

I-48 モルタル中におけるアルミニウム粉末の反応について

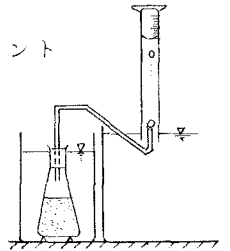
東京大学 正員 岩崎訓明

1. まえがき

フレパックス・コンクリートのグラウトに、アルミニウム粉末を適当量混入すれば、モルタル中のアルカリと反応して、水素ガスを発生し、注入後適当な時期にグラウトを膨脹させ、グラウトと粗骨材や鉄筋との附着を確実にすることは、周知の通りである。しかし、アルミニウム粉末の種類によっては、膨脹剤として無効なものもあって、その反応は、相当に複雑なものであると思われる。そこで、実験を行って反応速度、反応の次数、反応に及ぼす諸条件の影響等を調べ、反応の機作について検討した。

2. 実験方法

反応に直接関係するものが、アルミニウム粉末と、モルタル中のセメントペーストから遊離する水酸化カルシウムとであることを考慮して、実験は、主としてセメントペーストを用いて行い、必要に応じて、モルタル及びカセイソーダ溶液を用いた実験も行った。反応の進行状態を調べるためには、水上捕集法を利用して、セメントペーストの膨脹を連続的に、且つ 精確に測定した。その装置は、右図の通りである。



3. 実験結果の概略と考察

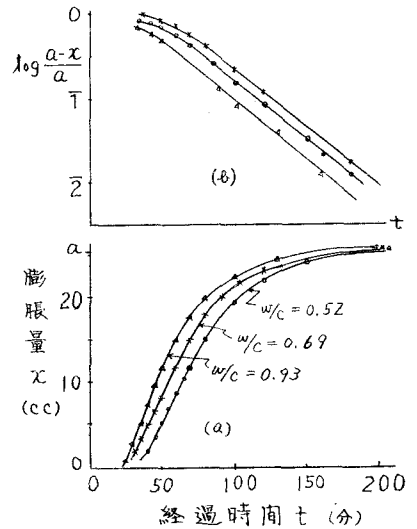
右のグラフは、セメントペースト 50.0cc に、アルミニウム粉末を 0.03g 混入して、温度 22.0°C において測定した、膨脹量 x cc と、ペーストを練り始めてからの経過時間 t 分との関係を示したものである。グラフは、何れも直線部分と曲線部分とから成っているが、(a)における直線部分は、(b)においては曲線となり、又 (a)における曲線部分は、(b)においては直線になっている。このことから、アルミニウム粉末の反応は、前半においては、反応速度が

$$\frac{dx}{dt} = K_0$$

で表わされる 0 次反応で、後半においては、反応速度が

$$\frac{dx}{dt} = K_1(a-x)$$

で表わされる 1 次反応であることが判る。水セメント比が 0.93, 0.69, 0.52, の三つの場合について K_0 , K_1 を求めると、第 1 表のようになる。すなわち、水セメント比が 0.93 ~ 0.52 の範囲で変化しても、 K_0 , K_1 は殆んどその影響を受けていない。又 最終的な膨脹量



w/c	0.93	0.69	0.52
K_0	0.40	0.33	0.35
$K_1 \times 10^3$	3.01	3.01	3.01

α も、三つの場合の何れも 25.1 cc となっていて、水セメント比の影響を受けていない。種々な場合について α の値と、アルミニウム粉末の混入量との関係調べた結果を示したのが、第2表である。アルミニウム粉末 1mg 当りの膨脹量は、0.83 cc で、22°C、1 気圧の下でアルミニウム 1mg から発生する水素ガスの体積 1.35 cc の約 62% である。即ち アルミニウムは一部しか反応していない。この原因が、セメントペーストの硬化ではないことは、膨脹停止時において、ペーストは未だ硬化していなかったこと、ペーストを攪拌しても、膨脹は再び起らなかったこと、によりて明らかである。アルミニウムが一部分しか反応しない原因は、(1) NaOH の 0.5 N 溶液 100 cc に、アル

第2表 (22~23°C)

W/C	Al (g)	膨脹量 α	α_{Al} (cc/mg)
0.52	0.03	25.1	0.84
0.69	0.03	25.1	0.84
0.94	0.03	25.1	0.84
0.94	0.03	24.0	0.80
0.94	0.06	50.0	0.83
0.94	0.12	100.	0.83
平均			0.83

ミニウム粉末 0.5 g を溶解すると、アルミニウムは完全に溶解したが Ca^{++} を出す $CaCl_2$ 又はセメント分散剤(リグニンスルホン酸カルシウム)を NaOH 溶液に加えておくと、アルミニウムは約 50% しか反応せず、反応終結後、フラスコの底に白色沈澱が生じていた。(2) アルミン酸ソーダの濃溶液に Ca^{++} を加えたときに生じる白色沈澱の溶解度は、10°C ~ 30°C において、 10^{-3} 以下であった。(3) アルミニウムを混入したモルタルをプレパクドコンクリートのグラウト練りませ用ミキサで、200 r.p.m. の回転速度で攪拌したとき、モルタルの膨脹速度は、練りませ時間に無関係であったが、最終的な膨脹量は、練りませ時間の長いものほど小さくなった。

等のことから考えて、アルミニウムの表面に、反応生成物の被膜が生じて反応を妨げるようになり、被膜が完全に出来たときに、反応が終結するためであると思われる。

温度条件が変わっても、やはり反応の前半は 0 次反応、後半は 1 次反応となっていて、 K_0 と温度との関係は、第3表の通りであった。

第3表から判るように、温度が 10°C 上がると、反応速度は、約 3 倍となる。

第3図は、絶対温度の逆数と、 $\log K_0$ との関係を示したもので、直線の方程式は、

$$\log(10^3 \times K_0) = 2.93 - 4.08 \times \frac{10^3}{T}$$

である。

モルタル中におけるアルミニウム粉末の反応は、又、界面活性剤によって、大きな影響を受ける。第4図は、その一例を示したものであるが、アルミニウム粉末を界面活性剤の濃い溶液、例えば 10% 溶液に親和させてから、混合用水と共に用いると、膨脹速度、及び膨脹量は小さくなり、膨脹始発時もおそくなる。この結果からも、アルミニウム粉末が、モルタル中において一部分しか反応しない原因は、アルミニウムの表面附近の状態にあることが支持される。

第3表

温度 °C	10.0	12.2	15.2	16.2	22.0	22.5	29.0	31.0
$K_0 \times 10^3 \frac{cc}{min \cdot mg}$	3.37	4.10	5.16	5.90	11.6	13.6	22.7	30.8

