

氣泡 모르터의 諸特性에 관한 實驗的 研究 (I)

- 第1報 密度와 吸水率 特性 -

Experimental Studies on the Characteristics of Foaming Mortar (I)

- Part 1 characteristics of bulk density and absorption rate -

成 賽 鏞*
Sung, Chan Yong

Summary

This study was performed to obtain the basic data which can be applied to use of foaming mortars.

The results obtained were Summarized as follows :

1. At the mixing ratio of 1 : 1, the highest bulk densities were showed by foaming mortars, respectively.

But, it gradually was decreased in poorer mixing ratio and more addition of foaming agent. The decreasing rates of bulk densities were increased in richer mixing ratio and more addition of foaming agent.

2. The bulk densities were decreased up to 38.8—55.9% by mix-foaming type and 9.7—23.6% by pre-foamed type than cement mortar.

3. At the mixing ratio of 1 : 1, the lowest absorption rates were showed by foaming mortars, respectively. But, it gradually was increased in poorer mixing ratio and more addition of foaming agent.

The increasing rates of absorption rates were increased in richer mixing ratio and more addition of foaming agent.

4. Absorption rates when immersed in 72hours were showed up tp 3.41—5.85 times by mix-foaming type and 1.05—1.55times by pre-foamed type than cement mortar, it was significantly higher at the early stage of immersed time than cement mortar.

5. The correlations between bulk density and absorption rate were highly singnificant, respectively. The multiple regression equations of bulk density and absorption rate were computed depending on a fuction of mixing ratio and addition of foaming agent. it was highly significant, respectively.

*忠南大學校 農科大學

I. 緒論

氣泡モルタ는 骨材의 全體나 一部를 空氣나 气
품 또는 gas로 代用되어 있는 모르터를 말하여,^{3,15)}
氣泡モルタ의 特性은 種類에 따라 다르나 대체적
으로 輕量性, 吸音性, 斷熱性, 加工性, 流動性,
經濟性 等이 다른 시멘트모르터보다 優秀한 것으로
알려져 있어,^{6,8)} 이러한 特性때문에 外國에서는
는 使用이 擴大되어 왔으나, 우리나라에서는 初
步的인 利用段階에 머물고 있는 實情이다.

따라서 本 研究에서는 氣泡モルタ의 대표적 製
造方法인 Mix-foaming type 와 Pre-foamed type
起泡劑를 使用하여 氣泡モルタ의 諸特性들의 究
明을 위해 그 基礎實驗으로 우선 氣泡モル타의 密
度와 吸水率試驗 結果를 普通시멘트 모르터와 比
較分析하여 그 特性을 究明함으로서 氣泡モル타
의 合理的인 使用뿐만 아니라 氣泡콘크리트의 製
作利用에 寄與하고자 試圖한 것이다.

II. 材料 및 方法

1. 使用材料

가. 시멘트

普通포틀랜드 시멘트를 使用하였으며, 그 化學
成分과 物理的性質은 Table-1, 2와 같다.

나. 잔骨材

잔骨材는 標準砂(KSL 5100)를 使用하였으며 物
理的 性質 및 粒度⁴⁾는 Table-3, 4와 같다.

다. 起泡劑

起泡劑는 混合氣泡注入型과 事前氣泡注入型을
使用하였으며, 이들 性狀은 Table-5와 같다.

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

lg · loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	C ₃ A
0. 8	21. 0	5. 7	3. 6	62. 2	2. 7	2. 2	0. 09

Table-2. Physical properties of cement used.

S.G	Fineness Blaine (cm ² /g)	Setting time initial final	Compressive strength (kg/cm ²)		Tensile strength (kg/cm ²)	
			7days	28days	7days	28days
3.14	3,170	320 450	238	341	27.0	33.1

Table-3. Physical properties of fine aggregate used.

Sample	Specific gravity	Absorption rate (%)	Percentage finer than No. 200 sieve	Organic content
Jumunjin sand	2.63	0.07	0.01 %	Nil

Table-4. Gradation of fine aggregate used.

Gradation (residue %)			Peat	Unit weight (ton/m ³)
No. 20	No. 30	No. 50	<0.4	1.53-1.60
-	<1.0	95.0<		

Table - 5. Character of foaming agents.

Item	Type	Specific gravity	PH	Form of material	Principal ingredient
M	Mix-foaming type	1.04	10.72	light brown liquid	Special anion surface active agent
P	Pre-foamed type	1.15	6.43	dark brown liquid	hydrolytic protein

2. 供試體 製作

가. 氣泡モルタ의 配合

氣泡モルタ의 配合은 흐름(flow)이 $235 \pm 5 \text{mm}$ 에
該當되도록 물 시멘트比를 定하였으며 起泡劑와
氣泡의 添加量은 시멘트 重量의 0.0%, 1.0%,
2.0%, 3.0%로 하였고, 시멘트와 잔骨材의 配合比는 1:1, 1:2, 1:3, 1:4로 하였다.

나. 氣泡モルタ의 製造

混合氣泡注入型인 M氣泡モルタ는 시멘트重量
의 0.0~3.0%의 起泡剤를 물에 稀釋하여 130±
2 r.p.m.으로 3分間⁷⁾ 시멘트 및 잔골재와 混合

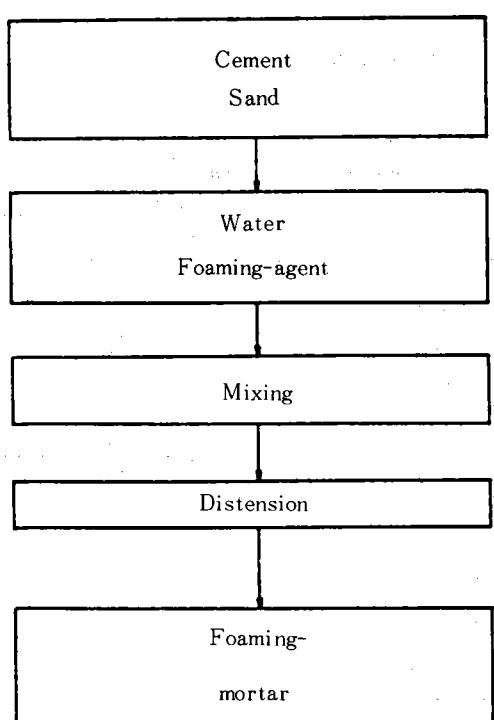


Fig. 1. Mix-foaming type.

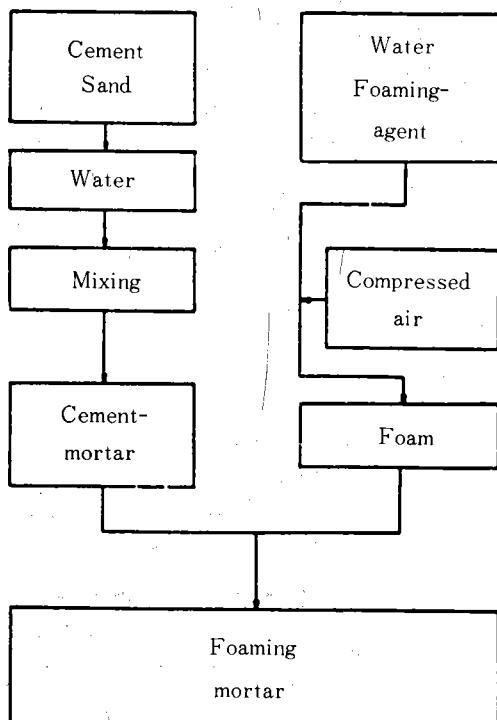


Fig. 2. Pre-foamed type.

하여 製造하였고, 事前氣泡注入型인 P氣泡 모르터는 氣泡發生機에서 製造한 氣泡를 普通 시멘트 모르터에 시멘트 重量의 0.0~3.0%를 넣어 63±2. r.p.m.으로 30秒間⁹⁾ 混合하여 Fig. 1, 2와 같이 製造하였다.

다. 供試體의 製作 및 養生

모든 供試體는 KSL 5105, KSL 5104 및 JIS R 5201에 準하여 製作 및 養生하였으며, 특히 供試體 製作時에는 氣泡의 破壞를 防止하기 위하여 다짐봉으로 다지는 대신 몰드주위를 고무망치로 20回 振動을 주어 몰드에 모르터가 均一하게 차

도록하여 製作하였고, 材齡別 配合比別로 成型後 養生箱子($23 \pm 2^\circ\text{C}$, 濕度90%以上)에서 24時間 靜置後 脱型하여 水槽에서 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 所定의 材齡까지 養生하였다.

3. 試驗方法

가. 密度試驗

모르터의 壓縮強度用 供試體를 製作하여 28日 동안 養生한 後 氣乾狀態에서의 重量(g)과 體積(cm^3)을 測定하여 算出하였다.

나. 吸水率 試驗

모르터의 壓縮強度用 供試體를 製作하여 28日 동안 養生한 後 Ryu¹²⁾ 와 JIS A 11 35 (構造用輕量粗骨材의 吸水率 試驗方法)에 準하여 乾燥器에서 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 로 48時間 乾燥시켰을 때의 重量(g)과 水中에서 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 1, 5, 24, 72時間 水浸시킨 後의 重量(g)을 測定하여 求하였다.

III. 結果 및 考察

1. 密度

普通시멘트 모르터와 氣泡모르터의 密度試驗結果와 配合比와 起泡劑 및 氣泡의 添加量에 따른 密度變化의 多重回歸方程式을 求하면 Table-6, 7과 같으며, 이 結果를 圖示하면 Fig. 3, 4와 같다.

Table-6. Comparison of bulk density between cement mortar and foaming mortars.

Foaming agent		M		P	
Mixing ratio	Adding (%)	Bulk density (g/cm^3)	Ratio	Bulk density (g/cm^3)	Ratio
1:1	0.0	2.048	1.000	2.048	1.000
	1.0	1.124	0.548	1.685	0.823
	2.0	1.048	0.511	1.610	0.786
	3.0	0.905	0.441	1.565	0.764
1:2	0.0	1.957	1.000	1.957	1.000
	1.0	1.100	0.562	1.663	0.849
	2.0	1.039	0.531	1.597	0.816
	3.0	0.875	0.447	1.532	0.783
1:3	0.0	1.814	1.000	1.814	1.000
	1.0	1.067	0.588	1.595	0.879
	2.0	0.998	0.550	1.530	0.843
	3.0	0.823	0.453	1.485	0.818
1:4	0.0	1.714	1.000	1.714	1.000
	1.0	1.049	0.612	1.549	0.903
	2.0	0.990	0.577	1.515	0.883
	3.0	0.801	0.467	1.477	0.861

氣泡モルタ의 諸特性에 관한 實驗的研究 (I)

Table - 7. Multiple regression equations of bulk density as a function of mixing ratio and adding.

Item	Equation	R^2
M	$r = 2.1729 - 0.1172M + 0.0001M^3 - 1.8237A + 0.9697A^2 - 0.1661A^3 + 0.1526MA - 0.0748MA^2 + 0.0109MA^3$	0.999**
P	$r = 2.1701 - 0.1150M - 0.6971A + 0.3230A^2 - 0.0507A^3 + 0.1096MA - 0.0504MA^2 + 0.0077MA^3$	0.995**
Notes : M-Mixing ratio (Wt.)		$1 \leq M \leq 4$
A-Adding (%)		$0 \leq A \leq 3.0$
r-Bulk density (g/cm^3)		

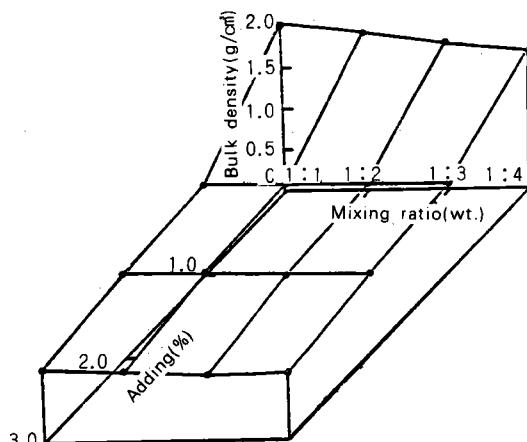


Fig. 3. Relationship among the bulk density, mixing ratio and adding on mix-foaming type.

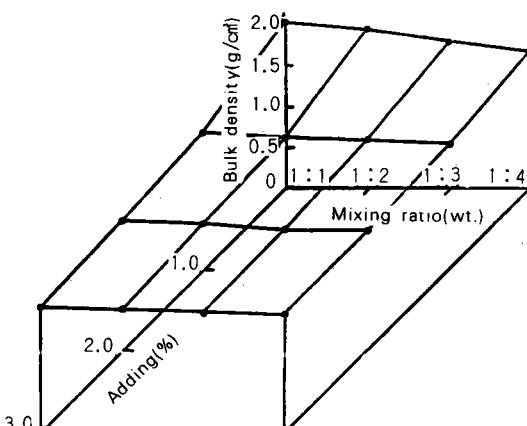


Fig. 4. Relationship among the bulk density, mixing ratio and adding on pre-foamed type.

은 氣泡モルタ는 普通시멘트 모르터 보다 높은 氣空率로 말미암아 密度가 작게 나타났고, 起泡剤나 氣泡의 添加量에 比例하여 輕減되었다는 研究報告 10, 11, 13) 와 一致되는 結果라 하겠다.

한편, 氣泡모르터의 密度試驗 結果, 密度는 配合比의 變化와 起泡剤 및 氣泡의 添加量에서 다같이 高度의 有意性을 나타내었으며, 起泡剤와 氣泡의 添加量이 配合比보다 密度에 더 큰 影響을 미치고 있다는 것을 알 수 있었다. 또한, 配合比와 起泡剤 및 氣泡 添加量과의 交互作用이 密度에 미치는 影響도 高度의 有意性이 認定되었다.

이와같이 氣泡모르터는 높은 氣空率로 因하여 單位重量이 普通시멘트 모르터보다 越等히 가벼워지고, 配合比와 起泡剤 및 氣泡의 添加量에 따라 單位重量을 推定할 수 있으므로 輕量性, 流動性, 加工性等을 要求하는 構造物의 周圍間隙充填, 터널裏面의 空洞充填等에 使用한다면 매우 經濟的이며 有益한 施工이 될 것으로 생각된다.

2. 吸水率

普通시멘트 모르터와 氣泡モルタ의 吸水率試驗結果와 配合比와 起泡剤 및 氣泡의 添加量에 따라 製作한 供試體를 72時間 水浸시켰을때의 吸水率에 대한 多重回歸方程式을 求하면 Table - 8, 9와 같으며, 이 結果를 圖示하면 Fig. 5, 6과 같다.

이 結果에서 吸水率은 起泡剤나 氣泡의 添加量이 增加함에 따라 각 配合比에서 增加하였고, 이러한 現象은 M 과 P氣泡モルタ에서 共通의로 나타났으며, M氣泡モルタ가 P氣泡モルタ에 比하여 吸水率이 상당히 높게 나타났다.

한편, 普通시멘트 모르터의 吸水率에 比하여 M氣泡モルタ는 3.41~5.85倍, P氣泡モルタ는 1.05~1.55倍의 높은 吸水率을 나타냈으며, 각 配

Table-8. Comparison of absorption rate between cement mortar and foaming mortars.

Mixing ratio	Adding (%)	Immersed time (M)					Immersed time (P)				
		1hr	5hrs	24hrs	72hrs	ratio	1hr	5hrs	24hrs	72hrs	ratio
1:1	0.0	8.4	9.3	9.4	9.6	1.00	8.4	9.3	9.4	9.6	1.00
	1.0	23.6	24.3	24.5	38.6	4.02	10.1	10.8	10.9	11.4	1.19
	2.0	46.4	47.1	47.2	47.2	4.91	12.3	12.9	13.0	13.1	1.36
	3.0	55.6	56.2	56.2	56.2	5.85	14.3	14.8	14.9	14.9	1.55
1:2	0.0	8.5	9.4	9.5	10.4	1.00	8.5	9.4	9.5	10.4	1.00
	1.0	25.6	26.3	26.5	39.5	3.80	10.4	11.1	11.2	11.8	1.13
	2.0	47.0	47.6	47.7	47.8	4.60	12.6	13.1	13.2	13.4	1.29
	3.0	56.8	57.4	57.4	57.4	5.52	14.8	15.2	15.4	15.4	1.48
1:3	0.0	10.5	10.8	11.1	11.6	1.00	10.5	10.8	11.1	11.6	1.00
	1.0	42.7	43.0	43.3	42.2	3.64	12.0	12.3	12.6	12.7	1.09
	2.0	48.1	48.4	48.5	48.6	4.19	13.4	13.7	13.8	13.9	1.20
	3.0	57.9	58.2	58.2	58.2	5.02	15.2	15.7	15.7	15.7	1.35
1:4	0.0	13.0	13.2	13.4	13.8	1.00	13.0	13.2	13.4	13.8	1.00
	1.0	46.6	46.8	46.9	47.0	3.41	14.1	14.3	14.4	14.5	1.05
	2.0	52.2	52.3	52.4	52.4	3.80	14.8	15.0	15.1	15.1	1.09
	3.0	59.6	59.8	59.8	59.8	4.33	15.8	16.0	16.0	16.0	1.16

Table-9. Multiple regression equations of absorption rate as a function of mixing ratio and adding.

Item	Equation	R ²
M	$\alpha = 10.4773 - 1.9009M + 0.7500M^2 + 50.4667A - 25.1971A^2 + 4.4951A^3 + 0.5799MA^2 - 0.1297MA^3 - 0.0554M^2 A^2$	0.998**
P	$\alpha = 9.9915 - 0.6868M + 0.4122M^2 + 1.6490A - 0.0489A^2 + 0.1273MA^2 - 0.0744M^2 A - 0.0234M^2 A^2$	0.994**

Notes : M-Mixing ratio
A-Adding
 α -Absorption rate

(wt.) $1 \leq M \leq 4$
(%) $0 \leq A \leq 3.0$
(%)

合比의 平均值로 볼때 普通시멘트 모르터의 吸水率 11.35%에 比하여 M氣泡모르터는 49.58%로 4.37倍, P氣泡모르터는 14.00%로 1.23倍를 나타내고 있어 混合氣泡注入型인 M氣泡모르터가事前氣泡注入型인 P氣泡모르터에 比하여 約 3倍以上的 높은 吸水率을 보였다.

또한, 吸水率의 增加率은 M 및 P氣泡모르터에서 다같이 配合比 1:1, 氣泡剤 및 氣泡의 添加量 3.0% 일때 각각 5.85倍 및 1.55倍로 가장 높게 나타났고, 이보다 貪配合일수록 起泡剤나 氣泡의 添加量이 적을수록 작게 나타났으며, 水浸初期에 吸水率이 높게 나타났는데, 이러한 結果는 氣泡剤의 特性 差異로서 起泡剤나 氣泡의 添加量이 增加되고 水浸初期에 吸水率이 높게 나타나다는 研究報告⁹⁾와 一致하는 結果라 하겠다.

한편, 氣泡모르터의 吸水率試驗 結果를 分散分析한 結果, 吸水率은 配合比의 變化와 起泡剤 및 氣泡의 添加量에서 다같이 高度의 有意性을 보였으며, 起泡剤와 氣泡의 添加量이 配合比보다 吸水率에 더 큰 影響을 미치고 있다는 것을 알 수 있었다.

또한, 配合比와 起泡剤 및 氣泡 添加量과의 交互作用이 吸水率에 미치는 影響도 高度의 有意性을 보였다.

이와같이 氣泡모르터는 吸水率이 普通시멘트 모르터보다 높기 때문에 流動性과 透水性等을 要求하는 空洞充填材 및 構造物等에 使用한다면 工事費切減과 施工의 迅速化에 많은 도움이 되리라 생각된다.

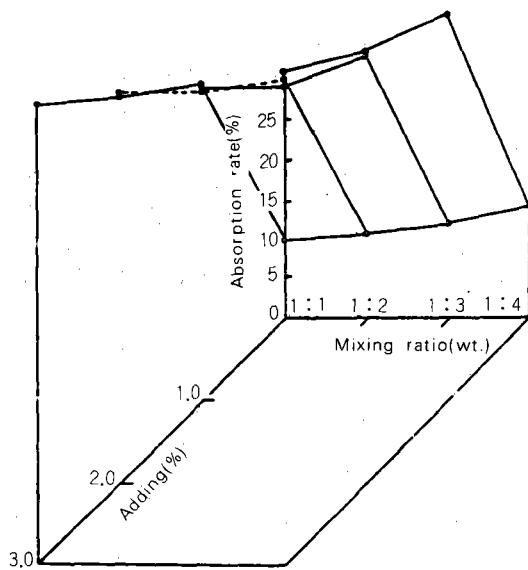


Fig. 5. Relationship among the absorption rate, mixing ratio and adding on mix-foaming type.

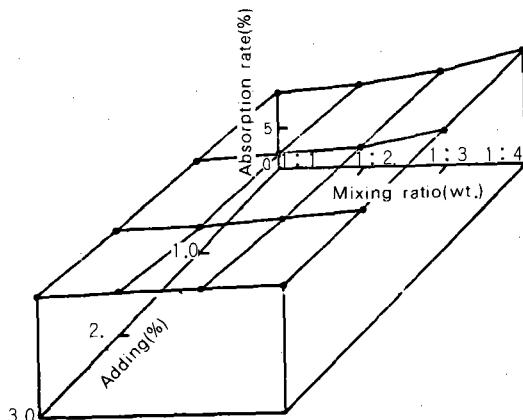


Fig. 6. Relationship among the absorption rate, mixing ratio and adding on pre-foamed type.

3. 密度와 吸水率과의 關係

氣泡モルタル의 密度와 吸水率試驗結果에 對한 相關性을 檢討한 바 Fig. 7, 8과 같이 混合氣泡注入型은 $r = -0.982$ 事前氣泡注入型은 $r = -0.897$ 로서 모두 그 有意性이 認定되었으며, 이것은 德光等¹⁴⁾의 研究에서와 같이 密度와 吸水率과는 相關關係가 있고, 絶乾比重이 클수록 吸水率이 작은 傾向을 보였다는 報告와 一致되는 結果

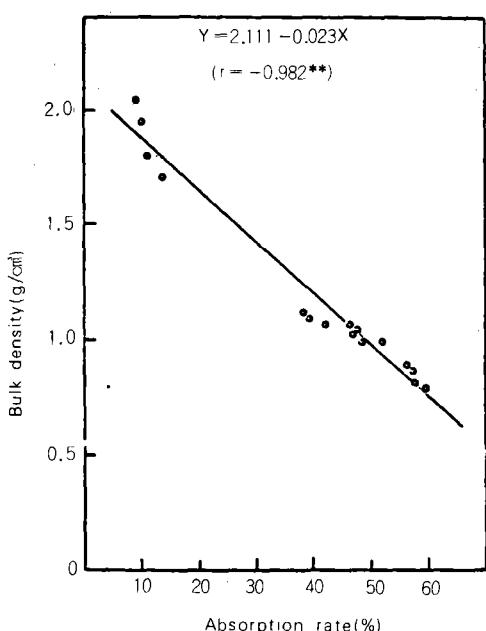


Fig. 7. Correlation between absorption rate and bulk density of mix-foaming type.

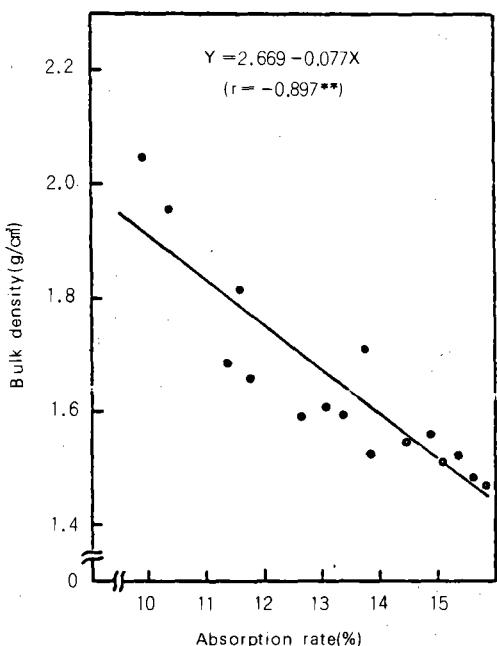


Fig. 8. Correlation between absorption rate and bulk density of pre-foamed type.

라 생각된다.

또한, 各 氣泡モルタル에서 密度의 減少率은 吸

水率의 增加率보다 작게 나타났다.

이와같이 氣泡모르터는 普通시멘트 모르터보다 密度가 작고 吸水率이 크기 때문에 使用目的에 따라 配合比와 起泡劑 및 氣泡의 添加量을 調節하여 輕量性, 流動性, 加工性 및 透水性等을 利用한다면 土木分野에 많은 寄與를 하리라 생각된다.

IV. 結 論

이 論文은 氣泡모르터의 密度 및 吸水率 特性에 關한 研究로서 이 研究를 통하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 氣泡모르터의 密度는 配合比 1:1일때 가장 크게 나타났고, 이보다 貪配合일수록 起泡劑 및 氣泡의 添加量이 增加할수록 작게 나타났으며, 密度의 減少率은 富配合일수록 起泡劑 및 氣泡의 添加量이 增加할수록 크게 나타났다.

2. 氣泡모르터는 普通시멘트 모르터에 比하여 混合氣泡注入型은 38.8~55.9%, 事前氣泡注入型은 9.7~23.6%의 自重減少를 보였다.

3. 氣泡모르터의 吸水率은 配合比 1:1일때 가장 낮게 나타났고, 이보다 貪配合일수록 起泡劑 및 氣泡의 添加量이 增加할수록 높게 나타났으며, 吸水率의 增加率은 富配合일수록, 起泡劑 및 氣泡의 添加量이 增加할수록 크게 나타났다.

4. 72時間 水浸에서 各 氣泡모르터의 吸水率은 普通시멘트 모르터에 比하여 混合氣泡注入型은 3.41~5.85倍, 事前氣泡注入型은 1.05~1.55倍로 나타났으며, 吸水率의 變化率은 모두 水浸初期에 높게 나타나는 傾向을 보였다.

5. 各 氣泡모르터에서 密度와 吸水率과의 相關係係는 高度의 有意性을 보였고, 配合比와 起泡劑 및 氣泡의 添加量에 따라 氣泡모르터의 密度와 吸水率을 推定할 수 있는 多重回歸方程式을 誘導하였으며, 各 方程式은 高度의 有意性이 認定되었다.

參 考 文 獻

1. ACI. 1979. Guide for Structural Light-weight Aggregate Concrete. Concrete International. 1(2) : 33~62.
2. ACI. 1982. Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Light-weight Concrete. ACI Manual of Concrete Practice. (part 1) 211 : 1~18.
3. ACI. 1982. Admixtures for Concrete. ACI Manual of Concretes Practice. (Part 1) 212 : 1~29.
4. ACI. 1982. Batching, Mixing and Job Control of Light-weight Concrete. Concrete International. 4(9) : 88~96.
5. ACI. 1983. Guide for Low Density Precast Concrete Floor, Roof and Wall Units. ACI Manual of Concrete Practice. (Part 5) 523 : 1~6
6. 阿久津兼二. 1965. スレトン化 樹脂を用いた 氣ほう コンクリート 混和剤. セメント技術年報. (19) : 391~396.
7. セメント協會. 1982. ユンクリート用 混和剤特集. セメント・ユンクリート. (426) : 101~106.
8. 高橋直人, 浜田稔. 1970. 氣泡コンクリートの 強度に 關する 實驗的研究. 日本建築學會大會 梗概集: 35~66.
9. 姜信業, 金成完, 安龍得. 1982. 起泡剤을 混入한 모르터의 物理的 性質에 關한 研究. 忠南大學校 農業技術研究報告. 9(特輯號) : 1~11.
10. 金成完, 姜信業, 趙成燮, 成贊鏞. 1984. 起泡剤가 모르터의 特性에 미치는 影響. 忠南大學校 農業技術研究報告. 11(1) : 133~145.
11. 小野博宣, 大岸佐吉. 1972. ポリマー, ガラス纖維で 補強された 氣泡 モルタルの 複合效果に 關する 基礎的 研究. セメント技術年報. (26) : 216~221.
12. Ryu, H. Y. 1959. Physical Tests to Measure the Durability of Concrete Drain Tile When Exposed to Acid Waters. Graduate School of Minnesota : 199.
13. 成贊鏞, 黃垠. 1985. 起泡剤가 모르터의 諸性質에 미치는 影響에 關한 實驗的研究. 韓國農工學會誌. 27(1) : 46~61.
14. 德光普治, 石川達夫, 松下博通. 1972. 起泡剤を 混入した モルタルの 性質. セメント技術年報. (26) : 206~210.
15. Valore, R. C. Jr. 1954. Cellular Concrete. ACI Journal, Proceedings. (Part 1) 50(10) : 817~836.