

FLY-ASH의 概要

大陸特殊시멘트工業株式會社

業務部長 金 有 哲

1. FLY-ASH(플라이 애쉬)의 沿革

FLY-ASH는 其 特性 및 使用面에 研究가 隨伴되어 漸次 其使用範圍가 擴大되고 있으며 그 需要의 增進이 期待되고 있다. FLY-ASH의 利用範圍가 擴大되어가는 理由는 利用者에 있어서 어떤 種類의 魅力이 있기 때문이다. 그중 第一 큰 것은 시멘트(Cement)의 混和劑로서 使用目的에 따라 20%~30% 強度面에 支障이 없는 境遇에는 5%의 代替가 可能하며 그價格이 시멘트의 約半價程度이기 때문이다. 要件대 시멘트의 混和劑로서 施工한 「콘크리트」의 強度가 增大하여 防水性 耐久性이 增大할뿐 아니라 그밖에도 여러 가지의 良好한 特性이 있는가답에 多方面의 「콘크리트」構造物에 必須品으로 登場하고 있다.

FLY-ASH라는 것은 火力發電所의 集塵器에서 採取되는 微粉灰이다. 그 主成分은 시리카(S_iO_2)이며 그 시리카가 포트란드시멘트의 水和時에 遊離되는 水酸化칼슘과 結合되어 「콘크리트」 強度와 防水性을 增進한다. 이것은 FLY-ASH가 포조란(pozzolan)材로서 使用하는 境遇에 있다.

天然포조란(火山灰)의 使用은 古代로-마時代부터이며 約千年前 使用한 그란디아(Clandia)의 水路橋는 石灰와 火山灰의 몰탈(mortar)로 石積이 되어 있다. 포조리(Pozzuoli)의 近處에서 發見되었으니 이것이 Pozzolan(포조란)이라는 名稱의 起源이라고 할만하므로 포조란 使用의 歷史는 참으로 오랜 것이다. 이런 種類의 로-마建築材料는 今日도 많이 歷史의 遺跡으로서 完全한 形態로 發見되고 있다. 火山灰의 燒石灰의 混和

劑는 1824年 포트란드시멘트가 發明될 때 까지에 基本的結合體로서 使用해 왔던 것이다. 「플라이 애쉬」는 이 天然포조란에 對한 人工의 포조란이며 歐美各國에서는 數十年前 火力發電所의 微粉炭의 燃燒로 取得한 유리質의 球形狀인 微粉灰가 天然(Pozzolan)보다 優秀함이 發見되면서 부터 FLY-ASH라고 稱하게 되었으며 시멘트混和劑, 其他防水劑 및 熔接劑로 利用하여 온 것이다. 日本에서는 15年前부터 火力發電所建設에 隨伴되어 FLY-ASH 產出에 依한 其 利用을 研究하여 왔으며 後述한바와 같이 良好한 性質이 있을뿐만 아니라 시멘트에 比하여 價格도 相當히 低廉하므로 需要는 每年增加되며 現在는 供給量이 上廻되는 狀態이다.

그러나 「플라이 애쉬」가 「포조란」材로서 有効함이 認定되어 利用될 때까지는 火力發電所의 灰處理도 相當한 負擔이 었던 것이다. 「플라이 애쉬」를 採取하는 方法에 있어서는 大體 三種으로서 다음과 같은 方法이 있다.

1. 「사이클론」(機械的集塵器)方式
2. 「콘드렐」(電氣集塵器)方式
3. 上記 1, 2의 併用方式

이것들의 方式에 對하여는 3種의 「플라이 애쉬」設備에 常設할 것이나 大體로 ①의 境遇는 粒度가 거칠어서 分級器 또는 分粒器에 걸려 選別하여 規格에 適合한 것이 採取되는 것이며 ②의 境遇는 大部分이 「플라이 애쉬」로서 採取되거나 「콘드렐」에 依한 것은 FLY-ASH 規格品으로 使用이 可能하므로 이方式을 第一要望하는 것이다. 이粗品을 mill에 依하여 細粒으로 하는 것은 「플라이 애쉬」의 重要한 特徵인 球形의 形이 破壞되어 그 特質이 喪失되므로 使用上 相當한 難

點이 있는것으로 思料된다.

2. FLY-ASH의 特徵과 用途

「플라이·애쉬」의 特徵에 對하여는 FLY-ASH의 性質에서 詳述코져한다.

「플라이·애쉬」用途를 論함에있어 于先 그 大要를 揭示하면 FLY-ASH의 化學的組成및 物理的 性質은 다음과 같다.

플라이 애쉬의 用途 및 效果

	用 途	效 果	混合率 (%)
土 道 木 橋 工 事	댐 (DAM)	水和熱이 低下, 長期強度增大, 流動性이 良好	20~30
	土 道 路	膨脹收縮率이 低下, 屈曲強度가 增大됨.	10~30
	木 橋	水密性의 良好, 콘크리트펌프 輸送에 適合함.	10~20
	木 橋 灣	水密性이 良好, 化學的抵抗性이 強함.	20~30
	下 水	水密性의 良好, 化學的抵抗性이 強함. 水中硬化가 特別 좋다.	20~30
	프릭트工事	流動性이 良好, 펌프輸送에 適合함.	30~50
建 築 工 事	그 라 우 트用	流動性이 良好, 收縮率이 적음 凝結이 늦어 裏面그라우트에 適合.	30~50
	柱 梁	流動性이 좋은 콘크리트를 얻을 수 있음.	10~15
	基 礎 床	特別 輕量콘크리트碎石콘크리트에 좋음. 完成面이 美麗함.	20~30
其 他	美匠用 磨 石	收縮이 적고 龜裂이 防止됨.	30~50
	造 船 用	耐酸·耐알카리性等 化學的 抵抗性을 높임 防水性이 強하고 透水性이 낮음. 膨脹, 收縮龜裂을 적게함.	20~30
	콘크리트製品	緻密한 콘크리트를 얻을 수 있음. 完成面이 美麗함.	20~40
	家 庭 農 村 用	廉價인 由로 콘크리트基礎工事, 農村施設用에 適合.	20~30
其 他	雜 用	排水, 池, 其他 各施設에 適合	10~30
	레 미 콘 (Ready mixed conc)	流動性이 良好, 콘크리트의 運搬거리가 길다.	15~20

SiO₂ 45% 以上
Al₂O₃ 15% 以上
Fe₂O₃ 3~5%
CaO 3~4.5%
Mgo 3% 以下
SO₃ 3% 以下
H₂O 1% 以下

Ignitianduss 5% 以下

比重 2~2.3

BLAIN 方法 2,800~4,500(cm²/g)

單位水量比 100 以下 FLY-ASH가 第一량이 使用되는 部門은 그 特性으로 시멘트 混和劑로서 「콘크리트」構造物이다.

FLY-ASH를 시멘트 混和劑로서 使用하는 境遇 다음과 같은 利點및 用途를 列擧할수 있다.

(1) 「콘크리트」의 品質向上및 質的向上

長期材令에 있어 壓縮強度및 曲強度의 增加를 促進시키는데 FLY-ASH 속에는 一般 시리카가 半分以上 含有되어있으나 시멘트가 強化됨에 따라 其中 水酸化칼슘과 FLY-ASH의 可溶性分이 化合되어 不溶解性의 能酸水和物이 되는 것으로 시멘트만 使用하는것 보다 長期強度(半年以上 10% 1年以上 20% 程度)가 增加된다.

(2) 溶出防止와 透水性의 減少

시멘트 硬化體에서 生기는 遊離石灰를 減하여 溶出을 적게하고 透水性을 減少시킨다. 特別 透水性에 對하여는 90日以上 經過하면 시멘트단의 境遇보다 卓越하게 優透해진다.

(3) 容積變化의 減少(龜裂防止)

시멘트硬化體는 濕潤狀態에서는 膨脹하며 乾燥하면 收縮되는것이 通常의이지만 FLY-ASH를 混合한 境遇에는 그 收縮率이 減少되고 따라서 龜裂을 防止하는 것이다.

(4) 化學的侵蝕에 對한 抵抗性의 增大

耐鹽酸, 耐硫酸의 抵抗性이 시멘트뿐인 「콘크리트」構造物보다 FLY-ASH를 混入하는 境遇에는 보다 增加하므로 下水渠, 化學工場의床 海水中の 「콘크리트」構造物等에 使用하면 其耐久性이 增加된다.

(5) 凍結融解에 對한 耐久性의 增大

氣候의 變化로 因하여 凍結融解를 되풀이하는 「콘크리트」構造物도 FLY-ASH를 混入하므로 顯著하게 耐久性이 增大되고 表面의 破損磨耗가 相當히 減少된다.

(6) 「알카리」骨材反應에 對한 膨脹의 減少

시멘트속의 알카리와 骨材間에 生기는 反應으로서 「콘크리트」의 破壞的인 膨脹이 生겨 強度의 劣化가 發生할때가 있다.

(7) 水和熱의 減少

시멘트는 水和熱이 될때에는 發熱이 된다. 따라서 主「콘크리트」에 있어서 濕도가 上昇되고 龜裂이 發生하는 原因이 되는 것이다. 그러나 FLY-ASH를 混入한 境遇에는 시멘트와 換置한 FLY-ASH 量에 比例하여 水和熱이 減少된다.

(8) 워카빌리티(Workability)의 增大와 使用 水量의 減少

FLY-ASH는 球狀이므로 骨材中에 機械的인 「볼베어링」(ball-bearing)作用으로 流動性이 增大되어 「콘크리트」의 打設이 容易하며 따라서 使用 水量을 減少시킬수 있으므로 「콘크리트」質이 緻密하게 되어 強度增大의 原因이 되는 것이다.

3. 經濟성과 施工性에 對하여

以上 論한바와 같이 「콘크리트」의 性質을 改善 할 뿐아니라 FLY-ASH는 시멘트에 比하여 廉價임으로 시멘트에 代替할 量에 比例하여 工事 費가 低廉하게 된다. 또 施工에 있어서는 前述한 바와 如히 流動性이 있으므로 「콘크리트」打設에 完工까지의 手苦가 短縮되어 完成面로 清潔하고 耐久性이 增加되며 路面等의 磨耗도 大端히 적은 것으로 된다.

4. Cement의 混和材로서의 用途

FLY-ASH의 利用은 시멘트의 混和劑로서 이 미 數年來 다음과같이 使用되어 需要는 增加一 路를 보이고 있다.

(1) 電源開發公社 및 各電力會社의 發電用 泧을 爲始 建設部, 農林部 및 道市郡의 治水用 泧 水道用 泧(DAM)等의 主「콘크리트」에는 「플라이애쉬」의 特性이 모두 活用되고 있어 現在에는 泧(DAM)工事에는 FLY-ASH가 不可缺한 存在가 되고 있다.

(2) 港灣關係, 護岸等 海水의 影響을 받는 構造物 一般基礎工事 水路 水槽等의 漏水防止를 必要로 하는 構造物等에 耐化學的侵蝕 및 耐透水의 特性이 活用되고 있는 것이다.

(3) FLY-ASH 工法

「콘크리트」工法 特히 流動性을 必要로 하는 工法에는 亦是 不可缺한 것으로 되어 있다.

(4) 建築物에 使用

近來 高層建物の 基礎케 一층, 二層 擁壁은 勿論 上部構造의 「콘크리트」에 FLY-ASH를 使用하여 良好한 成績을 보았고 工事費가 廉價임을 圖謀하였다.

(5) 一般시멘트 製品 및 壁材로서의 使用

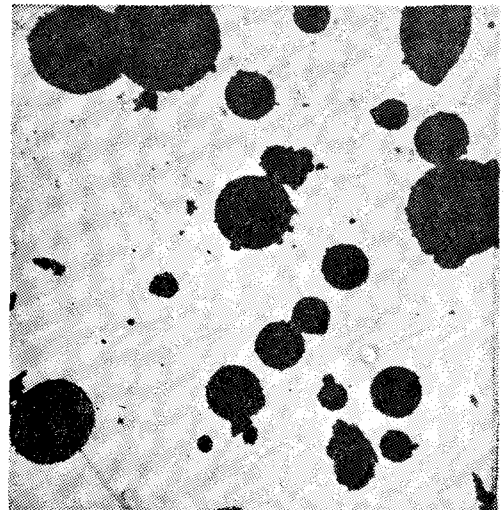
시멘트 製品, 例컨대 「콘크리트·블·파이프」 시멘트瓦 煉瓦 블록等 壁材 種類에 依한 目的은 다르나 強度가 增加되고 透水性이 減少되고 完工面이 靜潔하며 顯著히 經濟的이다.

(6) 道路工事에의 使用

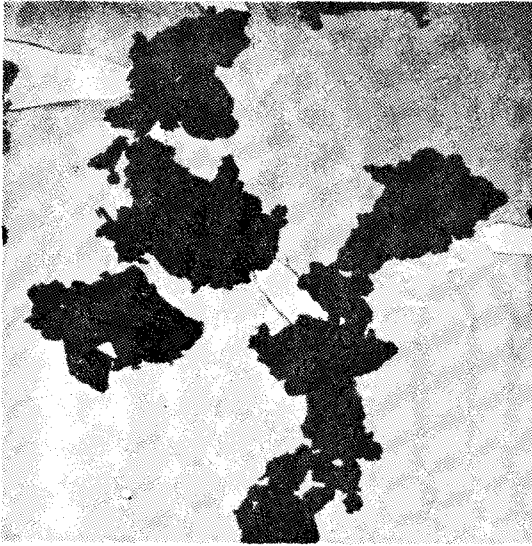
最近 道路工事가 盛旺함에 따라 其路面 및 路床의 安定材로서 使用되어 其強度의 增加 完工面의 美麗 및 工事施工이 容易한 點等 여러가지 長點으로 道路는 今後가 尙 需要部門이 多大할 可能性이 있다. 現在 이미 Nebraska, Alabama Kansas Illinois Wisconsin Minnesota 및 New Jersey의 各州에는 FLY-ASH를 混合포장한 道路가 있으며 Pennsylvania 州에서는 計劃實施中이고 其他州에서도 漸次 關心이 깊어지고 있다.

良質의 輕骨材를 必要로 하는 建築用 骨材는 美國에 있어서 每年 20億個가 製作되며 이에 FLY-ASH를 混合하는 等 別써 「플라이애쉬」는 建築資材로서 各地方에서 理解容納되어 其 使用에 있어서 品質의 向上과 巨額의 經費가 節約된 다라고 揭示되어 있다.

우리나라에서도 FLY-ASH의 效用과 利用이



FLY-ASH. B. 7,500×1



CEMENT A 7,500 x 1

擴大되어 이미 一般이 認定하고있어 諸般工事に 使用되어 今日 漸次 使用範圍의 擴大가 期待되고있다.

5. 시멘트 混合材 以外的 用途

「콘크리트」關係에 「플라이애쉬」의 化學的 및 物理的 性質의 利用은 歐美에 있어서는 매우 進歩되고있으며 日本에서도 最近 研究가 進展되고있고 아직 未發表에 있으나 이 研究題目만을 提示한다.

- (1) 「아스팔트」의 增量 補强材로 使用
- (2) 研磨材 및 製工面에 있어 用砂로 使用
- (3) 肥料土壤의 改良材로서 使用
- (4) 紙類의 混合材 特別壁紙에 使用
- (5) 工業비누에 混用
- (6) 防虫劑의 增量材로서 使用
- (7) 鑄型의 材料로서 使用
- (8) 「페인트」파매의 增量材로 使用
- (9) 燒成粘土製品 및 燒結輕量骨材의 製成
- (10) 硬質고무의 混合材로서 使用

6. FLY-ASH의 生産과 今後의 展望

現在 FLY-ASH의 生産은 大部分이 火力發電所에 있어서 微粉炭의 燃燒에 隨伴되는 副産物인 것이다. 韓國의 發展方式이 今後 火主水後의

傾向에 따라 其生産量이 增加될 것이며 火力發電所의 建設計劃에 있어서는 FLY-ASH가 商品으로서의 需要에 應하기 爲해서는 于先 規格이 合格된것을 生産하기 爲하여 充分히 考慮하지 않으면 안된다. 即 Mill 보이라는 構造부터 「사이클링」 및 「콘트렌」에 集塵率은 勿論 均衡을 갖추어야 되며 運轉에 있어서는 石炭과 重油混燒率等에 依하여 生産되는 FLY-ASH의 性質이 大幅變化되므로 그點을 充分히 研究調整한 設計로서 建設되어 運轉되어야 한다.

火力發電의 特性上 FLY-ASH의 生産量은 一般的으로 冬季에 많으나 시멘트를 使用하는 工事 特別히 大댐(DAM)工事等에는 夏季에 需要가 많으므로 FLY-ASH의 供給量이 不足할때가 있다. 逆行하여 冬季에는 需要보다 上廻되는 生産을 하게되므로 이 冬期過剩生産의 處理를 如何히 하느냐가 問題인 것이다. 將來夏季에 있어서는 需要에 充足할만한 生産量이 期待되며 冬期에 있어 過剩生産品은 數個月에 亘한 貯藏의 必要性을 느끼며 이로인하여 相當한 經費가 隨伴되어 經濟上 如何히 貯藏하는가가 大問題이다.

시멘트製造會社와 같이 計劃生産이 되는 入場에서도 25日分程度의 貯藏設備를 갖추고있는것을 볼때 FLY-ASH의 境遇에는 相當한 크기의 倉庫設備가 必要할 것이다.

從來冬季貯藏에 對한 計劃은 意外로 生覺해왔으나 이것은 發電設備의 計劃과 同時에 考慮할 것이며 周到한 貯藏計劃設置를 갖추고 있지 않으면 大端히 困難한 事態가 發生되어 廢棄하면 그 損失이 크다는것을 留意하여야 할 것이다.

冬期の 販路에 있어서는 今後 一般利用面의 擴大와 利用度의 啓蒙에 努力하여 滯貨가 없도록 努力할것은 再論할 必要가 없을 것이다. 다시 一步前進하여 南方地域에 對한 輸出도 圖謀하여야 할 것이다. 다음에 FLY-ASH 需要의 展望을 考慮할때에 現狀으로서는 FLY-ASH의 利用은 前述한바와 같이 大部分이 시멘트와의 混合材로서 시멘트의 生産量이 日本의 境遇 昭和 33年度 約 1,600萬噸으로 發表되어 있으며 시멘트의 5%가 代替되었다하니 FLY-ASH의 年間生産量은 約 80萬噸이 되는 것이다. 現在댐(DAM)等에 使用되고있는 FLY-ASH의 代替比率이 3%程度

라는 것을 볼때 將來에 시멘트의 混合劑로서의 優秀성이 強調되며 一般「콘크리트」構造物에는 普遍的으로 使用하게 되면 現在의 生産量은 大端히 不足될것이다. 如何間의 FLY-ASH의 利用은 시멘트의 混合材로서 뿐만 아니라 前述한바와같이 他産業에 研究하여 新需要의 販路開拓이 必要하며 이렇게 되므로써 販路가 擴大될것은 確實한것이다.

7. FLY-ASH 使用上の 注意 및 其他

FLY-ASH는 시멘트의 混合材로서 「콘크리트」에 使用한 境遇 그 強度는 90日까지는 普通同様 또는 其以上이며 180日에 約 10% 360日에 約 20%程度 增加된다.

初期에 있어서는 普通「콘크리트」보다 強度가 多少下廻하나 「콘크리트」打設의 初期부터 想定한 荷重이 加하는 境遇以外는 型틀 存置期間을 반드시 延期할 必要는 없다.

早速히 強度가 必要할때에는 急硬시멘트 或은 急硬劑를 使用하면 目的을 達成할수있다.

다음 FLY-ASH의 取扱에는 相當한 粉末이 生기고 그 主成分이 「시리카」이므로 當初 經肺病

이 憂慮되었으나 實은 輕肺病의 對象이 되는것은 遊離「시리카」이므로 鑛山隧道(Tunnel)等에 있어 爆破의 粉塵 또는 자갈길에서의 粉塵中에 包含되는 것이므로 溶融한 「시리카」는 大部分無害하고 FLY-ASH의 主成分인 「시리카」는 大部分 包含되어 있지 않기 때문에 肺病의 對象이 되지 않는다.

8. FLY-ASH의 用途의 特性

- ① 強度耐久性이 增大된다.
- ② 防水性이 增大되어 漏水防止가 完全하다.
- ③ 龜裂이 防止된다.
- ④ 耐酸, 耐鹽性이 增大된다.
- ⑤ 磨耗率이 적다.
- ⑥ 球形狀이므로 流動性이 增加하여 使用水量이 減少되며 施工이 容易하고 시멘트와 砂質과 混合하면 其中間에 流入 空間을 매워 준다.
- ⑦ 完工表面이 美麗하다.
- ⑧ 遊離石灰를 中和시키므로 時間이 經過하여도 何等의 副作用이 生기지 않는다.
- ⑨ 工費가 시멘트 보다 廉價이다.

品 質 試 驗 表

국 립 건 설 연 구 소
NATIONAL CONSTRUCTION RESEARCH INSTITUTE

플라이 애쉬 시험성과표
Fly-Ash TEST DATA SHEET

1969 년 6 월 5 일

유 별 번 호 01 Category No.	4-6904-08	채 취 날 자 06 Sampled Date	69. 3. 31
시 령 번 호 02 Test No.	33-0026	재 고 량 07 Qty. Represented	—
시 료 종 류 03 Description	플라이 애쉬	생 산 자 08 Producer	대륙특수시멘트공업주식회사
시 료 채 취 장 소 04 Location	대륙특수시멘트 마산공장	시 공 지 09 Proj. Location	—
채 취 자 05 Sampled by	최 일 봉	의 리 자 10 Requested by	대륙특수시멘트공업주식회사
시 령 증 목 Test Items	단 위 Unit	성 적 Result	K. S L 5405
1. 강 열 감 량 lg. Loss	%	5.42	<12.0
2. 습 분 Moisture	%	0.33	< 3.0
3. 실 리 커 SiO ₂	%	46.98	} 70.0
4. 산 화 알 루 미 늬 Al ₂ O ₃	%	37.22	

5. 산 화 제 2 철 Fe ₂ O ₃	%	7.3		13. 건조수축변화 Drying Shrinkage	%	0.023	<0.03
6. 산 화 마그네슘 MgO	%	1.78	< 5.0	14. 수 량 Water Requirement	%	101	< 105
7. 무 수 황 산 SO ₃	%	0.97	< 50	15. 콘크리트공기연행량 Concrete air Entraining	%	—	< 2.0
8. 알 카 리 Na ₂ O, K ₂ O	%	혼 적	< 1.5	16. 안 정 도 Soundness	품입법	안 정	<0.50
9. 산 화 칼슘 CaO	%	0.61	—	17. 포졸란활성지수 Pozzolan activity index	시멘트사용 28일	%	90 < 85
10. 비 중 Specific Gravity	—	2.38	—		석회사용 7일	%	71 > 56
11. 분 말 도 Fineness	분 렌 법 cm ² /g	3331	—	18. 시멘트알카리반응 Cement alkali Reaction	%	—	<0.020
	평균입경 μ	8.48	< 9.0	19. 균 등 성 Uniformity Requirement		—	—
12. 압 축 강 도 Comp. Strength	7 일	%	137	> 100	20.		
	28일	%	148	> 100	21.		

비 고 :
Remarks KS규격에 맞음

국 립 건 설 연 구 소
NATIONAL ONSTRUCTION RESEARCH INSTITUTE

플라이 애쉬 혼합강도비교 시험 성과표
Fly-Ash TEST DATA SHEET 1969 년 8 월 2 일

유 별 번 호 01 Category No.	4-6904-08	채 취 날 자 06 Sampled Date	69. 3. 31
시 험 번 호 02 Test No.	33-0026	재 고 량 07 Qty. Represented	—
시 료 종 류 03 Description	플라이애쉬	생 산 자 08 Producer	대륙특수시멘트공업주식회사
시 료 채 취 장 소 04 Location	대륙특수시멘트 마산공장	시 공 지 09 Proj. Location	—
채 취 자 05 Sampled by	최 일 봉	의뢰자 10 Requested by	대륙특수시멘트공업주식회사

시험종목 Test Items	단 위 Unit		시 료 번 호 Sample No.								비 고	
			1		2		3		4			
용적비율	재	령	3 일		7 일		28 일		91 일			
압축강도	kg/cm ²	%	강 도	강도비	강 도	강도비	강 도	강도비	강 도	강도비	수 량	
0%	∕	∕	136.2	100	204.1	100	317.1	100	346.3	100	50%	시멘트
10%혼합	∕	∕	129.2	94.8	197.6	96.8	310.6	97.9	348.9	100.1	49.9%	
20%혼합	∕	∕	100.8	70.4	165.3	80.9	269.9	85.1	371.8	100.7	48.0%	
30%혼합	∕	∕	87.2	64.0	146.0	71.5	257.7	81.3	386.3	111.6	46.7%	
인장강도	kg/cm ²	%	강 도	강도비	강 도	강도비	강 도	강도비	강 도	강도비	수 량	
0%	∕	∕	22.8	100	31.4	100	38.8	100	49.9	100	11.0%	시멘트