

# 土工事における濁水・粉塵発生防止法の研究開発

栗原 正美 上野 孝之  
西林 清茂

## 概 要

宅地造成工事や道路建設工事などの土工事では、降雨時に裸地表面から土の細粒分を含んだ濁水が発生したり、乾燥時期に強風によって地表面の微細土粒子が粉塵となって飛散し、周辺環境をそこなうことがある。筆者らは、濁水や粉塵の発生源である微細土粒子を含んだ地表面に、撥水剤や被膜剤等のエマルジョンの低濃度水溶液を散布し、撥水剤の疎水化作用や被膜剤によるコーティング作用を利用して、細粒土の降雨による流出や風による飛散を防止する方法を開発した。これまで、土粒子の流出防止効果や飛散防止効果についての評価試験を行い、この簡易手法の有効性が確認できた。また、現場での実験工事を通じ、小規模工事から大規模工事までの施工法を検討し、実際工事にも適用可能であることを確認した。

## 1. はじめに

環境保護が優先される昨今、建設分野でも環境にやさしい工法開発が盛んに行われている。宅地やゴルフ場の造成あるいは道路や鉄道建設に伴う土工事では、降雨時に裸地表面から細粒土を含む濁水が発生したり、乾燥する時期に強風によって地表面の微細土粒子が粉塵となって飛散し、周辺環境問題となることがある。筆者等は、この濁水や粉塵の発生源である地表面の細粒土を含んだ土粒子に団粒化や疎水化を施すことで、細粒土の流出や飛散を防止する方法を考案した。

この報告では、濁水・粉塵発生防止法の基本的な考え方と効果確認試験の結果について述べる。

## 2. 濁水・粉塵発生防止方法

濁水は土壌侵食の一つである降雨侵食が、一方粉塵は地表面の土粒子が風によって移動する飛砂現象が主要因であり、いずれも表層土粒子中のシルト分以下の細粒土の流出や飛散が発生源である。この表層土粒子に、撥水剤、被膜剤および凝集剤を組合せた低濃度水溶液（以後、処理剤と称する）を噴霧・散布する。撥水剤の疎水化作用、凝集剤の団粒化作用、被膜剤の造膜作用によって、1) 細粒土を大きな土粒子表面に封じ込める、2) 土粒子間の接触点を接着させる、3) 土粒子間隙を処理剤で充填することで表層土粒子の一体化を図り、細粒土の流出や飛散を防止する。この方法の原理をFig.1に示す。処理剤の毒性については魚毒試験で安全性を事前に確認している。

## 3. 効果確認試験

確認試験は、室内での要素試験→屋外での暴露試験→実規模での施工試験の順序で実施した。

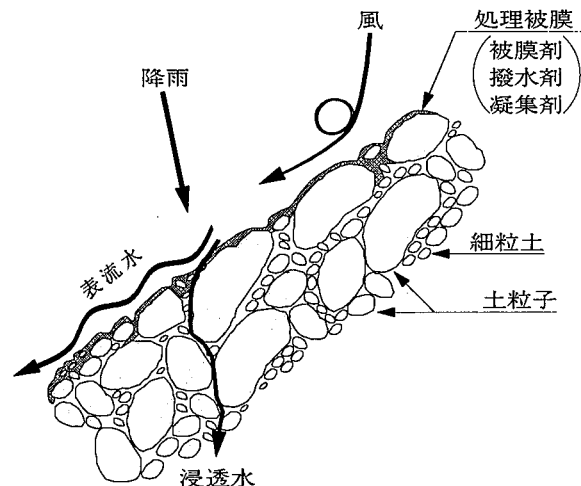


Fig.1 原理  
Idea

### 3.1 室内試験

3.1.1 試験方法 濁水流出防止試験（以降、降雨試験と称する）と粉塵飛散防止試験（以降、送風試験と称する）の2種類の室内試験から処理効果を比較検討した。Table 1, 2に各試験のケースと測定項目を、Fig.2に試験装置の概略図を示す。試験は3種類の処理地盤と比較用の無処理地盤の合計4ケースで行った。処理剤の組合せ、希釈率および散布量は予備試験結果から適正な条件を選定した。降雨試験の模型地盤は1ケース当たり100×25×5<sup>l</sup> (cm)、斜面勾配は標準的な盛土勾配である1:1.5とした。地盤試料は笠間産のマサ土で、シルト分以下の細粒分が15%程度含まれるものを使用し、土羽打ち程度の締め固めを行った（実測乾燥密度： $\rho_d=1.66\sim 1.77\text{t/m}^3$ ）。送風試験の模型地盤は28×19×2<sup>l</sup> (cm)の寸法のアルミ製バットに、細砂分が96%含まれる乾燥7号硅砂 ( $D_{\max}=0.425\text{mm}$ )を静かに落下させ、表面を水平

Table 1 試験ケース  
Test Cases

Table 2 測定項目  
Test Items

(1) 降雨試験

(2) 送風試験

(1) 降雨試験

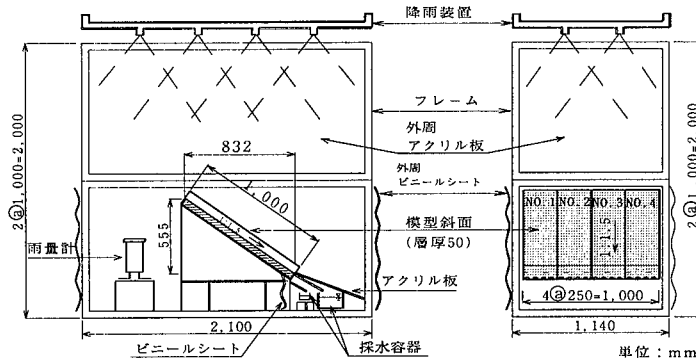
No.	処理剤		散布量	条件
	種類	希釈率		
1	被膜剤	2.0%	2ℓ/m <sup>2</sup>	土質: マサ土(笠間)  法勾配: 1:1.5 (34° 傾斜)  降水量: 100mm/h×3h =300mm
	凝集剤	0.5%		
2	撥水剤	2.0%		
	凝集剤	0.5%		
3	凝集剤	0.5%		
4	無処理	—		

No.	処理剤		散布量	条件
	種類	希釈率		
1	被膜剤	1.0%	1.5ℓ/m <sup>2</sup>	土質:7号硅砂 配置:水平 風速:10m/s× 10min/回  試験間隔: 散布後2週間経過 までは,1回/3日 それ以降は, 1回/1週間送風
	凝集剤	0.2%		
2	撥水剤	1.0%		
	凝集剤	0.2%		
3	凝集剤	0.2%		
4	無処理	—		

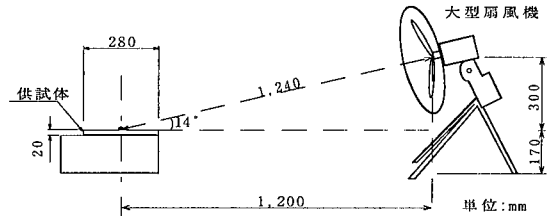
測定項目	測定方法	測定時期
降水量	転倒ます形雨量計 (JIS B 7309)	連続測定
流出水量	表面および浸透流出水 を回収後,重量測定	30分毎
流出水濁度	赤外線透過式濁度計	

(2) 送風試験

測定項目	測定方法	測定時期
飛散量	供試体の重量変化を測定	送風後



(1) 降雨試験



(2) 送風試験

Fig.2 試験装置  
Experimental Apparatus

に均して作製した (実測乾燥密度:  $\rho_d=1.22\text{t/m}^3$ )。処理剤散布には家庭園芸用の噴霧器を使用し, 24時間常温養生した後, それぞれの試験を行った。降雨試験は霧状降雨100 mm/h, 送風試験は風速10m/sの条件で効果を確認した。送風試験用の模型地盤は常時室内に置き, 地盤への降雨の影響は取り除いた。

3.1.2 降雨試験結果 Fig.3に表面流出水の濁度変化を降水履歴と併せて示す。無処理地盤では降水開始30分後には470ppmと高いが, 60~120分後では150ppm程度と最初の30分間の約1/3まで低下しており, その後, 時間経過に伴いさらに濁度は低下している。霧状降雨では大きな侵食を生じさせるような衝撃力が地表面に作用しないため, ごく表層の土粒子の表面に付着している細粒分が流出すると濁度も低下する。一方, 処理地盤ではNo.1の降水30分後を除き, いずれのケースでも10ppm以下で, 効果は降水180分に至っても持続しており, 処理剤は細粒分の流出を防止する効果があることが認められる。

Fig.4に全流出水 (表面+浸透) に対する表面流出水の流量比を示す。この関係から各処理剤の防止効果メカニズムの一端を知ることができる。No.4の無処理地盤では降雨時間によらず, 降雨量の約10%が地盤に浸透し, 表面流出量は90%である。これに対して, 表面土粒子を疎水化させることで, 表面を防水シートで覆うことと類似の効果を意図したNo.2の撥水剤と凝集剤の組合せは, 当初,

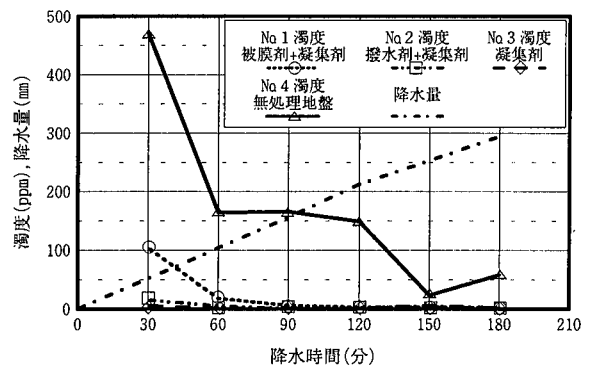


Fig.3 表面流出水濁度  
Turbidity of Surface Flow Water

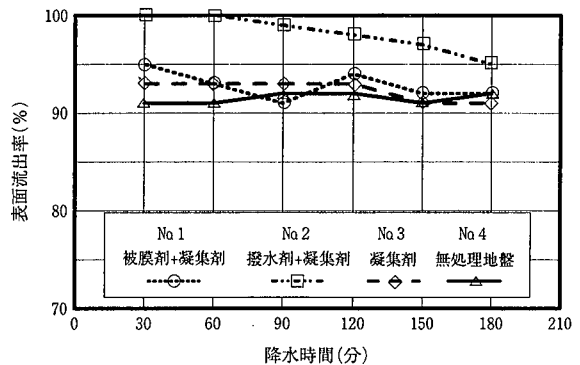


Fig.4 表面流出率  
Ratio of Surface Flow

地盤浸透量が0%であり、ほぼ期待通りの結果が得られている。しかし、降雨の継続に伴って浸透量が微増し、撥水性が少しずつ失われる傾向がある。また、地表面被覆を想定したNo.1の被膜剤併用では当初から地盤浸透量が5%あり、表面粗度が大きな地面を完全にコーティングすることが困難であることが分かる。No.3の凝集剤単独は土を団粒化させ、細粒分が流れにくくすることを意図したもので、地盤浸透量は無処理とあまり変わらない。なお、処理剤の組合せによる違いは、No.1で降水30分までに処理剤溶出による濁りが生じた以外、差異は認められなかった。

**3.1.3 送風試験結果** Fig.5に地盤初期重量に対する飛散粒子量の重量比を示す。無処理地盤では10分間の送風で総重量の78%の土粒子が飛散している。これに対し、処理地盤はいずれのケースとも送風時間が180分を越えても土粒子の飛散は認められず、処理剤が粉塵の飛散防止に有効であることが分かる。また、この時点で模型地盤は散布処理から3ヵ月以上経過しており、常温放置では処理効果はほとんど低下しないことが分かる。よって、降雨が効果の持続性に影響を及ぼす最大の気象的要因と考えられるため、自然降雨に対する耐久性を次の暴露試験で評価した。

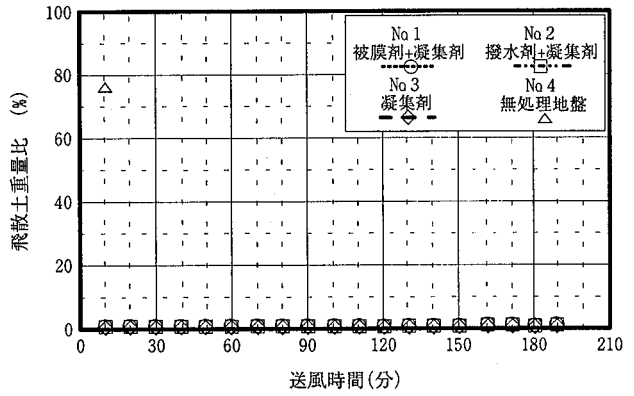


Fig.5 飛散率 Ratio of Blowing

Table 3 試験ケース Test Cases

No.	処理剤		散布量	条件
	種類	希釈率		
1	被膜剤	1.0%	1ℓ/m <sup>2</sup>	土質:マサ土(笠間)
	凝集剤	0.3%		
2	撥水剤	1.0%		法勾配: 1:1.5 (34° 傾斜)
	凝集剤	0.3%		
3	凝集剤	0.3%	降雨:自然降雨	
4	無処理	—		

**3.2 屋外暴露試験**

**3.2.1 試験概要** 試験は当技術研究所内のフィールドで、平成6年7月6日から10月31日の117日間実施し、濁水濁度の低減効果は、降雨時の細粒土を含んだ流出土量の違いで評価した。試験ケースをTable3に、実験装置の概要をFig.6に示す。地盤試料、地盤の締固め具合や処理剤の組合せは室内降雨試験と同じ条件とし、処理剤使用量と散布量を減じて処理効果の持続性評価を行った。1ケース当たり180×45×4.5<sup>c</sup>(cm)の寸法の模型斜面を真南に向けて設置した。処理剤散布時の気象条件は、気温35℃、相対湿度48%の快晴で、最初の降雨を受けるまでに4日間経過した。

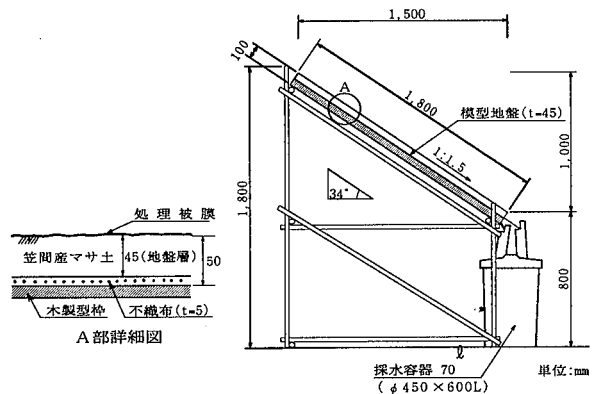


Fig.6 試験装置 Experimental Apparatus

**3.2.2 試験結果** Fig.7に暴露期間中の降雨履歴を示す。雷雨や台風時期での暴露による総降雨量は602mmで、数mm以上の降雨が延べ19回あった。最大降雨強度は74mm/hで、100mm/dayを越える大雨も経験した。

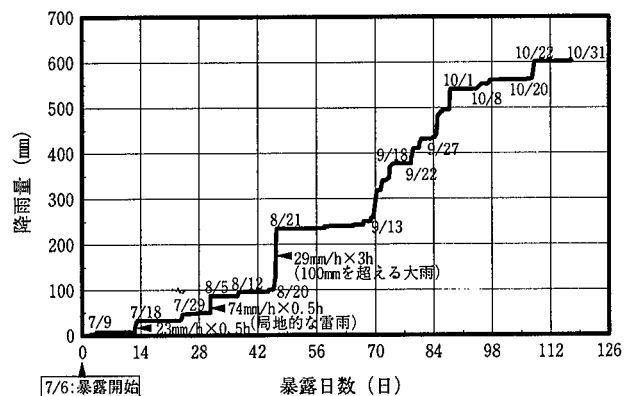


Fig.7 降雨履歴 Rainfall History

Fig.8に無処理地盤の降雨時流出土量に対する各処理地盤の流出土質量比を示す。暴露後、最初のまとまった降雨である7/18~19の20mmを越える雨によって流出した土量は、No.1, 2の処理剤併用で無処理地盤の約20%, No.3の凝集剤単独で36%といずれも少なく、処理剤が土粒子の流出を防止する効果が、雨滴の“叩きつけ”を含んだ自然降雨下でも認められる。凝集剤単独の効果が処理剤併用に比べ若干劣ったことから、処理剤を組合せることで、流出防止効果の向上が図れることが分かるが、詳しいメカニズムについては今後の課題である。8/5の雷雨で地表面が激しく叩かれ、いずれの場合も大量の表面流が発生したが、No.1,2では無処理に対して20~23%の土量が流出したに留まり、依然として土粒子の流出が抑制され、豪雨に対する抵抗性もある程度得られることが確

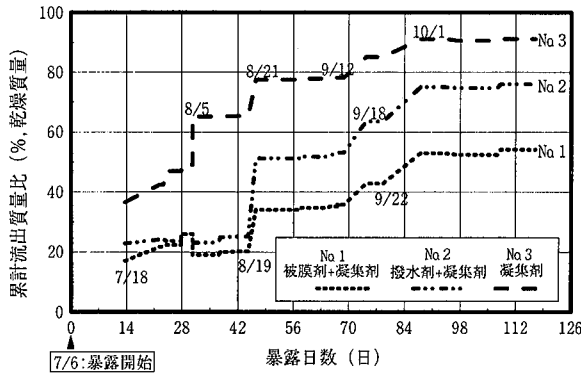


Fig.8 流出質量比  
Exposing Days - Ratio of Outflow Quantity

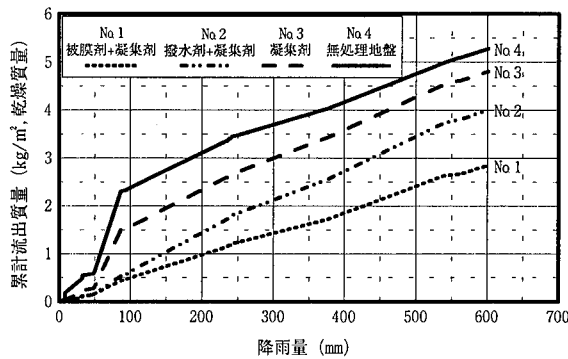


Fig.9 流出質量  
Rainfall - Outflow Quantity

認できる。この時点で凝集剤単独は処理剤併用の約3倍の流出量を示しており、効果が明らかに薄れている。8/20~21の延べ19時間の120mm越える大雨によっていずれのケースとも表層土砂の流出が生じ、この雨ではNo.2の撥水剤併用の流出量が最大となり、No.1の被膜剤併用との差が生じ始めた。

Fig.9に暴露期間中の総降雨量に対する流出土砂の累計乾燥質量変化を示す。8/5の雷雨に相当する降雨量50~90mmの間で無処理と凝集剤単独のケースは降雨強度の影響で表層土砂の剥離が生じ、流出量が急激に増加した。これに対し、併用使用の2ケースでは降雨強度によらず流出が抑制されている。総降雨量が90mmを越えると、被膜剤併用が他に比べて流出土量の増加割合は低く、効果が持続していることが分かる。地表面をコーティングする被膜層は、大きな雨滴衝撃力に対しても破壊されにくく、効果の持続性が高いと考えられる。一方、撥水剤による土粒子表面の疎水化層は、静かな降雨による劣化は少ないが、大きな雨滴衝撃に対する抵抗力の点で被膜層に劣ると考えられるため、処理剤使用量を多くするような工夫が必要になるとと思われる。

### 3.3 実規模施工試験

実規模施工試験例をTable4に示す。これまで3度の施工試験を行い、500m<sup>2</sup>/day程度の小規模施工では小型汎用噴霧器を、5,000m<sup>2</sup>/day以上の施工を考える場合には吐出能力の高いグラウトポンプのような機械を用いる

Table 4 実規模施工試験  
Site Tests

No.	工事	土質	処理剤	散布面積	散布機械	備考
1	宅地造成	ローム	撥水剤2.0% 凝集剤0.2%	240m <sup>2</sup>	噴霧器 5ℓ/min	濁水防止
2			被膜剤2.0% 凝集剤0.2%			
3	海上埋立	石灰土	被膜剤2種(4.0%, 3.0%)	2,000m <sup>2</sup>	グラウトポンプ 20ℓ/min	飛散防止

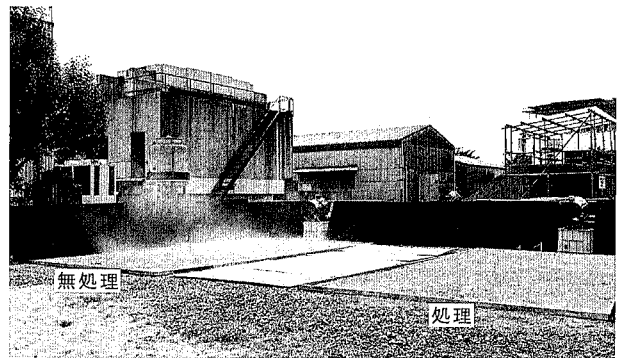


Photo 1 送風試験  
Blowing Test

ことで施工が可能であることが分かった。効果の一例をPhoto 1に示す。これは、No.3の某埋立工事用に実施した飛散防止効果の確認試験である。無処理地盤では土埃が舞い上がっているが、処理地盤からは粉塵の発生が認められず、処理剤による飛散防止効果が確認できる。

### 4. まとめ

濁水・粉塵発生防止法の開発に伴って実施した一連の試験から得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 地表面に撥水性、造膜性、凝集性を持つ材料を吹き付ける簡易的な方法で、降雨や風による土粒子の流出や飛散防止に対処できる。
- 2) 散布剤の種類、散布濃度、散布量は対象土質および湿潤状態によって使い分けが必要である。
- 3) 施工能率は、汎用噴霧器使用の場合およそ500m<sup>2</sup>/day、グラウトポンプの場合およそ5,000m<sup>2</sup>/dayである。

実際に現場へ適用する場合は、土質や降雨条件等を考慮したうえで、事前に効果確認試験を実施し、最適な処理剤の種類や使用量を選定することが原則である。

### 謝辞

この研究開発は信越化学工業(株)との共同研究の成果であり、処理剤の予備選定、安全性の評価試験や材料の提供をしていただきました。ここに感謝の意を表します。