

(株)大林組技術研究所

正員 ○喜田大三

川地 武

1 まえがき

近年、主として市街地における地下工事に対し、公害防止の見地から、無騒音無振動工法が強く望まれ、泥水工法(地中連続壁工法)が多く採用されるようになった。

泥水工法では、地盤掘削の際に、掘削孔内にベントナイト泥水を充満して孔壁面の崩壊を防止する。ベントナイト泥水はベントナイトの6~15%の水懸濁液であり、必要に応じて無機系および有機系の調整剤が添加されている。

さて、泥水工法によって砂礫地盤あるいは砂礫層を掘削する際に、いわゆる逸泥が発生しやすい。逸泥は通常、掘削孔内の泥水位の急激な低下をともし、この際、掘削壁面における土圧と泥水圧のバランスがくずれ、壁面崩壊の危険性が高くなる。また当然ながら、ベントナイトなどの泥水材料の使用量が著しく増加する。したがって、砂礫層を安全かつ経済的に掘削するうえで、逸泥を未然に防止する必要がある。

逸泥の対策として、ベントナイト濃度を高めるだけではなく、石油ボーリングで使用されている逸泥防止剤を添加している。しかし、綿の実のしほりかす、微粉状のヒル石、パルプ繊維などの市販の防止剤は高価であるばかりか、場合によっては取扱いにくい欠点を有している。

そこで、安価で、しかも性能のすぐれた逸泥防止剤を開発することを意図し、そのひとつとして粗粒フライアッシュが有用であることを見出したので、ここに、その室内実験および現場施工例を報告する。

2 アッシュ

フライアッシュはコンクリート用混和剤として使用されており、その特徴は粒子が球状であることであり、通常、微粉炭燃焼ボイラーからの廃ガス中に含有されている灰の微粉粒子を捕集したものである。

ところで、逸泥防止剤として使用するアッシュはコンクリート混和剤用フライアッシュより粗粒である。図-1に一例としてアッシュA、Bの粒径加積曲線を示すように、44 μ 以上の部分が50~70%も含まれている。なお、JIS規格のコンクリート混和剤のアッシュでは25%以下である。

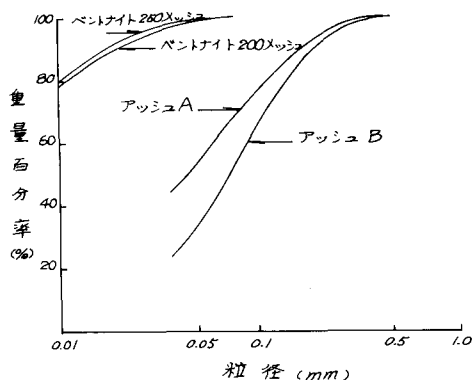


図-1 供試したアッシュの粒径加積曲線

3.1 実験材料

アッシュ：アッシュA、アッシュB

ベントナイト：群馬県産200、250メッシュ

砂礫：細砂、粗砂、小礫をいずれも川砂利より分離して得た。それぞれの粒径、間げき率、透水係数などを表-1に示した。これらは単独に、あるいは混合して地盤モデルとした。

3.2 実験法

3.2.1 測定

底に金網をしいたシリンダーに、砂、礫またはこれらの混合物を充てんし、間けきを水で完全に飽和させたのち、泥水600 mlを上から静かに加え、0.5 kg/cm²の加圧を15分続けた。この時の排水量、泥水位の低下量、形成される泥膜の厚さなどを経時的に測定した。600 mlすべての泥水が15分以内に排出される場合には、その所要時間を測定した。

表-1 供試した砂、礫

	細砂	粗砂	小礫
粒 径 mm	0.105~0.297	1.0~2.0	2.0~5.0
10°粒径 m	0.135	1.02	2.10
間けき率 %	36.6	40.0	42.3
透水係数 cm/s	2.90×10^{-2}	1.0	2.9

3.2.2 供試泥水

ベントナイトを4, 6, 8, 10, 12%となるように水に懸濁させた泥水に、所定のアッシュベントナイト比となるように、アッシュを混合して試験泥水とした。

一部の供試泥水のファンネル粘度、比重を図-2に示した。

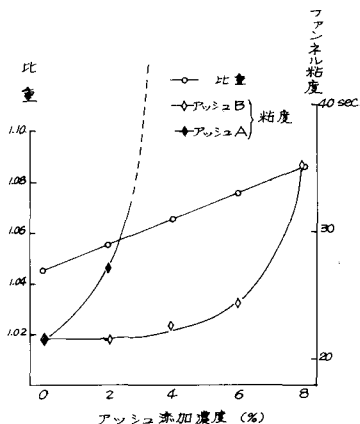


図-2 アッシュ添加泥水の粘度、比重
(250メッシュベントナイト8%泥水)

泥水の比重、粘度ともにアッシュ添加量の増大につれて上昇し、特にアッシュA添加泥水におけ

る粘度の上昇は著るしく、一部はファンネル粘度計では測定不能となる。

3.3 実験結果

3.3.1 砂、礫単独の場合

図-3に実験結果の一例を示す。本図ではベントナイト250メッシュ泥水にアッシュBを加えた各泥水の加圧15分後の排水量を示した。逸泥の有無の限界は、排水が濁りを呈し、その量が地盤モデルの間けき水とほぼ等しくなる点、すなわち200 ml前後である。

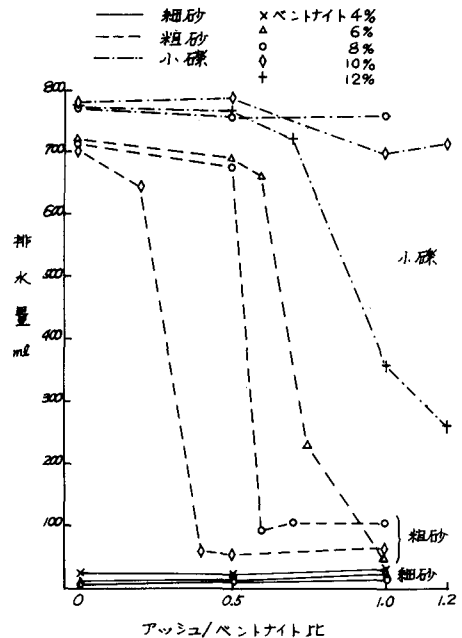


図-3 排水量とアッシュ/ベントナイト比との関係
(250メッシュベントナイト、アッシュBの場合)

さて図-3によれば、細砂ではアッシュ無添加泥水でも排水量は50 ml未満であり、逸泥が認められない。

一方、粗砂ではアッシュ無添加泥水は完全に逸泥する。しかし、アッシュを適当量添加すれば逸泥を防止でき、そのアッシュベントナイト比はベントナイト濃度が高くなるにつれ、小さくなる。

また、小礫ではベントナイト濃度8, 10, 12%泥水は、検討したアッシュ添加濃度では、逸泥を完全に防止することはできない。

さて、図-3の実験結果から、地盤モデルの10%径と泥水の95%径の比(D_{10}/M_{95})と排水量の関係を求め、図-4に示した。地盤モデルの10%径は表-1の値を、泥水の95%径はアッシュ、ベントナイトそれぞれの粒径加積曲線から合成した泥水の粒径加積曲線から求めた値を採用した。

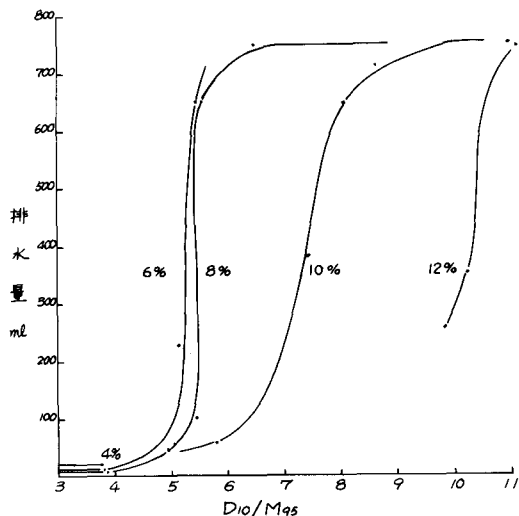


図-4 排水量と D_{10}/M_{95} との関係 (250メッシュベントナイト、アッシュBの場合)

図-4によれば、排水量はベントナイト濃度に応じた、ある D_{10}/M_{95} の値を境に急激に増加し、この値はベントナイト濃度の上昇につれて大きくなる。この傾向はアッシュの銘柄、ベントナイトの粒度に関係なく認められる。

この結果によれば、比較的均等な粒径の粒子で構成される地盤では、逸泥防止上必要な D_{10}/M_{95} をベントナイト濃度に対してプロットすることによって、逸泥防止上必要なアッシュ添加量を決定することができる。ただし、その際、ベントナイト濃度、地盤の10%径は予め知られていなければならない。

3.3.2 砂、礫混合地盤モデルの場合

現実の砂礫地盤では砂と礫が多様な割合で混合

し、またその充てん様式も多様であろう。そこで、砂と礫を種々の割合で混合した地盤モデルについて、3.3.1と同様の実験を行なった。なお、その混合割合は、礫の間げき(P)と砂の体積(V)の比を変化させることにより調節し、その範囲は $V/P = 1/2 \sim 2$ とした。

250 メッシュ

ベントナイト泥

水にアッシュBを添加した場合の実験結果を図-5に示す。

砂のみの場合には、いずれも排水量100 ml以下であるのに対し、砂礫混合の場合の排水量はいずれもこれを上まわる。

V/P が $1/2, 4/5$

の場合には排水

量は200 mlを上

まわり、 V/P が1の場合にも砂が細砂でない場合には、やはり同様である。これは砂が礫の間げきを完全に充てんしていないことを示している。

V/P が2の場合には、排水量は200 ml前後となり、ほぼ逸泥が防止され、礫の間げきが砂によってほぼ完全に充てんされていることを示す。

以上の結果、アッシュの添加は粗砂地盤では有効であることが判明し、その添加量は主としてベントナイト濃度、構成土粒子の粒径分布および土粒子の充てん様式によって支配されることが明らかである。

4 施工例

以上の室内実験の結果、アッシュは逸泥防止剤

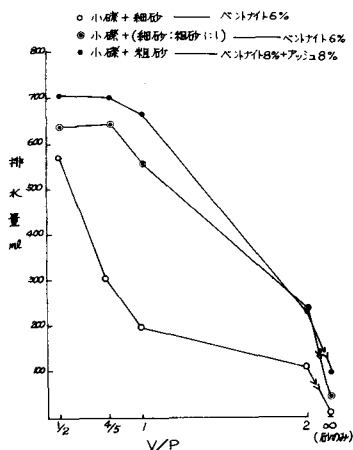
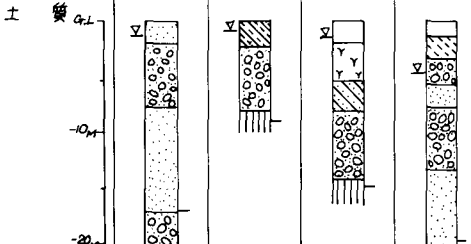


図-5 礫の間げき充てん率(V/P)と排水量との関係 (250メッシュベントナイト、アッシュBの場合)

として有効であると判明し、またアッシュは従来の逸泥防止剤に比較して安価であり、比較的入手し易い利点をも有している。

そこで、アッシュを現場に適用した際の効果を検討するため、当社の SOLETANCHE 工事において、地盤が砂礫層を主体としているために、通常の泥水配合では逸泥が予想された現場あるいは実際に逸泥が認められた現場について、アッシュを使用した。地盤、泥水配合の概略を表-2に示す。

表-2 施工現場概要

現 場	A	B	C	D
場 所	神 戸	宇都宮	東 京	名古屋
泥水工期	44.11~45.3	44.12~45.2	45.5~	45.6~
掘削規模				
深さ m	17.2	9.0	15.0	19.75
長さ m	150	126	220	94
容量 m ³	1750	465	2640	1139
土 質				
泥水配合*	B 10 A 5 CMC 0.05	B 8 A 3 CMC 0.05	B 8 A 4	B 10 A 25 CMC 0.05

* B:ベントナイト A:アッシュ

A 現場は六甲山からの押し出し砂礫が数メートルにわたって堆積し、海岸が近く潮の干満の影響を受けるなど、逸泥を生じやすい条件であったので、アッシュを使用した。その結果、逸泥は認められず、また、みかけ転用回数は1を上まわった。

B 現場は扇状地性の地盤であり、ほぼ全層が砂礫で構成され、また付近を川が流れ、逸泥が予想された。そこでアッシュを使用した結果、逸泥は

認められず、泥水の損失比も小さくなった。

C 現場ではアッシュ無添加泥水で東京礫層を掘削する際に、7 m³/hr 前後の大逸泥が生じ、その際のみかけ転用回数は0.6と小さな値を示した。しかし、アッシュ添加泥水では、逸泥を完全に防止することができ、みかけ転用回数は1.5近くとなった。

D 現場でも、アッシュ無添加泥水では、砂礫層掘削時に1.2~1.3 m³/hr の逸泥が認められたが、アッシュ添加泥水により逸泥を完全に防止することができた。

なお、以上の各現場における掘削孔内泥水の95%径、ベントナイト濃度および地盤の10%径を求め、前述の逸泥限界のD10/M95とベントナイト濃度との関係図にプロットすると、そのほとんどが非逸泥領域にプロットされる。

5 むすび

粗砂相当の粒径の地盤ではアッシュがすぐれた逸泥防止効果を示すことが判明し、現場施工に際しても顕著な効果を発揮することが認められた。

さらに、地盤に応じたアッシュの最適添加量の決定法、アッシュのみでは逸泥を防止できない地盤における逸泥防止法などを検討する必要がある。