

建設省土木研究所 正員 三木博史  
 同上 正員 久楽勝行  
 同上 正員 岡田芳樹

1. まえがき

土中の有機物が分解して生じた腐植にはアルカリ溶液によって溶出する腐植酸と不溶性のヒューミンとがあり、腐植酸はさらにフルボ酸とフミン酸に大別できる。このうちフミン酸は、セメントの硬化に有害な作用を及ぼすことが大場<sup>1)</sup>によって指摘されている。そこで筆者らは、土中のフミン酸が土質改良効果に及ぼす影響を明らかにする目的で、霞ヶ浦や不忍ノ池などから採取した各種の軟弱粘性土からフミン酸を抽出し、これを種々の割合でカオリン粘土に添加した人工試料を用いて、各種の改良材による一連の土質改良実験を行っている。

前回の報告<sup>2)</sup>では、改良材として普通ポルトランドセメント (以下NPCと略称する) と消石灰を用いた結果を示し、消石灰を用いて土質改良を行う場合にはごく少量のフミン酸によって改良効果が著しく阻害されるのに対し、NPCを用いる場合にはフミン酸の種類によって影響を受ける場合と受けない場合があることを指摘した。

今回は、フミン酸を多く含む土に対してどのような改良材が効果的かを検討するための1つの試みとして、NPCと消石灰の各々に乾燥重量比で1~4割の排煙脱硫石膏 (以下石膏と略称する) を混合した改良材を用いて前回と同様の実験を行った。その結果、NPCないし消石灰に適量の石膏を加えることにより、土中にある程度のフミン酸が含まれていても、比較的高い改良効果が期待できることが明らかになったので報告する。

2. 実験方法

表一 1 フミン酸を抽出した粘性土の土質特性

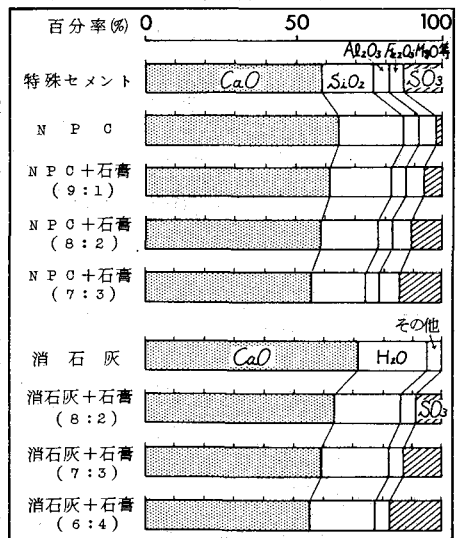
| 今回の実験に用いたフミン酸は、前回の実験でNPCと消 | 粒度組成 (%) |      |      | コンシステンシー (%)   |                |                | 日本統一土質分類 | 比重Gs | 自然含水比 $w_n$ (%) | PH (KCl) | 有機物含有量 (%) | フミン酸含有量 (%) | フミン酸含有量 (%) |
|----------------------------|----------|------|------|----------------|----------------|----------------|----------|------|-----------------|----------|------------|-------------|-------------|
|                            | 砂分       | シルト分 | 粘土分  | W <sub>L</sub> | W <sub>p</sub> | I <sub>p</sub> |          |      |                 |          |            |             |             |
|                            | 7.0      | 44.5 | 48.5 | 60.3           | 34.1           | 26.2           | CH       | 2.59 | 48.1            | 4.3      | 2.99       | 0.83        | 27.8        |

石灰の双方の改良効果に影響が認められたもので、荒川調節池の粘性土から抽出したものである。表一1に、この粘性土の土質特性を示す。

フミン酸の抽出方法は、次のとおりである。まず、湿潤状態の試料を0.5N-NaOH中にひたして48時間放置し、ろ液と沈殿物に分離する。この段階で、土中の有機物のうちアルカリに溶けない成分は沈殿物として分離され、ろ液の方にはアルカリ可溶性の成分であるフルボ酸とフミン酸が抽出される。次に、ろ液に0.5N-NaOHと同量の0.5N-NClを加えて中和すると、フミン酸のみが沈殿するので、フミン酸とフルボ酸が分離できる。この沈殿物を取り出して、再び0.5N-NaOH中にひたして今と同様の作業をもう一度繰返す。抽出したフミン酸は炉乾燥させたのち、すりばちで粉末状にした。

次に、このようにして粘性土から抽出したフミン酸を、液性限界 (W<sub>L</sub> = 50.6%) より含水比を10%高くしたカオリン粘土に乾燥重量比で0%, 1%, 2%, 3%, 5%の割合で添加した試料を作製し、これに対して図一に示すような9種類の改良材を用いた土質改良実験を行った。改良材の添加率は、いずれの場合もカオリン粘土の乾燥重量に対して5%とした。また、改良効果の判定は、7日養生後の一軸圧縮強さによって行った。

なお、石膏の混合割合を決める際には、有機物を含むヘドロに対してCaOを58~60%, SO<sub>3</sub>を9~13%含む改良材の効果が優れてい



図一 使用した改良材の種類と化学組成

るという喜田らの実験結果<sup>3)</sup>を参考にした。

### 3. 実験結果

図-2に、フミン酸含有率と一軸圧縮強さの関係で実験結果を整理した結果を示す。まず、消石灰に石膏を混合した改良材の効果についてみると、消石灰単独の場合にはフミン酸が1%程度以上含まれるとほとんど改良効果が認められなかったのに対し、石膏を混合したものでは、フミン酸含有率の増加に伴う強度低下の度合いが比較的ゆるやかになっており、フミン酸がある程度含まれていてもかなりの強度が発現していることがわかる。なお、石膏の混合割合別にみた改良効果の差はそれほど顕著ではないが、SO<sub>3</sub>成分を約9%含む石膏の混合割合が2割のものが比較的高い改良効果を示しており、石膏量が増加するほど強度の発現が小さくなる傾向にある。

次に、NPCに石膏を混合した改良材の効果については、フミン酸含有率がそれほど高くない範囲では石膏を混合したものがNPC単独のものよりかなり強度発現が大きくなっており、石膏を加えた効果が顕著に認められる。しかし、石膏を混合するとフミン酸含有率の増加に伴う強度低下の度合いが大きくなるため、フミン酸含有率がかなり高くなると、石膏を混合したものがNPC単独のものより強度発現が小さくなるケースも認められる。この傾向は石膏の混合割合の高いものほど顕著であるが、石膏の混合割合を1割程度、すなわちSO<sub>3</sub>成分の含有量を6%程度におさえておけば、フミン酸含有率のかなり広い範囲にわたってNPC単独のものより高い強度発現が期待でき、市販の特殊セメントと比べてもそれほど遜色のない改良効果の得られることが明らかになった。

以上の実験結果について考察を加えると、次のようになる。まず、フミン酸が増加すると消石灰の改良効果がほとんど失われるのに対し、NPCの改良効果の低下が比較的小さいことから判断すると、フミン酸は土と石灰の強度発現の主体となるポズラン反応に対しては著しい影響を及ぼすが、土とセメントの強度発現に主要な役割を果たすセメントの水和反応ならびにその生成物による接着作用にはフミン酸はそれほど大きな影響を及ぼさないと考えられる。一方、消石灰やNPCに適量の石膏を加えることによって改良効果が改善されるのは、石膏と土中の反応性アルミナとがエトリンジャイト(3CaO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・3CaSO<sub>4</sub>・32H<sub>2</sub>O)を生成し、土中の遊離水を結晶水として大量にとり込んで含水比を低下させるとともに、エトリンジャイト結晶が土中の空隙を充てんして硬化体を緻密にするためと考えてよいが、こうしたエトリンジャイトの生成による強度発現にはフミン酸の影響がそれほど顕著に及ばないために、石膏を加えることによって土中にある程度のフミン酸が含有していてもかなりの土質改良効果が期待できるものと考えられる。

### 4. まとめ

NPCと消石灰の各々に適量の石膏を加えることによって、土中にフミン酸がある程度含まれていても比較的高い土質改良効果の得られることが明らかになった。これは、ポズラン反応がフミン酸によって著しい影響を受けるのに対し、石膏によるエトリンジャイトの生成反応に対してはフミン酸の影響が比較的小さいためと推察できる。また、セメントの水和反応とその生成物による接着作用に対するフミン酸の影響も小さいと判断できる。

### <参考文献>

- 1) 大場：土中の有機物がセメンティング効果に及ぼす影響，土木技術資料Vol.10, No.12, 1968.
- 2) 岡田，久楽，三木：土中のフミン酸が土質改良効果に及ぼす影響，第38回土木学会年次講演会，1983.
- 3) 喜田，久保，漆原：汚泥の処理処分に関する研究（第6報），第15回土質工学研究発表会，1980.

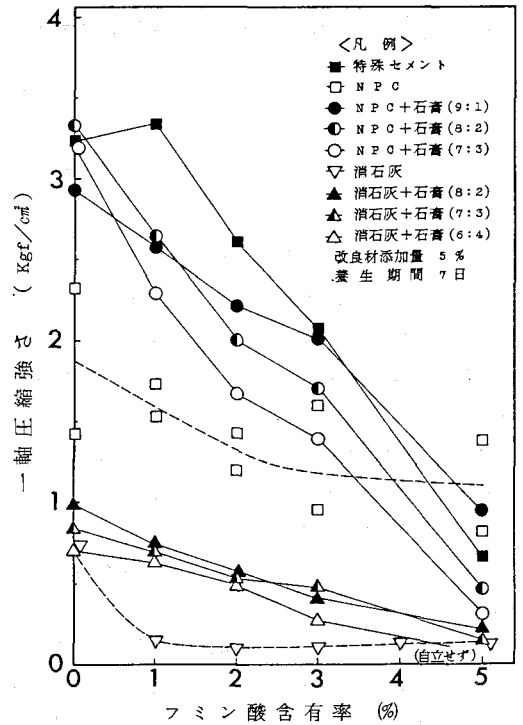


図-2 フミン酸含有率と改良土の一軸圧縮強さの関係