

(株)大林組技術研究所 正会員 喜田 大三
 正会員 ○ 川地 武
 青藤 裕司

1. まえがき

土木・建築分野の地下工事に於いて、粘土およびセメントは鉄と並んで代表的な無機材料といえよう。粘土の中で最も一般的に使用されるのはバントナイトである。このバントナイトとセメントが用いられる工法の代表的なものは、泥水工法とグラウト工法である。泥水工法ではバントナイト泥水にコンクリート打設時セメントが混入してゲル化するのを防止する必要があるが、泥水を廃棄処分する場合には泥水がゲル化して固化した方が望ましい。また、グラウト工法の場合には、注入時には適度の流動性を有し、地盤中に注入されたら強固なゲルを形成することが望ましい。いずれの場合にもバントナイト、セメント、水の系における反応が問題となるが、この系に関する系統的な研究はほとんどなされていない。そこで、バントナイト・セメントゲルの物性に関して、主として水の存在状態の面から解析することを目的として、ゲルの強度と水の存在状態との関係を検討した。

2. 実験方法

2.1 供試材料 バントナイト：群馬産、山形産、兵庫産の250メッシュ、セメント：普通ポルトランドセメント

2.2 ゲルの作成 バントナイトを予め水に8%濃度で懸濁させ、1日放置後セメントを所定量加えてミキサーで混練し、アクリルモールド(長10cm、φ5cm)および採土管(長5cm、φ5cm)に流し込み、50°Cの恒温槽で所定時間養生した。

2.3 測定項目 一軸圧縮強度、pF水分量：遠心分離機で採土管内のゲルを1000, 2000, 4000, 8000 rpmで遠心分離し、分離水を測定し、pF水分特性を求め、全水分中の各水分(自由水、準拘束水、拘束水)の割合を求めた。

3. 実験結果と検討

図-1 群馬産バントナイトにセメント4%を添加した場合の強度発現の過程を示す。セメント混合4時間後までは流動性があるが、12時間後には1Kg/cm²程度まで固化し、以後ゆるやかに強度が増大し、10日後には1.8 Kg/cm²となる。この強度発現に要する時間は養生温度の上昇に伴ない短縮される。固化したゲルの破壊ひずみは2%前後であり、破壊した試料はホロボロとしている。

次に、養生時間を2日とし、セメントの混合量およびバントナイトの種類を変えたゲルの強度を図-2に示す。群馬産のゲルはセメント2%でもある程度固化し、3%となると2Kg/cm²にも及び、一オ、山形産、兵庫産のものはセメント量を増加しても、ほとんど強度を示さない。

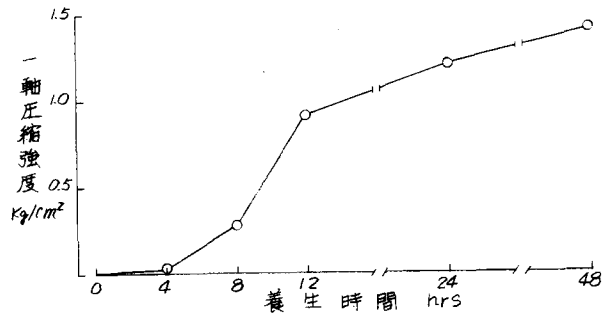


図-1 群馬産バントナイトセメントゲルの固化過程

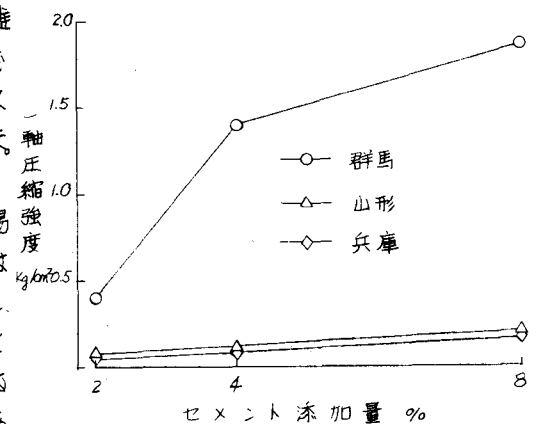


図-2 各種バントナイトセメントゲルの強度

このように、バントナイトの種類によってゲルの強度に著しい差異が見られる原因は、後述のように、ゲルに含まれる水の状態および形成されるゲル構造の差異に起因するが、このような差異はバントナイト自体の物性に支配されていると思われる。

さて、まずゲルの水分の存在状態を把握するため、pF 水分特性を検討した。図3、図4の結果をまとめて示す。ここでは水の状態を自由水 ($pF < 2.7$)、準拘束水 ($pF 2.7 \sim 4.0$)、拘束水 ($pF > 4.0$) に区分し、全体の水分中の百分率で表示している。群馬産のゲルでは(全水分は含水比で780%) 混合直後50% 近い自由水があるが、12時間後には5%以下となり、拘束水が70%以上となる。したがって、ゲルの強度は自由水の低下、拘束水の増大によってもたらされていると考えられる。同様に図4で群馬産のゲルではセメント混合量の増加に伴って自由水の減少、拘束水の増加が見られ、強度の発現と対応しているが、山形産、兵庫産のゲルではセメント混合量が増加しても自由水は減少せず、拘束水も増加しない。この事実から、バントナイトセメントゲルの強度はゲルに含まれる水の存在状態に支配されるといえる。そこで、図1の強度と図3の水分特性の結果を組み合わせ、強度と自由水率との関係を図5に示した。この図から、バントナイトセメントゲルの強度は、ゲルのpF 2.7 分離水すなわち自由水の全水量に対する割合によって決定されていると言えよう。この図中、セメント混合量4%の山形産および兵庫産のゲルについてもプロットすると、群馬産のゲルの曲線からややずれる。山形産および兵庫産のゲルについては高強度の測定例がないので断言することはできないが、強度と自由水率との曲線がバントナイトの種類によって異なるものかも知れない。

4. あとがき

バントナイトセメントゲルの物性に関する研究のスタートとして、強度とゲル中の水分状態との関係を検討した。その結果、強度がゲル中の自由水 ($pF < 2.7$) の全水分に対する割合と密接な関係をもっていること、バントナイトの種類によってゲルの固化特性が異なり、固化しないゲルでは自由水の割合がセメントを多量混合しても低下しないことが判明した。今後、ゲルのねり返しに対する挙動、透水性とこれを決定する要因などを明らかにすると共に、バントナイトセメントゲルの固化の機構およびゲルの中における土粒子間結合の詳細についても検討を加える必要があると思われる。

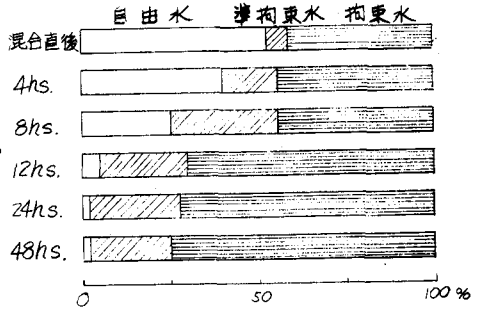


図-3 含有水分の区分の経時変化 (群馬産、セメント4%)

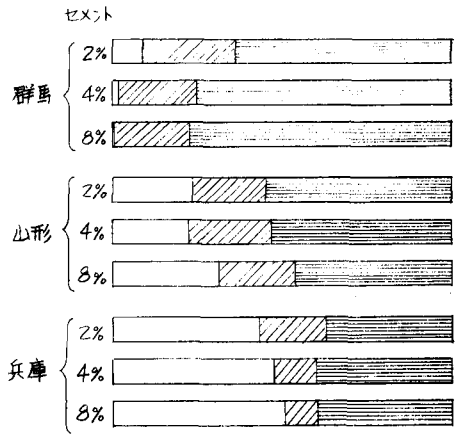


図-4 各種ゲルの含有水分の区分

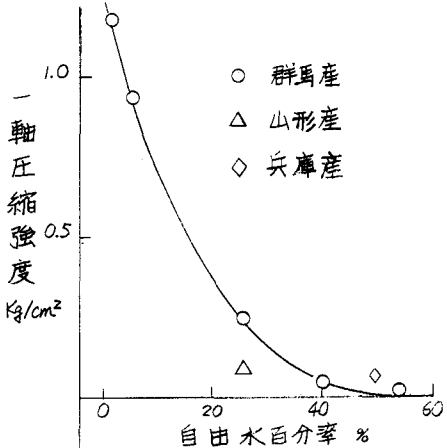


図-5 ゲルの強度と自由水率の関係