

콘크리트 製品製造에 産業廢棄物과 연탄재의 利用에 關한 研究

Study on the utilization of the industrial waste materials and the
briquette ash as mixing materials for the concrete Products.

金 成 完*
Seong Wan Kim

Summary

In order to investigate the utilization of industrial waste and briquette ash for concrete production, briquette ash was used as fine aggregate for mortar production and three different kinds of mortars were produced by mixing carbide and bottom ashes with cement. These products were compared with mortar, produced by standard sand, in the respects of compressive, tensil and bending strengths. Further study on the economic aspect of utilization of briquette ash is needed but the results obtained from our preliminary study are summarized as follows:

1. The compressive strengths at the age of seven days of mortars, made of one to two ratios of cement to briquette ash, (cement+carbide ash) to briquette ash and (cement +bottom ash) to briquette ash were 70%, 61% and 58%, respectively, of the mortar made of standard sand. The compressive strengths of those mortars at the age of 28 days were 56%, 49% and 48% of the mortar made of standard sand.
2. The compressive strengths at the age of seven days of the mortar made of one to two ratios of cement to briquette ash, (cement+carbide ash) to briquette ash and (cement+bottom ash) to briquette ash were 84%, 73% and 70% of the mortar which was produced according to Korean Standard Value. The compressive strengths of those mortars at the age of 28 days were 85%, 73% and 73% of the mortar of the Korean Standard value.
3. The tensil strengths at the age of seven days of the mortars made of one to two ratios of cement to briquette ash, (cement+carbide ash) to briquette ash, and (cement +bottom ash) to briquette ash were 64%, 36%, and 36%, respectively, of the mortar of standard sand. The tensil strengths of those mortars at the age of 28 days were 70%, 47%, and 39%, respectively, of the standard mortar. The mortars made of one to two ratios of cement to briquette ash at the age of seven and 28 days were higher than the mortars of Korean Standard. The other mortars were 61 to 62% at the age

*忠南大學 校 農科大學 農工學科

- of seven days and 75 to 90% at the age of 28 days of the Korean Standard mortar, respectively.
4. The bending strengths at the age of seven days of mortar made of one to two ratios of cement to briquette ash, (cement+carbide ash) to briquette ash, and (cement+bottom ash) to briquette ash were 46%, 53% and 50% of the mortar of standard sand. The bending strengths of those mortars at the age of 28 days were 90%, 77% and 69%, respectively of the mortar of standard sand.
 5. The mortar of briquette ash which was lower in strengths compared with the mortar of cement have shown possibility of its secondary products of cement and concrete. The uses of briquette ash and industrial waste as construction materials would contribute toward solving various pollution problems caused by industrial wastes and saving labor costs needed to cleaning up. Furthermore, the effective use of briquette ash would greatly save the aggregate resources.

I. 緒 論

資源과 에너지의 大部分을 輸入에 依存하고 있는 우리나라의 實情으로서는 資源의 再生, 有効利用을 積極的으로 推進하고 實用化 시키지 않으면 안된다. 近來 새로운 技術의 開發에 대해서는 各分野別로 活潑히 研究되어 가고 있으나 우리의 가까운 周邊에 散在되어 있는 廢棄物에 對하여는 等閑視하고 있는 實情이다. 都市에서는 많은 煙燻재가 廢棄物로서 處理하기 困難한 狀態에 있고 産業工場에서는 石灰灰, 炭찌꺼기, 鑛滓, Fly-ash, Bottom-ash, 카바이트 찌꺼기 등이 廢棄物로서 쓸모없이 버려지고 있다.

이들 廢棄物들은 路上에 散亂되어 都市의 美觀을 害치고 大氣汚染등의 公害因子로 되고 있으며 Fly-ash의 一部는 利用되고 있으나 大部分은 廢棄되고 있는 實情이며 이들은 海面으로 流出되어 김의 養殖, 漁業, 海水浴場 등에 公害問題로 되는 경우도 많이 있다.

이와같은 廢棄物이 土木, 農業土木, 農業施設 등의 建設材料인 모르타나 콘크리트에 有効하게 利用된다고 하면 大氣汚染, 海洋汚染 등의 公害를 豫防하면서 廢棄物을 効果的으로 再利用한다는 資源節約의 큰 뜻이 있다고 본다.

外國에서는 廢棄物中 有効한 資源을 콘크리트에의 利用可能性⁽¹⁾, 廢棄物을 固型化할때의 基準에 대한 檢討, 콘크리트 廢棄物의 콘크리트 骨材로서의 利用 등에 대하여 研究가 進行되고 있으며 有害한 廢棄物의 處理에 結合材를 使用하여 固型化시켜 海洋投棄하는 方法은 이미 實用化되고 있으며⁽²⁾⁽³⁾

美國에서는 近來 都市廢棄物에서 分別한 破碎된 유리 또는 其他 固體物을 Asphalt concrets에 混入하여 利用하려는 研究가⁽⁴⁾ 進行되고 있다.

燒成灰에 石灰를 加하여 數倍의 強度를 얻고 여기에 高溫蒸氣養生을 하고 少量의 硃화칼슘을 添加하면 壓縮強度가 最高 350kg/cm²까지 되는 硬化體를 얻을수 있다고 하며⁽⁵⁾ 飛散되기 쉬운 燒却灰를 粘土鑛物을 混入한 시멘트폴로 處理하여 뒤채움 자갈등의 代用으로 利用하고⁽⁶⁾ 또 燒却灰를 흙으로 보고 시멘트를 添加하여 締固시킨후 路盤骨材로서 利用하고 시멘트와 其他 硬化材에 의한 廢棄物의 固形을 砂狀化하는 方法도 研究中에 있다⁽⁷⁾.

良質의 모르타나 콘크리트는 良質의 原材料를 使用하고 高度의 管理下에 生産되고 있으며 原材料에 廢棄物을 混入하여 使用하더라도 良質의 모르타나 콘크리트가 要望되지만 그렇지 않을때는 使用目的에 따라 低強度를 要하는 곳에 使用한다면 그 用途는 多様한 것으로 생각된다.

따라서 本研究에서는 廢棄物을 利用한 시멘트 및 콘크리트의 二次製品의 利用可能性을 究明하기爲하여 카바이트 찌꺼기 및 Bottom-ash를 混合한 시멘트와 煙燻재를 1:2, 1:3, 1:4, 1:5의 配合比로 供試體를 製作하고 材令 7 및 28日의 壓縮, 引張 및 휨強度를 測定하여 考察하였다.

本研究은 峨山社會福祉事業財團에서 支給되는 研究費로 遂行되었는바 本研究遂行에 많은 도움을 주신 財團 여러분께 깊은 感謝를 드립니다.

II. 材料 및 方法

1. 使用材料

(가) 시멘트

시멘트는 S 洋灰工業株式會社 大田工場에서 1978 年 4 月에 出荷된 보통 포틀랜드 시멘트를 使用했으며 그 化學成分과 物理的 性質은 Table-1, 및 2와 같다.

(나) 연탄재

연탄재는 家庭用 25孔炭의 完全燃燒된 것으로 大田市 文化洞에서 수집하여 破碎해서 0.5mm체에 通

過시켜 使用했으며 그의 化學成分과 物理的 性質은 Table-3과 같으며 粒度分布는 Table-4와 같다.

(다) 카바이트 찌거기

使用된 카바이트 찌거기의 化學成分은 Table-5와 같다.

(라) Bottom-ash

群山火力發電所에서 採取했으며 化學成分은 Table-6과 같다.

(마) 標準砂

잔골재는 標準砂 (KS L 5100)를 使用했으며 物理的 性質 및 粒度는 Table 7, 및 8과 같다.

Table-1. Chemical composition of cement used (%)

| Item | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | Ig.loss | Insol. resid. |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----------------|---------|---------------|
| Cement | 21.6 | 5.4 | 3.3 | 63.1 | 2.5 | 2.0 | 0.4 | 0.09 |

Table-2. Physical properties of cement used.

| Item | S.G | Setting time | | Fineness Blaine (cm ² /g) | Compressive strength (kg/cm ²) | | | Tensile strength (kg/cm ²) | | |
|--------|------|----------------|-----------------|---|--|-------|--------|--|-------|--------|
| | | Initial (min.) | Final (hrs:min) | | 3days | 7days | 28days | 3days | 7days | 28days |
| Cement | 3.10 | 210 | 6 : 15 | 2,800 | 165 | 230 | 320 | 15 | 22 | 33 |

Table-3. Characteristics of briquette ash used (%)

| Item | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | Ig-loss | Max. grain size | S.G |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|------------------|-------------------|---------|-----------------|-----|
| Content | 54.0 | 33.3 | 5.6 | 0.3 | 0.9 | 0.86 | 0.40 | 0.07 | 0.5mm | 2.5 |

Table-4. Grain size distribution of briquette ash

| diameter(mm) | 0.5< | 0.5~0.297 | 0.297~0.177 | 0.177~0.105 | 0.105~0.074 | 0.074> |
|--------------|------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|
| ercentage(%) | 0 | 20 | 28 | 34 | 12 | 6 |

Table-5. Chemical composition of carbide-ash used.

| Item | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Ig. loss |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|----------|
| Content | 20.9 | 37.4 | 10.8 | 0.002 | 0.48 | 26.0 |

Table-6. Chemical composition of Bottom-ash used.

| Item | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO | MgO | Na ₂ O K ₂ O | Total |
|---------|------------------|--------------------------------|------------------|------|------|---------------------------------------|-------|
| Content | 57.17 | 25.49 | 0.22 | 0.71 | 1.61 | 2.54 | 99.36 |

Table-7. Physical properties of fine aggregate used.

| Sample | S.G | Absorption | Percentage finer than NO. 200 Sieve | Organic Content | Remark |
|----------------|------|------------|-------------------------------------|-----------------|--------|
| Jumun jin sand | 2.63 | 0.07% | 0.01 | good | |

Table-8. Gradation of standard sand.

| Item | Gradation | | | | Unit weight |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------|-----------------------|
| | No.20(841 μ) | No.30(595 μ) | No.50 (297 μ) | Peat | |
| Sand for tensile strength test | below 1.0% | over 95.0% | — | below 0.4% | 1.53g/cm ³ |
| Sand for compressive strength test | — | below 1.0% | over 95.0% | below 0.4% | |

2. 試驗方法

시멘트 모르타에 사용되는 잔골재를 연탄재로 대체하여 연탄재 모르타를製作하였다. 配合는 시멘트:標準砂, 시멘트:연탄재, [시멘트+카바이트찌꺼기(90%+10%)] : 연탄재, [시멘트+Bottom-ash(80%+20%)] : 연탄재의 4種類로 하였고 配合比는 1:2, 1:3, 1:4, 1:5로 하였으며 flow值를 160±5mm로 하여 壓縮強度, 引張強度 및 휨強度用 供試體를 成型하고 養生後 所定의 材令에서 各各 3 反覆試驗을 하였다.

가. 使用機器

壓縮強度 試驗機는 東光精密機械株式會社製의 壓縮強度 試驗機(20 TON)를 使用하였고 引張強度 및 휨強度 試驗機는 興晉精密機械工業社의 Mechaelies type cement tester를 使用하였다.

나. 供試體 製作

壓縮強度用 供試體는 시멘트 모르타의 壓縮強度 試驗方法 (KS L 5105)에 準하였으며 다짐은 重量 900g, 底部 斷面은 3.5cm×3.5cm의 4角形 斷面에 손잡이가 있는 18cm길이의 鐵製다짐봉으로 2層으로 나누어 各層 32회씩 다졌다. 引張強度 供試體는 시멘트 모르타의 引張強度 試驗方法 (KS L 5104)에 準하였으며 휨強度用 供試體는 JIS R 5201에 準하여 製作하였다.

시멘트와 연탄재의 混合은 모르타 mixer를 使用하였으며 연탄재의 吸水率이 커서 workability는 시멘트 모르타에 比하여 良好하지 못하였으나 混合時間을 多少 延長 시키면서 flow值가 160±5mm가 되도록 混合하였다.

成型된 供試體는 24時間 養生箱子(20±2°C, 濕度

90% 以上)에 靜置한 後 20±2°C의 水槽에 材令 7 및 28日分에 대하여 壓縮, 引張, 및 휨強度分으로 分類 養生하고 加溫裝置는 100V, 2KW±2°C의 自動水温 調節裝置를 使用하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 壓縮強度

壓縮強度 試驗結果는 Table-9에서 보는 바와같이 시멘트:標準砂의 材令 7 및 28日의 強度를 各各 100%로 했을때 시멘트:연탄재는 시멘트:標準砂 強度의 材令 7日에서 38~70%, 材令 28日에서 56~75%의 強度를 나타냈으며 (시멘트+카바이트찌꺼기):연탄재는 材令 7日에서 38~61%, 材令 28日에서 48~85%의 強度를 나타냈고 (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 材令 7日에서 33~70%, 材令 28日에서 45~77%의 強度를 나타내고 있다.

材令 7 및 28日에서 모두 富配合일수록 4種의 壓縮強度가 높으게 나타나고 있으며 各各 1:2에서 가장 높은 強度를 나타내고 있다. 이것은 연탄재, 카바이트찌꺼기, Bottom-ash가 含有된 모르타라도 시멘트의 含量이 클수록 強度가 增加되는 시멘트 모르타와 같은 傾向을 보여 주고 있다. 1:2, 1:3, 1:4에서 大體적으로 強度의 크기는 시멘트:標準砂, 시멘트:연탄재, (시멘트+카바이트찌꺼기):연탄재, (시멘트+Bottom-ash):연탄재의 順으로 나타나고 있다.

材令 7日의 最大壓縮強度는 各各 1:2에서 나타나고 있으며 시멘트:標準砂에서 180kg/cm², 시멘트:연탄재에서 126kg/cm², (시멘트+카바이트찌꺼기

기) : 연탄재에서 110kg/cm², (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재에서 105kg/cm²를 나타내고 있다. 또한 材 畧 28日에서 1 : 2에서 各各 最大強度를 나타냈고 시멘트 : 標準砂에서 369kg/cm², 시멘트 : 연탄재에서 208kg/cm², (시멘트+카바이트 찌거기) : 연탄재에서 179kg/cm², (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재에서 178kg/cm²의 強度를 나타내고 있다. 1 : 2에서 시멘트 : 標準砂에 대한 其他分의 壓縮強度는 材畧 7日에서 58~70%, 材畧 28日에서 48~56%의 強度를 나타내고 있다. 시멘트 : 연탄재의 配合으로 1 : 2의 材畧 28日에서 標準砂 使用時의 56% 強度가 나타내고 있으며 카바이트 찌거기 (10%), Bottom-ash (20%)를 시멘트에 添加한 경우는 添加하지 않은 경우 보다 各各 7~8%의 強度가 低下되었으나 廢棄物의 有效利用으로 因한 이 정도의 強度低下는 큰 問題가 되지 않는 것으로 思料되며 연탄재는 勿論 카바이트 찌거기, Bottom-ash의 有效利用도 可能性이 있다고 思料된다.

KS L 5201의 시멘트의 壓縮強度에서 材畧 7日是 50kg/cm²以上, 材畧 28日是 245kg/cm²以上으로 規定되어 있는바 本試驗에서는 1 : 2의 材畧 7日에

서 KS規格의 70~84%, 材畧 28日에서 73~85%의 強度를 나타내고 있다.

우리나라의 연탄재제품의 규격 및 결정기준⁽⁹⁾에서 연탄재 벽돌의 壓縮強度는 80kg/cm²以上으로 되어 있는바 本試驗에서는 使用材料와 供試體의 치수 및 다짐方法등이 相異하여 直接 比較하기는 困難하나 시멘트 : 연탄재, (시멘트+카바이트 찌거기) : 연탄재, (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재의 3種이 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4에서 規準值를 上廻하고 있다.

wolgan⁽¹²⁾은 벽돌벽의 줄눈의 強度는 30kg/cm²의 壓縮強度가 必要하다고 하였는 바 本試驗結果 1 : 2의 材畧 28日에서 시멘트 : 연탄재, (시멘트+카바이트 찌거기) : 연탄재, (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재의 3種은 모두 이 값 以上이고 竹山⁽¹³⁾는 블록(Block)의 耐力規格草案에서 實斷面에 對한 壓縮強度는 A種은 130kg/cm², B種은 90kg/cm², C種은 65kg/cm²로 되어 있는바 本試驗에서는 使用材料와 供試體의 치수 및 다짐方法등이 相異하여 直接比較하기는 困難하지만 1 : 2의 材畧 28日에서 이들의 壓縮強度를 上廻하고 있다.

Table-9. Results of compressive strength test

| Mixing Ratio | σ_7 (kg/cm ²) | | | | σ_{28} (kg/cm ²) | | | | σ_7 (%) | | | | σ_{28} (%) | | | |
|--------------|----------------------------------|------|---------|---------|-------------------------------------|------|---------|---------|----------------|------|---------|---------|-------------------|------|---------|---------|
| | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br |
| 1 : 2 | 180 | 126 | 110 | 105 | 369 | 208 | 179 | 178 | 100 | 70 | 61 | 58 | 100 | 56 | 49 | 48 |
| 1 : 3 | 161 | 73 | 59 | 53 | 222 | 146 | 106 | 101 | 100 | 45 | 37 | 33 | 100 | 66 | 48 | 45 |
| 1 : 4 | 119 | 45 | 45 | 46 | 142 | 107 | 83 | 84 | 100 | 38 | 38 | 39 | 100 | 75 | 58 | 59 |
| 1 : 5 | 57 | 26 | 34 | 40 | 79 | 47 | 67 | 61 | 100 | 46 | 60 | 70 | 100 | 59 | 85 | 77 |

C : Cement
Bo : Bottom-ash

Ca : Carbide-ash
Br : Briquetts-ash

S : Standard Sand

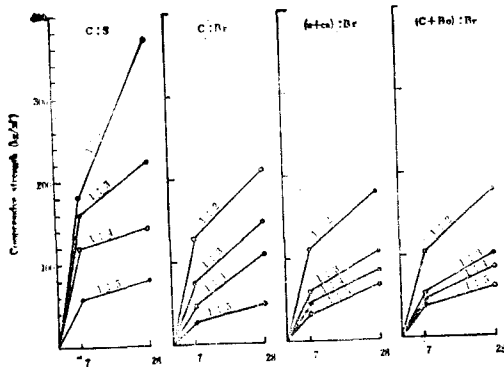


Fig. 1. Relationship between compressive strength and ages.

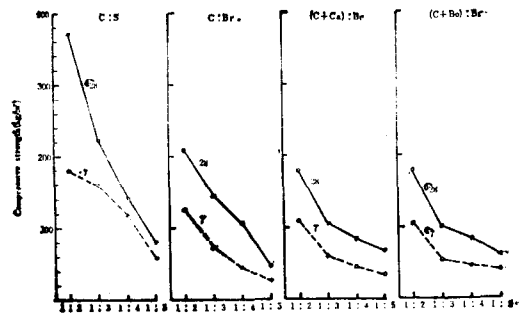


Fig. 2. Relationship between compressive strength and mixing ratios.

2. 引張強度

引張強度 試驗結果는 Table-10에서 보는 바와 같이 시멘트:標準砂의 材令 7 및 28일의 強度를 各各 100%로 했을때 시멘트:연탄재는 시멘트:標準砂 強度의 材令 7日에서 48~68%, 材令 28日에서 70~119%,의 強度를 나타냈으며 (시멘트+카바이트 찌거기):연탄재는 材令 7日에서 36~67%, 材令 28日에서 47~97%의 強度를 나타냈고 (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 材令 7日에서 36~98%, 材令 28日에서 39~103%의 強度를 나타내고 있다. 引張強度도 壓縮強度와 같이 材令 7 및 28日 모두 富配合일 수록 4種의 引張強度가 높으게 나타나고 있으며 各各 1:2에서 가장 높은 強度가 나타나고 있다. 이것은 연탄재, 카바이트 찌거기, Bottom-ash가 含有된 모르타는 시멘트의 硬化作用에 妨害되지 않으며 시멘트의 含水量이 클수록 強度가 높게 나타나는 것은 壓縮強度의 경우와 같다.

大體的으로 引張強度의 크기는 시멘트:標準砂, 시멘트:연탄재, (시멘트+카바이트 찌거기):연탄재, (시멘트+Bottom-ash):연탄재의 順으로 壓縮強度와 같은 傾向을 나타냈다.

材令 7日의 最大引張強度는 各各 1:2에서 나타나고 있으며 시멘트:標準砂에서 34kg/cm², 시멘트:연탄재에서 21.9kg/cm² (시멘트+카바이트 찌거기):연탄재에서 12.4kg/cm² (시멘트+Bottom-ash):연탄재에서 12.2kg/cm²를 나타내고 있다. 또한 材令 28日에서도 1:2에서 各各 最大引張強度를 나타내고 있으며 시멘트:標準砂에서 48.3kg/cm², 시멘트:연탄재에서 33.6kg/cm², (시멘트+카바이트 찌거기):연탄재에서 22.6kg/cm², (시멘트+Bottom-ash):연탄재에서 18.7kg/cm²를 나타내고 있다. 1:2에서 材令 28日의 引張強度는 시멘트:標準砂의 引張強度의 39~70%에 해당되는 것이다.

연탄재 제품의 規格에는 引張強度에 對한 言及이 없으며 KS L 5201의 시멘트 모르타의 引張強度規格

에 材令 7日은 20kg/cm²以上, 材令 28日은 25kg/cm²以上으로 規定되어 있는바 本試驗에서는 1:2의 材令 7 및 28日에서 시멘트:연탄재가 規格值 以上이었고 1:2에서 其他는 材令 7日에서 61~62% 材令 28日에서 75~90%의 強度를 나타내고 있다

시멘트:연탄재에 比해 (시멘트+카바이트 찌거기):연탄재와 (시멘트+Bottom-ash):연탄재의 引張強度가 低下되는 것은 카바이트 찌거기 10%와 Bottom-ash 20%를 시멘트에 添加하여 添加量만큼 시멘트가 적게 들어간 것이 그 原因이라고 생각된다.

1:2의 材令 28日에서 시멘트와 연탄재만의 混合으로 標準砂 使用時의 70%의 引張強度를 나타내고 있으며 KS L 5201의 規定值 以上이기 때문에 引張強度의 立場에서 보면 연탄재의 再利用可能性이 있다고 생각된다. 또한 카바이트 찌거기 10%, Bottom-ash 20%를 시멘트에 添加한 경우는 첨가하지 않은 경우보다 23~31%의 強度가 低下되고 있으나 廢棄物의 有效利用으로 因한 이 정도의 強度 低下는 壓縮強度의 경우와 같이 큰 問題가 되지 않는 것으로 생각되며 연탄재는 勿論 카바이트 찌거기, Bottom-ash의 有效利用도 可能性이 있는 것으로 생각된다.

材令 28日의 1:4와 1:5에서 시멘트:標準砂에 比해 시멘트:연탄재의 引張強度가 106%, 119%로 나타났고 材令 28日의 1:5에서 시멘트:標準砂에 比해 (시멘트+Bottom-ash):연탄재가 103%로 나타난 것은 貧配合이기에 外見上 연탄재만이 露出되므로 더욱 큰힘을 加하여 成型시킨것이 豫想外의 強度를 나타내게 한 것이 아닌가 생각하며 供試體 製作中 人爲的인 操作이 고르지 못함때 그 原因이 있다고 生覺된다. 따라서 1:2와 1:3의 配合는 利用可能性의 餘地가 있으나 1:4와 1:5의 貧配合은 이미 壓縮強度에서 利用可能性이 없는 것으로 간주하고 再試驗을 하지 않았다.

Table-10. Results of tensile Strength test.

| Mixing ratio | σ_7 (kg/cm ²) | | | | σ_{28} (kg/cm ²) | | | | σ_7 (%) | | | | σ_{28} (%) | | | |
|--------------|----------------------------------|------|---------|---------|-------------------------------------|------|---------|---------|----------------|------|---------|---------|-------------------|------|---------|---------|
| | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br |
| 1:2 | 34.0 | 21.9 | 12.4 | 12.2 | 48.3 | 33.6 | 22.6 | 18.7 | 100 | 64 | 36 | 36 | 100 | 70 | 47 | 39 |
| 1:3 | 14.7 | 9.2 | 6.8 | 8.3 | 23.0 | 18.9 | 12.4 | 14.3 | 100 | 63 | 46 | 56 | 100 | 82 | 54 | 62 |
| 1:4 | 11.9 | 5.7 | 5.7 | 6.4 | 17.4 | 18.5 | 10.9 | 12.8 | 100 | 48 | 48 | 54 | 100 | 106 | 63 | 74 |
| 1:5 | 6.0 | 4.1 | 4.0 | 5.9 | 9.6 | 11.4 | 9.3 | 9.9 | 100 | 68 | 67 | 98 | 100 | 119 | 97 | 103 |

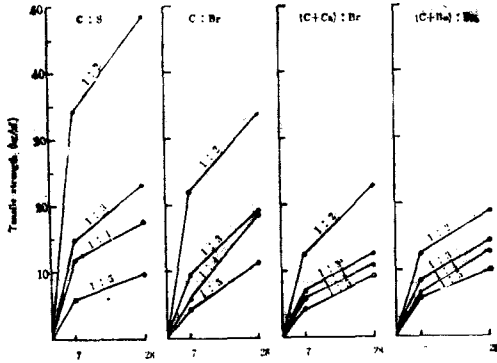


Fig. 3. Relationship between tensile strength and ages.

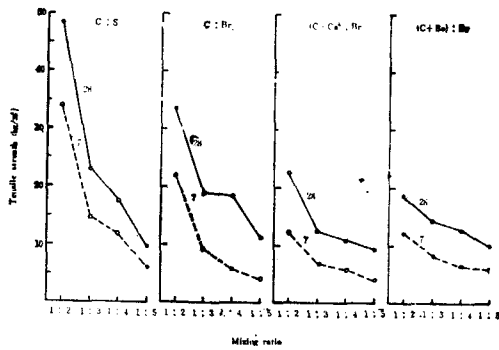


Fig. 4. Relationship between tensile strength and mixing ratios.

3. 靱強度

靱強度 試驗結果는 Table-11에서 보는 바와 같이 시멘트:標準砂의 材令 7 및 28日의 靱強度를 各各 100%로 했을때 시멘트:연탄재는 시멘트:標準砂 靱強度의 材令 7日에서 34~64%, 材令 28日에서 87~107%의 靱強度를 나타냈으며 (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재는 材令 7日에서 36~67%, 材令 28日에서 47~97%의 靱強度를 나타냈고 (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 材令 7日에서 36~98% 材令 28日에서 39~103%의 靱強度를 나타냈다.

靱強度는 壓縮 및 引張強度와 같이 材令 7 및 28日 모두 富配合일수록 4種의 靱強度가 높게 나타나고 있으며 各各 1:2에서 가장 높은 強度가 나타나고 있다. 이것은 연탄재, 카바이트 찌꺼기, Bottom-ash가 含有된 모르타는 시멘트의 硬化作用에 妨害되지 않고 시멘트의 含量이 클수록 強度가 높게 나타나는 것은 壓縮 및 引張強度의 경우와 같다. 大

體的으로 材令 28日에서의 靱強度는 시멘트:標準砂, 시멘트:연탄재, (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재, (시멘트+Bottom-ash):연탄재의 順으로 壓縮強度 및 引張強度와 같은 傾向을 나타내고 있다.

材令 7日의 最大靱強度는 各各 1:2에서 나타나고 있으며 시멘트:標準砂에서 58.1kg/cm², 시멘트:연탄재에서 26.9kg/cm², (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재에서 30.9kg/cm², (시멘트+Bottom-ash):연탄재에서 29.0kg/cm²를 나타내고 있다. 또한 材令 28日에서도 1:2에서 各各 最大靱強度를 나타내고 있으며 시멘트:標準砂에서 62.2kg/cm², 시멘트:연탄재에서 55.9kg/cm², (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재에서 48.1kg/cm², (시멘트+Bottom-ash):연탄재에서 43.1kg/cm²를 나타내고 있다. 1:2에서 材令 28日의 靱強度는 시멘트:標準砂의 69~90%의 靱強度에 해당되는 것이다. JIS의 舊方書의 시멘트 모르타시험규격에 依하면 材令 28日의 靱強度는 40kg/cm²以上으로 規定되어 있는바 모두 이 規定值 以上을 나타내고 있다.

시멘트:연탄재에 비해 (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재와 (시멘트+Bottom-ash):연탄재의 靱強度가 低下된 것은 카바이트 찌꺼기 10%와 Bottom-ash 20%를 시멘트에 添加한것이 그 原因이라고 생각된다.

시멘트와 연탄재 混合으로 標準砂 使用時 1:2의 材令 7日에서 46%, 材令 28日에서 90%의 靱強度를 나타내고 있으며 靱強度 立場에서 보면 연탄재 再利用可能性이 크다고 생각된다. 또한 카바이트 찌꺼기 10%, Bottom-ash 20%를 시멘트에 添加한 경우는 첨가 하지 않은 경우보다. 1:2의 材令 28日에서 13~21%의 靱強度가 低下되었으나 廢棄物의 有効利用으로 因한 이 程度의 強度低下는 壓縮 引張強度의 경우와 같이 큰 問題가 되지 않는 것으로 생각된다.

材令 28日의 1:5에서 시멘트:標準砂에 비해 시멘트:연탄재의 靱強度가 107%를 나타낸 것은 引張強度에서와 같은 原因으로 생각된다.

以上の 結果를 綜合하여 볼때 壓縮強度에 있어서는 KS L 5201에 시멘트의 壓縮強度 規準值를 1:2의 材令 28日에서 시멘트:연탄재는 73~85%의 強度를 나타내고 있으며 또한 연탄재 製品의 規格 및 檢驗기준에서 연탄재 벽돌의 靱度規準과 竹山⁽¹¹⁾의 물려의 耐久規格 A種, B種, C種의 所要靱度를 上廻하고 있다.

引張強度는 KS L 5201 시멘트의 引張強度 規準

Table-11. Results of bending strength test.

| Mixing ratio | σ_7 (kg/cm ²) | | | | σ_{28} (kg/cm ²) | | | | σ_7 (%) | | | | σ_{28} (%) | | | |
|--------------|----------------------------------|------|---------|---------|-------------------------------------|------|---------|---------|----------------|------|---------|---------|-------------------|------|---------|---------|
| | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br | C:S | C:Br | C+Ca:Br | C+Bo:Br |
| 1:2 | 58.1 | 26.9 | 30.9 | 29.0 | 62.2 | 55.9 | 48.1 | 43.1 | 100 | 46 | 53 | 50 | 100 | 90 | 77 | 69 |
| 1:3 | 31.0 | 19.7 | 17.2 | 15.9 | 42.1 | 40.2 | 25.9 | 25.6 | 100 | 64 | 55 | 51 | 100 | 95 | 62 | 61 |
| 1:4 | 22.8 | 12.9 | 11.4 | 13.2 | 36.3 | 31.7 | 21.5 | 22.3 | 100 | 57 | 50 | 58 | 100 | 87 | 59 | 61 |
| 1:5 | 17.9 | 5.9 | 10.2 | 10.7 | 21.3 | 22.8 | 20.1 | 17.0 | 100 | 34 | 57 | 57 | 100 | 107 | 94 | 80 |

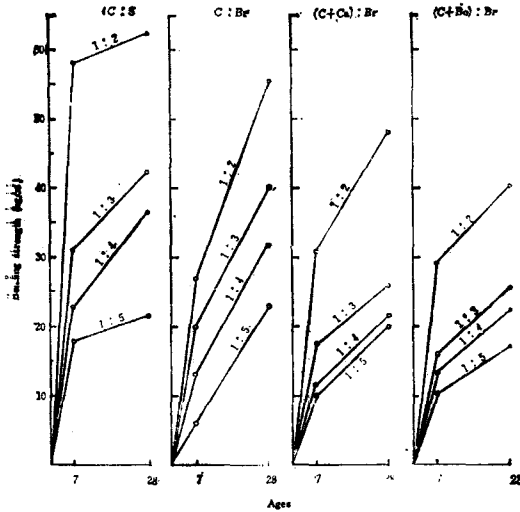


Fig. 5. Relationships between bending strength and ages.

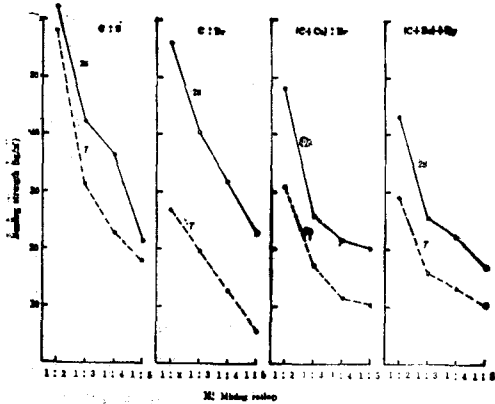


Fig. 6. Relationships between bending strength and mixing ratios.

值를 1:2의 材畝 28日에서 시멘트:연탄재는 規定值를 上廻하고 있으나 (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재는 90%, (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 5%의 값을 나타내고 있다.

시멘트 모르타에서 모래代用으로 廢棄物의 연탄재를 使用했기 때문에 強度의 低下는 避할 수 없으나 促進養生, 粒度, 成型時의 加壓方法 등의 調整으로 強度의 增加가 可能한 것으로 본다.

그리므로 土木, 農業土木, 農業施設 등의 低強度를 要하는 곳에 使用한다면 그 用途는 多樣한 것으로 생각된다. 例컨데 콘크리트 二次製品으로서 各種 벽돌類, 各種 블록類, 비탈面 保護材로서 雜草의 防止, 또는 雨水에 依한 浸蝕의 防止 등으로 表面마르기등, 돌쌓기공사에서 뒤채움자갈 등의 代用으로 利用可能性이 있다고 본다.

IV. 摘 要

콘크리트 製品의 製造에 産業廢棄物과 연탄재의 利用에 關한 研究를 위하여 시멘트 모르타에 使用되는 잔골재 代用으로 연탄재를 使用하여 연탄재의 모르타를 만들었고 시멘트에는 카바이트 찌꺼기, Bottom-ash를 混入하여 3種類의 모르타를 만들어 標準砂를 使用한 모르타와 壓縮, 引張 및 휨強度를 比較 試驗하였다. 本試驗 以外에 經濟性的의 檢討, 耐久性試驗 등 究明되어야 할 問題가 남아 있으나 本試驗에서 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 標準砂를 使用한 모르타의 壓縮, 引張 및 휨強度를 各各 100%로 했을때 1:2에서 壓縮強度는 材畝 7日에서 시멘트:연탄재는 70%, (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재는 61%, (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 58%의 強度가 나타났으며 材畝 28日에서 시멘트:연탄재는 56%, (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재는 49%, (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 48%의 強度를 나타냈다.

2. 壓縮強度는 1:2의 材畝 7日에서 KS 規格值에 對하여 시멘트:연탄재는 84%, (시멘트+카바이트 찌꺼기):연탄재는 73%, (시멘트+Bottom-ash):연탄재는 70%의 強度를 나타내고 있고 材畝 28日에서 시멘트:연탄재는 85%, (시멘트+카바이트 찌꺼기)

: 연탄재는 73%, (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재도 73%의 強度를 나타내고 있다.

3. 引張強度에서는 1:2의 材令 7日에서 시멘트: 標準砂에 比해 시멘트: 연탄재는 64%, (시멘트+ 카바이트 碎거기) : 연탄재는 36%, (시멘트+Bottom ash) : 연탄재도 36%의 強度가 나타났으며 材令 28 日에서 시멘트: 연탄재는 70%, (시멘트+ 카바이트 碎거기) : 연탄재는 47%, (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재는 39%의 強度를 나타내고 材令 7 및 28 日에서 시멘트: 연탄재가 KS規格 이상이 있으며 其他는 材令 7日에서 61~62%, 材令 28日에서 75~90 %이였다.

4. 韌強度에서는 1:2의 材令 7日에서 시멘트 標準砂에 比해 시멘트: 연탄재는 46%, (시멘트+ 카바이트 碎거기) : 연탄재는 53%, (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재는 50%의 強度가 나타났으며 材令 28 日에서 시멘트: 연탄재는 90%, (시멘트+ 카바이트 碎거기) : 연탄재는 77%, (시멘트+Bottom-ash) : 연탄재는 69%의 強度를 나타냈다.

5. 연탄재를 利用한 모르타는 시멘트 모르타에 比해 낮은 強度를 나타내나 低強度를 要하는 시멘트 또는 콘크리트 二次製品에 利用이 可能하다고 보며 연탄재와 産業廢棄物을 建設材料로 利用하므로서 各種公害防止와 廢棄物處理의 勞力節約과 廢棄物의 有効利用으로 資源의 節約을 期할 수 있을 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1) 荒崎勝美(1976); 有害汚泥의 콘크리트 固型化 基準について, 콘크리트工學14(9) pp 19

2) 玉井元治(1976); 粘土礦物 混入セメントミルク による 廢棄物處理とその 有効利用, セメント技術年報 XXX pp 105

3) 田代, 高橋, 金谷, 關田, 吉田, (1975); 重金屬類 廢棄物の セメント 固化處理條件に 關する 基礎實驗 セメント技術年部 XXX pp 74

4) 笠井芳夫(1976); 콘크리트廢棄物の 콘크리트用 骨材としての利用, 콘크리트工學 14(9) pp 16

5) 黑岩忠春(1976); 未利用資源と副産物の 콘크리트への利用, 콘크리트工學 14(9) pp 63

6) Malish, W.R. (1973); Laboratory and Field Experience with Asphaltic concrets Containing Glass Aggregates. Symposium on Utilization of Waste Glass in Secondary Products. Albuquerque N.M : pp 35

7) 滿木泰郁(1976); 放射能廢棄物の セメント固化 콘크리트工學 14 (9) pp 58

8) 콘크리트工學協會 編集委員會(1976); 資源의 再利用と 콘크리트技術, 콘크리트工學. 14(9) pp 8

9) 建設部 고시 81호(1798); 연탄재 제품(벽돌 불력 기와)의 규격및 검정기준 pp 35

10) 寺野, 丸山(1977); セメントなどによる 下水汚泥의 砂狀化と處理物의 有効利用 セメント技術年報 XXXpp 126

11) 竹山謙三郎(1956); 콘크리트ブロック造 及び 輕量콘크리트造 共立出版 pp 47

12) Wolfgang Czermin. 德根吉郎譯(1977); セメント 콘크리트化學. 技報堂 pp. 3