

第 24 回
日本緑化工学会研究発表会
研究発表要旨集

日 時 1993年5月18日(火)

場 所 東 京 農 業 大 学

東京都世田谷区桜丘1-1-1

日本緑化工学会

27. 有機質系厚層基材吹付工に対する連続長繊維の補強効果 (Ⅲ)

—根系の引張り強さについて—

○中野裕司・高橋 徳・星 清夫 (ライト工業㈱)

1. はじめに

有機質系厚層基材吹付工により造成された植物生育基盤に対する連続長繊維の補強効果については、先に大型一面せん断試験及び各種原位置試験を実施し報告している。大型一面せん断試験の結果によると、連続長繊維の補強効果は生育基盤中に含まれる植物繊維との摩擦抵抗による内部摩擦角(ϕ)の改善に現れた。原位置試験は、小型貫入試験、ペーン式根系せん断試験及びプレート引抜試験を実施した。小型貫入試験、ペーン式根系強度では連続長繊維の混入量が増すに従い生育基盤の拘束力が増加することが確認できた。また、プレート引抜試験では連続長繊維が生育基盤を密に拘束・緊縛するために、押出変位に対する最大抵抗は変位初期の1cmで現れ、連続長繊維混入量0.1%では4000kgf/m² (t=10cm) という値を得た。埋設金網(ラス)を緑化基礎工とする場合、この値に達するのは変位量が5cmに達してからであり、地山のわずかな変位(地山からの押し出し)に対しては連続長繊維による生育基盤の補強・緊縛が効果的であることが確認できた。以上、いずれの試験においても連続長繊維による生育基盤の補強効果を確認でき、“ノンラス”化への裏付けを得ることができた。

これらの試験は、連続長繊維による“疑似根系”としての生育基盤の補強・緊縛効果の確認であるが、実際の現場は植生により被覆されるものであり、連続長繊維と植物根系との相乗作用による補強効果の増大が期待できる。今回は、この点について引抜試験により確認したので報告する。

2. 連続長繊維混入(補強)生育基盤の造成方法

連続長繊維混入(補強)生育基盤は、ロービングショット工法により造成した。この工法は、有機質厚層基材(商品名:キヤトルマン)をモルタル吹付機により吹付けて生育基盤を造成するものである。連続長繊維混入量は、基盤重駄に対し0.1%混入した。

表-1 吹付材料

(1m ² 当り)			
材 料 名	単 位	数 量	
生育基盤材	キヤトルマン 1号	ℓ	1,000
	キヤトルマン 2号	ℓ	1,000
高度化成肥料	15:15:15	kg	6
接合剤	高分子系	kg	4
※連続長繊維	200D/40F	kg	1

※単繊維5D(糸径28ミクロン)のものを40本合わせた200Dのものを生育基盤材の重量(0.5kg/ℓ)に対して所要量を混入する。

表-2 連続長繊維(シロロフ)の品質

材 質	ポリプロピレン100%
銘 柄	三菱バイレンマルチフィラメント糸
品 種	200D/40F
織 度	200D±12D
破 断 強 度	6.4g/D以上
破 断 伸 度	35%±12%
糸 径	φ0.179mm(179ミクロン)

(注) 織度(デニール:D)とは、9,000m当りの糸の重量を表す単位で、200Dとは、9,000m当り200gの連続長繊維をいう。

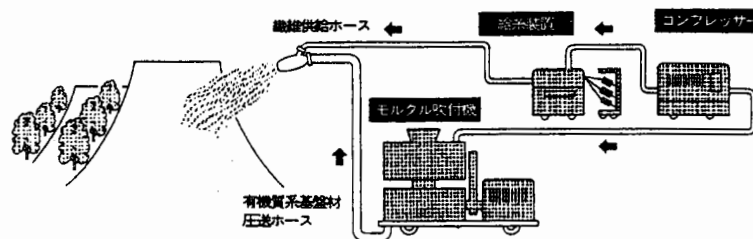


図-1 吹付フロー

吹付材料の配合、連続長繊維(商品名:ｼﾞﾛｰﾌ)の品質及び吹付フローを表-1、2、図-1に示す。

3. 試験区の概要

引抜試験は、宮崎市内及び三重県志摩郡内の施工現場で実施した。試験区の概要など表-3に示す。

表-3 試験区の概要

試験区		宮崎	志摩
施工年月		平成3年11月	平成3年9月
試験年月		平成5年3月 (14ヶ月後)	平成5年4月 (17ヶ月後)
立地条件	勾配	1:0.8	1:1.5
	向き	南	南
	地質	ｼﾗｽ・硬質土	砂岩・軟岩
	吹付厚	5cm	4cm
植生状況	優占種	ﾄｰﾙﾌﾞｽｸ	ﾄｰﾙﾌﾞｽｸ
	草丈	23~65cm	14~23cm
	密度	11株/㎡	---
	含水率	170%	56%

注)密度は、大株のみの値である。



写真-1 試験状況

4. 試験方法

事前に生育基盤を掘取り、根系の伸長状態の確認を行ったところ、草本類の牧草と木本類のハギ類では根系の分布状態が異なった。すなわち、ハギ類の根系は造成された生育基盤内の根系分布は少なく、軟質な地山では地山への侵入が認められ、硬質な地山では生育基盤と地山との境界部分に伸長し、割れ目に侵入する傾向が認められた。これに対して、牧草の根系は生育基盤表層に密なマット状に細根を張り巡らす傾向が認められた。連続長繊維は生育基盤中に混入され補強・緊縛を行うものであり、連続長繊維と根系との絡合いによる補強の相乗効果を確認するためには、牧草によることが適当と判断し、引抜試験は牧草に対し実施した。厳密にいうならば、引抜抵抗を生育基盤の補強・緊縛効果と同様に評価することは無理があるが、おおよその傾向を把握することができるものと考え実施した。試験方法は、牧草の根元をﾛｰﾌﾞで結束し、150kgの小型ﾌﾞﾛｯｸを用い、のり面に対し直角方向に引抜きを行なった。引抜速度は5.0mm/secの一定速度とした。引抜抵抗は、牧草とﾌﾞﾛｯｸとの間に荷重計(ﾛｰﾄﾞｾﾙ)を取付け歪測定器により最大荷重を求めた。試験状況を写真-1に示す。

5. 試験結果および考察

5. 1 宮崎試験区

試験結果を表-4、図-2に示す。優占種はﾄｰﾙﾌﾞｽｸ(TF:K31F)であり、ｵｰﾌﾞｰﾄﾞｸﾞﾗｽ(OG)が混生する植生状態である。埋設金網を緑化基礎工とする箇所(以下対照区という)は根系が塊状に引抜け、連続長繊維混入箇所(以下連続長繊維区という)は地際の根系と茎の接点部分より切断され、引きちぎれる傾向が認められた。

生草重量と引抜強度との関係は、生草重量が増すにつれ引抜強度も増すが、対照区に比較し連続長繊維区の引抜強度は高い値を示した。連続長繊維区は、地際で切断した場合の値であり、実際の補強・緊縛力はこれよりも更に高いものと推定できる。1株当たりの引

抜強度を単純平均で比較すると、対照区は57kg/株、連続長繊維区は94kg/株以上となり、1.6倍以上の引抜強度となる。生草重量1kg当たりの引抜強度は、対照区では0.9kg、連続長繊維区では1.3kg以上となり1.4倍以上の引抜強度となる。引抜かれた根系の状態より推定すると、根系による緊縛範囲はφ30~40cmと考えられる。これは、ほぼ生育密度の11株/m²と等しい。1株当たりの平均引抜強度より1m²当たりに換算すると、対照区が627kg/m²、連続長繊維区は1,034kg/m²以上となる。

5. 2 志摩試験区

試験結果を表-5、図-3、4に示す。この試験区は勾配が緩いため緑化基礎工を省き、地山に直接有機質系厚層基材を吹付け造成した箇所を対照区として比較した。優占種はトノヅク(TF:K31F)である。生草重量と引抜強度との関係は、生草重量が増すにつれ引抜強度も増すが、対照区より連続長繊維区の引抜強度は高い値となり、宮崎試験区と同様な傾向を示した。連続長繊維区は地際で切断した場合の値であり、実際の補強・緊縛力はこれよりも更に高いものと推定できる。1株当たりの引抜強度を単純平均で比較すると、対照区は44kg/株、連続長繊維区は92kg/株以上となり、2.1倍以上の引抜強度となる。生草重量1kg当たりの引抜強度は、対照区では1.5kg、連続長繊維区では2.6kg以上となり1.7倍以上の引抜強度となる。宮崎試験区よりも志摩試験区が連続長繊維区の引抜強度増加倍率が高まるのは、緑化基礎工として用いる埋設金網(ラス)の有無及び生育基盤の含水率の差が現れたものと推定できる。株を構成する1本(茎)当たりの引抜荷重は、対照区は2.2kg/本、連続長繊維区は2.8kg/本となり1.3倍以上の引抜強度となった。

表-4 試験結果(宮崎)

	NO	種名	(A)	(B)	B/A	草丈 (cm)	根株径 (cm)
			生草重量 (g/株)	荷重 (kgf/株)			
連続長繊維区	1	OG	48	57	1,181	-	A φ = -
	2	OG	54	68	1,255	43	A φ = 6
	3	OG	54	54	1,015	51	A φ = 13
	4	OG	64	68	1,067	65	A φ = 6
	5	OG	65	100	1,557	43	A φ = 8
	6	OG	70	68	970	58	A φ = 6
	7	OG	134	107	800	56	A φ = 11
	8	K31F	16	83	5,234	-	A φ = -
	9	K31F	24	92	3,782	-	A φ = -
	10	K31F	34	90	2,636	-	A φ = -
	11	K31F	46	93	2,046	-	A φ = -
	12	K31F	72	118	1,634	-	A φ = -
	13	K31F	104	126	1,212	43	A φ = 14
	14	K31F	113	105	929	42	A φ = 12
	15	K31F	125	144	1,152	48	A φ = 19
	16	K31F	125	133	1,068	60	A φ = 33
平均		72	94	1,314	51		
対照区	1	OG	18	20	1,088	-	B φ = -
	2	OG	55	47	866	34	B φ = 19
	3	OG	67	52	772	57	B φ = 13
	4	OG	135	100	739	41	B φ = 36
	5	K31F	9	33	3,648	25	A φ = 9
	6	K31F	22	48	2,221	35	B φ = 13
	7	K31F	29	50	1,744	23	B φ = 19
	8	K31F	38	32	841	28	B φ = 25
	9	K31F	40	45	1,112	27	B φ = 16
	10	K31F	47	53	1,117	-	B φ = -
	11	K31F	63	42	666	27	B φ = 8
	12	K31F	67	57	852	-	B φ = -
	13	K31F	68	60	886	35	B φ = 19
	14	K31F	92	76	830	32	B φ = 35
	15	K31F	103	50	484	33	B φ = 16
	16	K31F	205	155	755	42	B φ = 33
平均		66	58	869	34		

注) A:地上部で切断、B:引抜け

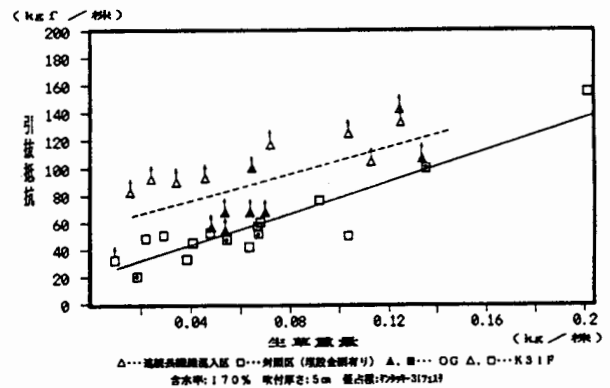


図-2 生草重量と引抜抵抗の関係(宮崎)

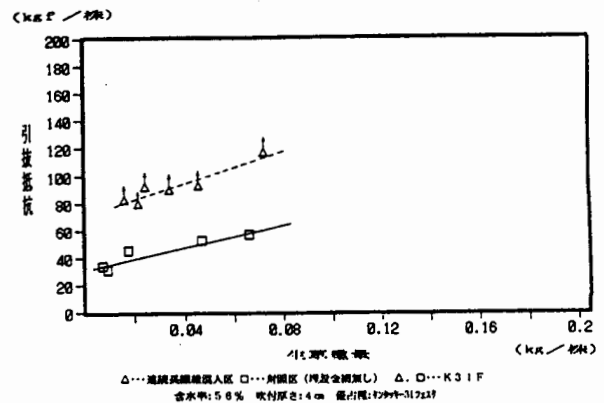


図-3 生草重量と引抜抵抗の関係(志摩)

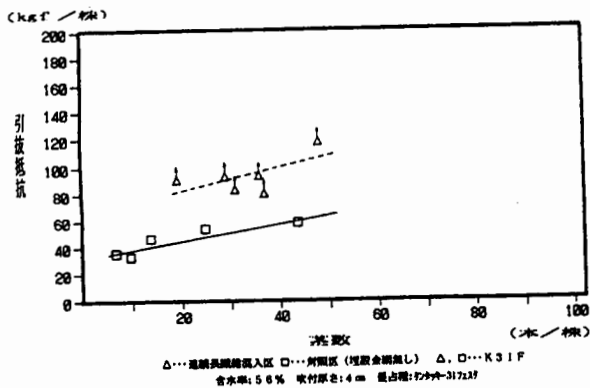


図-4 茎数と引抜抵抗の関係(志摩)

以上により、連続長繊維と根系の絡合いにより、より一層引抜強度が高まることが確認できた。

植物根系によるのり面保護効果は、水平根による表層生育基盤(風化土層)の緊縛・補強効果と斜出根(垂直根)の抗効果による地山と生育基盤の緊結・滑落防止が考えられる。生育基盤へ連続長繊維を混入することは、“疑似水平根”を生育基盤造成当初より張り巡らせることと考えることができる。この“疑似水平根”に牧草の生育による根系が絡合い、その相乗効果により土壌緊縛力が一層高まり、基盤の保持・維持効果が高まるものといえる。また、牧草が株状になると、株間の中央部が根系の少ない最も弱い部分となる。“疑似水平根”である連続長繊維の存在は、この弱い部分を補強する点においても効果的と考えられる。

6. おわりに

“疑似水平根”としての連続長繊維と植物根系との絡合いによる相乗的補強効果の増大について引抜試験により確認した。試験は生育基盤中に分散する連続長繊維と根系との絡合いを考慮し、表層部へ根系を発達させる牧草に対して実施した。引抜試験では、埋設金網(ラス)を緑化基礎工とした場合や緑化基礎工を併用しない場合は、根系ごと塊状に引抜けるのに対して、連続長繊維を混入した生育基盤では、根元・地際より切断され引きちぎれる現象が認められた。引抜抵抗は切断時に最大荷重が認められ、かつ根系ごと引抜ける場合よりも大きな値を示すことより、実際の引抜強度は更にこれを上回るものと推定できる。

牧草の根系は、地山の緊迫力が劣りのり面保護効果は劣るものとされてきた。しかし、連続長繊維による“疑似水平根”と牧草根系の相乗的補強効果によりのり面の面的補強効果を高めることが確認でき、これにより、生育基盤の保持・維持の向上が期待できる。また、木本類の深い根系による抗効果と連続長繊維・牧草根系による面的補強効果の組み合わせを行うならば、更に優れたのり面保護効果を期待できるものと考えている。

現時点では、生理・生態的性質の異なる木本類と牧草を共存させることは困難である。施工時期や種子配合により、立地条件に適したどちらかが優占種となり、他を被圧してしまうことが多いからである。連続長繊維による生育基盤の補強を効果的に行なうためには、下草と木本類の混生が望ましい。今後は、下草の牧草を被圧することなく共存できる木本類の導入方法、密度管理手法の確立に努めたい。

(参考文献)

1. 中野裕司他 (1991) 有機質系厚層基材吹付工に対する連続長繊維の補強効果(I・II)
2. 東電環境インジニアリング(株)他 (1985) 切取法面跡地等裸地の植生復元に関する研究(II)

表-5 試験結果(志摩)

区	N O	種名	(A)	(B)	B/A	草丈 (cm)	根株径 (cm)	
			生草根重 (g/株)	根重 (kgf/株)			地上部で切断	引抜け
連続長 繊維 混入 区	1	K31F	16	83	5.234	14	A	-
	2	K31F	22	79	3.693		B	-
	3	K31F	24	92	3.782	23	A	-
	4	K31F	34	90	2.636	20	A	-
	5	K31F	46	93	2.046		A	-
	6	K31F	72	118	1.634	21	A	-
	平均		36	92	2.602	20		
対 照 区	1	K31F	7	34	4.616	-	A	-
	2	K31F	9	31	3.301	-	A	-
	3	K31F	18	45	2.506	18	A	-
	4	K31F	47	53	1.117	-	B	-
	5	K31F	66	57	0.852	-	B	-
	平均		30	44	1.477	18		

注) A:地上部で切断、B:引抜け