

泥水の調整剤 CMC の性能比較と経済的選択

泥水工法における泥水管理に関する研究 (第3報)

喜 田 大 三
扇 孝 三 朗

概 要

泥水工法では、一般にベントナイト泥水が地盤掘削に用いられる。その際、必要に応じて各種の無機または有機調整剤が添加される。特に、有機調整剤 CMC はベントナイト泥水の機能改良にきわめて有効である。

そこで、CMC 22種を供試して、ベントナイト泥水の粘性、造壁性、懸濁分散性におよぼす性能ならびに CMC の溶解性について比較試験した。その結果、CMC 添加によって泥水の粘性、造壁性は著しく改良されることが判明し、さらに、CMC の種類間で明確な差が認められたので、CMC の選択基準とした。しかも、等価濃度という表示法を考案し、これら性能を比較することにした。さらに、CMC 価格の等価濃度と上記性質に関する等価濃度とを比較検討して経済的な選択法を確立することができた。

1. まえがき

建設分野では、粘土泥水とくにベントナイト粘土泥水を用いて地盤掘削を行なう泥水工法が採用されている。本工法では、掘削孔内に泥水を満たして孔壁面の崩壊を防ぎながら掘削し、この中に鉄骨または鉄筋コンクリートの構造物を構築する。その構造物は、杭、地下建物の外壁、土留壁、止水壁、地下鉄の側壁などに利用されている。当社の OWS 工法（ソレタンシュ工法を含む）も泥水工法の一つであり、また無騒音無振動工法であるところから市街地での建築、土木工事に重要視され、施工実績をあげている。

その際、OWS 工法では、地盤を安全に、正確に、そして経済的に掘削するため、ベントナイト粘土の 7～15% の泥水を用い、また必要に応じて各種の無機および有機調整剤を添加している。さらに、使用中の泥水が地盤掘削に必要な機能を保持しているかどうかを絶えず試験し、適切に泥水管理を行なっている^{1,2)}。

ところで、ベントナイトのみで作成した泥水では掘削できない場合がある。たとえば、ゆるい砂質あるいは砂礫地盤では、ベントナイトのみの泥水を用いると、逸泥や崩壊事故が起る可能性がある。このような場合、石油ボーリング関係では、有機調整剤 CMC がベントナイト泥水に添加されており、逸泥や崩壊を防止する効果が認められている^{3,4)}。

そして、当社の OWS 工法でも、現場条件に応じて、CMC 0.025～0.2% をベントナイト泥水に添加し、地

盤掘削に成果をあげている。たとえば、崩壊しやすい砂質地盤で CMC は崩壊防止に、また逸泥を起しやすい砂礫地盤で CMC は逸泥防止に著しい効果を示した。さらに、粘性土の地盤でも、掘削時の泥水中に粘土が混入するので、ベントナイト濃度を低くするかわりに、CMC を添加して、適切に泥水管理を行なうことができた。

以上のように、CMC 添加の有効性が実証されてくると、各種の CMC が市販され始めた。ところが、これら CMC の性能の比較資料がないため、使用の際に、これら CMC の中から適切な CMC を選択することができず従来の CMC をそのまま使用してきた。そのため、早急に各種 CMC 製品の性能を比較して、その選択法を確立することが必要になった。そこで、本研究では、各種 CMC の性能を比較し、その選択法について検討する。

CMC の性能比較は、泥水の重要な性質から粘性、造壁性、懸濁分散性、ならびに CMC の溶解性を試験項目として選び、また実用的な立場から新しく考案した試験法を用いて行なっている。さらに、CMC 製品の価格に幅があるので、CMC を選択する際には経済性を当然考慮しなければならない。したがって、本研究の CMC 選択法では、CMC の性能に、さらに経済性を考慮している。ここに、その結果を報告する⁵⁾。

2. 供試々料と性能試験法

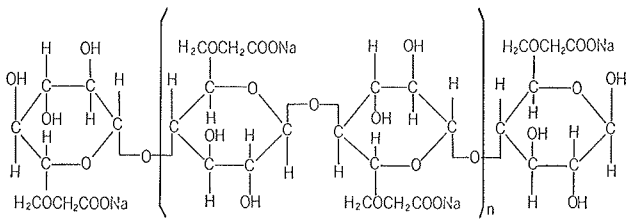
2.1. 供試々料

(1) CMC (Na-Carboxymethyl cellulose) CMC

は有機高分子化合物である。その一般的な分子構造を図一に示す。泥水工法で用いる CMC は水溶性であるが、その性質は重合度、エーテル化度などによって当然異なる。

さて、供試 CMC として、4 社の粉状あるいは粒状の市販 CMC 22種 (No. 1~22) を用いた。

(2) ベントナイト 当社で比較的使用例の多い某社製品を供試した。



図一 CMC の分子構造

2.2. 性能試験法

8%ベントナイト泥水を作成し、これに供試CMCを0.025~0.075%の範囲で添加し、次の4項目について比較試験した。(1). 粘性, (2). 造壁性(泥膜の厚さと透水量), (3). 懸濁分散性(安定性), (4). 溶解性。

各項目の試験方法の概要を説明する。

(1) 粘性 ファンネル粘度FV(秒, 946ml/1500ml および500ml/500ml) を室温で測定した。ここで FV₁(秒, 946ml/1500ml) とは、1500mlの泥水がロートより946ml流出するに要する時間(秒)を、またFV₂(秒, 500ml/500ml) とは、500mlの泥水が全部流出するに要する時間(秒)を表わす。

(2) 造壁性(泥膜の厚さと透水量) ロ過法によって、泥膜の厚さおよび透水量を測定し、それぞれMC(mm), PW(ml)として表示した。

(3) 懸濁分散性(安定性) 泥水を凝集させるに必要な特殊試薬量を測定した。そして、泥水の懸濁分散性に対するCMCの性能を、その試薬量(ml)で表示した。

(4) 溶解性 8%ベントナイト泥水にCMCを0.075%添加して、ミキサーで20秒間攪拌し試験用泥水を作成した。そして泥水のファンネル粘度を経時的に測定し、粘度が平衡に達するに要した時間をCMCの完全溶解時間(hr)とした。

2.3. 等価濃度

CMC 添加は、ベントナイト泥水の性質を著しく改良する。そこで、CMC の種類間の性能を比較するために、新しく等価濃度(eqC)の比較表示法を考案した。そして、この表示法を粘性、造壁性の試験結果お

よび CMC の価格などの比較に適用した。

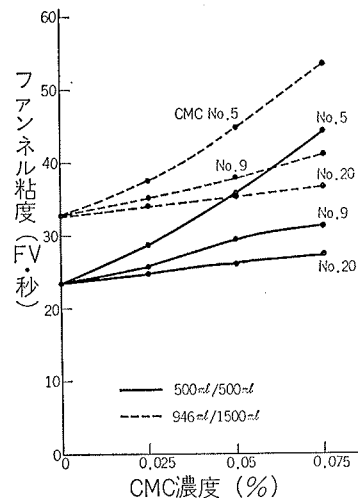
粘性、造壁性に関するeqCは、ベントナイト泥水の単位濃度(実用上、1%)の性能を発揮するに要する CMC の濃度である。たとえば、eqC 0.025の CMC 0.025%および0.05%を8%ベントナイト泥水に添加したとき、その CMC の性能をベントナイト泥水濃度に換算すると、それぞれ9%および10%相当になる。したがって、eqCの小さい CMC ほど良好である。なお、eqCは(1) ベントナイトの種類と濃度、(2) CMCの種類と濃度、(3) 測定方法などに影響されるので、同一試験条件におけるeqCを算出し、比較した。

また価格の等価濃度(eqCp)は、ベントナイト泥水の単位濃度(実用上、1%)の価格に相当する CMC の濃度である。なお、eqCpはベントナイトの価格および CMC の価格によって変化する。

3. 結果と考察

3.1. 粘性

泥水の粘性は、地盤掘削に必要な泥水の機能を発揮させるのに重要な性質の一つである。たとえば、掘削中に混入する掘屑を泥水中に保持しながら泥水比重すなわち泥水圧を増大させて壁面の安定をはかる。泥水循環時には掘屑を運搬、排出する。また泥水の流動を抑制して逸泥を防ぐ。したがって、泥水は以上のような機能を発揮するために適当な粘性を持つよう作成され、また管理されなければならない。そして、石油ボーリング関係では、泥水の粘性を改良するために CMC が使用され、その効果が認められている。



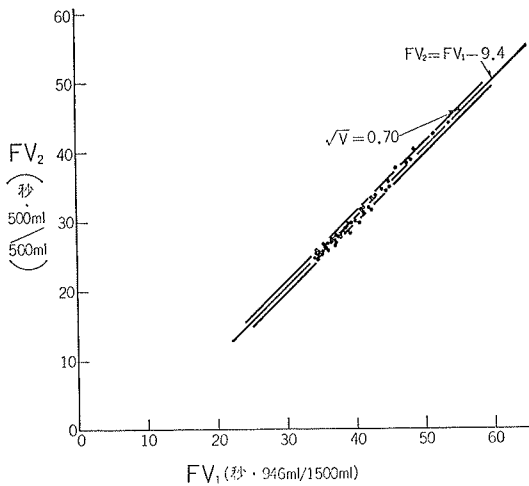
図二 CMC添加による粘度(FV)の変化

いま、泥水にCMCを添加したとき、泥水のファンネル粘度FVの変化を図一に示した。同図からCMC少量添加によって、粘度は漸次増大する。また粘度の増

加の程度が、添加量に応じて著しく大きいCMCと、そうでないCMCとがある。同図に示した CMCは、代表例であるが、CMCの種類によって粘度に顕著な差異が認められた。この現象は、当然 CMC の物性の差異によるもので、その差異は泥水の粘性発現に著しく影響する。したがって、この現象を本質的に解明するためには、CMC の物性ならびにベントナイト—CMC系の物理化学的反応を理解しなければならないが、本報告では論究しないことにする。さらに、図—2において粘度の測定方法が異なると同じ泥水でも FV 値が当然異なっている。そこで、 FV_1 (秒, 946ml/1500ml) と FV_2 (秒, 500ml/500ml) との関係を図—3にプロットし、相関分析を行なった。両FVに相関係が認められ同図のFVの範囲内で、両FV間に次式が成立した。

$$FV_2 = FV_1 - 9.4 \quad \sqrt{V} = 0.70$$

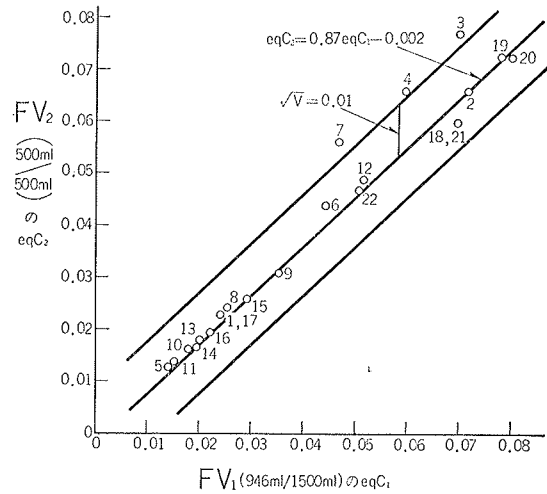
したがって、一方の粘度 FV を測定すれば、上式から他の FV を算出することができる。



図—3 2種の粘度 (FV) の関係

さて、図—2に例示したように、粘度はCMCの種類によって異なる。したがって、粘度は CMC 選択のときの比較基準にすることができる。そこで、粘性に関する CMC の性能を比較するため、それぞれの CMC について等価濃度 (eqC , 2.3参照) を算出した。そして、粘度 FV_1 の eqC_1 と FV_2 の eqC_2 との関係を図—4に示した。ここで、CMCは eqC が小さいほど、泥水の粘性増大に有効である。さて、同図から eqC_1 は0.014~0.079, eqC_2 は0.013~0.077の範囲に分布しており CMC の種類によって性能が著しく異なることを確認した。

たとえば、図—4に示すCMC No. 5と No. 3 とでは、No. 5 は No. 3 よりも粘性増大に約6倍相当の性能をもっている。このように、粘度 FV の等価濃度 eqC はCMC種類間で明らかに異なっているので、CMC 選択の比較基準にすることができる。また CMC を選



図—4 粘度 (FV) に関する等価濃度 (eqC)
表中の数字は CMC No. を示す

択する際には、 eqC_1 と eqC_2 のうち、いずれの値を選ぶかは、実用上、安全性を考慮して大きい方の eqC を採用するのが望ましい。

なお、CMC種類間の性能の差異は、等価濃度 eqC をベントナイト泥水濃度に換算すると一層明確になる。2.3.で説明したように、 eqC はベントナイト泥水の単位濃度 (実用上、1%) の性能を発揮するに要する CMC濃度であるから、8%ベントナイト泥水に CMC No. 5およびNo. 3を、それぞれ0.05%添加したときには、それぞれの泥水は12%および9%のベントナイト泥水に匹敵する粘度を有することになる。

また、図—4の eqC_1 と eqC_2 との関係を相関分析すると両 eqC に相関係があり、次式が成立した。

$$eqC_2 = 0.87eqC_1 - 0.002 \quad \sqrt{V} = 0.01$$

すなわち、一般に FV_1 (946ml/1500ml) の eqC_1 が FV_2 (500ml/500ml) の eqC_2 よりも大きい。

3.2. 造壁性

泥水の重要な性質の一つに造壁性がある。造壁性は、泥水が掘削孔壁内に浸透沈積層を形成し、さらに孔壁面に不透水性で強靱な泥膜を作る泥水の性質である。そして、泥水の浸透沈積層と泥膜とを合せて泥壁という。泥水が泥壁を形成する機構は、まだ完全に解明されていないので、今後、検討しなければならない。なお、泥壁の重要な作用は、孔壁面の安定および湧水・逸泥防止である。

ところで、ベントナイト泥水の造壁性を改良するために、CMC, デンプン, その他ポリマーなどの調整剤があるが、現在、CMC が最も一般的に使用されている。

ベントナイト泥水の造壁性は、泥壁 (泥膜, 浸透沈積層) の性状, 泥壁の厚さおよび透水量などによって、

その性能を比較すべきである。その際、透水量は泥壁の性状、泥壁の厚さおよび泥水の粘性などによって影響される。さて、CMCの造壁性能を比較した本実験では、浸透沈積層はほとんど生じないので、また泥膜の性状は類似しているため、泥膜の厚さおよび透水量のみを測定した。

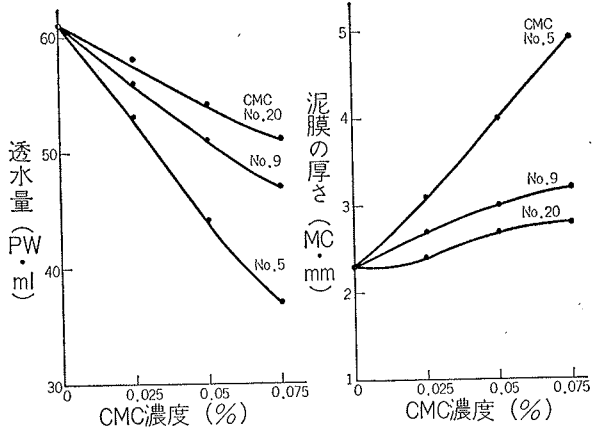


図-5 CMC添加泥水の造壁性の変化

さて、図-5にCMC添加時の泥水の透水量PW(ml)および泥膜の厚さMC(mm)の変化を示した。いずれのCMCにおいても、その添加量に応じてPWは減少し、MCは増加した。また同図にはCMCの代表例を示したが、CMCの種類により造壁性に明確な差異が認められた。かかる性能の比較については図-7で後述する。なお、CMC種類間の造壁性の違いは当然CMCの物性の違いによるものである。そこで、CMCの種類あるいは添加量による造壁性の変化を本質的に究明するためには、CMCの物性ならびにベントナイト-CMC系の物理化学的反応を解明しなければならないが、本報告では論究しないことにする。

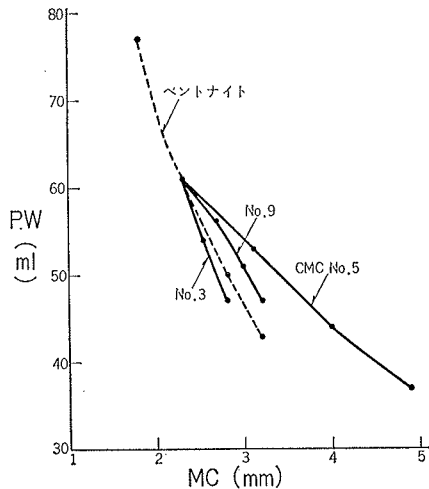


図-6 泥膜の厚さ (MC) と透水量 (PW) との関係

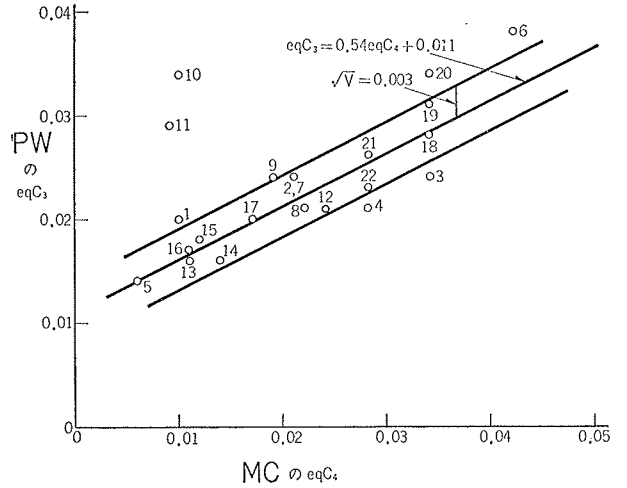


図-7 透水量 (PW) と泥膜の厚さ (MC) との等価濃度 (eqC) の関係

表中の数字は CMC No. を示す

次に、透水量PWと泥膜の厚さMCとの関係を図-6に示した。同図からMCが厚くなると、PWが減少する傾向が認められた。また同図ではベントナイトのみの泥水の曲線の周辺にCMC添加泥水の曲線が分布していた。そして供試した22種のうち8種のCMCが下方に分布していた。このような分布の違いは、図-7であらためて説明する。

上記のように、造壁性はCMCの種類間で異なることがわかった。そこで、造壁性に関するCMCの性能を比較するために、透水量PWおよび泥膜の厚さMCの等価濃度eqC(2.3参照)を計算した。そしてPWのeqC₃とMCのeqC₄との関係を図-7に示した。同図において、PWのeqC₃は0.014~0.038、MCのeqC₄は0.006~0.042の範囲に分布し、CMCの種類により性能が著しく異なることを確認した。この場合、透水量PW、泥膜の厚さMCのeqCが小さいほど良好なCMCである。たとえば、CMC No. 5はNo. 6と比較して、PWでは約3倍、またMCでは約7倍の性能をもっている。

なお、実用上、CMC添加による泥壁形成は、湧水・逸泥防止に最も効果を発揮するから、透水量PWの等価濃度eqC₃を比較基準にした。そして泥膜の厚さMCの等価濃度eqC₄は参考基準にした。

さらに、図-7においてeqC₃とeqC₄との関係を相関分析した。CMC No. 10, 11を除いて両eqC間に相関々係があり、次式が成立した。

$$eqC_3 = 0.54eqC_4 + 0.011 \quad \sqrt{V} = 0.003$$

同図では、供試CMCのうちeqC₄がほぼ同じ値でありながら、eqC₃の値に開きのあるCMCが認められた。この現象は、前述したように、透水量が単に泥膜の厚さのみに規制されるものでないことを示している。ま

た、前述した図-6において、ベントナイトのみの泥水曲線より上方に分布している CMC では、泥膜の厚さの等価濃度 eqC_4 が 0.024 よりも小さく、また、下方に分布している CMC では、その逆であった。

3.3. 粘性と造壁性との関係

3.1. および 3.2. の両節において、ベントナイト泥水の粘性および造壁性は、CMC 添加により著しく改良されることがわかった。これら両性質は、いずれもベントナイト粘土と CMC との物理化学的反應によって発現されるものであるから、ここでは両性質の関係を検討した。

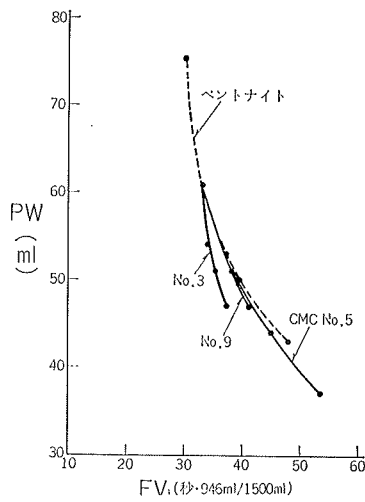


図-8 粘度 (FV) と透水量 (PW) との関係

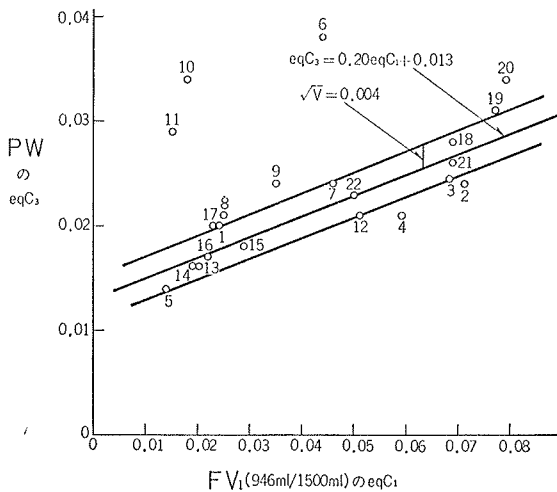


図-9 粘度 (FV) と透水量 (PW) との等価濃度 (eqC) の関係
表中の数字は CMC No. を示す

まず、図-8 に粘度 FV_1 ($946ml/1500ml$) と透水量 PW との関係について代表例を示した。一般に粘度が増すにつれて透水量は減少する傾向が認められた。そこで、粘度 FV_1 の等価濃度 eqC_1 と透水量 PW の等価濃度 eqC_3

との関係を図-9 に示し、相関分析を行なった。両 eqC に相関々係があり、CMC No. 6, 10, 11 を除いて次式が成立した。

$$eqC_3 = 0.20eqC_1 + 0.013 \quad \sqrt{V} = 0.004$$

以上のことから、当然のことながら粘度が増大することによって、泥水の透水量が抑えられることが判明した。もっとも、前節 3.2 で述べたように、透水量は、粘度だけでなく泥膜の性状およびその厚さによっても規制される。

次に図-10 に、粘度 FV_1 ($946ml/1500ml$) と泥膜の厚さ MC との関係について代表例を示した。一般に粘度が増すにつれて泥膜の厚さは増大する傾向が認められた。そして、CMC 添加泥水の大部分の曲線はベントナイト泥水の曲線を基準にして、その上方に分布していた。また FV_1 の eqC_1 と MC の eqC_4 との関係を図-11 に示し、両 eqC の相関々係を求め、CMC No. 6 を除いて次式が成立した。

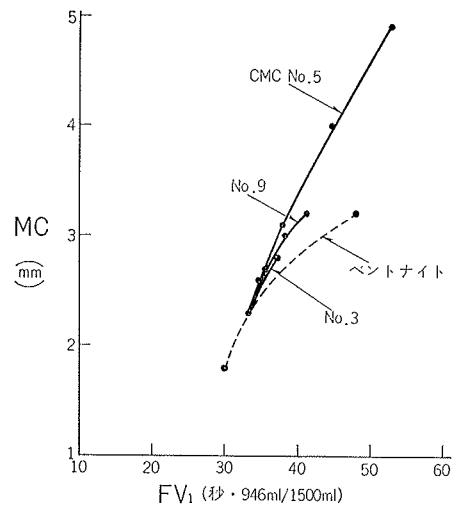


図-10 粘度 (FV) と泥膜の厚さ (MC) との関係

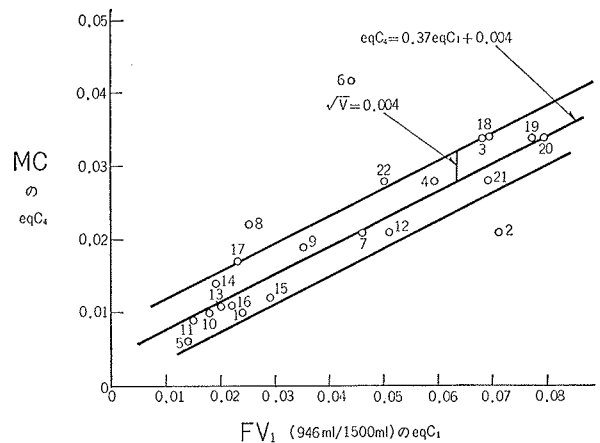


図-11 粘度 (FV) と泥膜の厚さ (MC) との等価濃度 (eqC) の関係
表中の数字は CMC No. を示す

$$eqC_4 = 0.37eqC_1 + 0.004 \quad \sqrt{V} = 0.004$$

以上のことから、粘度が増大することによって、泥膜の厚さも増大することがわかった。

3.4. 溶解性

CMCは、その性能を早急に発揮するため、一般に溶解しやすいほど良好である。また溶けやすい CMC を使用すると泥水作成が容易である。

従来、CMCの溶解性はほとんど検討されていなかったが、実用上、重要な性質である。そこで8%ベントナイト泥水にCMC 0.075%添加した際の溶解性について試験し、完全溶解に要する時間を表-1に示した。

同表からCMCは1~5時間で完全に溶解した。実用的には溶解時間の短い製品を選択するのが望ましい。

しかし、CMC添加泥水は、作成後、数時間以上放置されているので、その間にほぼ溶解する。したがって、CMCの性能比較において、溶解性は参考基準にした。

CMC No.	完全溶解時間 (hr)	CMC No.	完全溶解時間 (hr)
1	4.00	12	1.00
2	2.30	13	2.30
3	3.30	14	2.00
4	4.00	15	3.00
5	4.00	16	2.30
6	2.00	17	3.00
7	4.00	18	2.00
8	5.00	19	4.00
9	3.00	20	4.00
10	2.30	21	4.30
11	4.00	22	4.30

* 8%ベントナイト泥水にCMC 0.075%添加

表-1 CMCの溶解時間

CMC No.	凝集に要する塩類量 (ml)	CMC No.	凝集に要する塩類量 (ml)
1	4.0	12	4.0
2	4.0	13	4.0
3	4.0	14	4.0
4	3.5	15	4.0
5	4.0	16	4.0
6	4.5	17	4.0
7	4.0	18	4.0
8	4.0	19	4.0
9	4.0	20	4.0
10	4.0	21	4.0
11	4.0	22	4.0
8%ベント ナイト泥水	4.0		

* 8%ベントナイト泥水にCMC 0.075%添加

表-2 凝集に対するCMCの影響

3.5. 懸濁分散性 (安定性)

地盤を安全に掘削するために、泥水は安定に分散していなければならない。したがって泥水の諸性質のうち、この性質は最も重要である。泥水はベントナイト粘土、掘削粘土あるいはその他のコロイド物質から構成されているので、使用時に混入する掘削土およびセメントから由来する塩類によって凝集し、その性質は劣化して、泥水のレオロジー性、造壁性にも影響をおよぼす。したがって、泥水に添加された CMC が泥水の凝集を助長してはならない。

そこで、8%ベントナイト泥水にCMC 0.075%を添加したとき、凝集に対する CMCの影響について試験しその結果を表-2に示した。表中の数字は泥水を凝集させるに必要な特殊試薬量であり、その値が大きいほど好ましいCMCである。ところが、いづれの CMCも、CMCを添加しない8%ベントナイト泥水とほぼ同じ値であった。したがって懸濁分散性は、CMC間で明確な差異がないため、CMCの性能の比較基準にできない。また同表において、これらCMCは泥水の懸濁分散性になんら影響を与えないことが判明した。ところが、従来から CMC 添加は泥水の安定性を改良するといわれていたが、本実験では、その効果は認められなかった。

4. 経済性を考慮した比較選択

前章3で、泥水の粘性、造壁性、溶解性および懸濁分散性に関して、各種CMCの性能の優劣を比較検討した。その結果、粘性と造壁性とに関する性能がCMCの種類間で著しく異なっていた。そこで、これら両性質を比較基準に選び、それぞれの等価濃度 eqC を算出した。ここで、この eqC が小さいCMCほど、その性能はすぐれている。いかえれば、このような CMC は少量添加で粘性および造壁性の改良に有効である。

ところで、これらCMCの価格は kg 当り200円から400円の範囲にある。したがって、上記のように、粘性および造壁性に関する eqC で選択したCMCでも、高価なCMCでは、泥水作成費が高額になり、不経済になることがある。そのため、CMC 選択時にはCMCの価格をも考慮しなければならない。

そこで、粘度および透水量の等価濃度 eqC と価格の等価濃度 eqC_p (2.3.参照) との比 (eqC/eqC_p) から、CMCを経済的に選択する方法を考案した。すなわち、 $eqC/eqC_p < 1$ のCMCは経済的に得であり、 $eqC/eqC_p = 1$ のCMCは経済的に損得なく、そして、 $eqC/eqC_p > 1$ のCMCでは経済的に損である。したがって、実用上、 $eqC/eqC_p < 1$ のCMCを選択して使用しなければならない。その場合、 eqC/eqC_p の値が小さいほど経済的な

CMC である。

さて、以下に $eqC/eqCp$ の値から、CMCを経済的に選択できることを説明する。

いま、ベントナイトを主成分として、CMCを添加した泥水を作成する場合、性能においてCMCの $eqC \times A$ %はベントナイトA%に相当する。他方、価格においてはCMCの $eqCp \times A$ %はベントナイトA%に相当する。よって $eqC=eqCp$ でないとき、上記のCMCの濃度差 (ΔC) は、泥水作成時の経済効果として評価できる。すなわち $\Delta C=(eqCp-eqC) \times A > 0$ の場合 ($eqC/eqCp < 1$) では、このCMCは経済的に得である。逆に $\Delta C < 0$ の場合 ($eqC/eqCp > 1$) では、このCMCは経済的に損である。そして、泥水作成時における CMC の経済効果は次式によって価格 ΔP (円) に換算できる。

$$\Delta P = \left(1 - \frac{eqC}{eqCp}\right) \times A \times M \times V \times 10$$

A: CMCの使用濃度/ eqC M: ベントナイト単価 (円/kg) V: 泥水作成量 (m^3)

上式において、経済効果をあげるためには ΔP を大きくすればよい。すなわち $eqC/eqCp < 1$ の CMC は経済的であるが、より経済的であるためには $eqC/eqCp$ の値が小さい CMC ほどよい。また $eqC/eqCp=1$ の CMC では、当然であるが経済的に損得はない。さらに $eqC/eqCp > 1$ の CMC は使用しないけれども、もし使用しなければならない場合には、経済的な損失を少なくするために、 $eqC/eqCp$ の値がなるべく小さい CMC を使用しなければならない。

以上の知見にもとづいて、CMCの性能を経済的に判定するためには、供試CMCの粘度、透水量の各々の eqC と価格の $eqCp$ との比 ($eqC/eqCp$) によって CMC を選ぶことができる。そして、その比を算出して表-3に示した。また同表から上記の判定法にしたがって、CMCの性能を判定し、その結果を表-4に示した。すなわち表-4は、経済性を考慮して、CMCの粘性および造壁性の両性能を判定した結果である。

同表から、供試 CMC22 種のうち6種の両性質がいずれも良と判定された。しかも、これら CMC のうちでもその性能に幅がある。したがって、これら CMC のうちから最も経済的な CMC を選択するには、 $eqC/eqCp$ 値ができるだけ小さい CMC を選ばなければならない。また、一方の性質が良で、他方の性質が普通または不良の CMC でも、良と判定された性質が、現場条件において、とくに重要視され、一方、普通または不良と判定された性質が重要視されない性質であるならば、この CMC を実用に供することができる。

ところで、近時、他産業でベントナイトの需要が増

え、建設業関係への供給不足、さらに廃液処理に関連して処理場所および経費の増大などの問題が起り、なるべくベントナイトの使用量を減少させなければならない。そのためベントナイトの使用量を減らし、泥水に必要な性質を CMC 添加によって補う方法がある。たとえば、この方法は粘性土の地盤において有効である。

以上のようにして粘性、造壁性の改良には CMC 添加の有効性が確認されたので、調泥設計では前述のようにして選ばれた CMC を使用し、経済的に良質の泥水を作成しなければならない。

CMC No.	$eqCfv/eqCp$	$eqCvw/eqCp$
1	0.78	0.65
2	2.96	1.04
3	2.88	0.96
4	2.95	1.00
5	0.64	0.64
6	1.26	1.08
7	2.22	1.04
8	1.08	0.92
9	1.43	1.04
10	0.63	1.26
11	0.47	0.91
12	2.50	1.05
13	0.95	0.80
14	0.90	0.80
15	1.35	0.90
16	1.00	0.85
17	0.96	0.80
18	2.56	1.12
19	3.41	1.41
20	4.23	1.89
21	3.56	1.44
22	2.72	1.28

(注) $eqCfv$ は粘度の、 $eqCvw$ は透水量の、 $eqCp$ は価格の等価濃度を示す。

表-3 性能の等価濃度と価格の等価濃度との比 ($eqC/eqCp$)

		造壁性 (透水量)		
		良 (<1)*	普通 (=1)	不良 (>1)
粘性	良 (<1)	1, 5, 11 13, 14, 17		10
	普通 (=1)	16		
	不良 (>1)	8, 15	2, 3, 4 7, 9, 12	6, 18, 19 20, 21, 22

表中の数字は CMC の No. であり、また、*印は $eqC/eqCp$ の値であり、表-3を参照のこと

表-4 CMCの経済的な性能判定結果

5. まとめ

泥水工法では、ベントナイト泥水に CMC を少量添加して地盤掘削を安全に、正確に、そして経済的に行なっている。ところで、現在、各種の CMC が市販されており、早急に CMC の性能比較とその選択法の確立とが必要になってきた。そこで、本研究では、各種 CMC の性能試験を行ない、また CMC を経済的に選択できるようにした。

(1) 試験項目として、泥水の粘性、造壁性(泥膜の厚さ、透水量)、懸濁分散性および CMC の溶解性を選り、実用的な試験法を適用した。さらに、CMC の性能比較のために、新しく等価濃度(eqC)の表示法を考案した。ここで等価濃度 eqC とは、ベントナイト泥水の単位濃度(実用上、1%)の性能を発揮するに要する CMC の濃度である。

(2) CMC は泥水の粘性および造壁性を改良し、CMC の種類間で、その性能に著しい差異が認められた。そこで、粘度、泥膜の厚さおよび透水量の等価濃度 eqC を求めて、そのうち実用的な見地から粘度および透水量の等価濃度を第1次の比較基準として CMC 間の性能を比較した。なお、粘性と造壁性との関係についても検討した。

(3) CMC 添加は泥水の懸濁分散性になんら影響しないことを認めた。また、CMC の溶解性は CMC 比較の参考資料にとどめた。

(4) 経済的に CMC を比較選択するために価格の等価濃度(eqC)を求め、上記の性能試験で得た粘度および透水量の等価濃度(eqC)と比較した。そして経済的に CMC を選択することができた。

最後に、当技術研究所の荻野為宇子、日野千里職員が実験に従事したことを付記する。

参考文献

- 1) 喜田：泥水工法における泥水管理に関する研究(第1報) 大林組技術研究所報 No. 1, 73~80 (1966)
喜田：泥水工法における泥水管理に関する研究(第1報) 第1回土質工学研究発表会講演集(1966)
- 2) 喜田：泥水工法における泥水管理に関する研究(第2報) 大林組技術研究所報 No. 1, 81~86 (1966)
喜田：泥水工法における泥水管理に関する研究(第2報) 第2回土質工学研究発表会講演集(1967)
- 3) 藤井：基礎工における地盤の安定(泥水工法) 158 (1966) 理工図書
- 4) 沖野：ボーリング用泥水 46 (1966) 技報堂
- 5) 喜田、扇：泥水工法における泥水管理に関する