

大阪市立大学(名誉教授) 正会員○三 瀬 貞
 大阪市立大学工学部 正会員 眞 嶋 光 保
 大阪市立大学工学部 正会員 山 田 優
 成 幸 工 業 株 式 会 社 正会員 國 藤 祐 光

1. はじめに

ソイルセメント混合工法のリサイクルには、いろいろの場合がある。すなわち、工法で生じるセメントを含まない残土またはセメントを含んでいてもそのセメントを無視して残土として処理する場合、いまだ固まらない状態のフレッシュなセメントを含む土について考える場合、および硬化したソイルセメント混合物を考える場合がある。ここでは、フレッシュなセメントを含む土のリサイクル過程について、他の場合も含めて主として深層混合工法を対象に、リサイクル過程を化学的に考察することにする。

2. ソイルセメント混合物のリサイクル態様

ソイルセメント混合工法は、土を主体としてそれにセメントを混合したものを利用する工法であるが、例えば、表-1のような形態が考えられ、それぞれに応じてリサイクルの過程も異なってくる。ここでは、深層でかつ水でセメントを輸送する形態の一つである、いわゆるソイルセメント地下連続壁工法を例に取って考える。セメントに水が加えられる形であるから、混合と同時にセメントの水和が始まる。水和反応は、時間に大きく依存するのでリサイクルの過程も、時間によって大きく形を変える。

表-1 ソイルセメント工法の形態

深 度	浅層、深層
輸送方法	気体、泡沫、液体
状 態	粉体、泡状、泥状
圧	常圧、加圧

ポルトランドセメントの水和の段階は、極めて複雑で、いまだ十分に明らかにされていないが、一応図-1の5段階が考えられる⁽¹⁾。S_Iは比較的速やかに進行するCaOの溶解の過程であり、S_{II}は溶解が過飽和となって抑制される上、水和に伴って生じるゲルの吸着で二重に抑制される段階であり、S_{III}は浸透圧によるゲル状膜の破壊等による水の浸入で、C₃Sのような短期反応型化合物が一斉に水和する段階、いわゆる加速の段階であり、S_{IV}は多量に生成したゲルにより空間が埋められて、イオンの移動が思うように行かなくなる減速の段階であり、S_VはC₂SやC₄A・Fのような長期反応型化合物が水和していく段階である。ソイルセメント混合物のリサイクル段階は、これに対応して考えられる。S_I、S_{II}を対象とする残土リサイクルは、汚泥の回収という形であり、離漿・圧密が主な対象となる。S_Vの段階では固結したソイルセメント塊の処分や再利用ということになり、粉砕・混合といった単位の操作が主な対象となる。その中間では、セメントの凝結・固結を如何に遅延させるかということが対象となるであろう。

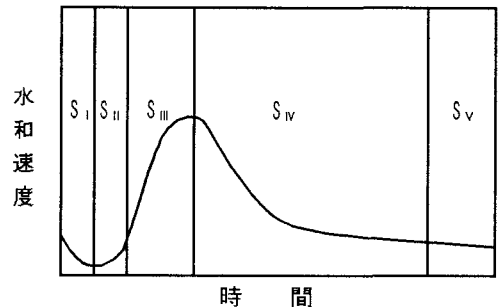


図1 セメントの水和反応

3. ソイルセメント混合物のリサイクル過程

ある材料あるいはその混合物に対して、リサイクルを可能にする潜在能力をリサイクルポテンシャルと呼ぶことにする。ただこのポテンシャルがあるということだけで直ちにリサイクル過程に上がることはなら

ない。政治的、経済的、環境的あるいは将来の創造的技術開発等がリサイクル過程に対して重要な意味を持ってくる。リサイクルポテンシャルは、リサイクル過程の多様さに応じて、多様な内容を持つことになる。

いま、 i なる過程におけるポテンシャルを

$$\psi_{1,2,\dots,i,\dots}$$

で示し、 j なる状態におけるポテンシャルを

$$\psi_{1,2,\dots,j,\dots}$$

で示すと一般に、これらのポテンシャルは

$$\psi_{1,2,\dots,i,\dots,j,\dots}$$

で示される。一例として、 i, j なるリサイクル過程のポテンシャルを ψ_j^i とすると、このポテンシャルによって変化する量が、最も簡単に考えてポテンシャル勾配に比例すると、この変化は次の式で示される。

$$\frac{\partial^2 \psi_j^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_j^i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_j^i}{\partial z^2} = \alpha \frac{\partial^2 \psi_j^i}{\partial t^2}$$

ここに、 x, y, z は空間座標、 t は時間、 α は実験値である。

これを適当な条件の下に解いて、将来を予測することができる。

4. リサイクルの増幅過程

いま、 ψ_i^i なるリサイクルポテンシャルのもとに、あるリサイクル過程が行われているとき、時間の経過によるリサイクルの進行につれて、その進行速度が次第に小さくなり、遂には平衡状態になってリサイクルは止まる。

この段階で、リサイクルをさらに進めようとするためには、リサイクルポテンシャルを ψ_i^i から ψ_j^j に変更させなければならない。これはポテンシャルの大幅な増大であり、ポテンシャルレベルの上昇、換言すればポテンシャル軌道の転換であると言わなければならない。

この具体的手段には、多くのものが考えられるが、例えば、超音波の使用なども有用な方法と言えるであろう。

また、セメントの水和反応を最終的に、CSH ゲルの生長反応を律速段階として、適当な時間スケール T の中で評価できるものとする、 ψ_i^i を ψ とおいて、 ψ が 0 になるときをリサイクル度 R が 100% になるとして、 ψ_t を任意の時間におけるポテンシャル、 ψ_0 を初期の値とすると、リサイクル度 R は次式により示される。

$$R = \left(1 - \frac{\psi_t}{\psi_0} \right) \times 100 \quad (\%)$$

5. おわりに

ソイルセメント混合工法のリサイクル過程は、これをセメント水和反応としてとらえると様々な過程が考えられるが、CSH ゲルの生長反応を律速段階として、簡単な式で表現することができ、従ってそのリサイクル度が定量的に評価できるので、具体的に色々な方法が新しく考案されることになる。また CSH ゲルの生長反応を Critical Path とすれば、リサイクル過程の予測に数理計画的な方法が導入されるであろう。

参考文献：(1) 荒井康夫：セメントの材料化学，大日本図書，1984