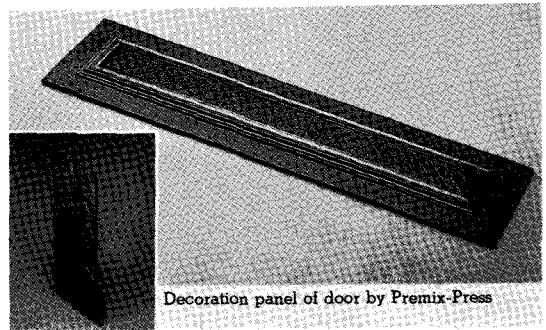
서 탈형을 할 수 있는 강도를 내게 한다.

### 7) Premix Extrusion 공법

이 공법은 기둥과 같이 단면에 비해 길이가 긴 제품에 적합하다.

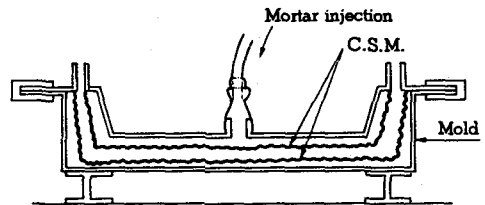
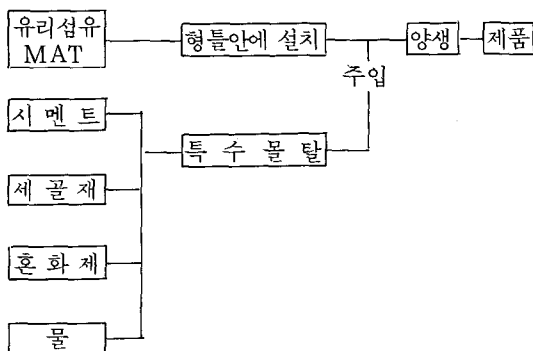
생산방법은 미리 배합된 몰탈이 Extrusion기에 공급이 되면서 제품이 형성된다.

이 방법은 주택용 판 제작에 적합한 공법이다.



Decoration panel of door by Premix-Press

### 8) 특수공법



몰탈주입 공법의 형상도

### 9) 몰탈주입공법

유리섬유 매트를 일정한 길이만큼 절단하여 형틀에 정착한 후에 시멘트 몰탈을 주입하게 되는데 다음의 특성이 있다.

#### 1. 품질

일단 유리섬유 매트가 규정된 데로 제자리에 위치하여 생산이 되면 분사공법에 의한 것보다 일정한 수준의 품질을 얻을 수 있다.

#### 2. 생산성

주입시 손실이 발생하지 않으므로 상당히 높은 강도와 생산성이 보장된다.

물탈주입 GRC 의 일반제원

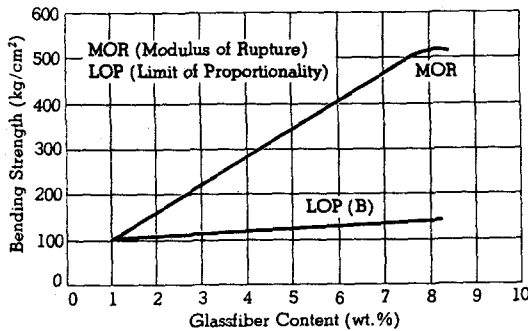
<표-8>

Bulk density		2.1 - 2.2
Bending strength, (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR	300 - 400
	LOP	110 - 130
Tensile strength, (kg/cm <sup>2</sup> )	UTS	100 - 120
	BOP	60 - 80
Impact strength (kg.cm/cm <sup>2</sup> )		10 - 15
Young's modulus (kg/cm <sup>2</sup> )		2.0 - 3.0 x 10 <sup>5</sup>
Coefficient of water absorption (%)		8 - 10

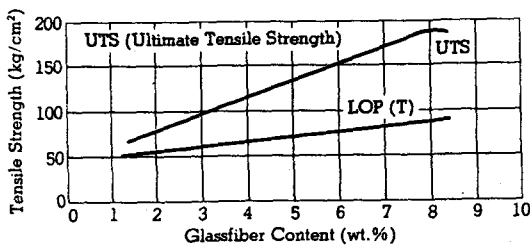
3. 표면 마감

분사공법에서는 한쪽면 만이 깨끗이 마감되나 이 주입 방법은 양면을 깨끗이 마감할 수 있다.

10) GCR 표준제원

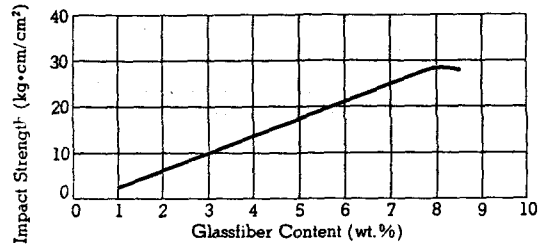


※ 유리섬유 함유량과 휨강도의 관계

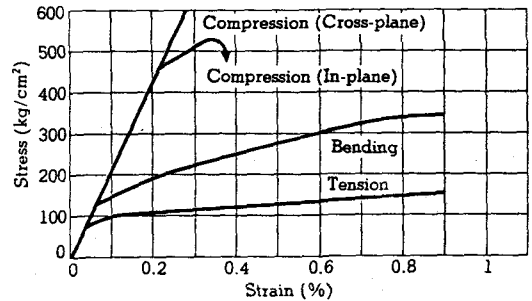


※ 유리섬유 함유량과 인장강도 관계

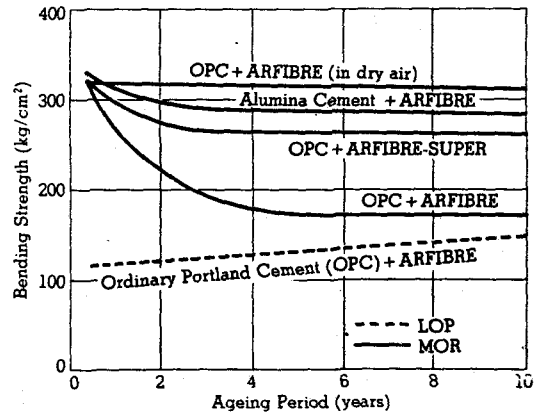
△ 시편은 분사공법으로 제작되었음.



※ 유리섬유 함유량과 충격강도 관계



※ 압축, 휨 및 인장에서의 변형-변위 곡선 (유리섬유 함유량 5% 중량비)



※ GRC의 Long-term 강도

REFERENCE

- 1) FIBER REINFORCED CONCRETE SP-81, American Concrete Institute 1984.
- 2) Recommended Practice for Glass Fiber Reinforced Concrete Panels, Prestressed Concrete Institute, 1981.
- 3) Guide Specification for Glass Fiber Reinforced Concrete Panels, Prestressed Concrete Institute.
- 4) ARFIBRE, Asahi Glass Co., Ltd.