線状高分子混合による土質系遮水材料の靭性向上効果
（その２）三軸圧縮強度試験とその数値解析

東洋建設㈱　正会員 ○平田 昌史　小竹　望
大阪府立産業技術総合研究所　正会員　赤井 智幸
太陽工業㈱　正会員　山本 正人　石川 雅英
京都大学　正会員　嘉門 雅史

1．はじめに

本研究では，廃棄物処分場に用いる変形追随性を有した土質系遮水材料の開発を目的として，線状高分子（PVA 繊維）を混合した固化処理土に対する各種要素試験を実施し，その材料特性や靭性向上効果について検討している．ここでは，この線状高分子混合固化処理土に対して実施した圧密非排水三軸圧縮試験と，その変形予測に用いる FEM 解析でのモデル化について述べる．

2．圧密非排水三軸圧縮試験

線状高分子混合固化処理土に対して，圧密非排水三軸圧縮試験（$\overline{CU}$）を実施した．用いた試料は，含水比調整した東京湾の沖積粘性土に固化材と PVA 繊維を混合した材齢 28 日における供試体であり，一軸圧縮試験，透水試験に用いたもの[1)]と同じである．実施した三軸圧縮試験のケースを**表-1** に示す．各ケースの圧密応力は p'=49.1，98.1，196.2kPa である．

図-1 は，含水比 w=180%，セメント添加量 C=70kg/m^3 で配合した固化処理土に，繊維 A（長さ L=12mm，径 φ=100μm）を混合した場合の繊維量 v=0.0%，0.5%，1.0%，2.0%（体積比）の違いを比較した図である．代表値として，圧密応力は p'=98.1kPa のみ図示している．

表-1　三軸圧縮試験実施ケース一覧

	含水比 w (%)	セメント量 C (kg/m^3)	繊維量 v (%)	繊維タイプ
1	135	50	-	-
2	180	70	-	-
3	180	70	0.5	A (L=12mm, φ=100μm)
4	180	70	1.0	A (L=12mm, φ=100μm)
5	180	70	1.5	A (L=12mm, φ=100μm)
6	180	70	1.0	B (L=24mm, φ=100μm)
7	180	70	1.0	C (L=12mm, φ=400μm)
8	180	70	1.0	D (L=24mm, φ=400μm)

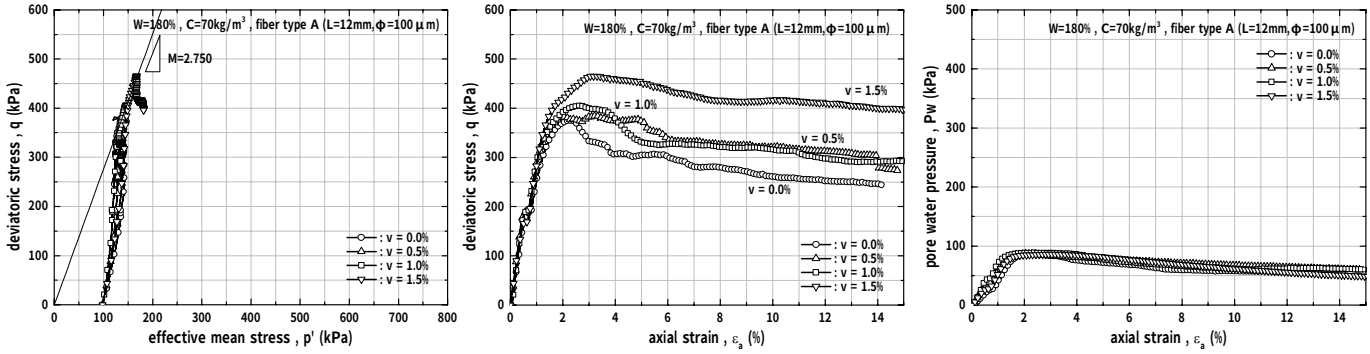

図-1　三軸圧縮試験結果の比較（繊維量毎，圧密応力 p'=98.1kPa）

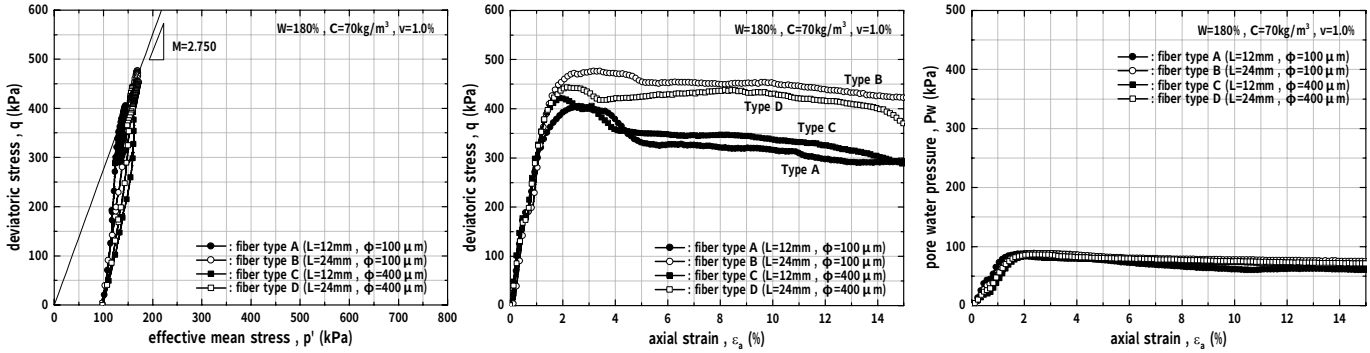

図-2　三軸圧縮試験結果の比較（繊維タイプ毎，圧密応力 p'=98.1kPa）

キーワード　土質系遮水材料，線状高分子混合固化処理土，三軸圧縮試験，上負荷面，有限要素法
連絡先　〒101-8463 東京都千代田区神田錦町 3-7-1　東洋建設㈱技術本部技術部 Tel 03-3296-4623　Fax 03-3296-4633

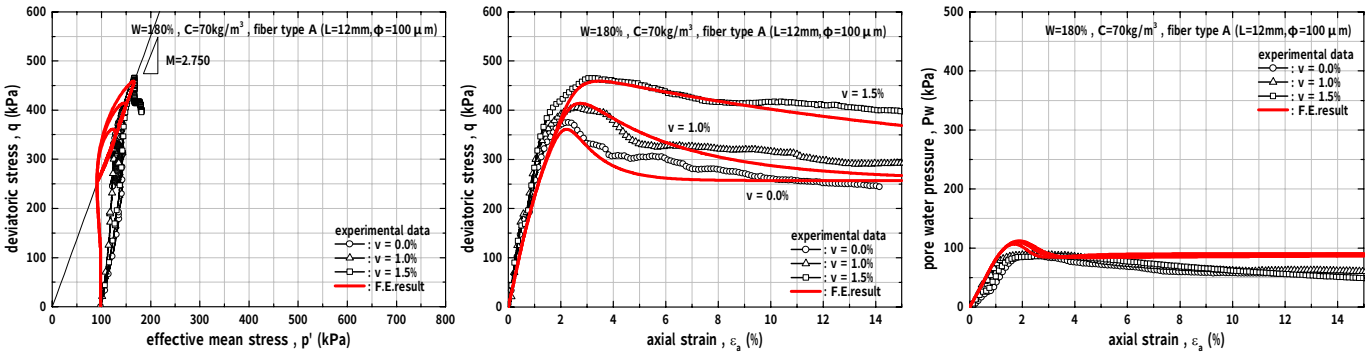

図-3　試験結果と解析結果の比較（繊維量毎，圧密応力 p'=98.1kPa）

有効応力経路から求められる限界応力比は，繊維量に関係なく M=2.75 と求められる．また，間隙水圧にはほとんど差が見られない．一方，偏差応力～軸ひずみ関係からは，繊維の混入量が増えることにより偏差応力のピーク値および靭性が増す傾向がわかり，一軸圧縮試験と同じ結果となった．

表-2　材料パラメーター一覧

限界応力比	M	2.750		
ダイレイタンシー係数	D	0.0334		
圧縮指数	λ	0.466		
非可逆比	Λ	0.916		
有効ポアソン比	ν'	0.250		
先行時の初期間隙比	e_0	3.650		
見かけの先行圧密圧力	σ_{vi}'	550 (kPa)		
下負荷面パラメーター	m	5.00		
上負荷面パラメーター	m^*	v=0.0%	v=1.0%	v=2.0%
		2.00	0.50	0.10
上負荷面に対する正規降伏曲面の初期相似比	R^*_{ini}	0.65		

図-2 は，含水比 w=180%，セメント添加量 C=70kg/m^3，繊維量 v=1.0%における繊維寸法（長さ，径）の違う 4 種類を比較した図である．限界応力比は繊維寸法に関係なく M=2.75 であり，間隙水圧にもほとんど差が見られない．偏差応力～軸ひずみ関係は，繊維が長いほどあるいは径が細いほど，偏差応力のピーク値および靭性が増すという一軸圧縮試験結果と同じ傾向が得られた．

3．FEM 解析におけるモデル化

固化処理土に対しては，上負荷面[2)]を考慮した関口･太田の弾塑性構成モデルを用いた FEM 解析が過去に実施されており[3)]，固化処理土のセメンテーション構造を上負荷面で表現可能であることが確認されている．ここでは繊維混合による効果を，固化処理土のセメンテーション構造の劣化速度を低減するものと仮定し，**図-1** に示した三軸圧縮試験の FEM 解析を実施した．用いた材料パラメータを**表-2** に示す．解析では，繊維量の違いを上負荷面パラメータ m^*のみに反映させている．

図-3 は，解析結果と試験結果の比較である．上負荷面パラメータを減少させることで，繊維混入量の増加に伴い偏差応力のピーク値および靭性が増す傾向がシミュレートできている．このことから，上負荷面を用いて線状高分子混合固化処理土をモデル化することが十分可能であることがわかった．

4．まとめ

本論では，線状高分子を混合した固化処理土に対して圧密非排水三軸圧縮試験を実施し，繊維による効果を要素レベルで検討した．また，この三軸圧縮試験に対して FEM 解析を実施し，線状高分子混合固化処理土のモデル化について検討した．その結果，以下のことが認められた．1) 三軸圧縮試験の結果より，繊維混合量を増やすことにより，偏差応力のピーク値および靭性が増す傾向が得られた．なお今回の試験では，固化処理土の水/セメント比が一定の場合，繊維量・繊維寸法に依らず限界応力比 M はほぼ一定の値が得られている．2) FEM 解析の結果より，繊維混合による効果をセメンテーション構造の劣化速度を低減するものとし，上負荷面パラメータに反映させることで，線状高分子混合固化処理土をモデル化することが可能であることがわかった．これによって，今後の実断面における変形予測にも十分対応可能であるといえる．

参考文献

1) 小竹ら: 線状高分子混合による土質系遮水材料の靭性向上効果（その１）強度変形特性と透水性，第 60 回土木学会年次学術講演会第 3 部，投稿中, 2005.　2) Asaoka,A., Nakano,M. and Noda,T. : Superloading Yield Surface Concept for Highly Structured Soil Behavior, Soil and Foundation, Vol.40, No.2, pp.99-110, 2000.4.　3) 和田ら: 上負荷面を用いた固化処理土の FEM 解析，第 59 回土木学会年次学術講演会第 3 部, pp.1013-1014, 2004.