

泥水特性に関する基礎的研究 (その6) (切羽の安定と泥水特性に関する実験)

Fundamental Study on Characteristics of Slurry -Part 6-
(Experimental Study on the Relation between Face Stabilization and Characteristics of Slurry)

森 仁司*
Hitoshi Mori

野本 寿**
Toshi Nomoto

渡辺 徹**
Tōru Watanabe

坪井 広美*
Hiromi Tsuboi

要 約

本報告は、前報での豊浦砂を用いた実験に引き続き、地盤材料に二種類のガラスビーズを用い、地盤および泥水の特性の違いによる切羽の保持効果の関係を調べたものである。

その結果、①豊浦砂では、ベントナイト濃度3%以上で切羽の保持効果が急激に現れたのに対して、ガラスビーズでは11%以上を必要とした。しかし、ガラスビーズの粒径の違い(3mmと1.2mm)による差はほとんどない。②泥水圧と地下水圧がバランスした場合においては、イールドバリューを増加させるよりもベントナイト濃度を増加させた方がはるかに保持効果が大きくなる。③ポリマー添加の効果は、一定量のベントナイト粒子の存在を必要とする。などが判明し、切羽の保持には、従来のようにイールドバリューだけを基準とするのではなく、地盤の物理特性を加味したベントナイト粒子の被膜効果とイールドバリューによる効果の両方を考慮した評価法が必要であることを示した。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 実験概要
- §3. 実験結果および考察
- §4. おわりに

§1. はじめに

切羽の安定は、外部的安定と内部的安定からなる。外部的安定は、泥水圧が地下水圧と土圧の和よりも大きいとき達成される。内部的安定は、単一または複数の土粒子が切羽から泥水中に流出することを防ぐことにある。この土粒子の流出を防ぐには、泥水のイールドバリュー

(以後 YV と称する)が、単一粒子の垂直方向の沈降を不可能にするほど高くなければならないといわれている。しかし、このような泥水は、現場での施工を困難にするほど高粘度になる場合があり、もっと低い YV を持つ泥水でも十分な保持力を有していることが知られている¹⁾。

また、筆者らは、豊浦標準砂を用い、地下水圧と泥水圧をバランスさせた状態で切羽の崩壊実験を行い、同一の YV を持つ泥水においても、ベントナイト濃度の違いにより、切羽の保持効果にかなりの差があることを確認した²⁾。

以上の知見から、前報に引き続き地盤材料をガラスビーズに変えて、泥水圧と地下水圧をバランスさせた状態で切羽の崩壊実験を行い、地盤の物理特性を変えたとき、泥水配合の違いによる切羽の保持効果がどの様に変化するかを調べ、泥水による切羽安定のメカニズムの解明を試みる。

*技術研究部土木技術課

**技術研究部土木技術課副課長

§ 2. 実験概要

2-1 実験装置

本研究の実験装置の概略を Fig. 1 に示す。この装置の特徴は、回転式のコラムを0.5度刻みで傾斜させること

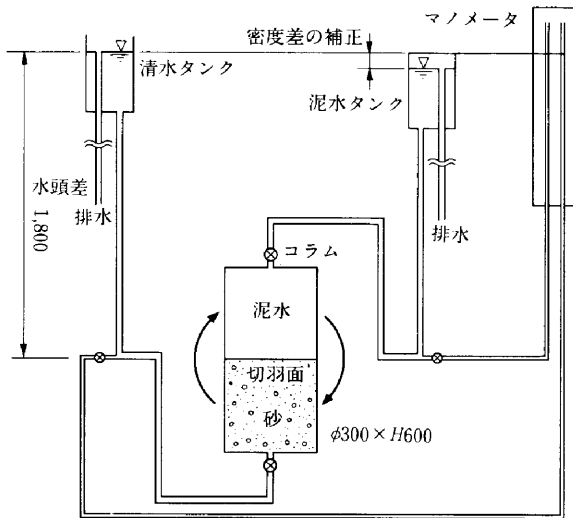


Fig.1 実験装置の概略図

で、土圧を徐々に増加させることができるため、仕切板によって切羽の応力を一部に解放して切羽が自立するか否かを判定する方法に比べ、泥水配合の違いによる切羽の保持効果を段階的に把握することができる。

2-2 模擬地盤

模擬地盤は、泥水による切羽の保持効果に対する粒径および間隙の影響を検討するために、二種類のガラスビーズを使用した。

地盤（厚さ30cm）の作製に当たっては、ガラスビーズを三層に分けて一定重量を水中落下させ、各層ごとによく攪拌し空気抜きした後、バイブレータにより締め固めた。なお、異なった種類の砂の力学的特性を比較するために相対密度を同じにした。

地盤材料として使用したガラスビーズの粒径加積曲線を Fig. 2 に、物理特性と実験状態を Table 1 に示す。

2-3 泥水

泥水材料は、ベントナイト（群馬産 #300）とポリアニオンセルローズ系のポリマーを選択した。濃度は0～14%の範囲とし、各濃度に対してポリマーの添加量を変えた泥水を作泥した。

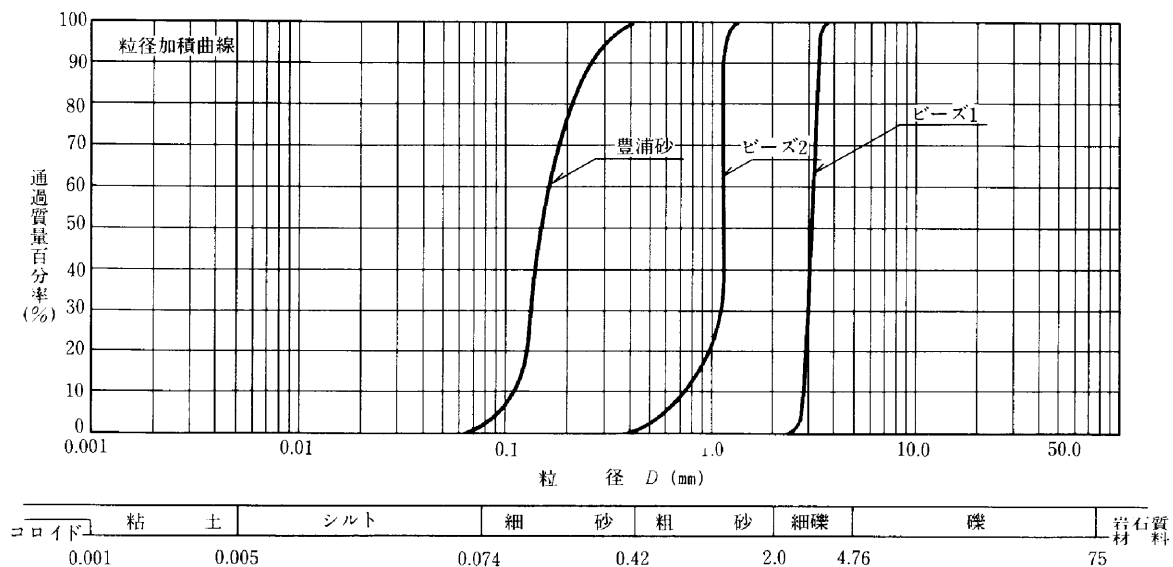


Fig.2 粒径加積曲線

Table 1 地盤試料の物理特性と実験状態

材料	特性	土粒子比重	均等係数	間ゲキ比 (e)	相対密度	透水係数 (cm/sec)	内部摩擦角 ϕ_{cd}
豊浦標準砂		2.64	1.46	0.746	0.622	1.4×10^{-2}	35°
ビーズ 1		2.48	1.13	0.616	0.622	6.6×10^{-2}	30°
ビーズ 2		2.49	1.50	0.625	0.622	5.8×10^{-2}	29°

2-4 崩壊実験

崩壊実験は、Table 2 に示した測定項目について特性試験を行った泥水をコラムに注入した後、コラム上部の泥水バルブと下部の清水バルブを同時に開き、実験開始とした。つぎに、コラムをゆっくりと25度まで傾斜させて、そこから毎分1度の割合で傾斜させ、切羽面の一部が崩壊をおこした時のコラムの傾斜角度を切羽の崩壊角度として測定を行った。

Table 2 測定項目および測定器具の一覧

測定項目		測定器具
泥 水 比 重		マッドバランス
レオロジー特性	ファンネル粘性(FV)	ファンネルロート (500cc/500cc)
	見掛け粘性(AV)	ファンVGメータ (MODEL 135)
	塑性粘性(PV)	
	イーロードバリュー(YV)	
	ゲルストレンゲス(GS)	
ろ 過 特 性	ろ過水量	API規格ろ過試験器 (3kgf/cm ² , 30分)
	泥膜厚	

§3. 実験結果および考察

3-1 粒径の影響

泥水による切羽の保持効果が、地盤材料の粒径の変化によってどのような影響を受けるか、二種類のガラスビーズと豊浦砂を用いて比較検討を行った。

三種類の地盤材料に対するベントナイト濃度と崩壊角度の関係を Fig. 3 に示す。

図から、崩壊角度は、豊浦砂においては濃度3%以上で急激に上昇している。ガラスビーズの場合は、0~10%では僅かな上昇しかみられず、11%以上で上昇に転じている。また、0~10%の間では、ビーズ2の方が崩壊角度は小さいが、11%以上では逆転する傾向があるもののその差ほとんど見られない。

粒径の影響に関して、豊浦砂とガラスビーズを比較した場合、豊浦砂の方が粒径がかなり小さく、内部摩擦角も大きいので、泥水による切羽の保持効果が低濃度で現れてくるものと考えられる。しかし、ビーズ1 (代表粒径: 3mm) とビーズ2 (代表粒径: 1.2mm) に差が生じな

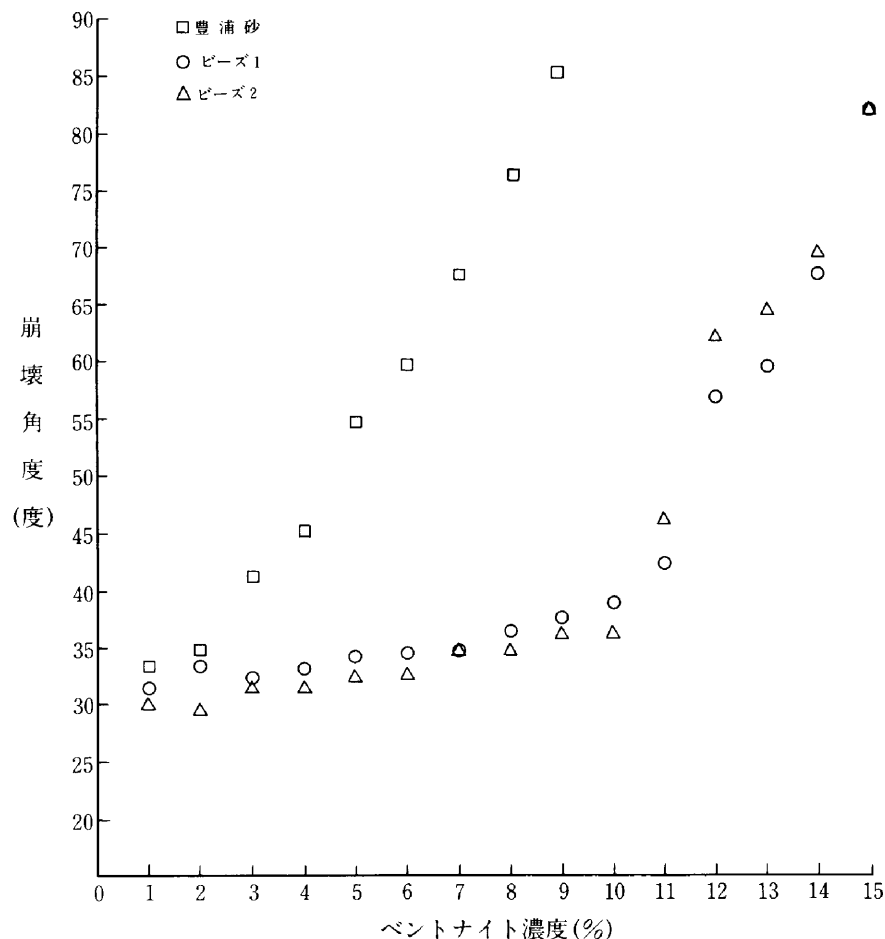


Fig.3 地盤材料の違いによる保持効果の違い

い点については二つの仮説が考えうる。まず一点は、ベントナイト粒子の結合による被膜という点から、ベントナイト粒子の大きさに対してガラスビーズの粒径は非常に大きいため、ビーズ1とビーズ2の粒径の差は効果として現れてこないこと。もう一点は、両方のビーズが比重および内部摩擦角がほとんど同じであるため、泥水が流体としてビーズから受けるある単位面積当たりの力は同じになり、その結果として粒径の差が生じないこと。この点に関しては豊浦砂と粒径分布の近いガラスビーズ

を用いて崩壊実験を行い、粒径と内部摩擦角の影響を明確にする必要がある。

3-2 ベントナイト濃度の影響

つぎに、ベントナイト濃度の違いによる切羽の保持効果の比較検討を行った。

各ベントナイト濃度の泥水にポリマーを添加し粘性を変化させた場合の YV と崩壊角度の関係を Fig. 4 に示す。

図から、崩壊角60度は、濃度12%では $YV = 7$ (1bf/

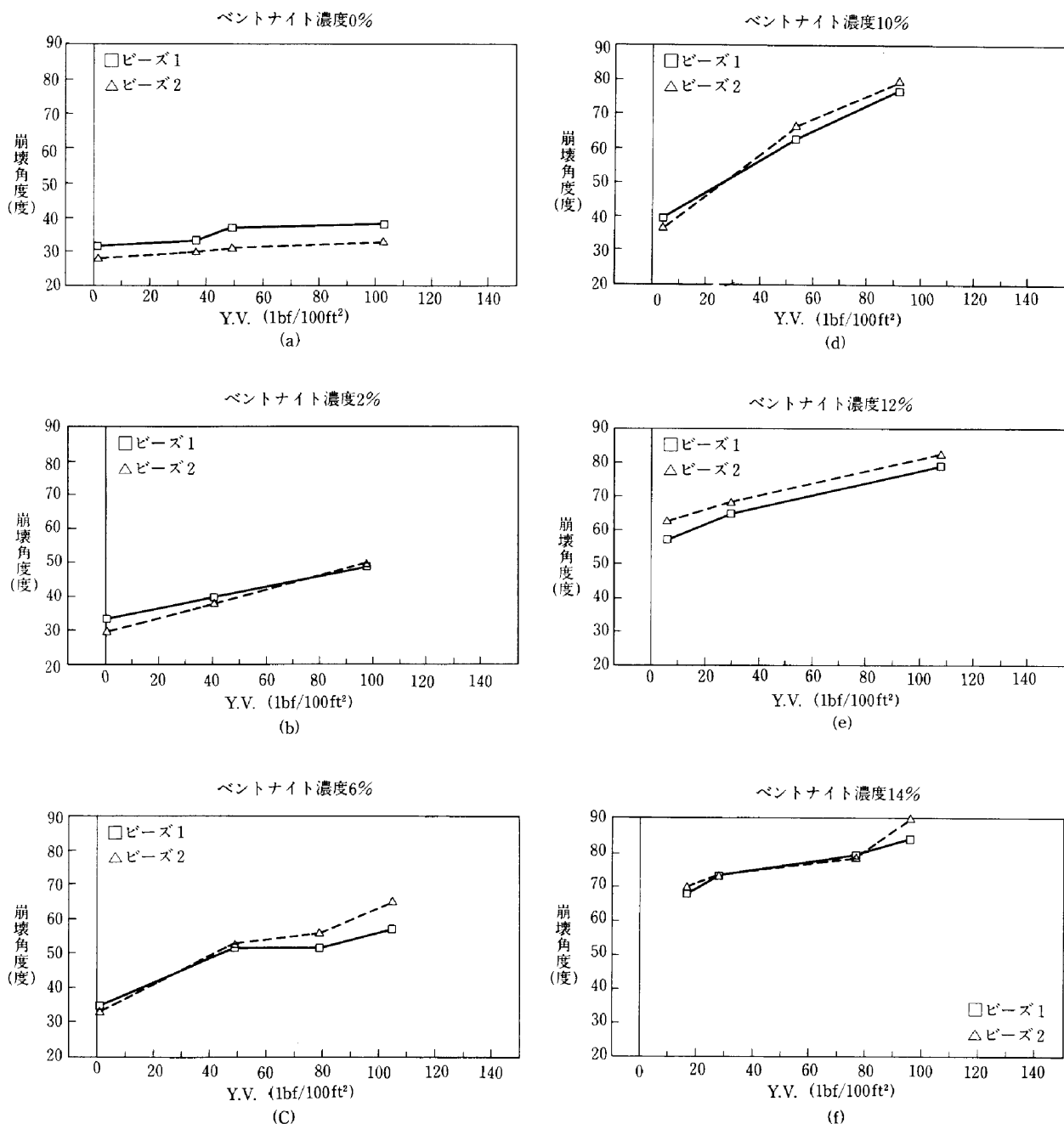


Fig.4 ベントナイト濃度の増加による崩壊角度とイールドバリューの関係

100ft²)で達成されるが、10%では $YV=50$ 、6%では $YV=105$ である。また、2%、0%では $YV=100$ においても、崩壊角はそれぞれ35度と50度にとどまってい

濃度が6%から12%に増加して粒子の量が2倍になったとき、 YV は1/15で同一の崩壊角度になることから、泥水の YV よりもはるかに粒子の増加による効果があることが分る。このことは、泥水圧と地下水圧がバランスし、圧力差によるフィルターケーキが形成されない場合においても、切羽の保持には、切羽の土粒子とその

境界におけるベントナイト粒子による被膜効果が支配的であることを示しているといえる。

3-3 ポリマー添加の影響

泥水におけるポリマー添加の目的は、ベントナイト粒子との結合により粘性と造壁性を向上させることである。このポリマーの効果について比較検討を行う。

各ベントナイト濃度において、ポリマー無添加時の崩壊角度に対するポリマー添加時の崩壊角度との比を角度増加率とし、この角度増加率と YV の関係を Fig. 5 に

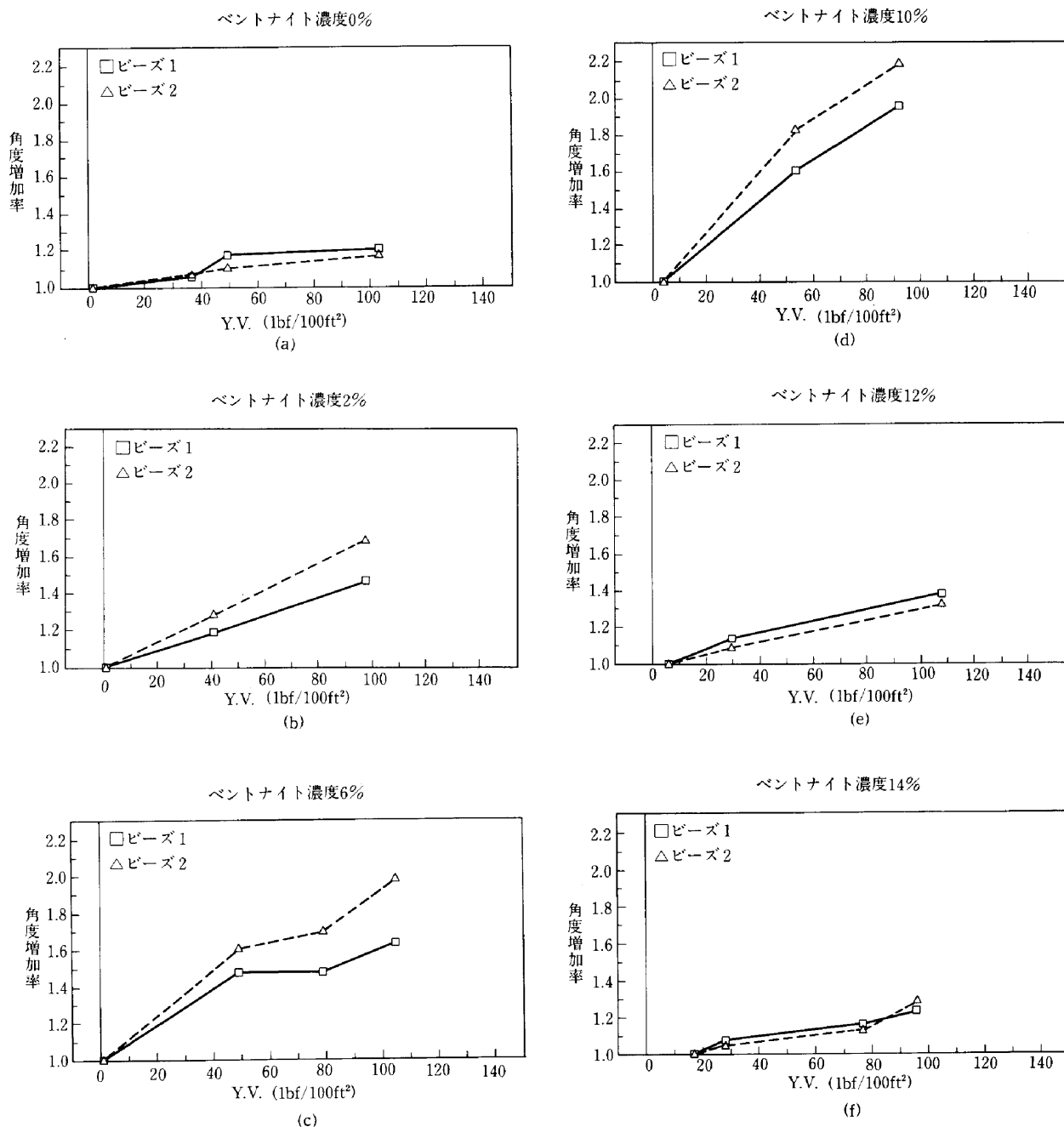


Fig.5 ポリマー添加による崩壊角度増加率とイールドバリューの関係

示す。

図から、ベントナイト濃度0%, 2%, 12%, 14%では、YVの増加による角度の増加は小さい。6%では、YV=50を越えたあたりから増加率は小さくなる。10%では、直線的に上昇している。

ベントナイト濃度が低い場合や高い場合で角度増加率が小さくなる原因について、ベントナイト粒子を結合の核とし、ポリマーをそれらをつなぐ鎖に例えて考えると説明がつく。

濃度の低い場合、結合の核と成るべきベントナイト粒子量が少ないために、いくら添加量を増やしてYVを大きくしても鎖だけ多い状態となり、切羽表面での結合力は弱く保持効果は大きくならない。また、濃度が高い場合は、6%や10%と同程度のYVを得るためのポリマーの添加量は非常に少なくなるため、ポリマーの量に対してベントナイトの量が過剰になる。つまり、核は存在するがそれをつなぐ鎖が少ない状態になり、保持効果があまり大きくならない。

したがって、ポリマーによる切羽の保持効果は、単に所定のYVを得ることだけで発揮されるのではなく、ベントナイト濃度に見合うだけのポリマーが存在し、切羽表面の土粒子の被膜を強めることで発揮される。

§4. おわりに

本報文では、地盤および泥水特性の違いによる切羽の保持効果の関係を調べることを目的として実験を行った。その結果以下のことが明らかになった。

- (1) 地盤材料の粒径の影響に関して、豊浦砂とガラスビーズ（粒径3mmと1.2mm）を比較した結果、豊浦砂では、3%以上で急激に切羽の保持効果が現れたのに対し、ガラスビーズでは、11%以上を必要とした。しかし、3mmと1.2mmの粒径をもつガラスビーズでは差はほとんど生じなかった。
- (2) 泥水圧と地下水圧がバランスし、圧力差によるフィルターケーキが形成されない場合において、泥水のYVを増加させるよりもベントナイト粒子を増加させた方がはるかに切羽の保持効果は大きくなる。したがって、泥水による切羽の保持は、YVによる効果よりもベントナイト粒子による切羽表面の土粒子の被膜効果が大きい。
- (3) 地盤に対して、一定量のベントナイト粒子が存在しないと、いくらポリマーを添加しても切羽の保持効果は大きくならず、ただ単にYVだけを増大させる結果となる。

泥水による切羽の保持効果を評価するうえで、従来

YVが基準とされ、ベントナイト粒子の増加による効果は、泥水比重の増加という形でしか捉えられておらず、ベントナイト粒子による被膜効果はあまり考慮されていなかった。このため、YVによる切羽の保持効果に頼るあまり、泥水のYVを現場での施工を困難にするほど高いものにしたと考えられる。したがって、今後は、地盤の物理特性を加味した粒子の被膜効果とYVによる効果の両方を考慮した評価法の確立が必要である。

謝辞 最後に、本実験を行うに際し平塚製作所の寺田信義氏と萩生田幸郎氏には多大な御助力を賜ったことに感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) Müller-Kirchenbauer: Stability of slurry trench inhomogeneous subsoil, Proc.9th ICSM-FE, Session 3, Tokyo, 1977
- 2) 森 仁司他: 切羽の安定と泥水特性に関する実験的研究, 土木学会第43回年次学術講演会第3部門, pp. 916-917, 1988