

## 지반보강재로서 타이어 트레드의 공학적 특성

## Engineering Properties of Tire Treads for Soil Reinforcement

윤여원<sup>†</sup> · 조성수<sup>1)</sup> · 김근수<sup>2)</sup>

Yoon, Yeowon · Cho, Sungsoo · Kim, Keunsoo

**ABSTRACT :** In order to utilize treads of waste tire as reinforcement material it is necessary to know the interface friction angle between tread surfaces and soil and tensile strength of connection joint of tire treads. In this research large direct shear tests were performed to get the interface friction angle between the inner and outer surfaces of treads and soil for different degree of compaction. From the large direct shear tests, the ratio of interface friction angle to the shear friction angle of sand,  $\delta/\phi$ , were 1.06 in outside surface of tire tread and 0.93 in inside surface of tire tread. For weathered granite soil the ratio of interface friction angle was 0.98 and 0.92 for outside and inside of tread, respectively. Also tensile tests were performed using universal testing machine for the connection joint of treads and Tirecell units using bolts. The tensile strength of connection joint increased with the number of bolts and with the sizes of washers. Connection by polypropylene ropes showed lower strength than those of bolts.

**Keywords :** Waste tires, Interface friction angle, Large direct shear test, Tensile strength

**요 지 :** 폐타이어의 트레드를 지반보강재로서 활용하기 위해서는 타이어 외면 및 내면과 흙간의 내부마찰각 그리고 폐타이어 연결부의 강도특성을 알아야 한다. 본 연구에서는 폐타이어 트레드와 모래 및 풍화토간의 접촉면마찰각을 알기 위해 흙의 다짐정도를 달리하여 대형직접전단시험을 수행하였다. 직접전단시험 결과 모래-타이어 외면간의 마찰각비( $\delta/\phi$ )는 1.06배 이상, 모래-트레드 내면간의  $\delta/\phi$ 는 0.93배 이상, 풍화토의 마찰각비( $\delta/\phi$ )는 트레드 외면과 내면에 대하여 각각 0.98, 0.92로 나타났다. 또한 UTM을 이용하여 폐타이어 연결부의 재료에 따른 인장강도시험을 수행하였다. 시험 결과 고장력 볼트를 사용한 인장시험에서 볼트의 개수 및 와셔의 크기가 증가할수록 연결부에서의 인장강도는 증가하였으며 폴리프로필렌 로프 연결의 경우가 볼트연결의 경우보다 작은 강도를 나타내었다.

**주요어 :** 폐타이어, 접촉면마찰각, 대형직접전단시험, 인장강도

## 1. 서 론

매년 증가하고 있는 자동차용 폐타이어를 토목분야에 활용하기 위한 연구는 지난 수년간 다양한 방법으로 시도되어 왔다. 타이어를 원형 그대로 사용하기에는 타이어내부에 토사를 채워 다지는 데 어려움이 수반되며 타이어를 칩으로 분쇄하여 사용하게 되면 2차제품을 만들기에 유리한 반면 처리비용이 비싼 단점이 있다. 타이어를 칩으로 만들어 활용하기 위한 연구는 Foose 등(1996), Tatlisoz 등(1998)에 의하여 수행된 바 있다. 또한 자원재활용, 환경오염 감소 등의 목적으로 재활용 편의성 등을 최대한 고려하면서 원형 타이어의 가공 공정을 최소화 할 수 있는 형상으로 고안된 ‘트레드매트(Treadmat)’와 ‘타이어셀(Tirecell)’을 지반보강재로 활용하기 위한 방안으로 그 동안 여러 연구가 수행되었으며 상업용 지오그리드, 지오셀과의 비교 결과로부터 지반보강재로서의 활용가능성이 제시되었다

(Yoon 등, 2002, 2004, 2006; 윤여원 등, 2004, 2006).

폐타이어의 구조는 자동차용 타이어로서의 본래 기능 이외에 지반보강용으로 사용하기에 매우 적합한 구조를 가지고 있다. 즉, 보강재가 지녀야 할 인장저항력은 타이어 트레드 내부의 다수의 강선과 섬유가 그 역할을 수행하기에 충분하도록 되어 있으며, 금속재질인 강선이 지하수를 오염시키지 않도록 두꺼운 타이어 고무가 외부를 매우 단단하게 감싸고 있기 때문에 지하수의 중금속 오염 가능성 또한 상당히 낮은 것으로 나타났다(천성한, 2005), 내구성시험 결과 우수한 것으로 나타났다(정하의 등, 2006). 또한 지속적으로 증가하는 폐타이어 발생량으로 인해 경제적 부가가치가 높은 재활용 자원이 될 수 있으며, 특히 지반보강재로서의 재활용 가능성은 더욱 높다고 판단된다. 폐타이어를 지반보강재로 활용하기 위해서는 우선 폐타이어와 흙과의 마찰특성, 연결부의 강도특성 등을 평가해야 한다.

† 정희원, 인하대학교 환경토목공학부 교수(E-mail : yoonyw@inha.ac.kr)

1) 정희원, 인하대학교 토목공학과 석사과정

2) 정희원, 인하대학교 토목공학과 박사과정

본 연구에서는 모래와 풍화토 각각의 다짐도에 따른 타이어 트레드와의 접촉면 마찰각을 구하기 위하여 대형직접전단시험을 수행하였으며 타이어 트레드의 연결부 강도를 측정하기 위하여 연결부 재료를 변화시켜 UTM으로 트레드 연결부의 인장시험을 수행하였다.

## 2. 지반보강재로서의 트레드매트와 타이어셀

지반보강재로서 페타이어를 활용하기 위하여 지오그리드와 유사한 형태로 트레드매트, 그리고 지오셀과 유사한 타이어셀을 제작할 수 있다(그림 2). 타이어셀은 그림 1에서 나타낸 바와 같이 타이어의 측면(sidewalls)을 제거한 낮은 원통형의 타이어 중간부분을 오무려 볼트 혹은 로프 등의 연결재료를 이용하여 8자 형태로 만들고 8자 형태의 타이어셀 unit를 서로 연결하여 타이어셀을 만들게 된다(그림 2(a), (b)). 트레드 매트는 트레드를 절단하여 하나의 긴 띠로 만들고 이것을 다시 서로 엮어서 매트 형태로 제

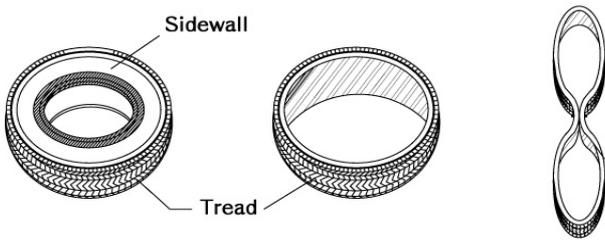


그림 1. Tirecell unit 제작과정

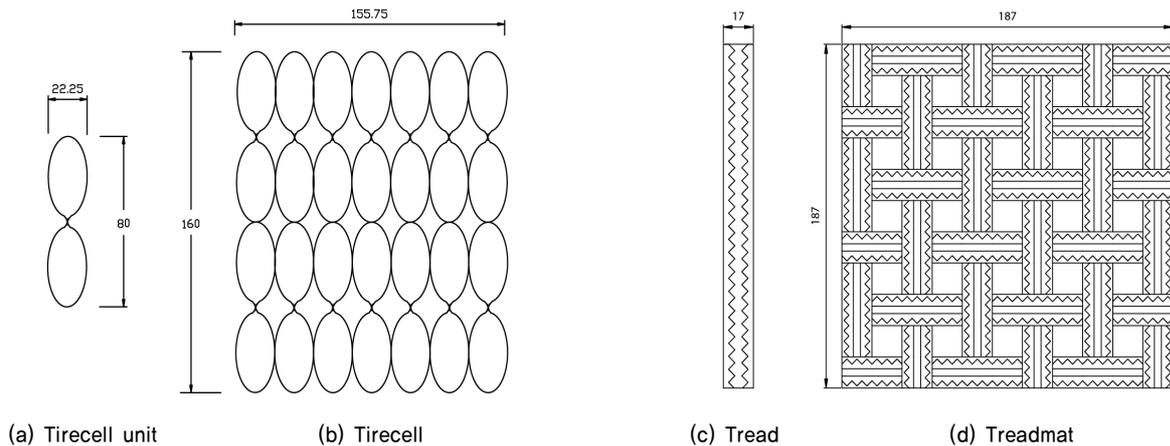


그림 2. Tirecell과 Treadmat의 형태(unit : cm)

표 1. 시료의 물리적 특성

Sample	$G_s$	$D_{10}$ (mm)	$D_{30}$ (mm)	$D_{60}$ (mm)	$C_u$	$C_z$	$\gamma_{d,max}$ ( $kN/m^3$ )	$\gamma_{d,min}$ ( $kN/m^3$ )	USCS
Sand	2.64	0.19	0.34	0.53	2.79	1.15	15.86	13.27	SP
Weathered soil	2.71	0.005	0.08	0.25	50	5.12	-	-	SM

작한다(그림 2(c), (d)). 인장시험을 위해서는 인장시험장비의 크기에 맞도록 크기를 줄여서 트레드매트와 타이어셀의 일부를 모형화하여 시료를 제작하였다.

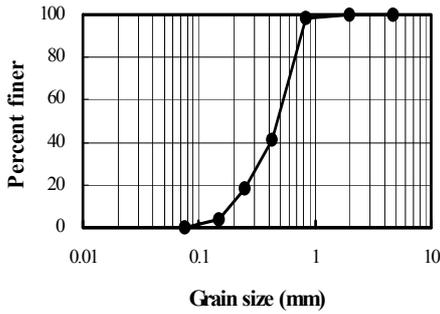
## 3. 시료특성 및 실험

### 3.1 전단시험용 시료특성

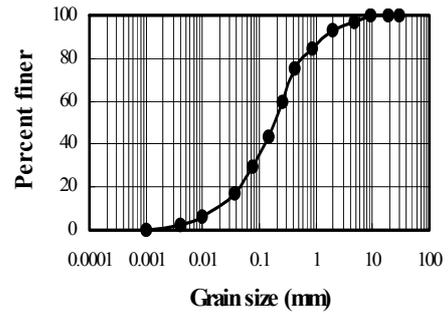
타이어 트레드와 흙간의 접촉면 전단강도를 측정하기 위하여 모래와 풍화토를 사용하였으며 각각의 물리적 특성은 표 1에 나타내었고 입도분포곡선은 그림 3에 나타내었다. 풍화토의 최대 건조단위중량과 최적함수비를 구하기 위한 다짐시험으로는 표준다짐시험, 페타이어를 지반보강재로서 실제 적용시 현장에서 다짐장비를 이용한 다짐조건을 고려하기 위하여 수정다짐시험을 수행하였다. 표준다짐과 수정다짐 시험 결과를 표 2와 그림 4에 각각 나타내었다.

### 3.2 직접전단시험

페타이어를 지반보강재로 사용하려면 흙과의 마찰특성을 알아야 하므로 타이어의 변형을 고려하지 않은 고정조건에서, 모래와 풍화토에 대해서 ASTM D5321의 기준(300×300mm 이상의 전단상자 추천)에 의하여 흙과 트레드간의 직접전단시험을 수행하였다. 폭과 길이가 300mm, 높이가 180mm 인 전단상자의 하부에 타이어 트레드를 전단면에 맞추어 위치시키고 상부에 흙을 2층으로 나누고 각 층을 다시 4부

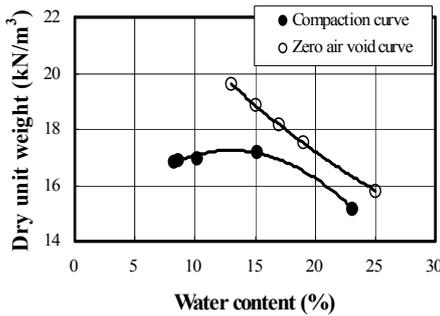


(a) Sand

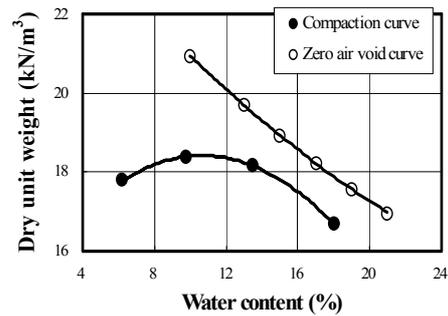


(b) Weathered soil

그림 3. 시료의 입도분포 곡선



(a) Standard proctor compaction



(b) Modified proctor compaction

그림 4. 풍화토의 다짐곡선

표 2. 풍화토의 다짐시험 결과

$w_n$ (%)	Standard proctor compaction		Modified proctor compaction	
	$\gamma_{d,max}$ (kN/m <sup>3</sup> )	OMC(%)	$\gamma_{d,max}$ (kN/m <sup>3</sup> )	OMC(%)
11.7~12.3	17.25	13.01	18.42	10.66

분으로 나누어 바깥쪽부터 안쪽으로 돌아가면서 균일하게 다짐을 하였다. 수직압력은 39.2~313.8kN/m<sup>2</sup>로 바꾸어가며 1.0mm/min의 속도로 전단하였다. 타이어는 트레드의 외면과 내면에 대하여 각각 전단시험을 수행하였다.

모래의 상대밀도는 조밀한 상태(Dr=70%)와 보통 상태(Dr=55%)의 밀도에 대하여 시료를 성형하였고, 풍화토는 현장에서 다짐장비에 의한 상대다짐도를 수정다짐 90%로 가정하고 수정다짐곡선에서 최대건조단위중량의 90%에 해당하는 단위중량과 함수비를 계산하여 현장의 조건에 맞도록 시료를 성형하였다.

### 3.3 타이어 연결부의 인장시험

트레드는 타이어가 노면에 닿는 부분으로 트레드 내부에는 다수의 강선을 포함하고 있다. 따라서 타이어셀과 트레드 매트인 인장강도는 셀 unit과 셀 unit, 트레드와 트레드를 연결하는 연결부의 인장강도에 좌우되므로 대형 UTM(Universal Testing Machine, max. cap. 490kN) 장비를 이용하여 타이어 연결부의 인장강도 시험을 수행하였다. UTM장비에서

의 최대 변위가 제한되어 있고 셀의 경우 신장율이 크기 때문에 트레드의 일부분을 잘라서 소형 셀 unit를 제작하였다. 그림 5와 같이 인장시험은 타이어 양 끝에서의 파단을 방지하기 위해 충분한 강성을 갖는 강판에 연결하여 UTM의 grip에 고정시켜 시험을 수행하였다.

타이어셀과 트레드가 지반에 보강될 경우 고장력 볼트의 부식에 따른 연결부의 강도저하에 대비하기 위해 스테인레스 볼트(stainless bolt)와 플라스틱 볼트를 사용하여 연결부의 인장시험을 수행하였다. 또한 타이어셀의 연결재료로서 폴리프로필렌(polypropylene) 로프를 사용하여 인장시험을 수행하였다. 폴리프로필렌 로프는 화학적 생물학적 환경요인에 대한 저항능력이 뛰어나고 연결방법이 쉽기 때문에 외국의 경우 현장 시공에 폴리프로필렌 로프로 연결하여 시험한 사례가 있다(Garga, 2000).

고장력 볼트와 스테인레스 볼트는 동일한 크기의 와셔(10-40mm)를 사용하여 비교하였다. 국내에서는 플라스틱 볼트용 와셔가 제작되지 않기 때문에 본 연구에서는 플라스틱 볼트만 시험하였다. 연결방법은 볼트 수, 와셔 수, 와

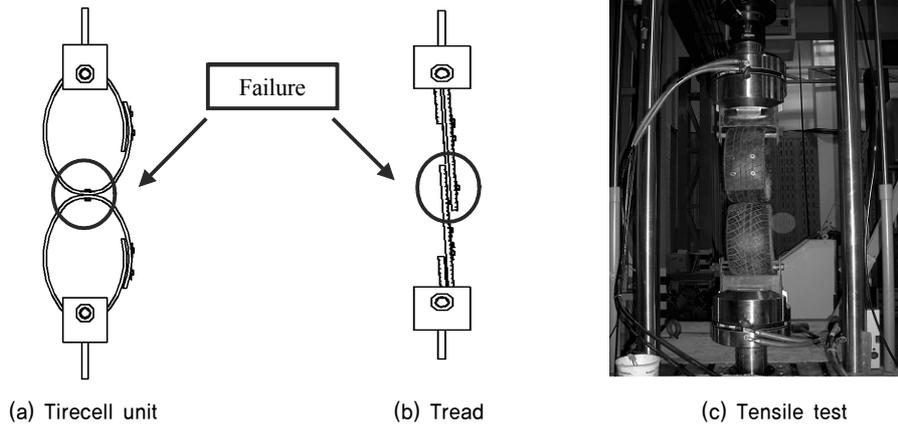


그림 5. Tirecell과 Tread 연결부의 인장시험

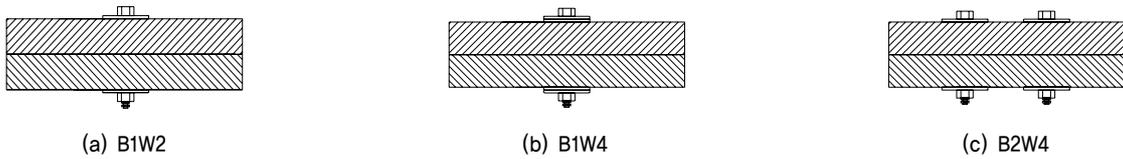


그림 6. 연결부의 볼트 연결방법

서크기를 변화시키면서 그림 6과 같이 볼트 1개 와서 2개, 볼트 1개 와서 4개, 볼트 2개 와서 4개로 하였다. 여기서, 볼트 1개 와서 2개는 B1W2, 볼트 1개 와서 4개는 B1W4, 볼트 2개 와서 4개를 이용하여 연결하는 방법을 B2W4로 표기하였다. 폴리프로필렌은 타이어셀을 감는 횟수(1wrap, 2wrap)에 따라 시험하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 직접전단시험

모래와 풍화토의 직접전단시험 결과를 그림 7과 표 3에 각각 나타내었다. 모래의 내부마찰각( $\phi$ )은 상대밀도 55%

와 70%의 경우 각각  $39.8^\circ$ ,  $42.1^\circ$ 이고, 모래-트레드 외면의 마찰각( $\delta$ )은  $42.8^\circ$ ,  $44.5^\circ$ , 모래-트레드 내면간의 내부마찰각( $\delta$ )은  $37.2^\circ$ ,  $39.4^\circ$ 로 각각 측정되었다. 따라서 모래-트레드 외면간의 내부마찰각비( $\delta/\phi$ )는 1.06~1.08, 모래-트레드 내면간의 내부마찰각비( $\delta/\phi$ )는 0.93~0.94로 나타났다. 이것은 트레드 외면의 경우 표면에 모래가 부분적으로 관입될 뿐만 아니라 트레드형태에 의한 영향으로 마찰저항이 증가하는 것으로 생각된다. 트레드 내면은 외면보다 내부마찰각이 작게 측정되었으며 이것은 트레드 외면은 고무성분이 많아 모래 혹은 토립자가 고무에 관입되어 전단저항이 크게 비하여 트레드 내면은 단단하여 모래의 관입이 거의 나타나지 않기 때문으로 판단된다.

그러나 실트성분이 있는 풍화토에서는 모래보다 작은

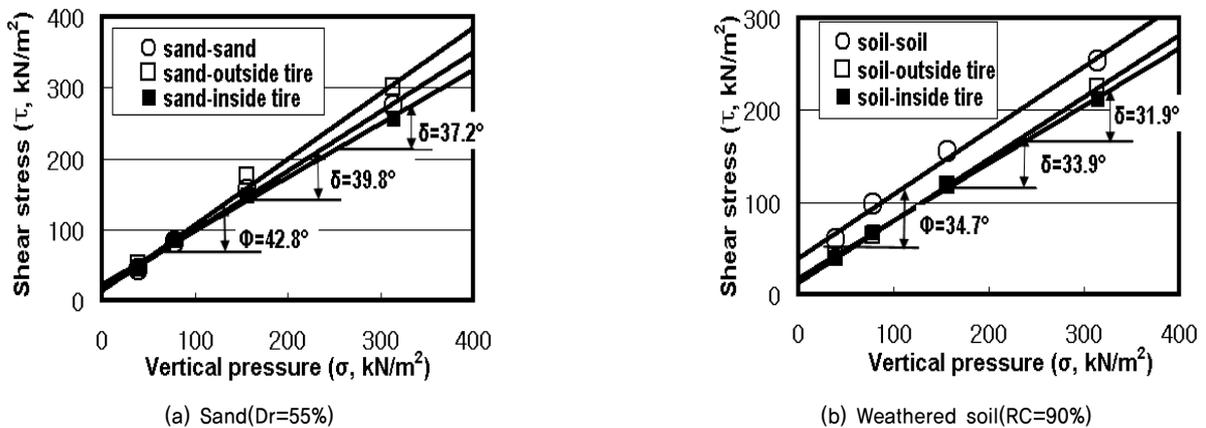


그림 7. 직접전단시험 Mohr diagram

표 3. 지반조성에 따른 직접전단시험 결과

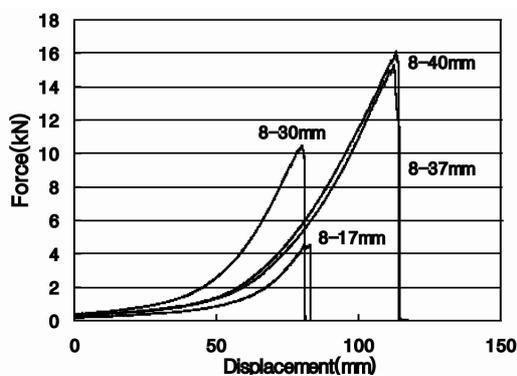
Soil	Density		Classification	Strength parameter		
				Friction angle	Cohesion (c, kN/m <sup>2</sup> )	Friction angle ratio( $\delta/\phi$ )
Sand	Relative density	55%	sand-sand( $\phi$ )	39.8°	16.37	-
			sand-outside tire( $\delta$ )	42.8°	14.75	1.08
			sand-inside tire( $\delta$ )	37.2°	22.99	0.93
		70%	sand-sand( $\phi$ )	42.1°	16.71	-
			sand-outside tire( $\delta$ )	44.5°	20.04	1.06
			sand-inside tire( $\delta$ )	39.4°	18.96	0.94
Weathered soil	Relative compaction	90%	soil-soil( $\phi$ )	34.7°	39.7	-
			soil-outside tire( $\delta$ )	33.9°	13.2	0.98
			soil-inside tire( $\delta$ )	31.9°	18.38	0.92

전단 거동을 보였다. 풍화토의 내부마찰각( $\phi$ )은 34.7°, 풍화토-트레드외면의 마찰각( $\delta$ )은 33.9°, 풍화토-트레드내면의 마찰각( $\delta$ )은 31.9°로 측정되었다. 그 결과 트레드외면-풍화토에 대한 마찰각비( $\delta/\phi$ )는 0.98, 트레드내면-풍화토의 마찰각비( $\delta/\phi$ )는 0.92로 나타났다. 풍화토의 내부마찰각이 모래보다 작은 이유는 풍화토가 모래보다 실트 및 점토의 함유율이 크고 모래의 함유율이 적기 때문에 토립자간 마찰, 토립자의 엇물림 등의 영향이 감소하기 때문으로 생각된다. 또한 풍화토에서  $\delta$ 가  $\phi$ 보다 작게 나타나는 것은 풍화토는 모래와 달리 입자가 작아 트레드 표면에서 관입이 잘 되지 않고 미끄러지기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 트레드외면과 내면의 내부마찰각비가 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 이상의 값에서 트레드 내·외면과 흙과의 마찰각은 일반적으로 알려진 콘크리트와 흙과의 마찰각에 비하여 크게 나타남을 알 수 있다. 반면 Koerner(2005)에 따르면 450×450mm의 전단상자에서 조밀한 상태의 SW(well graded angular sand)의 흙과 geogrid간의 전단시험을 수행하였을 때, geogrid의 종류에 따라 마찰각비가 0.72~1.07의 범위를 나타낸다고 하였다.

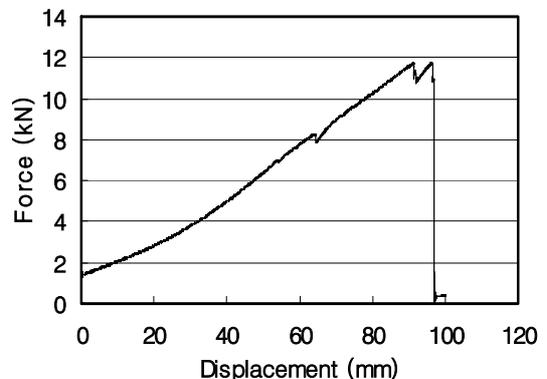
## 4.2 인장시험

### 4.2.1 타이어셀 unit 연결부 인장시험

타이어셀 연결부와 로프연결부의 인장시험 결과는 그림 8에 나타내었다. 그림 8(a)에서 볼 수 있는 바와 같이 타이어셀은 작은 인장력에서도 큰 변위가 나타난다. 타이어셀의 경우 인장력이 가해지면 원통형모양이 판형모양으로 변형하면서 작은 인장력에서도 초기신장율이 크게 나타나고 연결부의 볼트는 작은 힘을 받는다. 그러나 일정 변형량 이상이 되면 타이어의 강성으로 인하여 선형적으로 변형하게 되고, 극한하중에 도달되면 연결부 주위의 트레드내 와이어가 끊어지면서 볼트가 빠져 나오는 것으로 관찰되었다. 연결재료에 따른 인장시험 결과는 표 4에 나타내었다. 스테인레스 볼트는 고장력 볼트와 비슷한 거동을 나타내지만 인장강도는 다소 낮은 값을 나타내었다. 플라스틱 볼트는 타이어의 강도보다 플라스틱 볼트의 강도가 상대적으로 약하기 때문에 와이어가 끊어지기 전에 볼트가 먼저 파괴되었다. 8-40mm의 와셔를 B1W2와 B1W4로 연결하여 비교한 결과, 와셔의 개수가 증가하더라도 인장강도는 큰 차이가 없었다. 이것은 트레드내의 와이어가 끊어진 후에는 와셔의



(a) High tensile bolts



(b) Polypropylene rope(2 wrap)

그림 8. Tirecell의 인장시험 결과

표 4. Tirecell units 연결부의 인장강도

Type of bolt	Connection method			
	Number of bolts	Number of washers	Inside-outside diameter of washer (mm)	Tensile strength (kN)
High tensile bolt	1	2	8-17	4.57
	1	2	8-30	10.47
	1	2	8-37	14.80
	1	2	8-40	15.99
	1	2	10-40	17.92
	1	4	8-40	15.51
	2	4	8-40	31.64
Stainless bolt	1	2	10-40	13.37
Plastic bolt	1	-	-	0.62
	2	-	-	2.01
Polypropylene rope	1 wrap			5.87
	2 wrap			11.75

개수가 많더라도 볼트와 와셔의 뽑힘에 저항을 못하기 때문으로 생각된다. 그러나 그림 6과 같이 B2W4연결에 의해 볼트의 개수가 증가하는 경우에는 개수에 비례하여 B1W2연결에 의한 방법보다 약 2배 큰 인장강도가 나타났다.

B1W2(8-17mm)일 때 타이어셀 연결부의 인장강도는 4.57kN으로 측정되었고, 와셔가 8-30mm, 8-37mm, 8-40mm는 각각 10.49kN, 14.80kN, 15.99kN으로 측정되었다. 따라서 와셔의 외경이 커지면 인장강도도 증가하는 것을 알 수 있으며, 이것은 볼트와 와셔의 뽑힘 저항이 커져 인장강도가 증가하는 것으로 판단된다.

폴리프로필렌 로프연결부 강도는 1회, 2회 감았을 때 각각 5.87kN, 11.75kN으로 고장력 볼트연결의 경우보다 작은 강도를 나타내었다.

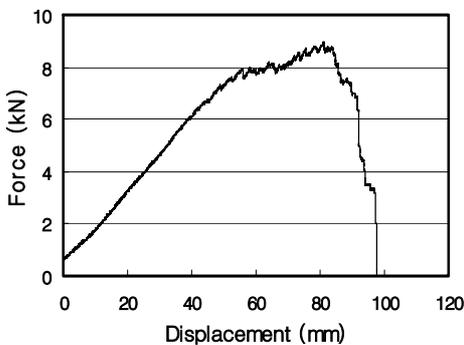
4.2.2 트레드 연결부 인장시험

타이어셀 unit과 달리 트레드는 그림 9와 같이 변형에 따라 인장력이 급격히 증가한다. 이것은 타이어셀 unit는

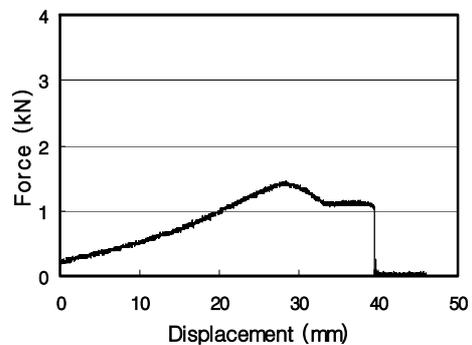
원통형에서 판형으로 변하면서 초기신장율이 큰 반면, 트레드는 형상의 변화가 크지 않기 때문에 선형적으로 급격히 증가된 후 나선모양으로 단계적 파괴를 나타내는데, 이것은 타이어 안에 있는 다수의 와이어가 점차적으로 파괴되기 때문으로 생각된다. 즉 트레드 연결부의 파괴 현상은 하중이 증가함에 따라 타이어의 와이어가 인장방향으로 지속적으로 찢어진 후, 트레드의 끝부분까지 찢어져 파괴되는 경우와 트레드의 끝부분까지 찢어지기 전에 찢어진 구멍을 통하여 볼트가 빠지면서 파괴되는 경우가 있다.

표 5에 트레드의 인장시험결과를 정리하여 나타내었으며, 타이어셀 unit(고장력 볼트, B1W2(8-40mm))의 인장강도는 약 16kN이었으나, 같은 조건의 트레드 인장강도는 약 9kN으로 타이어셀 unit보다 아주 작게 나타났다. 트레드의 인장강도는 같은 조건의 타이어셀 unit의 인장강도보다 50~56%정도 작게 측정되었는데 이것은 인장방향과 와이어의 배열방향이 일치하기 때문으로 판단된다.

연결재료에 따른 트레드의 인장강도는 고장력 볼트 B1W2



(a) High tensile bolt(8-40mm)



(b) Plastic bolt

그림 9. Tread의 인장시험 결과

표 5. Treads 연결부의 인장강도

Type of bolts	Connection method			
	Number of bolts	Number of washers	Inside-outside diameter of washer (mm)	Tensile strength (kN)
High tensile bolt	1	2	8-30	5.90
	1	2	8-40	8.94
	2	4	8-40	15.76
Plastic bolt	1	-	-	1.45
	2	-	-	2.63

(8-40mm)가 플라스틱 볼트 1개보다 약 6배 크게 측정되었다. 연결방법에 따른 트레드의 인장강도는 타이어셀 unit에 서와 같이 B2W4연결(8-40mm)에 의한 방법이 B1W2연결 (8-40mm)보다 1.8배 크게 측정되었다. 또한 와셔의 외경이 커지면 인장강도도 증가하였다.

Koerner(2005)에 따르면 지오그리드의 단일 rib에 대한 평균인장강도는 0.61~8.90kN, 지오그리드의 연결부에 대한 평균강도는 0.18~2.68kN으로 나타난다고 하였다.

## 5. 결 론

페타이어의 지반보강효과를 검토하기 위한 실내실험으로 기본물성시험과 전단시험, 연결부 인장시험을 수행하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 모래의 내부마찰각에 대한 모래-트레드외면의 내부마찰각비( $\delta/\phi$ )는 1.06~1.08배, 모래-트레드내면의 경우 0.93~0.94배로 측정되었다. 풍화토의 내부마찰각비는 트레드외면의 경우 0.98배, 내면의 경우 0.92배로서 마찰각비는 모두 0.9를 상회하는 것으로 나타났다. 풍화토의 내부마찰각이 모래보다 작은 이유는 풍화토는 모래보다 실트 및 점토의 함유율은 크고 모래의 함유율이 적어 토립자간 마찰, 토립자의 엇물림 등의 영향이 감소하기 때문으로 판단된다.
- (2) 타이어셀 unit과 트레드 연결부의 인장강도를 평가한 결과 고장력 볼트를 사용했을 때가 가장 크게 나타났으며, 볼트의 개수가 증가할수록, 와셔의 크기가 증가할수록 인장강도도 증가하였다.
- (3) 같은 조건의 연결방법에 대해서 트레드에 대한 타이어셀 unit의 인장강도비는 1.8~2배로서 타이어셀 unit이 크게 관측되었다. 타이어셀 unit가 트레드보다 큰 이유는 인장방향이 트레드의 내부 와이어 배열방향과 일치하기 때문으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었으며 연구비지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 윤여원, 김근수, 윤동구, 정하익(2006), 지반보강용 타이어셀의 인발거동 특성, *학술발표회 논문집*, 한국지반환경공학회, pp. 349~352.
2. 윤여원, 최경순, 윤길림, 김방식(2004), 지반보강재로서 페타이어의 활용: (1) 지반보강 효과, *한국지반공학회 논문집*, 한국지반공학회, 20권, 3호, pp. 107~117.
3. 정하익, 조진우, 윤여원(2006), 배수조건에 따른 페타이어의 용출특성 연구, *2006 춘계학술발표회*, 한국지하수토양환경학회, pp. 203~206.
4. 천성한(2005), *페타이어 매트로 보강된 성토지반의 거동 및 환경영향 평가*, 인하대학교 박사학위 논문, pp. 1~40.
5. Foose, G.J., Benson, C.H. and Boscher, P.J.(1996), Sand Reinforced with Shredded Waste Tire, *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 122, pp. 760~767.
6. Garga, V.K. and O'Shaughnessy, V.(2000), Tire-reinforced earthfill. Part1:Construction of a test fill, performance and retaining wall design, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol 37, pp. 75~96.
7. Koerner, R.M.(2005), *Designing with Geosynthetics*, Fifth edition, Prentice Hall, pp. 81~389.
8. Tatlisoz, N., Edil, T.B. and Benson, C.H.(1998), Interaction between Reinforcing Geosynthetics and Soil-Tire Chip Mixtures, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Vol. 124, No. 11, pp. 1109~1119.
9. Yoon, Y.W. and Cha, Y.I.(2002), Improvement of bearing capacity of sands by using waste tires, 6th International Symposium on Environmental Technology and Global Sustainable Development, Seoul, Korea, pp. 615~620.
10. Yoon, Y.W., Cheon, S.H. and Kang D.S.(2004), Bearing capacity and settlement of tire-reinforced sands, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 22, pp. 439~453.
11. Yoon, Y.W., Heo, S.B. and Kim, K.S.(2006), Geotechnical performance of waste tires for soil reinforcement, *Geotextiles and Geomembranes* (accepted).

(접수일: 2006. 12. 14 심사일: 2007. 1. 2 심사완료일: 2007. 1. 15)