

I - 16 ベントナイトを混和したセメントグラウトについて

九州大学工学部 正員 徳光善治
九州大学工学部 正員 〇出光 隆

1 まえがき

近年、セメント注入工法は、地盤改良、構造物の亀裂部補強、裏込注入、漏水防止のための注入など、広範囲にわたり用いられている。注入の対象である堅げきバセメント粒子にくらべて非常に大きい場合は、セメント単味のグラウトを用いても注入可能であり、セメントより粗粒ば材料を混和する場合もある。一方、堅げきバセメント粒子よりむしろ大きき場合は、粒子が堅げきに浸入し難く、注入作業に困難をきたすことが多い。このような場合、注入状況を改善するため、セメントより微粒子性の混和材料が用いられている。一般的に、注入グラウト材料として望ましい性質は、

- (1) グラウトが材料分離や急結を起さないこと、即ち懸濁液としての安定性が大きいこと。
- (2) 注入作業がスムーズに行なえること。
- (3) 材料ができるだけ少量で済むこと。

はとである。

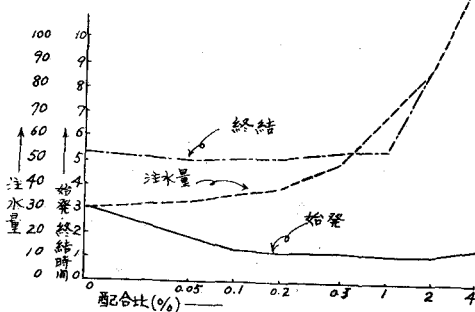
筆者等は、混和材料としてベントナイトを混和したセメントグラウトについて、上記の性質に関する各種実験を行なった。その結果について報告する。なを本実験に用いた試験材料は住友高炉セメントC種、日炭ベントナイトである。

2. 実験結果

① 凝結試験

〔実験方法〕セメントの物理試験法の凝結試験に準じて、B/C (B:ベントナイト重量, C:セメント重量) を種々変えた8種類の試料を用いて試験した。

図-1



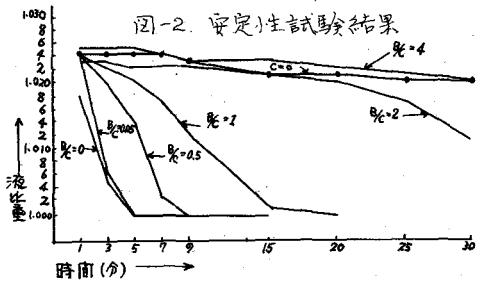
〔実験結果〕図-1に示す。

ベントナイト混和の場合は凝結始時がセメントの場合より早くなっている。これはベントナイトの微粒子性、膨潤性大いによりペーストの粘着性が増加したためかと考えられる。終結時間はB/Cが1になるまではほとんどセメントのみの場合と変わらない。B/Cが1以上になれば終結時間は著しく遅くなり、B/Cが4になれば終結しなかった。

② 安定性試験

〔実験方法〕懸濁液の安定性試験の方法は色々あるが、ここでは土の粒度試験方法に準じて、比重計試験に準じて、水セメント比(W/C)を20とて、ベントナイト・セメント比(B/C)を種々変えた懸濁液を用いて行なった。

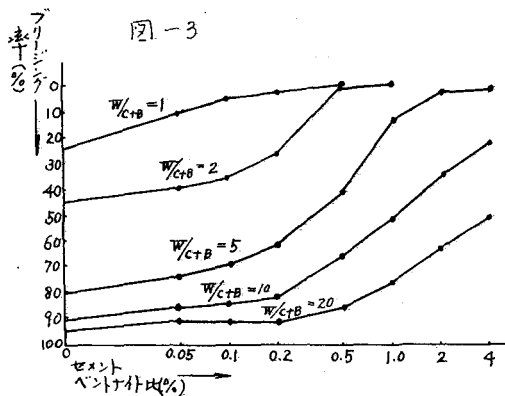
〔実験結果〕 図-2 に示す



グラウト安定性の良否は経過時間と比重の関係を示す曲線の勾配、および横ばい状態になるまでの時間によって決まる。図-2によれば B/C が大きくなれば、曲線の勾配が小さくなり、横ばい状態になるまでの時間は長くなっており、すなわちグラウトの安定性は増すことになる。この原因はベントナイトの微粒子性、膨潤性大なることに起因し、ベントナイト粒子自身の沈降速度が遅く、同

時にセメント粒子の沈降もまぎれられる結果と思われる。

③ ブリージング、膨張試験



〔実験方法〕 土木学会プレストレストコンクリート設計施工指針による方法（ポリエチレン袋を用いる方法）によって、 B/C 、 $W/C+B$ を変えた40種のグラウトを用いて試験した。

〔実験結果〕

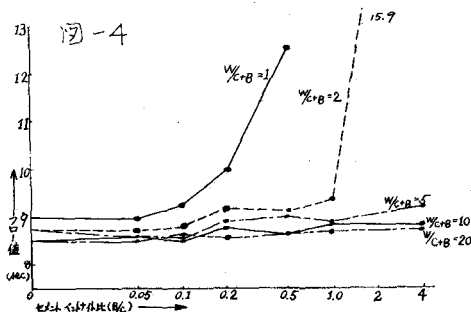
図-3にその結果を示す。

水・セメント比が小さい場合は、 B/C が小さくてもブリージング量の減少はあまり大きく、一方水・セメント比が大きい場合には、 B/C が0.5～1.0程度に大きくなれば、その大きさは

減少は認められる。膨張試験の結果では期待した膨張性は認められず、ほとんど変化はない。

④ コンシステンシー試験

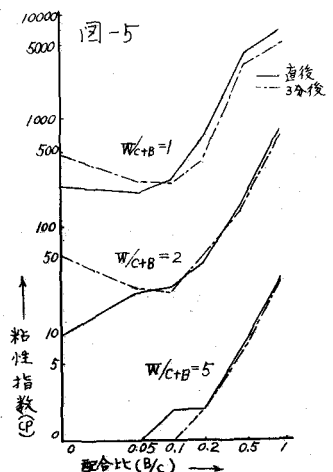
(イ) フロー試験



〔実験方法〕 米国プレパフト社の方法によって、ブリージング試験と同配合のグラウトを用いて行なった。

〔実験結果〕

図-4に結果を示す。



(ロ) 粘性測定

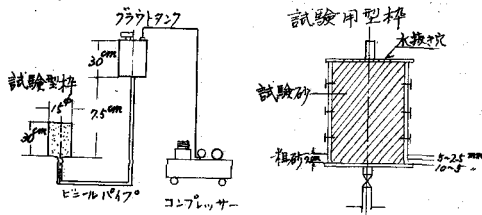
〔実験方法〕 BH型粘度計を使用して、懸濁液の粘性指数を求めた。

〔実験結果〕 図-5に示す。

⑤ 注入試験

グラウトを注入する場合、注入抵抗にはグラウト自身の粘性抵抗、および被注入体とグラウトとのマサツ抵抗の2つが考えられる。ベントナイト・セメント比、水・セメント比の大小による粘性抵抗の変化は、前記のごときコンシステンシー試験によって調べた。ついでマサツ抵抗の変化を知るにめ次のようは注入試験を行つた。 図-6

〔実験方法〕 図-6 に注入試験装置、および注入コンフリーツ試験標準型枠を示す。この型枠に間けき率45%にばよように砂をつめて被注入体とした。砂は河砂をふるり分けり $0.3\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$, $0.6 \sim 1.2\text{mm}$, $1.2 \sim 2.5\text{mm}$, $2.5 \sim 5.0\text{mm}$ の4種を用いた。底板から 2.5cm の厚が敷いた粗砂はグラウトを断面全体にわたってスムーズに注入するためのものである。グラウトは B/C, W/C+B をそれぞれ変えに25種を使用した。注入圧は、注入開始から30秒間はグラウトの高さ(約71cm)のみにより30秒過ぎてもグラウトが上つてこばい場合はコンプレッサーによって加圧を行ない注入開始からグラウトが型枠上面に表れれるまでの時間を測定した。グラウトが透らず、コンプレッサーゲージが3kg/cm²を示したときは、試験を終りて浸透深さを測定した。



〔実験結果〕

表-1 に注入試験結果をまとめた。

表-1 注 入 試 験 結 果

砂粒の大小		5 ~ 2.5 %					2.5 ~ 1.2 %					1.2 ~ 0.5 %					0.6 ~ 0.3 %				
配合比		Test		コンフリーツ試験の最大値		備考	Test		コンフリーツ試験の最大値		備考	Test		コンフリーツ試験の最大値		備考	Test		コンフリーツ試験の最大値		備考
B/C	W/C+B	No.	時間(sec)	浸透深さ(cm)	kg/cm ²		No.	時間(sec)	浸透深さ(cm)	kg/cm ²		No.	時間(sec)	浸透深さ(cm)	kg/cm ²		No.	時間(sec)	浸透深さ(cm)	kg/cm ²	
0	20	1	7.5				26	9.5				51	22.0				76	56.0	0.5		
0.05	"	2	8.0				27	9.5				52	20.0				77	47.5	0.5		
0.2	"	3	8.0				28	9.5				53	20.0				78	41.0	0.5		
1.0	"	4	7.2				29	8.0				54	17.0				79	39.5	0.5		
4.0	"	5	7.0				30	8.4				55	16.5				80	37.0	0.4		
0	10	6	6.7				31	8.8				56	15.5				81	44.0	0.3		
0.05	"	7	6.4				32	8.5				57	14.5				82	37.0	0.4		
0.2	"	8	6.2				33	8.1				58	17.5				83	40.0	0.4		
1.0	"	9	6.5				34	8.1				59	17.0				84	39.0	0.5		
4.0	"	10	7.5				35	7.9				60	25.0				85	40.0	0.5		
0	5	11	7.8				36	8.3				61	18.0				86	40.0	0.5		
0.05	"	12	7.5				37	7.7				62	18.0				87	42.5	0.5		
0.2	"	13	7.2				38	7.4				63	18.0				88	40.0	0.5		
1.0	"	14	7.0				39	8.5				64	28.0				89	41.0	0.5		
4.0	"	15	16.0				40	37.0	0.25			65	58.0	1.0			90	42.0	0.5		
0	2	16	6.5				41	7.5				66	102.0	1.8			91	(3.0cm)	3.0	185	
0.05	"	17	5.9				42	7.7				67	(11.5cm)	3.0	178		92	(3.0cm)	3.0	181	
0.2	"	18	6.0				43	9.0				68	(13.5cm)	3.0	180		93	(2.5cm)	3.0	180	
1.0	"	19	40.0	0.5	粘り強い 浸透不能		44	44.0	0.5	粘り強い 浸透不能		69	120.0	2.1	粘り強い 浸透不能		94	(2.5cm)	3.0	179	粘り強い 浸透不能
4.0	"	20	—	—	—		45	—	—	—		70	—	—	—		95	—	—	—	—
0	1	21	(16.0cm)	3.0	190		46	22.0				71	(6.0cm)	3.0	177		96	(2.5cm)	3.0	174	
0.05	"	22	(10.0cm)	3.0	180		47	(2.5cm)	3.0	164		72	(5.3cm)	3.0	160		97	(3.0cm)	3.0	176	
0.2	"	23	(9.5cm)	3.0	180	粘り強い 浸透不能	48	(2.5cm)	3.0	175	粘り強い 浸透不能	73	(6.2cm)	3.0	180		98	(2.5cm)	3.0	175	
1.0	"	24	—	—	—		49	—	—	—		74	—	—	—	粘り強い 浸透不能	99	—	—	—	粘り強い 浸透不能
4.0	"	25	—	—	—		50	—	—	—		75	—	—	—		100	—	—	—	—

註、注入開始後 30秒間は注入口とグラウトタンクの圧力差のみにより注入、
30秒後はコンプレッサーを用いて注入。

$W/C+B$ が10および20のグラウトはフロー試験結果からわかるように B/C が増せば、粘性抵抗は少し増加気味である。しかし、注入試験の結果はベントナイトを混和すればグラウトの透過に要する時間がセメントのみの場合より短くなる傾向を示している。このことはベントナイト混和によってグラウトのマサツ抵抗が減少することを意味する。

表-2は、 $W/C+B$ が5, 2, 1, と小さくなった

表-2

場合の粘性測定、注入試験結果から、粘性は一定なグラウトについて、浸透深さを比較したものである。 B/C の大きい方が、粘性は少し増加しているにもかかわらず注入状況が著しく良くなっている。

粘性指数	B/C	$W/C+B$	注入試験NO.	注入試験結果(砂の粒徑別)			
				75μm 2.5-5	1.2-2.5	0.6-1.2	0.3-0.6
600	0.2	1	23	9.5 cm	2.5 cm	6.2 cm	2.5 cm
700	1	2	19	> 30 cm	> 30 cm	> 30 cm	2.5 cm
25	0.05	2	17	> 30 cm	> 30 cm	11.5 cm	3.0 cm
35	1	5	14	> 30 cm	> 30 cm	> 30 cm	> 3.0 cm

⑥ 膨潤性試験

(実験方法) B/C を種々変えて混合したものを、注水前の体積(V_0)と注水後の体積(V)を測定した。

図-7

(実験結果)

V/V_0 を膨潤度とし図-7に結果を示す。

B/C が0.05ではセメントのみの場合よりわずかにふえる程度であるが、0.05以上になれば、 B/C の増大につれて膨潤性は著しく大きくなり B/C が4ではセメントのみの場合の5倍以上になる。

⑦ 強度試験

(実験方法) セメントの物理試験方法の強度試験に準じて行なった。

(実験結果) 現在実験中のため、最終結果は講演の際報告する。

3 おまけ

以上の各実験結果を総合すれば次のことがいえる。セメントのみのグラウトにくらべてベントナイトを混和し、その割合を増した場合、有利になる点として、

(1) グラウトの安定性が増すこと

(2) ベントナイトの膨潤性が大きいから、ブリーデングが少なくなり、また材料も節減されること。

(3) グラウト注入のさい、そのマサツ抵抗が小さくなること。
 などが考えられる。

不利になる点は

(1) グラウトの強度が低下すること。

(2) 注入のさい、粘性抵抗が大きくなること

などが考えられる。

セメント注入工事の際、現場に応じてベントナイト・セメント比(B/C)をえらべば好結果がえられるものと思われる。