

44 高分子吸水剤の土石流流動阻止効果

建設省土木研究所 ○栗原 淳一

水山 高久

鈴木 浩之

1. はじめに

新素材の一つである高分子吸水剤は、これまでに利用されてきた「紙おむつ」にとどまらず、砂漠の緑化や土壌改良等、様々な分野への応用が検討されている。土石流流動阻止工は、この高分子吸水剤を流動中の土石流に投与し、土石流中の水を吸水することで土石流の動きを減勢あるいは停止させることを目的とするもので、甚大な被害をもたらす土石流災害から人命、財産を守るための土石流対策として考えられている新工法である。

ここでは、水路実験を行い、吸水剤の安全性や環境に対する影響の検討、土石流流動阻止効果の評価、そして実用化に向けて今後解決すべき問題点の抽出等を行った。

2. アンケート調査

第一段階として、吸水剤の性能に関しアンケート方式で、吸水剤製造メーカー13社の研究開発部門に対して調査を依頼した。このうち11社から計22銘柄の吸水剤について回答があった。主な概要は以下のとおりである。

2.1 主成分

ポリアクリル酸系が22銘柄中14銘柄と最も多く、変性物等を加えると18銘柄になり圧倒的に多い。

2.2 吸水倍率と吸水速度

飽水時間が2分未満でかつ吸水倍率が蒸留水に対して500倍以上のものがあったが、全体としては、飽水時間は2～5分、吸水開始2分後の吸水倍率は200～500倍というものが多い。本工法に利用する吸水剤に要求される性質としては、初期段階における吸水速度が速くかつ倍率が高いのが望ましい。

2.3 耐腐敗性と安全性

耐腐敗性に関する試験条件が各メーカーにより異なるので一律に比較するのは困難だが「腐敗する」と回答したものが5銘柄（22%）あった。土石流投入後、多量の水を吸った吸水剤は人為的に搬出しない限り長時間河床に堆積し放置したままになるので、腐敗する吸水剤を使用するのは無理である。一方、安全性については各メーカー共、経口毒性試験を行い確認している。アンケート調査による経口毒性試験LD50（マウス）は最低でも1500mg/kg以上、最高では5000mg/kg以上のものがあり安全性は高いといえる。

3. 性能試験

アンケート調査結果を基に10種類の吸水剤を選定し、吸水剤の性能に関する試験を行った。

3.1 吸水倍率、吸水速度

図－1に吸水倍率の時間的変化の一例を示す。蒸留水に対する吸水倍率の時間的変化の傾向はアンケート調査結果と同じである。図－2に蒸留水と塩水の吸水倍率の比較を示す。塩溶液における吸水

倍率は蒸留水の時と比べてかなり落ちるものがあることが分かった。砂防事業を実施している地域での流水の塩濃度は正確には分からないが、吸水能力に大きな影響を及ぼすことから現地の塩濃度の把握が必要であり、その結果次第では吸水能力を維持するための改良が必要となるかもしれない。

3.2 粘性係数

時間の経過、すなわち吸水量の増加と共にゲル状態になり粘性係数が高くなった。しかし、吸水量が同一でも粘性係数にはかなりの差が認められた。

3.3 河川環境への影響

十分に吸水した吸水剤を解放状態と密封状態のものに分けて30℃、湿度70%の恒温槽に10日間放置した。密封状態の試料は一般にpHがやや変化したものもあるが、色、状態、臭気の点でほとんど変化は認められなかった。一方、解放状態の試料は乾燥してしまった。例えば湿度を高くする等の試験方法の工夫が必要である。

3.4 凍結融解、温度の影響

本試験は品質の安定性の評価を目的に行ったものであるが半数が全く影響を受けず、影響を受けたものもその程度はわずかであった。しかし実際には数ヶ月間以上にわたり投入装置の中に入れたままの場合もあるので、長時間の試験あるいは湿度の高い状態での試験の実施も必要である。

4. 土石流流動阻止効果に関する実験

4.1 実験方法

図-3に示す水路の上流端に所定量の土砂を敷設し、その上流から毎秒2ℓの水を供給して土石流を発生させた。使用した吸水剤は表-1に示す4種類である。実験は土砂量、吸水剤量及び総水量を変化させる他に、吸水剤の投入方法も変えて行った。図-4に使用した吸水剤の吸水倍率の時間的変化を示す。

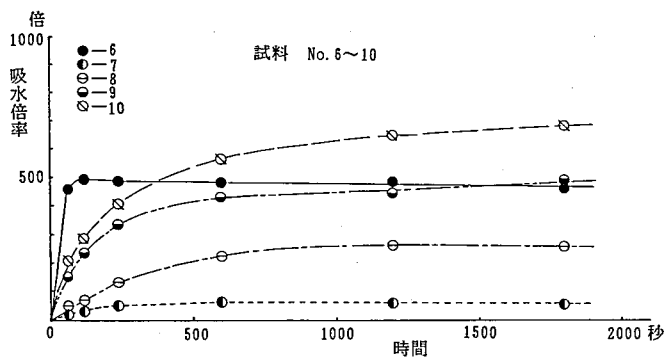


図-1 吸水倍率の時間的変化

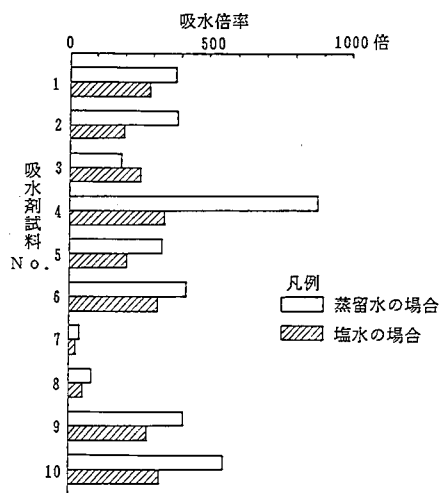


図-2 蒸留水と塩水の吸水倍率の比較

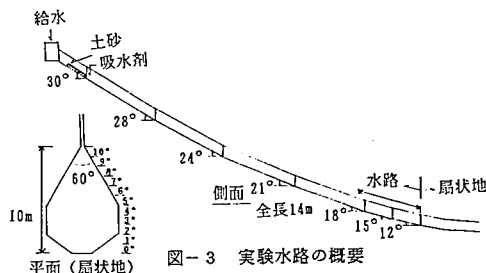


図-3 実験水路の概要

表-1 使用した吸水剤の概要

記号	主成分	最初の20秒間当りの吸水倍率
A	澱粉	30ml/g
B	ポリアクリル酸系	5
C	ポリアクリル酸系	70
D	ポリアクリル酸系	40

4.2 実験結果

4.2.1 水路内堆積率

吸水剤を投与し土石流と混合すると、土石流中の水を吸い、土石流の流動性は鈍り、その効果が大きい場合には全量が水路内に堆積し扇状地には流出しない場合もあった。図-5に20秒当りの計算上の吸水量／総水量と水路内堆積率の関係を示す。吸水剤Bを除き、吸水量／総水量の増加に伴い効果が大きくなる事が分る。データが多少ばらついている理由として、投入方法や吸水剤自体の性質のために混合具合が一定でない事や、土砂濃度、粘性係数が影響している事が考えられる。

4.2.2 扇状地堆積幅

吸水剤が無い場合、土石流は扇頂部に堆積し、流路を変えながら扇状に堆積が進んでいくのに対し、吸水剤の効果が大きいと吸水剤は流水を吸水し、固まり、流路の両側に「壁」をつくり、土石流の横方向への氾濫を抑えた。

以上の結果により量的に十分であれば、吸水剤は土石流の流動を阻止する十分な効果を有する事が確認された。吸水剤の種類毎にみると、C、A、D、Bの順に効果的で、これは最初の20秒間の吸水倍率の順とほぼ一致し、吸水量／総水量の増加に従い効果も増すことが分った。

4.2.3 投入方法

投入方法は、①敷設した土砂の直下流に水路上から投下、②敷設した土砂の下流端に予め敷設、③土砂下流端および水路中間に予め敷設の3種類を行ったが、水路内堆積率を比較すると吸水剤は投下するよりも予め水路に敷いておいた方が効果的だった。これは水路上から投下すると、吸水剤が均一に混ざらず塊となって落下したり、風の影響で偏りやすいためと考えられる。

4.2.4 混ざり具合と処理の難易度

澱粉系のAは他の3種類に比べ混ざり具合が最も悪く、固まって堆積し、堆積物の処理も非常に面倒であった。これに比べCとDは水を流しながら洗浄すればAに比べ困難ではないが、現状の吸水剤では、掘削や捨て場所等の処理の点では土砂の場合より面倒になる。対策の一案として堆積物に塩溶液を投与してゲル状態から水に戻す方法があるが、その場合下流への影響が懸念される。

4.2.5 粘性係数

吸水剤A、C、Dの計算上の吸水量／総水量と室内試験で得られた粘性係数の関係を図-6に示す。ここで、粘性係数は土砂を含まない状態のものである。これに今回の実験結果から得られた効果の程度を、効果あり○、やや効果あり△、効果なし×の区分で同図に示す。効果の程度は水路内堆積率、

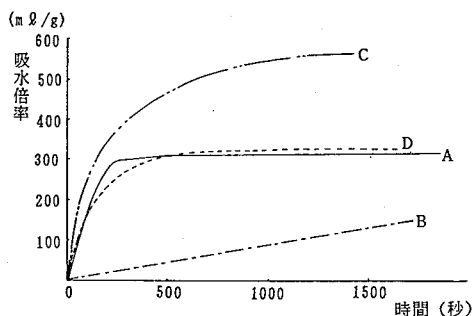


図-4 吸水倍率の時間的变化

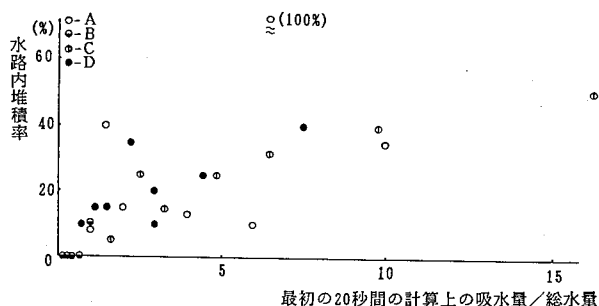


図-5 20秒間当りの計算上の吸水量／総水量と水路内堆積率の関係

流速、扇状地堆積幅の結果を総合的に判断して決めた。この図から粘性係数が約 6×10^4 cp以上になると効果が現れることが分かる。しかしこの粘性係数の値は河床勾配や粗度、更に実験の規模により変化することも考えられ、今後更に検討する必要がある。

4.3 必要吸水剤量の検討

吸水剤の吸水割合が最終の吸水倍率の80%以上になるのに2~3分以上を必要とし、実験室規模の土石流ではその継続時間が20秒程度で、吸水量は時間的に増加することから、現地での必要吸水剤量を求めることは簡単ではない。しかし前節の実験で明らかになった吸水量/総水量と粘性係数の関係を利用して必要吸水剤量を推測することはできる。検討手順を図-8に示す。例えば流量 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、流速 $v = 5 \text{ m/s}$ の土石流のフロント部の30秒を対象とし許容流下距離が300mとすると吸水剤Cの場合60秒後の吸水倍率は185倍（図-4）なので必要吸水剤量は 49 m^3 となる。

以上の試算はあくまでも吸水剤が、室内の吸水倍率試験を行った場合のように水と吸水剤が均一に混ざる状態を前提に進めているが、他の報告¹⁾でも述べられているように、いかに土石流中の水と速やかに均一に混合し反応させるかが鍵となる。また長時間の土石流に対しては、連続的な吸水剤の投与が可能な装置が必要になる。

5. 今後の課題

以上の結果を踏まえ今後解決すべき課題を以下にまとめる。

- 1) 現在以上の能力を有し、腐敗せず、かつ経済的で処理のしやすい吸水剤を開発する。
- 2) 自動的かつ連続的な吸水剤の投与が可能な投入装置を開発する。更にこの投入装置は、土石流が一般には数十年に一度以下の希な現象であるので、非常時に安定して機能するものでなければならない。
- 3) 今回の結果から粘性係数が約 6×10^4 cpになると流動阻止効果が期待できるという結果が得られたが、さらに広い条件について実験を行い一般的な結論を得る。

参考文献

- 1) 高橋保、藤井由之：流下域における土石流の制御法に関する研究，京大防災研年報第31号B-2，1988，pp. 648~653

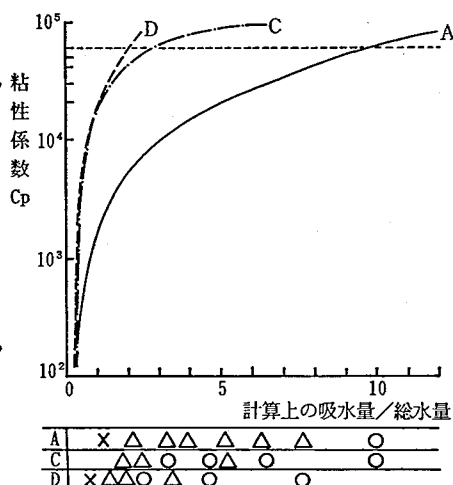


図-6 吸水量/総水量と粘性係数の関係

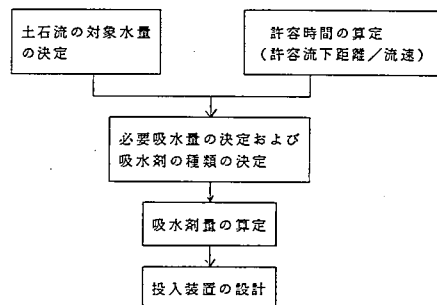


図-7 土石流流動阻止工設計の手順