

岩手大学 工学部 石 田 宏

1. まえがき

高含水比粘性土の含水比を低下させる方法として、生石灰を混合すれば、急速かつ大中に含水比を低下させることができる。生石灰による含水比の低下は、生石灰と土中の水との化学反応によるものと、化学反応によって発生する反応熱による気化量とからなっている。このうち化学反応による含水比の低下は、混合される生石灰の重量から計算できるので問題とならない。ここで問題となるのは、反応熱による土中の水分の気化量である。したがって、反応の進行にともなう水分の気化がどのように行なわれているか、また、反応熱のうち水分の気化に利用された熱量など未だ明かされていないための実験を行なった。

2. 実験方法と実験材料

今回の試験の目的は、水分の気化についての基礎資料を得ることであり、次のようにして試験した。試料に生石灰を混合し、十分かくはんした後、時間の経過とともに試料の全重量を測定し、重量の減少量を求め、これを水分の気化量とした。すなわち、化学反応による含水量の変化は、生石灰が消石灰になるために消費されるので重量の変化はおこらない。したがって、試料の重量の減少量は水分の気化量と考えた。また、生石灰を混合しない場合も気化は考えられるので、この場合についても、同時に試験を行ない、水分の気化量を次式によって求めた。

$$(\text{水分の気化量}) = (\text{生石灰を混合した場合の試料重量の減少量}) - (\text{生石灰を混合しない場合の試料重量の減少量})$$

次に、化学反応の進行状態を明らかにするため、生石灰混合後の試料の温度変化を求めた。

試料の重量の測定は、卓上台秤にて行なった。試料は1kgを $260 \times 200 \times 30$ のホーローパットに入れ、台秤にのせるときには、高さ5cmの脚をつけ、台秤とホーローパットが直接にふれないようにした。温度の測定は棒状温度計によって行なった。

試料は、国鉄盛岡工事局厨川試験室付近に産する高含水比粘性土である。自然含水比は90%であり、土質は統一分類法によればMHである。生石灰は4760/4フルイを通過したものを用いた。

3. 実験結果

図-1は、実験結果を示したものである。生石灰を混合しない場合の試料の温度は0.5°Cであり、試験終了後は1.5°Cであった。次に水分の気化量は試験終了時(5時間後)で4gであった。一方、生石灰を混合した場合は、生石灰と水との反応が急速に行われたことを示しており、混合後10分で最高温度の60°Cとなつてゐる。これ以後は、温度がさがり、2時間以後の温度降下は緩慢となつてゐる。水分の気化量は、生石灰混合後10分ですでに4gの気化があることを示している。生石灰混合後1時間で20%の気化量を示しており、気化の大部分は1時間で完了すると思つてよいと思われる。また、この時間内では、水分の気化はほぼ時間に比例して大きくなつてゐる。

次に反応熱のうち、水分の気化に用いられた熱量は、次のように計算できる。生石灰混合比は30%であり、この場合の生石灰重量は158gである。水の気化熱は、試料の最高温度と最低温度との

平均値についての値を用いることにし、次式により求めた。

$$\gamma_n = 596 - 0.56\theta \text{ ----- (1)}$$

γ_n ; 気化熱 cal/g, (θ は温度を示す), θ ; 試料の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

$$\gamma_{30} = 596 - 0.56 \times 30 = 579 \text{ cal/g}$$

水分の気化量は、22g であるから、水分の気化に用いられた熱量 Q は次のようになる。

$$Q = \gamma_n \cdot m = 579 \times 22 = 12738 \text{ cal}, \quad m; \text{気化量}$$

次に、全反応熱 Q_0 は次のようになる。

$$Q_0 = q \cdot \frac{C}{M_1} = 15100 \times \frac{158}{56.1} = 42527 \text{ cal}$$

q ; 反応熱 / mol, C ; 生石灰の重量, M_1 ; 生石灰の分子量

したがって、水分の気化に用いられた熱量の効率 η は、

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} = \frac{12738}{42527} = 0.295$$

となり、反応熱の 30% が水分の気化に用いられたことになる。次に試料の含水比の変化は、次式によって計算する。

$$w = \frac{w_n - \alpha \cdot a}{1 + 1.32 \cdot a} \text{ ----- (2)}$$

w_n ; 生石灰混合前の含水比, a ; 生石灰混合比

w ; 生石灰混合後の含水比

α は、生石灰混合によって減じた水量と生石灰との重量比を示したもので、生石灰混合の効果をあらわす数値であり、次式にて計算する。

$$\alpha = \frac{M_2}{M_1} + \eta \cdot \left(\frac{q}{M_1 \cdot \gamma_n} \right) = \frac{18.0}{56.1} + \frac{0.3 \times 15100}{56.1 \times 579} = 0.32 + 0.3 \times 0.46 = 0.458$$

M_2 ; 水の分子量

反応熱による水分の気化を考えない場合、すなわち $\eta = 0$ の場合は、 $\alpha = 0.32$ となり、反応熱が全部水分の気化に用いられたとした場合、すなわち $\eta = 1.0$ の場合は $\alpha = 0.78$ となる。

したがって生石灰混合後の含水比は次のようになる。

$$w = \frac{0.9 - 0.458 \times 0.3}{1 + 1.32 \times 0.3} = 0.546 = 54.6 \%$$

次に現場施工する場合は、この η の値をいかにするかが問題であり、室内試験の結果をそのまま利用することができないので、適正な生石灰混合比を求めるための現場試験を行ない α を決定する必要がある。この場合は、(2) 式より、生石灰混合前後の含水比 w_n, w より α を計算し、 η を求めることになる。 α を計算する場合、土と生石灰を十分混合し、生石灰と水との化学反応が完了したときに用いることを条件としているので、パイル工法で施工する場合は、盛土地へ運搬された盛土材料の中から十分混合したものを試料としてとり出す必要がある。この α を計算して散布工法とパイル工法とを比較した結果、含水比の低下には散布工法が有利となったが大きな差はなかった。

最後に本試験には、国鉄盛岡工事局の協力をいただきました。ここに深く謝意を表します。

図-1

生石灰混合による温度変化と気化量

