

再生樹脂콘크리트의 力學的 性質에 관한 研究

Mechanical Properties of Reclaimed Plastic Concrete

全 健 榮* · 高 在 君**
Cheon, Keon Young · Koh, Chae Koon

Summary

The objective of the study was to obtain the compressive the tensile and the flexural strengthes, thermal resistance, chemical resistance and fire resistance of the reclaimed plastic concrete in order to investigate the feasibility as a new construction material. This reclaimed plastic concrete is a compositive material which is composed of sand and blend of 50 % of LDPE(Low density polyet-hylene) and 50 % of HDPE (High density polyethylene) which are inexpensive and easy to reclaim.

The results obtained in the study are summarized as follows :

1. As the binder content ranging from 20 to 40 % increase, the compresie, the splitting tensile and the flexural strengthes were increased. The compressive strenzth of the specimen tested was the highest and flexural strength the next and tensile strength the lowest.
2. The compressive, the tensile and flexural strengthes of specimens made of fine sand were higher than those of coarse sand. The compressive, the tensile and the flexural strengthes of specimens made of high pressure molding were higher than those of low pressure molding.
3. In comparison with different additives, the specimens with carbon black was excellent and B. H. T. good and ferric oxide poor for thermal resistance.
4. In relationship between the flexural strength with varying temperature from -23°C to 80°C . the flexural strengthes were decreared as temperature increased at 25 %, 30 % and 35 % of binder contents, respectively. Especially at 60°C , the flexural strength was significantly decreased.
5. The decrement of flexural strengthes and the weight losses after 7 days immersion in acid or alkali solutions were not significant.
6. Fire resistance of the reclaimed plastic concrete was not significantly influenced by the contents of sand. However, the fire resistance of the reclaimed plastic concrete was depend upon melting and ignition properties of the binder itself. Therefore, a proper selection of the binder and the fire retardant are recommended in arder to improve fire resistance of the reclaimed plastic concrete.

* 農業振興公社 農業土木試驗研究所

** 서울大學校 農科大學

I. 緒 論

1973년의 油類波動은 에너지와 資源의 有限性을 우리에게 일깨워 주었으며, 人口의 增加와 人間生活의 豊饒는 資源의 消耗을 加重시키고 있다. 이에 따라 에너지와 資源을 節約하기 위한 研究가 廣範圍한 分野에서 進行되고 있으며, 콘크리트 工學 分野에서도 보다 品質이 優秀하고 價格이 低廉한 새로운 材料를 開發하려는 研究가 積極的으로 推進되고 있다.

이 가운데 폴리머(Polymer)를 콘크리트에 利用하고자 하는 研究가 最近에 와서 더욱 활발히 展開되고 있으며, 用途에 따라 利用되는 材料와 製造技術이 多樣하게 開發되어 그 品質의 優秀성을 널리 認定받게 되었다. 폴리머란 低分子量物質인 單量體(Monomer)가 하나 혹은 그 이상의 單位로 結合하여 重合(Polymerization)된 것으로서 重合體 또는 高分子이라고도 한다.

폴리머콘크리트는 一般的으로 다음의 3가지로 分類되고 있다. 즉, 結合材로 시멘트와 폴리머를 利用하는 폴리머포틀랜드시멘트콘크리트(Polymer portland cement concrete, PPCC 또는 Polymer cement concrete, PCC), 굳은 콘크리트 内部에 單量體, 프리폴리머(Prepolymer), 폴리머 등을 浸透시키는 폴리머침콘크리트(Polymer impregnated concrete, PIC) 및 結合材로 폴리머만을 利用하는 레진콘크리트(Resin concrete, REC 또는 Polymer concrete, PC) 등이 있다.

이와 같이 폴리머를 콘크리트에 利用하고자 하는 關心은 最近에 와서 廢合成樹脂(Waste plastics)의 再利用에까지 그 範圍가 擴大되고 있으며, 이에 대한 開發이 플라스틱 公害問題의 擡頭와 함께 積極的으로 推進되고 있다. 廢合成樹脂란 産業體에서의 重合 또는 加工의 工程이나 一般에서 使用한 후 廢棄된 合成樹脂를 말하며, 이를 收去하여 精製한 후 240~270°C의 溫度로 熔融시켜 骨材와 混合하거나 또는 잔骨材를 500~600°C의 溫度로 加熱하고 여기에 廢合成樹脂를 넣어 熔融·混合하여 成形하면 시멘트콘크리트와 類似한 再生樹脂콘크리트(Reclaimed plastic concrete RPC)가 만들어지는데, 이것의 成形方法에는 壓縮成形法(Compression molding)과 押出成形法(Extrusion molding) 등이 있다.

이상에서 알 수 있는 바와 같이 再生樹脂콘크리트는 結合材로 樹脂만을 利用한다는 側面에서

레진콘크리트와 同一하지만 樹脂의 再生使用, 樹脂와 骨材와의 結合方法, 混合方法 등의 側面에서는 레진콘크리트와 相異하다고 볼 수 있다.

再生樹脂콘크리트와 레진콘크리트는 樹脂의 增加에 따라 強度도 增加하는 것으로 알려져 있으나 實用的 側面에 있어서 樹脂含有量에는 限界가 있으며, 이는 品質과 價格의 均衡決定에 매우 重要하다. 實際利用에 있어서 樹脂의 利用限界는 레진콘크리트의 경우 30%를 넘지 않으며, 再生樹脂콘크리트의 경우 50%를 넘지 않고 있다.

現在 우리나라는 물론 外國에서도 再生樹脂콘크리트에 대한 研究와 開發은 매우 初步的이며 經驗의 水準에 머물고 있다. 따라서 이 研究의 目的은 再生한 低密度폴리에틸렌과 高密度폴리에틸렌을 各各 50%씩 混合한 것을 結合材로 한 再生樹脂콘크리트에 대하여 強度特性, 耐熱性, 耐藥品性, 耐火性 등을 究明하므로써 再生樹脂콘크리트를 새로운 建設材料로서 工場製品에 利用할 경우 必要한 基礎資料를 提供하는 데 있다.

II. 材料 및 方法

1. 材 料

가. 폴리에틸렌

本 試驗에 結合材로 使用한 폴리에틸렌은 低密度폴리에틸렌(Low density polyethylene, LDPE)과 高密度폴리에틸렌(High density polyethylene, HDPE)이며 再生한 것 가운데 比較的 純도가 높은 高級品으로 이들의 比重과 灰分率은 Table-1과 같다.

Table-1. Specific Gravity and Ignition Residue of Reclaimed Polyethylene

Polyethylene	Specific gravity	Ignition residue(%)
LDPE	0.924	1.12
HOPE	0.942	0

나. 잔 骨 劑

本 試驗에서 使用한 잔骨材는 唐津과 瑞山의 河川砂로 唐津모래(Sand A)는 細砂이나 瑞山모래(Sand B)는 粗砂이었으며 供試體 製作에는 이들을 自然狀態로 乾燥하여 使用하였다. 이들의 品質은 Table-2와 같고 그 粒度는 Fig. 1과 같다.

다. 補 助 劑

補助劑(Additive)는 高分子化合物에 添加하여

Table-2. Quality of Fine Aggregates

Sample	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (kg / cm ²)	No.200 sieve passing (%)	Fineness modulus
Tang-Jin (Sand A)	2.57	1.48	1.629	4.60	2.11
Seo-San (Sand B)	2.56	1.48	1.516	2.37	3.08

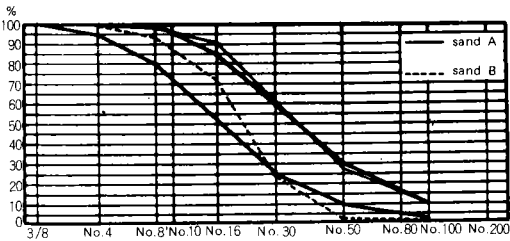


Fig.1. Gradation Curve of Fine Aggregates

高分子化合物의 安定, 着色, 表面改良, 物性改良, 發泡, 難燒 등의 效果를 내는 것으로 本 試驗에서는 安定劑(Stabilizer)로 Carbon black과 2, 6-Di-tert-butyl-P-cresol (B. H. T. Ionol), 着色劑(Coloring agent)로 酸化鐵(Ferric oxide)을 利用하였다.

다. 酸·알카리溶液

本 試驗에서는 酸溶液으로 HCl(10%), H₂SO₄(30%)를, 알카리溶液으로 NaOH(60%)를 使用하였다.

2. 方 法

가. 配合設計

本 試驗에서의 配合設計는 Table-5와 같으며, 配合에 따른 供試體의 成形條件은 本 材料를 利用하여 製造하는 實際製品의 生産設備能力을 考慮하여 No. 1, 2, 3의 경우 壓力 43kg/cm²와 細砂인 唐津모래를, No. 4, 5, 6, 7, 8, 9의 경우 壓力 30kg/cm²와 粗砂인 瑞山모래를 適用하였다.

結合材含有率과 壓縮, 引張, 靱強度간의 關係를 究明하기 위한 配合設計는 No. 1, 2, 3, 4, 5, 6과 같고 耐藥品性을 究明하기 위한 配合設計는 No. 4, 5, 6과 같으며, 補助劑의 耐熱效果를 比較하기 위한 配合設計는 No. 7, 8, 9와 같다. 또한 耐火特性을 究明하기 위한 配合設計는 No. 5와 같다.

나. 供試體 製作

供試體는 試驗用 스크류押出機를 使用하여 만든 再生樹脂와 모래의 複合材를 一定量 計量하여 모울드에 넣은 후 油壓式 재크로 成形壓力를 3分間 加하고 壓力이 풀리지 않도록 바이스그립으로 조인 다음 供試體가 모울드 안에 包含된 狀態로 물에 담가서 식힌 후 脫型하여 製作하였다.

強度試驗用 供試體는 JIS A 1181(폴리에스테르레진콘크리트의 強度試驗用 供試體의 製作法)에 準하였고 其他試驗用 供試體는 試驗目的과 試驗機에 맞도록 設計하여 製作하였으며, 各種 供試體의 形狀과 規格은 Table-6과 같다.

다. 強度試驗

強度試驗은 萬能試驗機(新鋼精密, SGU-150)를 利用하여 壓縮強度試驗은 KS F 2405, 引張強度試驗은 KS F 2423, 靱強度試驗은 KS F 2408(單純보의 3 等分點 苛重法)에 準하였다.

라. 耐熱性試驗

耐熱性試驗은 熱處理 후 供試體의 表面劣化狀態와 靱強度를 測定하였다. 表面劣化試驗은 補助劑로 酸化鐵, 카본블랙, B. H. T.의 3 種을 添加한 供試體에 대하여 恒溫器에 넣어 7日間 溫度 80℃로 維持한 후 肉眼으로 表面의 劣化狀態를 調査하였다. 또한 靱強度는 供試體를 1日間씩 冷凍室 및 恒溫水槽에 넣어 -23℃, 20℃, 40℃, 60℃, 80℃로 各各 維持하여 KS F 2408에 準하여 試驗하였다.

마. 耐藥品性試驗

耐藥品性試驗은 鹽酸10%, 黃酸30%, 苛性소오다 60%의 各 溶液에 7日間 沈漬한후 重量의 變化와 靱強度를 試驗하였다. 重量의 變化는 KS M 3007에 의거 恒溫器에서 50±2℃로 24時間 乾燥

Table-5. Mix Design of Reclaimed Plastic Conrete

Material	Mix prpotion(Wt %)									
	Specimen No.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Sand	79	69	59	73.5	68.5	63.5	68.5	68.5	68.5	68.5
Binder	LDPE	10	15	20	12.5	15	17.5	15	15	15
	HDPE	10	15	20	12.5	15	17.5	15	15	15
Additive	Ferric oxide	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5
	Carbon balck				0.5	0.5	0.5	0.5		
	B. H. T.								0.5	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Table-6. Shape and Dimension of Specimens

Test	Shape	Dimension(mm)
Comperessive strength	Circular cylinder	ϕ 100× 200
Splitting tensile strength	Circular cylinder	ϕ 100× 200
Flexural strength	Rectangular parallelepiped	75× 75× 300
Thermal resistance	Surface deterioration	Rectangular parallelepiped
	Flexural strength	Rectangular parallelepiped Rectangular parallelepiped
Fire resistance	Rectangular plate	250× 250× 20
Chemical resistance	Surface deterioration	Rectangular parallelepiped
	Flexural strength	Rectangular parallelepiped

시커 試驗 하였으며 韌強度 試驗 方法은 KS F2408 에 準하였다.

바. 耐火性試驗

耐火性試驗은 結合材含有量 30%에 限하고, 一邊 25cm 크기의 板狀試片에 대하여 Fig 2와 같이 最高溫度 360℃의 棒狀溫度計를 試片 中央點에서

5 cm와 10cm 떨어진 地點에 1 cm 길이로 插入한 후 구멍 주위의 틈새를 化學接着劑로 채워 充分히 硬化시킨 후 알코올램프를 試片바닥의 中央點에 놓고 試片바닥이 불꽃과 3 cm 떨어진 경우와 같은 경우에 대하여 各 測點의 溫度와 燃燒 狀況을 調査하였다.

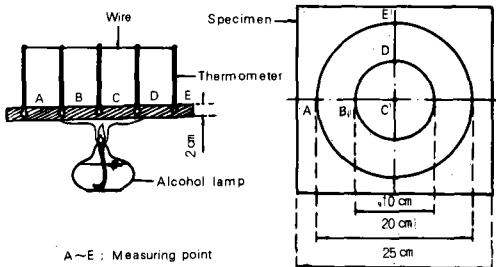


Fig.2. Fire Resistance Test

III. 結果 및 考察

1. 壓縮·引張·韌強度

再生樹脂콘크리트의 強度 特性을 究明하기 위하여 結合材 含有率을 變化시켜 壓縮·引張·韌強度를 試驗한 結果는 Fig.3,4,5와 같다. 이들 實驗值를 分散分析하면 結合材 含有率間의 強度사이에는 差異가 있음을 알 수 있고, 強度間 比率로 나타내면 Table-7 과 같다.

따라서 結合材 含有率(C_b)과 強度와의 關係를

分析해 볼 때

壓縮強도의 경우, Fig. 3 과 같이 結合材 含有率 (20~40%) 이 增加할 수록 強度도 Sand A, Sand B 모두 增加하는 것으로 나타났으며, 이것을 回歸方程式으로 나타내면 式 (1), (2)와 같다.

$$\sigma_{CA} = 230 + 1.29 C_b \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma_{CB} = 101 + 4.02 C_b \dots\dots\dots (2)$$

여기서 σ_{CA} , σ_{CB} 는 各各 Sand A, Sand B의 壓縮強도(kg/cm²) 이고, C_b 는 %이다. 이는 廢플라스틱(廢棄된 폴리에틸렌 外 6種 樹脂의 混合狀態)을 平均粒度 60번체인 모래와 混合한 후 成形壓力을 967 kg/cm²로 하여 만든 再生樹脂콘크리트의 경우, 壓縮強도가 結合材 含有率 30~50%의 範圍에서는 減少되었고 50~60%範圍에서는 增加되었다고 하는 山口¹³⁾의 報告와 相反된 結果라 하겠다. 이와 같은 結果는 本 試驗의 條件으로

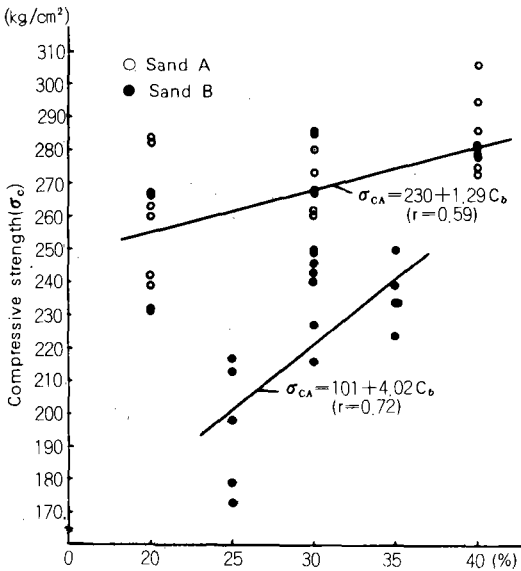


Fig.3. Relationship between Compressive Strength and Binder Content

結合材의 種類, 모래의 粒度, 成形壓力 및 製造方法등이 山口의 試驗條件과 다르기 때문인 것으로 思料된다.

引張強도의 경우, Fig.4에서 보여주는 바와 같이 結合材 含有率이 增加할 수록 強度도 Sand A, Sand B 모두 增加하였으며, 이것을 回歸方程式으로 나타내면 式(3), (4)와 같다.

$$\sigma_{tA} = 25 + 0.66 C_b \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma_{tB} = 1.28 C_b \dots\dots\dots (4)$$

여기서 σ_{tA} , σ_{tB} 는 各各 Sand A, Sand B의 引張

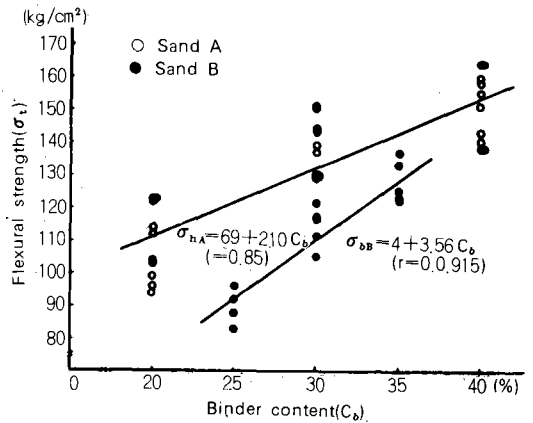


Fig.4. Relationship between Flexural Strength and Binder Content

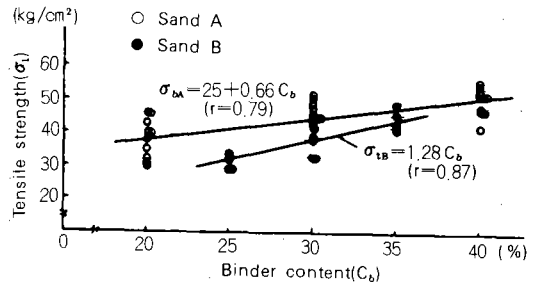


Fig.5. Relationship between Tensile Strength

Table-7. Strength Ratio between Binder Contents

Strength	Ratio(Sand A)			Ratio(Sand B)		
	Binder content(%)			Binder content(%)		
	20	30	40	25	30	35
Comperressive(σc)	0.88	0.91	1.00	0.83	0.99	1.00
Flexural (σb)	0.70	0.91	1.00	0.72	0.89	1.00
Tensile (σt)	0.71	0.88	1.00	0.70	0.84	1.00

強度(kg/cm²)를 나타내고, C_b는 %이다. 이는 再生樹脂콘크리트의 引張特性을 나타내 주는 結果로 樹脂에서 보여주는 引張特性和 같다.

휨強도의 경우도 Fig. 5에 나타난 바와 같이 結合材 含有率이 增加할 수록 強度도 Sand A, Sand B 모두 增加하였으며, 이것을 回歸方程式으로 나타내면 式 (5), (6)과 같다.

$$\sigma_{bA} = 69 + 2.10C_b \dots\dots\dots(5)$$

$$\sigma_{bB} = 4 + 3.56C_b \dots\dots\dots(6)$$

여기서 σ_{bA} , σ_{bB} 는 各各 Sand A, Sand B의 휨強度(kg/cm²)를 나타내고 C_b는 %이다.

各 強度에서 Sand A와 Sand B에 대한 強度를 比較해 볼때 Sand A는 Sand B보다 높은 強度를 나타내고 있는데, 이는 Sand B가 粗砂이고 低成 形壓力로 인하여 樹脂와 모래間의 結合力이 弱하기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 強度間의 比較에 있어서 壓縮強度에 대한 引張強度比와 휨強度比 그리고 引張強度에 대한 휨強度比를 求하여 보면 Table-8과 같으며, 그 比率은 各各 14~18%, 42~54%, 32~34%를 나타내었다.

이와 같은 結果는 再生樹脂콘크리트에 대한 山口¹³의 여러 成形條件에 따른 引張強度에 대한 휨強度比 42~64%, 그리고 레진콘크리트에 대한 Valore⁴)의 強度推定公式에서 求한 引張強度에 대한 휨強度比 56%와 比較할 때 本試驗의 結果가 낮은 것은 引張強度가 휨強度보다 相對的으로 매우 낮은 強度特性을 나타낸 것으로 이는 本試驗用 供試體를 冷却하는 過程에서 供試體의 内外部 溫度 差異로 供試體의 中央内部에 發生한 氣泡群이 휨強度試驗의 경우 휨應力은 供試體 表面에 크게 作用하는 데 比較해서 引張強度의 경우 引張應力은 氣泡群이 있는 中央에 크게 作用하기

때문에 引張強度가 相對的으로 매우 작게되어 나타난 結果라고 判斷된다.

이상의 強度試驗 結果와 關係資料등을 綜合해 볼 때 再生樹脂콘크리트의 強度는 樹脂 自體의 強度를 超過하지 못하는 것으로 判斷되었으나 樹脂含有量을 30~40%로 할 경우 部分的 建設材料로서의 所要強度를 確保할 수 있으며 또한 시멘트 콘크리트와의 經濟性도 比較될 수 있을 것으로 思料된다.

2. 耐熱性과 휨強度

再生樹脂콘크리트의 補助劑에 대한 效果를 比較하기 위하여 肉眼으로 觀察한 表面劣化狀態는 Table-9와 같으며, 또한 -23℃에서 80℃까지의 溫度에서 1日間 維持한후 휨強度 試驗한 結果를 圖示하면 Fig. 6과 같다.

Table-9에서 보여 주는 바와 같이 補助劑의 耐熱效果로는 카본블레이 가장 優秀하였고 B. H. T., 酸化鐵의 順으로 나타났다.

휨強도와 溫度間의 關係는 Fig. 6과 같이 結合材 含有別로 溫度上昇에 따라 휨強度 低下가

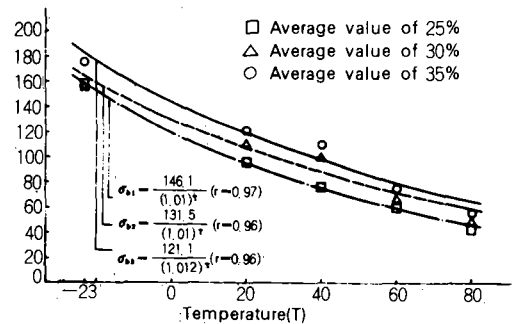


Fig.6. Relationship between Flexural Strength and Temperature

Table-8. Ratio between Strengths

Strength ratio	Ratio(Sand A) Binder content(%)			Ratio(Sand B) Binder content(%)		
	20	30	40	25	30	35
Tensile						
Compressive	0.14	0.17	0.17	0.16	0.15	0.18
Flexural						
Compressive	0.42	0.52	0.53	0.46	0.48	0.54
Tensile						
Flexural	0.33	0.32	0.33	0.33	0.32	0.34

Table-9. Result of Thermal Deterioration Test

Additive	Aspect of Deterioration	Grade
Ferric oxide	Unevenness of open surface and fallen wrinkle of sides Domed bend Changing from dark red to lighter color r	Poor
B. H. T. Ionol	1mm diameter of blister in overall surface. Twist Changing from light brown to darker color.	Good
Carbon black	0.5mm diameter of blister in partial surface	Excellent

顯著하였고, 結合材 含有率間의 靱強度는 結合材 含有率이 높을 수록 높은 強度를 나타내었다.

靱強度와 溫度間의 關係는 樹脂의 熱的 特性을 나타내 주는 것으로서 이들의 關係式을 結合材 含有率別로 回歸方程式으로 나타내면 式(7), (8), (9)와 같다.

$$\sigma_{b1} = \frac{146.1}{(1.01)^T} \dots\dots\dots (7)$$

$$\sigma_{b2} = \frac{135.5}{(1.01)^T} \dots\dots\dots (8)$$

$$\sigma_{b3} = \frac{121.1}{(1.012)^T} \dots\dots\dots (9)$$

여기서 σ_{b1} , σ_{b2} , σ_{b3} 의 單位는 kg/cm^2 이고 添字 1은 $C_b=25\%$, 2는 $C_b=30\%$, 3은 $C_b=35\%$ 를 나타내며 T는 $^{\circ}C$ 값으로 한다.

各各의 結合材 含有率에 대해서 20%의 靱強度를 基準으로 하여 其他溫度와의 強度比를 圖示하면 Fig. 7 과 같다. 20 $^{\circ}C$ 에서 80 $^{\circ}C$ 까지의 零上溫度 範圍에서 溫度間의 強度低下傾向을 살펴보면, 20 $^{\circ}C$ 와 40 $^{\circ}C$ 사이에서는 強度低下가 크지 않았으나 60 $^{\circ}C$ 이상에서는 強度低下가 크게 나타났다. 이와 같은 結果를, 熱變形溫度(Heat distortion temperature)가 84.6 $^{\circ}C$, 98 $^{\circ}C$ 인 2種의 폴리에스테르樹脂를 各各의 結合材로 使用한 레진콘크리트에 대하여 壓縮強度를 試驗한 結果 60 $^{\circ}C$ 에서 急激한 強度減少가 發生하였다고 하는 岡田⁵⁾의 試驗結果와 比較해 볼 때, 岡田의 試驗結果에서는 熱變形溫度 以下에서 強度減少가 顯著 하였으나, 熱變形溫度가 各各 45 $^{\circ}C$, 70 $^{\circ}C$ 인 低密度폴리에틸렌과 高密度폴리에틸렌을 50%씩 混合한 本試驗에서는 熱變形溫度 附近에서 強度減少가 顯著하였음을 알 수 있다.

3. 耐藥品性과 靱強度

酸과 알카리酸液에 7日間 沈漬시킨 供試體의 表面腐蝕狀態를 肉眼으로 調査한 結果 거의 變化가 없었다. 그리고 腐蝕으로 因한 重量損失率은

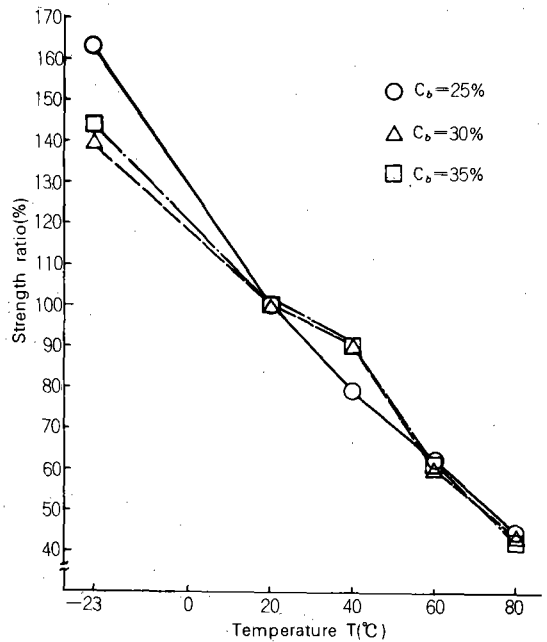


Fig. 7. Strength ratio Between temperatures

Table-10. Weight Loss after 7 Days Immersion in Acid or Alkali Solutions

Solution	Weight loss(%)		
	Binder content(%)		
	25	30	35
HCl (10%)	0.22	0.20	0.18
H ₂ SO ₄ (30%)	0.28	0.22	0.21
NaOH (60%)	0.25	0.23	0.18

再生樹脂 콘크리트의 力學的 性質에 관한 研究

Table-10과 같고 휨強度 試驗結果는 Table-11과 같다.

Table-10에서 보여주는 바와 같이 重量損失에 있어서 結合材 含有率間의 差異는 크지 않았으며, 重量損失率도 0.28% 이하의 매우 낮은 값을 나타내므로써 再生樹脂콘크리트가 酸과 알카리에 대해서 매우 耐藥品性이 높음을 알 수 있다.

Table-11과 휨強度 實驗值에서 酸 및 알카리溶液 沈漬處理에 대한 Duncan의 多重檢定 結果는 Table-12와 같다. Table-12에 나타난 바와 같이 거의 모든 處理間에서 휨強度의 差異를 認定할

수 없었다. 그러나 Table-13에서와 같이 結合材 含有率間의 휨強度사이에는 大部分 有意差가 認定되었다.

4. 耐火性

再生樹脂콘크리트의 耐火性을 알아보기 위하여 結合材 含有率 30%에 대해 燃燒條件(A),(B)에서 各 測點의 溫度와 燃燒狀況을 調査한 結果는 Table-14와 같다.

Table-14와 같이 燃燒條件(A)에서는 測點C가 119~120℃일 때, 그리고 燃燒條件(B)에서는 107

Table-11. Flexural Strength after 7 Days Immersion in Acid or Alkail Solutions

Binder content (%)	Flexural Strength(kg/cm ²)												
	Water			HCl(10%)			H ₂ SO ₄ (30%)			NaOH(60%)			
	For each	Average		For each	Average		For each	Average		For each	Average		
25	88	88		83	83		9	69	75		72	80	
	98	100	96	92	95	92	83	87	83	82	88	82	
	109			107			102			89			
30	100	110		89	90		9	93	100		98	108	
	114	115	111	93	97	93	110	102	105	109	122	112	
	116			98			113			123			
35	100	119		89	90		9	105	109		95	116	
	128	129	121	103	113	102	110	111	109	120	123	117	
	131			117			113			131			

Table-12. Duncan's Multiple Range Test on Flexural Strength between Acid or Alkali Solutions

Binder content (%)	Solution				Standard error(S \bar{x})
	HaOH(D)	H ₂ SO ₄ (C)	HCl(B)	Water(A)	
25	D[82]	C[83]	B[92]	A[96]	3.21
30	B[93]	C[105]	D[111]	A[112]	3.85

Notes: Numbers in the barket are flexural strength. 5% of significance

Table-13. Duncan's Multiple Range Test on Flexural Strength between Binder Contents

Solution	Binder content(%)			Standard error(S \bar{x})
	25(C)	30(B)	35(A)	
Water	C[96]	B[111]	A[121]	2.10
HCl(10%)	C[92]	B[93]	A[102]	2.16
H ₂ SO ₄ (30%)	C[83]	B[105]	A[109]	2.40
NaOH(60%)	C[82]	B[112]	A[117]	1.81

Notes: Numbers in the barket are flexural strength. 5% of significance

Table-14. Result of Fire Resistance Test

Ignition condition	Time (min)	Temperature(°C)					State of ignition
		Measuring point					
		A	B	C	D	E	
(A) Space of 3 cm from flame to bottom of specimen	0	22	22	22	22	22	Smell of paraffin after 1 minute
	5	24	38	48	30	24	
	10	28	50	70	42	27	
	15	30	61	82	52	30	Deflection of upper surface after 23 minutes
	20	45	87	119	78	45	
	30	46	89	120	80	48	
	60	48	90	122	83	50	
	90	49	91	123	89	53	
120	50	92	124	89	55	Non combustion	
(B) Bottom of specimen in contact with flame (1.0cm dia. of flame circle)	0	23	23	24	23	23	Burning sound after 3 minutes
	5	24	34	78	34	24	Upper surface is swelled out after 10 minutes
	10	27	52	107	52	28	
	15	32	69	131	69	33	Deflection of upper surface after 18 minutes
	20	37	86	162	83	38	
	24	41	100	174	90	42	Combustion after 24 minutes

~131°C일 때 부풀음과 처짐이 발생하였다. 이는 결합材인 폴리에틸렌의 熔融溫度가 低密度폴리에틸렌의 경우 105~110°C이고 高密度폴리에틸렌의 경우 132~135°C인 것을 考慮해 볼 때 결합材가 熔融溫度에 이르면 再生樹脂콘크리트도 熔融狀態가 되는 것으로 생각된다.

또한 燃燒條件 B의 경우 測點C의 溫度가 174°C일 때 引火되었는데, 이는 폴리에틸렌의 引火溫度가 340°C인 것과는 差異가 나는 結果로 이는 本試驗의 溫度計가 불꽃과 直接的으로 接觸하고 있지 않고, 熔融 狀態인 再生樹脂콘크리트의 内部溫度를 가르키기 때문인 것으로 判斷된다.

이와 같은 試驗結果로부터 再生樹脂의 耐火特性은 骨材의 影響을 거의 받지 않고 結合材 自體의 熔融溫度와 燃燒溫度에 따르는 것을 알 수 있다. 따라서 再生樹脂콘크리트의 耐火性을 높이기 위해서는 樹脂의 適定選定과 防焰處理 등이 必要한 것으로 생각된다.

IV. 結 論

本 研究는 廢棄된 合成樹脂 가운데 再生이 容易하고 價格이 低廉한 低密度폴리에틸렌과 高密度폴리에틸렌을 各各 50%씩 混合한 것을 骨材(모래)의 結合材로 하여 만들어진 再生樹脂 콘크

리트에 대하여 새로운 建設材料로서의 利用可能性 與否를 檢討하기 위하여 力學的 性質을 究明하였다. 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 結合材含有率(20~40%)의 增加에 따라 壓縮, 引張, 靱強度가 모두 增加하였으며 그 중에서 壓縮強度가 가장 높고 靱強度, 引張強度의 順으로 나타났다.

2. 壓縮, 引張, 靱強度는 粗砂보다 細砂를 使用할수록 또한 成形壓力를 높게 할수록 더욱 높은 強度를 나타내었다.

3. 熱劣化防止用 補助材의 效果는 카본블라이가 가장 優秀하였고 B. H. T., 酸化鐵의 順으로 나타났다.

4. 靱強度와 溫度(-23~80°C)間的 關係에서 靱強度는 溫度의 增加에 따라 結合材含有率 25%, 30%, 35%에서 모두 減少하였고 特히 溫度 60°C에서 強度가 크게 低下하는 傾向을 나타내므로 使用範圍의 適定選擇과 耐熱性 向上 등이 必要한 것으로 判斷되었다.

5. 7日間 酸과 알칼리 溶液에 浸漬한 結果 腐蝕에 의한 重量減少率 및 靱強度低下는 處理溶液間에 거의 有意差를 볼 수 없었다.

6. 耐火性은 骨材의 影響을 거의 받지 않고 結合材 自體의 熔融 및 燃燒性에 따르는 傾向을 나타내고 있어 耐火效果를 높기려면 結合材의 適

定選擇과 防焰處理 등이 必要한 것으로 思料되었
다.

參 考 文 獻

1. Fowler, D. W. et al, 1986, Guide for the Use of Polymer in Concrete, Journal of ACI No 5, pp. 798~829.
2. Kukacka, L. E. et al, 1968, Concrete-Polymer Materials(1st Topical Report), BNL 50134 (T-509)
3. Stavrako, E. Kh., 1959, Novyi Stroiteniy Material- Plasto-beton, Transportnoe Stroitel'stvo, 9-5
4. Valore, R. C. et al, 1973, Resin Bound Aggregate Material Systems, Polymer in Concrete, SP-40, ACI, pp. 216~222.
5. 岡田 情 外 1, 1975, レジンコン크리트の材料特性の温度依存性について, 材料, 第24卷, 第260號, pp. 38~44.
6. 岡田 清, 1985, ポリマーコン크리트に関する研究の發展と動向, 土木學會論文集, 第354, V-2, pp. 1~10.
7. 金宇哲 外 7, 1985, 現代統計學, 英志文化社 pp. 214~266.
8. 金正年, 1986, 統計學, 經文社, pp. 527~561
9. 大浜嘉彦, 1977, プラスチックコン크리트-

開發經過と今後の展望, 工業材料, 第25卷, 第12號, pp. 10~17.

10. 朴承國 譯, 1976, 폴리에틸렌樹脂, 大光書林 pp. 82~88, 102~115, 119~122.
11. 邊根周, 1987, 폴리머콘크리트, 대한토목학회지, 第35卷, 第1號, pp. 37~42.
12. 山口章三郎, 1976, プレンド複合と廢棄再生プラスチック複合材料(I), 工業材料, 第24卷 第9號, pp. 79~87.
13. 山口章三郎, 1976, プレンド複合と廢棄再生プラスチック複合材料(II), 工業材料, 第24卷, 第10號, pp. 63~72.
14. 이서봉 외 1, 1982, 합성수지의 시멘트콘크리트에의 이용, 폴리머, 제6권, 제3호, pp. 145~160.
15. 禹福均 譯, 1985, 最新플라스틱材料, 大光書林 pp. 127~177, 227~243, 365~390.
16. 鄭文植, 1985, 우리나라 固體廢棄物處分現況과 그 改善策, Seminar on Environmental Problems and Strategies for 2000, pp. 157~186.
17. 鄭鎮喆, 1987, Plastic公害의 現況과 對策, 環境汚染特別세미나資料集, pp. 164~174.
18. 趙載英 外 1, 1976, 實驗統計學分析法, 鄉文社, pp. 79~129.
19. JIS A 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186.
20. KS M 3007, 3027, 3408.
F 2405, 2408, 2423.