

# ビニロン繊維を混入した流動化処理土ブロック の耐久性に関する研究

橋本佳大\*<sup>1</sup>・内藤康夫\*<sup>2</sup>・藤井衛\*<sup>3</sup>・大西智晴\*<sup>4</sup>

## Experimental Study of Durability of Liquefied Stabilized Soil Blocks Containing Vinyon Fiber

by

Yoshihiro HASHIMOTO\*<sup>1</sup>, Yasuo NAITO\*<sup>2</sup>, Mamoru FUJII\*<sup>3</sup>, Tomoharu Onishi\*<sup>4</sup>

(Received on March 30, 2005 & accepted on May 20, 2005)

### Abstract

Liquefied stabilized soil is made of cement, water and the remaining soil from an excavation site. At present, its application is limited to underground uses, and does not extend to atmospherically exposed conditions mainly due to its large drying shrinkage. One possible use for such a material under atmospherically exposed conditions is in constructing fences or retaining walls using blocks of the material. Concrete block construction, which is common for these structures, tends to collapse under strong earthquakes, whereas soil block construction is capable of avoiding such damages due to the larger toughness of soil blocks. Also, soil blocks are advantageous over concrete blocks in terms of appearance. In this paper, we describe the results of tests aimed at examining the effects of adding vinyon fiber to liquefied stabilized soil blocks in improving the durability of such soil under atmospheric exposure conditions. Tests were carried out on the mixing design, drying shrinkage properties, resistance to atmospheric exposure, and uniaxial compressive strength. It was found that vinyon fiber reduces the drying shrinkage and crack propagation, and increases the compressive strength of liquefied stabilized soil blocks. An appropriate mixing condition was that the clay content of the soil being processed is below 50%, minimum cement content is 200 kg/m<sup>3</sup>, and fiber content is 1.0 % of the volume of the soil.

Keywords: Vinyon Fiber, Liquefied Stabilized Soil Block, Durability

## 1. はじめに

流動化処理土は、現場発生土に水を加えた調整泥水にセメントを混ぜて作る処理土のことである。この処理土の利点は、泥水状にすることから施工性に優れていること、転圧を必要とせずに強度が発現できること、および現場発生土の利用からくるコストの削減が可能であること等が挙げられ、地中埋設管や共同溝等の埋め戻し、廃坑等の複雑な空洞部分の充填、擁壁等の裏込めに使用されている。しかし、流動化処理土は、多量の水を含んでいることから大気中にさらされると乾燥収縮に起因するひび割れを生じることが知られており、大気中で使用されるケースはほとんど無い。以上のような理由から、これまでの流動化処理土に関する研究報告も、地中での使用を前提としたものに限られていた<sup>1-4)</sup>。

筆者らは、流動化処理土をコンクリートブロックの代用や小規模擁壁等の建築工作物に利用することを考えた。日本のような地震国において、コンクリートブロック塀のような組積造は、地震時に倒壊する恐れがあるが、流動化処理土をブロック状に

した塀であれば、靱性の面でコンクリートブロックよりも優れていることから、危険性をかなり回避できる。さらに、景観の面においてもコンクリートブロックよりも優れている。本研究では、流動化処理土を大気中にて、適用可能にするため、セメント系材料の補強材として幅広く使用されているビニロン繊維に着目し、これを混入した流動化処理土の配合方法、収縮量、耐久性および強度発現の試験を行った<sup>5-7)</sup>。

## 2. 実験概要

### 2.1 配合試験

流動化処理土は泥水状にする必要があることから、粘土分はある程度含有していることが条件となる。そこで本研究では、粘土含有量ごとの適切な泥水密度を決定し、これを基に配合条件を定めることにした。泥水密度の決定方法は、文献 1) 2) および 8) に示されている配合設計方法に準拠して行った。泥水密度の決定方法は、Table1 に示した内容を基準に設定し分離性、流動性、一軸圧縮強さの3つの要因から決定した。分離性は、JSCF-F 522-1999 の土木学会規準の試験方法で行いブリージング率を1%以下とした。また、流動性は、JHS A 313-1992 のエアモルタル及びエアミルクの試験法で行ない、流し込むだけで

\* 1 工学研究科建築学専攻博士課程後期  
\* 2 工学研究科建築学専攻博士課程前期  
\* 3 工学部建築学科教授 工博  
\* 4 不動建設(株)

Table 1 Required condition of Liquefied Stabilized Soil

Condition of the Liquefied Stabilized Soil		Set value
Bleeding rate	Material separation is not caused	1% or less
Flow value	Workability paid only by pouring, is good	Over 150mm
Compressive strength	Not destroying degree in the place in which the human was carried	Over 0.1N/mm <sup>2</sup>

Table 2 Material properties of silica sand No.7 and Kasaoka clay mixes.

Mixing ratio (Clay:Sand)	Soil particle density (g/cm <sup>3</sup> )	Grain size distribution (%)			Consistency (%)	
		Sand	Silt	Clay	Liquid limit	Plastic limit
10 : 0	2.42	4	49	47	60	18
7 : 3	2.53	32	21	47	55	11
5 : 5	2.46	48	22	30	39	8
3 : 7	2.51	69	6	25	32	10

Table 3 Tests for measuring material properties of soil

Test name	Test method	Test outline
Bleeding test	JSCE-F 522-1999	Civil engineering society of Japan 「Bleeding rate and expansion test of the injection mortar of prebackconcrete」
Flow test	JHS A 313-1992	Cylinder on the smooth board is filled with the sample, and the cylinder is perpendicularly pulled up. Then, the extent is measured after the one minute progress.
Compression test	JIS A 1216	Geotechnology association standard 「Unconfined compression test」

済むフロー値 (150mm 以上) とした。また、強度は、材齢 7 日での荷重を支えられる程度以上 (0.1N/mm<sup>2</sup> 以上) とした<sup>9-11)</sup>。

本研究で使用した土は、笠岡粘土と珪砂 7 号である。流動化処理土の配合は、笠岡粘土：珪砂 7 号を 10：0、7：3、5：5、3：7 の 4 種類とした。各配合比における物性性状を Table2 に示す。固化材は、高炉セメント (B 種) を使用し、セメント添加量は、泥水 1m<sup>3</sup> あたり 100kg として行った。Table3 に物性試験の詳細を示す。Table4 に粘土：砂=10：0 の泥水密度の決定方法と決定した粘土含有量ごとの泥水密度を示す。

物性試験の結果より、2.2 以降の収縮試験、曝露試験、一軸圧縮試験で使用する配合は (粘土：砂=泥水密度 (g/cm<sup>3</sup>)) 10：0=1.32, 7：3=1.40, 5：5=1.43, 3：7=1.53 の 4 種類とした。セメント添加量は、文献 1) および 2) に示されている施工事例より、最も少ない 50kg/m<sup>3</sup>、一般的に広い範囲で使用される量の 100kg/m<sup>3</sup> と強度の必要な建築基礎でよく使用される 200kg/m<sup>3</sup> の 3 種類とした。使用した繊維は、耐久性が高く低コストでセメントとの親和性が良いという点を考慮し、Table5 に示す物性のビニロン繊維 (繊維長 12mm) を使用した。繊維量は、処理土の容積比で求め、収縮試験で 1%、曝露試験で 0%、0.5%、1%、1.5% の 4 種類とした。なお、処理土はハンドミキサーを使用し 5 分間の攪拌時間を設け、十分に攪拌したものを使用した。2.2 以降の試験に使用する配合条件および配合条件から得

Table 4 Decision procedure for determining clay suspension density

Mixing ratio (Clay:Sand)	Decision procedure of clay suspension specific gravity (Example of experimental result, Mixing ratio 10:0, cement dosage(100kg/m <sup>3</sup> ))	Clay suspension density which satisfies the condition of table1(g/cm <sup>3</sup> )
10:0		1.30~1.35
7:3		1.38~1.42
5:5		1.40~1.45
3:7		1.50~1.55

Table 5 Material properties of vinylon fiber<sup>7)</sup>

Cut length (mm)	12
Diameter (mm)	0.04
Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	1600
Elongation (%)	6
Young's modulus (kN/mm <sup>2</sup> )	40
Main application	Mortar
Specific Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.3
Durability	◎
Affinity to cement	◎
Cost performance	◎

◎ : Best ○:Good △:Normal ×:Bad

られた処理土密度とフロー値を Table 6 に示す。

## 2.2 乾燥収縮試験

流動化処理土の収縮量は、コンクリートに比べ、かなり大きい。そのため、流動化処理土を大気中で使用するためには、できる限り収縮量を低減する方法について検討する必要がある。そこで、脱型時期、繊維混入の有無、粘土含有量、セメント添加量について収縮低減効果を明らかにするため、収縮試験を行った。

収縮量は、供試体に設置したひずみゲージにより求めた。ひずみゲージの配置および試験方法の概要図を Fig.1 に示す。測定環境は、乾燥した環境を想定し、一定温度・湿度 (温度 20℃ (±3)・湿度 60% (±5)) を保った室内において計測を行った。収縮量計測用供試体は、10cm×10cm×40cm の鋼製型枠に流動化処理土を高さの半分まで打設し、ひずみゲージと熱電対を型枠の中央に埋設した。その後、ひずみゲージに影響が出ないように、残りを静かに流し込んで打設を行った。使用した埋込型ひずみゲージは、KMC-70-120-H3 (共和電業製) を使用し、脱型時期は固化の時間を考慮して 2 日後とした。また、供試体ごとの乾燥条件を統一するため Fig.2 に示すように打設後すぐに上面にラップをかけ、脱型時にははずすこととした。なお、計測は、3.1.1 の脱型時期が収縮量に与える影響の検討の結果のみ脱型前からの収縮量を対象とし、それ以外は、脱型後の収縮量を対象とした。

## 2.3 曝露試験

流動化処理土を大気中で使用するためには、長期での耐久性の可否を確認する必要がある。ここでは、繊維の有無、粘土含有量

Table 6 Mixing condition

Test specimen No.	Mixing ratio (clay:sand)	Clay suspension density (g/cm <sup>3</sup> )	Fiber volume fraction (%)	Cement content (kg/m <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Flow value (mm)
Test specimen for shrinkage test and exposure test						
No.1	10:0	1.32	0	50	1.378	277
No.2				100	1.428	245
No.3				200	1.524	195
No.4			1	50	1.379	250
No.5				100	1.427	240
No.6				200	1.540	190
No.7	7:3	1.40	0	50	1.450	312
No.8				100	1.509	277
No.9				200	1.542	220
No.10			1	50	1.462	270
No.11				100	1.515	250
No.12				200	1.555	210
No.13	5:5	1.43	0	50	1.526	412
No.14				100	1.570	302
No.15				200	1.667	257
No.16			1	50	1.527	395
No.17				100	1.581	289
No.18				200	1.675	249
No.19	3:7	1.53	0	50	1.656	327
No.20				100	1.693	292
No.21				200	1.699	235
No.22			1	50	1.655	320
No.23				100	1.684	286
No.24				200	1.699	230
Test specimen for the comparison by fiber volume fraction						
No.25	10:0	1.32	0	100	1.428	245
No.26			0.5		1.427	240
No.27			1		1.430	238
No.28			1.5		1.429	231

およびセメント添加量による効果を曝露試験によって検討した。曝露供試体の設置状況を Fig. 3 に示す。設置した環境は、周囲 20m に遮蔽する建物が無く供試体が吹きさらしになる場所として東海大学湘南校舎 H 棟屋上に設置して行った。曝露供試体の作製方法は、収縮試験で使用したものと同様の処理土を使用し、脱型時期を 2 日後とした。供試体の寸法は、配合および繊維混入の有無による比較用として 10cm×10cm×20cm、繊維の量による比較用として 10cm×10cm×10cm で作製し、供試体の曝露期間は、6 ヶ月とした。曝露供試体の観察は、目視検査とクラックスケールによるひび割れ幅の測定によって行った。目視検査は、ひび割れの程度と風化の程度の 2 種類の評価基準を定めて、各供試体の劣化状況を把握する方法で行った。ひび割れの評価基準を Table7 に示し、風化の評価基準を Table8 に示す。Table7 に示した評価基準の評価ランク A は、打設時の形状を維持し、まったくひび割れが発生していない状態、評価ランク B は、打設時の形状を維持しているが表面上に幅 0.2mm 未満の微細なひび割れおよび薄い剥離が発生している状態、評価ランク C は、打設時の形状を維持しているが表面から深さ 1cm の範囲で幅 0.2~0.6mm 未満のひび割れが発生している状態、評価ランク D は、打設時の形状を維持できなくなり供試体の中央までおよぶ大きなひび割れ(幅 0.6mm 以上)が発生している状態、ランク E は、供試体全体が浸食して打設時の形状を維持できなくなっている状態を意味している。Table8 に示した評価基準の評価ランク I は、風化現象が全く発生していない状態、評価ランク II は、表面上に風化現象からくる凸凹が全体にできていない状態、評価ランク III は、風化が進んで内部まで進行している状態である。評価ランク記号は、左にひびわれ、右に風化の評価ランクを示し、例として、A-I であれば、ひび割れが無く風化現象も確認

Table 7 Evaluation criterion of the crack

Degradation rank	Condition of the test specimen		
	Shape	Degree of the crack	Crack width
A		No cracks	—
B	Original shape reserved	Minute crack on the surface and thin delamination	Less than 0.2mm
C		Within 1cm from the surface	0.2mm~0.6mm
D	Original shape not reserved	Large cracks reach to the center of the specimen	More than 0.6mm
E		Broken a point	

Table 8 Evaluation criterion of surface weathering

Rank of the weathering	Degree of the weathering
I	Unaffected
II	Slightly affected
III	Severely affected

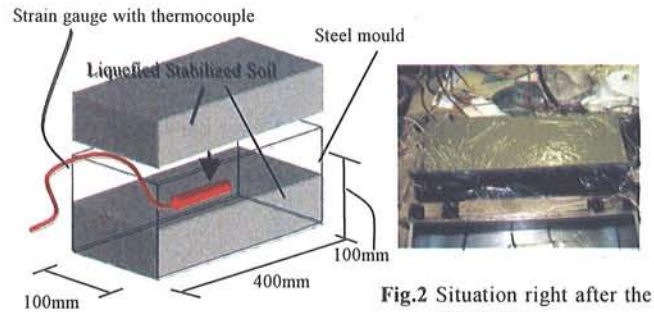


Fig.1 Schematic diagram of shrinkage test.

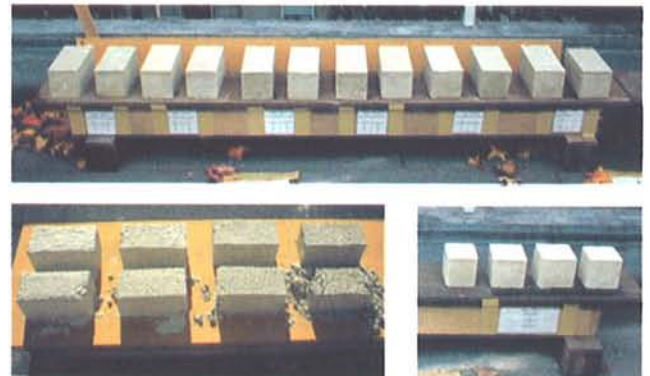


Fig.3 Exposure test

できない状態を意味している。

なお、評価ランク A-I および評価ランク B-I に入ったものは、形状の維持と人の荷重 (0.1N/mm<sup>2</sup>) 程度では破壊されない程度の強度を持ち、さらに風化現象が確認できないことから大気中で適用可能であるとみなし、ひび割れ評価ランク C、D、E と風化の評価ランク II、III となったものに関しては、供試体を持ち上げられないほどの劣化および表面上が風雨の影響を受けて、激しく風化していることからその先の耐久性が見込めないとみなした。

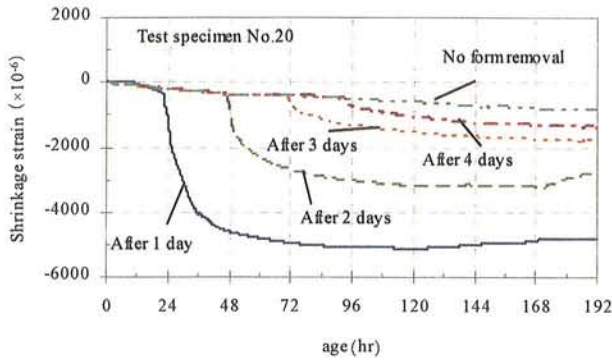


Fig.4 Shrinkage strain-age relation (Form removal time)

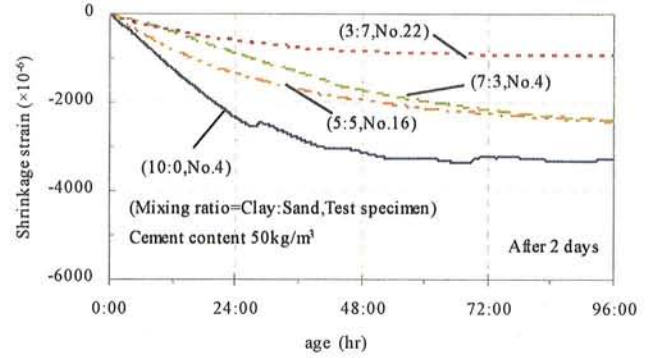


Fig.6 Shrinkage strain-age relation (Mixing ratio, With Fiber)

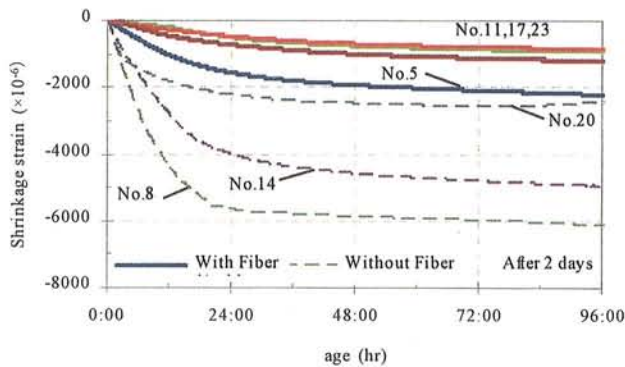


Fig.5 Shrinkage strain-age relation (With Fiber and Without Fiber)

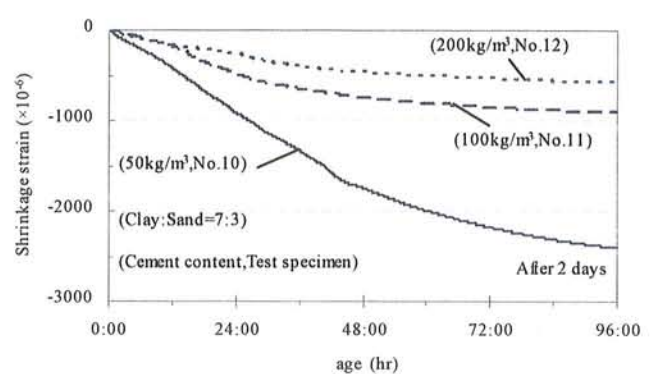


Fig.7 Shrinkage strain-age relation (Cement content, With fiber)

## 2.4 一軸圧縮試験

繊維の混入が一軸圧縮強さに与える影響について検討するため、一軸圧縮試験を行った。試験方法は、地盤工学会基準の JIS A 1216 の方法に準じて行った。養生方法は、気中養生とし、圧縮試験用型枠は、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$  の鋼製型枠を使用した。材合は、7、14、21 および 28 日で測定を行なった。

## 3. 結果および考察

### 3.1 収縮試験

#### 3.1.1 型枠の脱型時期が収縮量に及ぼす影響

大気中で使用する場合、型枠を用いることから、脱型時期が収縮量に及ぼす影響について検討した。Fig.4 に、配合比 3:7 のセメント添加量  $100\text{kg/m}^3$  における供試体 (No. 20) の脱型時期別収縮量と経過時間の収縮試験結果を示す。Fig.4 より脱型時期を 1 日延ばすことにより打設後 120hr における各収縮量は、前日脱型の約半分に減少し、脱型せずに密封したままの供試体は、1 日で脱型したものに対して約 1/5 に減少する結果となった。以上のことより、曝露環境で脱型を行う場合、脱型時期を最低でも 4 日以降とすることで脱型による収縮量の影響を低減できることが分かった。

#### 3.1.2 繊維の混入が収縮量に及ぼす影響

Fig.5 に繊維混入の有無による収縮量の比較を行うため、ひび割れが無く収縮量が最も大きい結果となった配合比 7:3、セメント添加量  $100\text{kg/m}^3$  における収縮試験結果を示す。Fig.5 より、脱型時期が 2 日後の脱型後 96hr における繊維を混入しない

場合の最大収縮量は、約  $6000 \times 10^{-6}$  となったのに対し、それに対応した配合の繊維を混入した場合は、 $1000 \times 10^{-6}$  となり約 1/6 の収縮量となった。すなわち、配合によって多少変動があるものの繊維の混入は、繊維を混入しない場合に比べて約半分以下に収縮量を低減させる効果があることが分かった。

#### 3.1.3 粘土含有量が収縮量に及ぼす影響

繊維を混入した場合の粘土含有量ごによる収縮量を比較するため、Fig.6 にセメント添加量  $50\text{kg/m}^3$  における収縮試験結果を示す。Fig.6 より脱型時期が 2 日後の脱型後 96hr における配合比 3:7 (粘土含有量 30%) の収縮量は、約  $1000 \times 10^{-6}$  となり、配合比 10:0 (粘土含有量 100%) の約 1/3 の収縮量となった。これは、粘土含有量が多いほど、流動化する際の加水量が多く必要となることが一因と考えられる。すなわち、粘土含有量の面で収縮量を低減するためには、粘土含有量を約 30% 程度とすると良い事が分かった。

#### 3.1.4 セメント添加量が収縮量に及ぼす影響

繊維を混入したセメント添加量ごによる収縮量を比較するため、Fig.7 に配合比 7:3 のセメント添加量ごにおける収縮試験結果を示す。Fig.7 より脱型時期が 2 日後の脱型後 96hr における収縮量は、セメント添加量  $50\text{kg/m}^3$  が約  $2500 \times 10^{-6}$  であるのに対し、セメント添加量  $200\text{kg/m}^3$  で  $500 \times 10^{-6}$  で約 1/6 の収縮量となった。これは、セメント添加量が多いほど、セメントが固化に必要な水量が多くなることが一因と考えられる。すなわち、セメント添加量の面で収縮量を低減させるためには、セメント添加量  $200\text{kg/m}^3$  程度とすると良いことが分かった。



Fiber mix	Without Fiber	With Fiber
Crack Rank	E	B
Photos after 6 months exposure		

Fig.8 Exposure result after 6 months (Cement content 50kg/m<sup>3</sup>, Mixing ratio 10:0)





Clay content	Test specimen	Evaluation Rank		Photos after 6 months exposure(With Fiber)
		Crack	Weathering	
100%	No.6	A	III	
70%	No.12	A	II	
50%	No.18	A	I	
30%	No.24	A	I	

Fig.9 Exposure result after 6 months (Cement dosage 200kg/m<sup>3</sup>)

### 3.2 曝露試験（曝露後 6 ヶ月における試験結果）

#### 3.2.1 繊維の混入が耐久性に及ぼす影響

繊維混入の有無による 6 ヶ月の耐久性について評価するため、Fig.8 に最も劣化の激しい配合比 10:0、セメント添加量 50kg/m<sup>3</sup> の 6 ヶ月の曝露試験結果を示す。Fig.8 より、繊維を混入しない供試体では、評価ランク E となり、現象としては触れると粉々になる状態であったのに対し、繊維を混入すると評価ランク E のような配合においても形状を保ち続けていることが確認できた。すなわち、繊維の混入は、形状維持の面で大きな効果を期待できることがわかった。

#### 3.2.2 粘土含有量が耐久性に及ぼす影響

粘土含有量ごとの耐久性を評価するため、Fig.9 に劣化の判別がしやすいセメント添加量 200kg/m<sup>3</sup> における繊維を混入した粘土含有量ごとの曝露試験結果を示す。Fig.9 より、セメント添加量 200kg/m<sup>3</sup> において、ひび割れの評価ランクはすべて A となるが、風化の評価ランクは、粘土含有量 100% の供試体で評価ランク III、70% の供試体で評価ランク II となり表面上の風化が確認された。しかし、50% と 30% の供試体では、評価ランク I となり、風化の現象はほとんど確認されなかった。すなわち、風雨による風化現象を抑制するためには、50% 以下の粘土含有量を有した処理土が最もよいことが分かった。

#### 3.2.3 セメント添加量が耐久性に及ぼす影響

セメント添加量ごとの耐久性を評価するため、Fig.10 に劣化の判別がしやすい配合比 7:3 における繊維を混入したセメント添加量ごとの曝露試験結果を示す。Fig.10 より、配合比 7:3 に




Cement content (kg/m <sup>3</sup> )	Test specimen	Evaluation Rank		Photos after 6 months exposure(With Fiber)
		Crack	Weathering	
50	No.10	B	III	
100	No.11	A	I	
200	No.12	A	I	

Fig.10 Exposure result after 6 months (Mixing ratio 7:3)





Fiber volume fraction	Test specimen	Evaluation Rank		Photos after 6 months exposure
		Crack	Weathering	
0%	No.25	E	III	
0.5%	No.26	A	II	
1%	No.27	A	I	
1.5%	No.28	A	I	

Fig.11 Exposure result after 6 months (Cement content 100kg/m<sup>3</sup>)

において、セメント添加量 50kg/m<sup>3</sup> の供試体の評価ランクは、B-III となり、微細なひび割れに加えて表面の風化が激しい結果となったのに対し、セメント添加量 100kg/m<sup>3</sup> および 200kg/m<sup>3</sup> の供試体は、共に評価ランク A-I となり、ひび割れと風化現象が現れない結果となった。すなわち、セメント添加量によってひび割れおよび風化を抑制するにはセメント添加量 100kg/m<sup>3</sup> 以上必要であることが分かった。

#### 3.2.4 繊維混入率が耐久性に及ぼす影響

繊維の混入量による耐久性の評価を行うため、Fig.11 に最もひび割れの激しい配合比 10:0、セメント添加量 100kg/m<sup>3</sup> における繊維混入率ごと曝露試験結果を示す。Fig.11 より繊維混入率 0.5% は、評価ランク A-II となり現象としては、風雨にさらされて表面に多少の風化現象が見られたのに対し、繊維混入率 1.0% と 1.5% では、評価ランク A-I となり、ひび割れおよび風化の発生は確認されなかった。すなわち、繊維混入量によってひび割れおよび風化現象を抑制するには、繊維混入率 1.0% 程度混入されている必要があることが分かった。

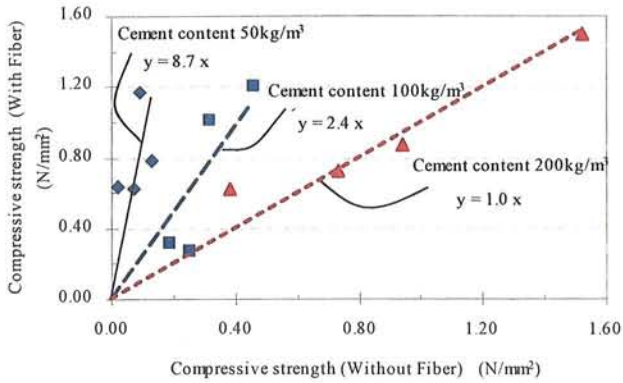


Fig.12 Comparison of the effect of adding vinylon fiber on c.strength for different cement content

### 3.3 一軸圧縮試験

#### 3.3.1 繊維混入の有無が一軸圧縮強さに及ぼす影響

材令 14 日における一軸圧縮強さの試験結果を整理し、繊維混入の有無が一軸圧縮強さに及ぼす影響を検討した。Fig. 12 に繊維の混入有りと無しにおける一軸圧縮強さの相関性を示す。Fig. 12 より、繊維の混入の有無による相関性は、セメント添加量ごとにおおむね認められた。繊維を混入すると繊維を混入しない場合に比べてセメント添加量 50kg/m³ は、約 8.7 倍、セメント添加量 100kg/m³ では、約 2.4 倍、200kg/m³ では、約 1.0 倍となった。すなわち、一軸圧縮強さの面において、セメント添加量が少ないほど繊維の効果が大きくなることが分かった。

## 4. まとめ

本研究では、流動化処理土の大気中へ適用可能にするための条件を明らかにするため、配合試験、収縮試験、曝露試験、一軸圧縮試験の試験を行った。

以下に試験結果から得られた知見を示す。

- (1) 曝露環境で脱型を行う場合、脱型時期を最低でも 4 日以降とすることで脱型による収縮量の影響を低減できることが確認できた。
- (2) ビニロン繊維を混入することにより、大気中における流動化処理土の収縮量とひび割れの低減が可能であり、繊維の有用性が確認できた。

- (3) 大気中で使用する流動化処理土は、粘土含有量 50%以下とする必要がある。
- (4) 大気中で使用する流動化処理土は、セメント添加量 200kg/m³ 以上添加する必要がある。
- (5) 大気中で使用する流動化処理土は、繊維を 1.0%程度混入する必要がある。
- (6) 繊維を混入した流動化処理土の一軸圧縮強さは、セメント添加量が少ないほど繊維の効果が大きくなる。

今後は、工作物に適用するために、繊維の種類による耐久性や混入による品質管理方法の立案および流動化処理土ブロックの築造方法について検討していく予定である。

### 参考文献

- 1) 久野悟郎：土の流動化処理工法—建設発生土・泥土の再生利用技術，技術堂出版，1997.5
- 2) 建設省土木研究所：流動化処理土の利用技術マニュアル，技報堂出版，1997.12
- 3) 三木博史，森範行：土の流動化処理工法の各種用途への利用技術，土木技術資料 pp.32～37，1995
- 4) 久野悟郎・三木博史・森範行・岩淵常太郎：特集：地盤改良工法～流動化処理土の利用技術の開発～，土木技術，49 巻 8 号，pp.80～87
- 5) 原田暁，新村亮：新機能・高性能に挑戦するコンクリート～高靱性コンクリート，コンクリート工学～，pp.59～61，1998.1
- 6) 大西俊次：新素材・材料集成，技術資料センター，1986.1
- 7) みぞ辺昭雄：セメントコンクリート用ビニロン，高分子加工，pp.37～42，1986.1
- 8) 久野悟郎ほか：流動化処理土の配合設計の簡略化に関する考察，第 37 回地盤工学研究発表会，pp.863～864，2002.7
- 9) 清水英樹：流動化処理土の性能に影響するいくつかの要因，第 37 回地盤工学研究発表会，pp.867～868，2002.7
- 10) 中村敦・青木一二三・村田修・木幡行宏・矢崎澄雄：掘削発生土を利用した流動化処理土の配合試験，第 33 回地盤工学研究発表会講演集，pp.2289～2290，1998.
- 11) 久野悟郎・石崎仁・吉原正博・面高安志：流動化処理土の充填性について：第 28 回土質工学研究発表会，p.p.63～64，1993.6