

ベントナイト混入モルタルの流動性および圧縮強度試験について (特にトンネル裏込め用として)

根 橋 直 人

About Tests of Fluidity and Compressive Strength of Mortars containing Admixtures of Bentonite. (Especially for Filling Space between Concrete Linings and Rocks.)

Naoto NEHASHI

Assistant Professor of Civil Engineering Department

The tests are done for research of fluidity and compressive strength of mortars when used the mortars containing admixtures of bentonite, especially of its effect.

At first, we explained the outline of bentonite. Next we described the methods and results of the tests above mentioned. And then we considered the result of it.

本試験はベントナイト混入モルタルを使用した場合、どんな効果があるか、その流動性と圧縮強度について試験したものである。

先づベントナイトの概要を説明し、次いで上述の試験の方法と結果を記し、最後に結果の考察を述べる。

1. ま え が き

株式会社豊順洋行の製品であるベントナイトについては、既に紹介されているが、それをトンネル覆工の裏込めモルタル用に使用した場合どんな効果があるかについて試験した。

先づ最初にベントナイトの概要を記す。ベントナイトとは白色微粉末状にして、比重=2.6程度で市販品としては1袋30kg入となっている。

利用工法としては、特殊基礎工法と呼ばれるイコス、アースドリル工法や、発電ダムその他の止水グラウチングや、トンネル裏込めモルタル注入等がある。

従来注入工法に於て、セメント一種のみを使用しては、粒子が粗く、微細な空隙にまで浸入せず、材料分離の一現象である沈下収縮が起り、空隙が再発生する恐れがあった。同社ではこの欠点を改善するためにベントナイトが効果があり、特にトンネル裏込めモルタル注入について次の様な長所があると指摘している。

- (1) 材料分離を防止して安定したモルタルを作る。
- (2) 流動性を維持するから注入の圧力損失少く、注入地点から遠くまで運搬出来る。

(3) ブリージング(浮水現象)による収縮即ち容積変化が少く、漏水防止に効果がある。

併し一面短所として、ベントナイトの膨潤に必要な水を多量に要求するため $W/(C+B)$ [水・(セメント+ベントナイト)比]が増大する。(100~200%)。従ってセメントやフライアッシュ単独使用に較べれば強度の低下は免れない。実際使用に当ってはベントナイト混入量は(セメント+ベントナイト)量の30%程度が標準で、特別の場合は50%まで使用出来る。

トンネル裏込めモルタルの圧縮強度については別にはっきりした規定はないが、相当低い値(土木学会では $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度¹⁾)で満足しているからベントナイトによる強度低下は余り問題にならないと思う。併し安全のため $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 位必要と考える場合は、セメント量の多寡が直接影響するから、ベントナイト混用は一考を要する。

2. 試 験 方 法

試験の概要について記す。

A) 使用材料

セメント (C)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{普通セメント} \cdots \cdots \text{小野田社} \\ \text{高炉セメント} \textcircled{B} \cdots \cdots \text{大阪社} \\ \text{〃} \quad \textcircled{C} \cdots \cdots \text{小野田社} \end{array} \right.$

ベントナイト(B) (妙義印) ……豊順洋行社
 砂(S) ……川砂 (比重 2.53 / F.M 3.51) … 2.5mm以下

B) モルタル混合法

高速回転ミキサー使用 (本試験では電動式アスファルトミキサーを代用した.)

C) 試験法

イ) フロー試験器具.

コーン, 及びポイントゲージ (図-1)

附属品 { スタンド
 受鉢

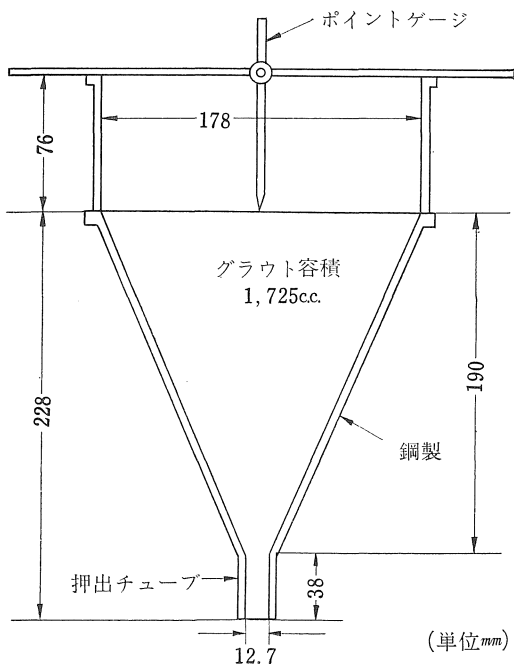


図-1 フローコーン

コーンの吐出口を押え, モルタルを流し込みポイントゲージに接するまで満す。(容積 1,725 cc). 押えを外してから全量が出つくすまでの時間 (秒) を測ってそれをフロー値とする. 尚コーンの下に受鉢を置いて流出するモルタルを受ける.

ロ) 強度試験

供試体は「JIS R 5201・セメントの物理試験

方法」中のセメントモルタルの強度試験供試体の作り方²⁾に準拠し, 突き棒の突き数は 5 回とした. 圧縮供試体だから型枠填充に際し予め (図-2) の如くセルロイドの仕切板を挿入し, (4×4×8cm) の供試体を一度に 6 個宛作った.

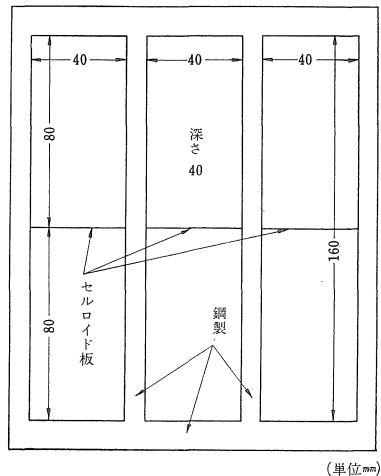


図-2 型枠平面図

アムスラーの 20 t 圧縮試験機を用い,
 $\text{圧縮強度 (kg/cm}^2\text{)} = \text{最大荷重 (kg)} / 4 \times 8 \text{(cm}^2\text{)}$
 により算出した.

D) 参考

- イ) 混合法を, 高速ミキサーか手動によるかの違いは, 後者は材料が分離し, 又所要の空気量も得られず試験値が低下し勝ちだから前者による方がよい.
- ロ) JIS では圧縮供試体は圧縮面が 4×4cm と規定してあり. 本試験は 4×8cm の断面だから正しい値が出るか疑問を持ったが試験の結果正確に 2 倍の値を示した.
- ハ) 同一バッチにおいて一方はフロー試験済み, 他は行わない試料で圧縮試験をした活果は, 前者が約 30% 低下を示した. 之はコーンから受鉢へ落ちる衝撃で分離を起したためと思われる. 常に新しい試料で強度供試体を作るべきである.

3. 試験結果

表-1 普通セメント使用の場合 (図-3 参照)

配合種類	配合比 (C+B) : S	C (kg)	B (kg)	C+B (kg)	S (kg)	W (kg)	W/(C+B) (%)	フロー値 (秒)	圧縮強度 (kg/cm ²)		
									σ_r	σ_{28}	σ_{91}
A	1 : 3	203	134 (混入率 40%)	337	1015	486	144	18.6	7.5 } 7.7 8.1 } 7.5 }	15.6 } 16.0 16.3 }	28.1
B	1 : 3	250	100 (29%)	350	1050	435	124	11.4	12.2 } 11.5 10.0 } 12.2 }	25.0 } 24.7 24.4 }	40.6

表-2 各種セメント使用の場合 (図-4 参照)

配合種類	配合比 (C+B):S	C (kg)	B (kg)	C+B (kg)	S (kg)	W (kg)	w/(C+B) (%)	フロー値 (秒)	圧縮強度 (kg/cm ²)			
									σ_7	σ_{28}	σ_{91}	
C 普通 セメント	1:3	308	(混入率) %	440	1320	616	140	17.6	13.7	14.8	23.6	43.7
			132(30)						15.6			
								15.0				
D (高炉B)	1:3	"	" (")	"	"	572	130	13.4	11.3	11.6	26.5	45.5
									11.6			
								11.9				
E (高炉C)	1:3	"	" (")	"	"	528	120	16.2	18.7	18.9	41.8	65.0
									18.7			
								19.4				

- 注) 1) σ_7 , σ_{28} , σ_{91} は夫々7日, 28日, 91日強度
 2) 材料の略字は 2. A) の項で説明. (W=水)
 3) 混合順序
 A 配合.....セメントミルクを作ってベントナイトを徐々に加え, 更に砂を加えた.
 B~E 配合.....セメントとベントナイトを空練りし, それを水の上に徐々に加え, 更に砂を加えた.
 4) モルタルの単位容積重量は本試験を通じて 1,800~2,000kg/m³ であった.

表-3 強度増進率 (%)

配合種類	σ_7	σ_{28}	σ_{91}	配合種類	σ_7	σ_{28}	σ_{91}
A	27	57	100	D	25	58	100
B	28	61	100	E	29	64	100
C	34	54	100				

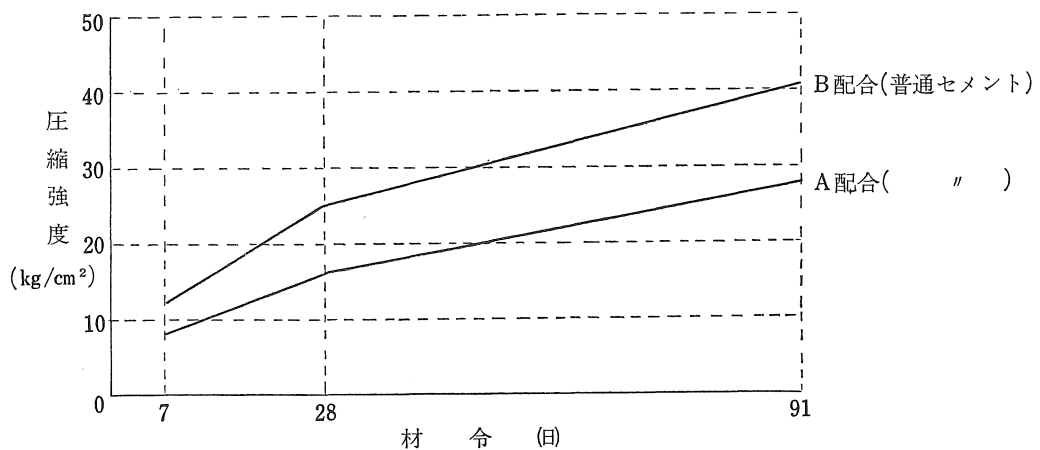


図-3 圧縮強度グラフ (I)

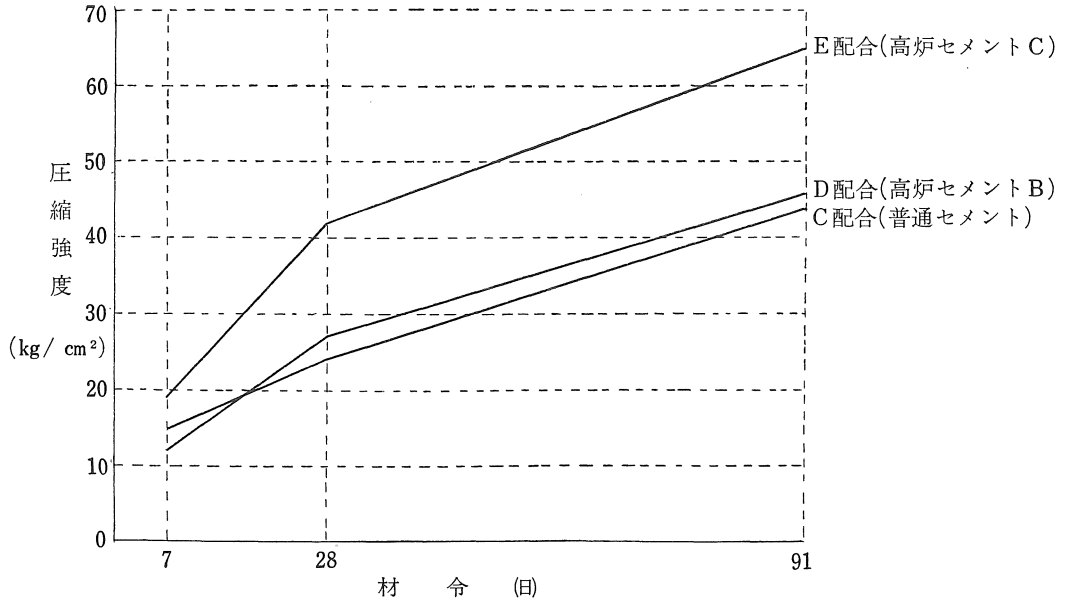


図-4 圧縮強度グラフ (II)

4. あとがき

試験結果についての考察を述べると、先づ流動性に関してはフロー値の適正範囲は10~20秒だから何れも良好な値を示し、従ってトンネル裏込め注入のためのコンクリートポンプの使用には好都合と思える。

次に強度に関しては、セメント単独使用に較べればやはり低下は免れず、完璧を期することが無理なことが立証された。併し前述の如く、モルタルの使用箇所如何によっては強度を余り重要視せず、細隙部まで充填出来れば充分という場合がある。この際はベントナイトの使用が充分効果を発揮すると考えられる。終りにトンネル使用

に当っては使用の適否を判断するための別の調査試験が必要であることを付記する。

引用文献

- 1) 土木学会：昭和39年：「トンネル標準示方書解説」
P.91：土木学会
- 2) 土木学会：昭和33年：「コンクリート標準示方書」
P.204：土木学会