

와이어 소오의 절단 특성에 미치는 와이어 및 비드의 접착 조건의 영향

Effect of the Bonding Condition of Both the Wire and Bead on the Cutting-off Performance of Wire Saw

*#이재우

*#JAE WOO LEE(c@doowon.ac.kr)

¹ 두원공과대학 기계학과

Key words : Wire Saw, Cutting-off,

1. 서론

현재 건축물 또는 각종 구조물의 해체를 위해 사용되는 해체공법으로, 다이아몬드를 사용한 와이어 소오 공법과, 휠 소오 공법으로 나뉘며, 이중 다이아몬드를 사용한 와이어 소오 공법이 주로 사용되고 있다. 와이어 소오 공법은 건물 밀집지역에 있는 건물의 유지보수 및 해체와, 시설을 전면 중단 시 손실이 큰 산업체의 유지보수 및 장소가 협소하거나 깨끗한 절단면을 요구하는 건물의 증축 및 유지보수와, 주변환경 장애 및 교통장애 등 일반 시민의 불편을 초래할 수 있는 도로 및 고속도로의 교량 해체 또는 유지보수작업과, 소음과 진동 및 분진으로 인한 작업제약이 큰 학교, 병원, 전화국 등의 건축물 해체 및 유지보수 등 주변환경의 피해를 최소화하며 작업환경의 제약이 적은 작업상 특성으로 그 사용 범위가 넓다. 와이어 소오는 금속 재질의 와이어의 위에 와이어의 길이방향을 따라 일정 간격으로 금속 재질로 이루어진 생크를 장착하고, 생크의 외주에 다이아몬드와 금속분말을 소결하여 이루어진 비드를 장착한 후, 생크를 둘러싸며 인접하는 한 쌍의 비드 사이에 우레탄수지 또는 고무수지로 사출 성형하여 비드 지지부를 형성함으로써 제조된다. Fig. 1은 생크가 장착된 비드를 보이고, Fig. 2는 완성된 와이어 소오를 나타낸다.



Fig. 1 Diamond beads with the shank attached



Fig. 2 Structure of wire saw for the cutting-off of concrete

2. 실험 방법

원통형 생크의 표면에 다이아몬드 입자를 고착해 형성된 비드와 와이어의 외주에 고무나 수지 등의 유연성 재료로 이루어진 피복이 설치되도록 하였다. 이러한 구성의 와이어 소오의 비드의 고정 이 강고하도록 하기 위해서, 이하의 치수 및 사양으로 와이어 소오를 제작했다.

와이어 소오의 치수 $\phi 11 \times 6L \times 25P$

(비드 생크의 외경 8mm, 비드 생크의 길이 10mm, 비드 생크의 길이와 스프링의 길이 합계치 25mm)

와이어 $\phi 5.0$ 강선(보통 Z 꼬임)

스프링 $\phi 7.6 \times \phi 5.2$

피복재 SBR계 고무

연마용 입자층 연마용 입자 합성 다이아몬드 #40/50 C=80

본드재 니켈계 메탈 본드

와이어 소오 길이 : 7m, 와이어 소오 최소 R : R250

Table 1에, 비드의 처리 방법을 바꾸어 형성된 와이어 소오의 테스트 결과를 나타낸다.

Table 1 Experimental condition

	와이어 접착처리	비드의 처리 방법
wire saw 1	없음	접착제 처리 없음, 슬리브 조임 없음
wire saw 2	없음	접착제 처리 있음, 슬리브 조임 없음
wire saw 3	없음	접착제 처리 있음, 슬리브 조임 있음
wire saw 4	없음	접착제 처리 없음, 슬리브 조임 없음

표 1에서, 와이어 접착 처리란, 와이어 표면에 합성 수지계 접착제를 도포하는 것이다. 또, 비드 처리 방법에 있어서의 접착제 처리란 합성 수지계 접착제를 비드 내주면에 도포하는 것을 의미하며, 그 후, 와이어에 비드와 스프링을 교대로 배치하여 금형에서 고무를 충전해 와이어 소오를 형성한다. 실험 4는 비교를 위하여 실험 1과 동일한 처리 조건을 가지는 일본 제품을 사용하였다. Table 1에서 보이는 4종류의 와이어 소오에 대해서, 비드의 고무 부분에 대해서 신축 하중을 가하여, 고무 균열 발생의 유무를 조사했다. 고무 균열 발생을 조사하기 위하여 사용된 기계는, 사양이 100V, 8A, 760W, 1100rpm의 전동 드릴이며, 와이어 소오를 굴곡 시켜 고정 지그로 고정해, 피복재에 신축 하중이 가해지도록 세팅하여 전동 드릴을 설치하여 와이어 소오를 회전시켜서, 시험 개시부터 30분마다 피복재의 균열 상황을 조사했다. 또한, 이러한 와이어 소오를 이용하여 절단 시험을 실시했다. 사용한 절단 기계 및 피복재는 Table 2와 같다.

Table 2 Machine tool, cutting-off condition and workpiece used

내용	항목	내용
기계	명칭	유압 와이어소오 절단기(11KW)
	폴리 직경	600mm
	원주 속도	1500m/min
	텐션	130 ~ 160kg
피복재	명칭	철근 콘트리트
	치수	1000L × 400T를 절단
	압축 강도	35 N/mm ²
절삭 조건	철근률	5.7%
	절단 방식	습식 절단
	수량	15 l /min
	절단량	각 12m ² (32 cut)

3. 실험 결과 및 고찰

와이어 소오의 비드의 고무 부분에 대한 고무 균열 발생의 조사

Table 3 Crack number of rubber

wire saw	고무 균열 개수 (누적 개수)			
	30분후	60분후	90분후	120분후
wire saw 1	3개	6개	12개	19개
wire saw 2	2개	4개	8개	12개
wire saw 3	3개	6개	10개	16개
wire saw 4	0개	0개	0개	0개

Table 4 Performance comparison in cutting-off of various wire saws after cutting-off the 12 m² area of concrete

	wire saw 1	wire saw 2	wire saw 3	wire saw 4
고무 균열(개)	40	26	33	0
비드 박리(개)	22	12	8	0
합계(개)	62	38	51	0
편마멸(개)	35	30	25	0
비드 밀림시의 하중(kgf)	25	50	60	792
편심량(mm)	0.5~0.6	0.4~0.6	0.3~0.4	0~0.1
런아웃(mm)	180	165	130	45

결과를, Table 3에 나타낸다. 와이어 소오 1에서는 비드와 고무의 접촉이 특히 나쁘고, 고무 균열 발생과 동시에 비드 단면상의 고무 빠짐이 현저히 일어난다. 또, 와이어 소오 2에서는 비드 단면상의 고무 빠짐의 발생은 없고, 고무 균열에 대해서도 와이어 소오 1이나 와이어 소오 3에 비해 적지만, 시험 시간이 90분을 넘어 길어지면 현저히 많이 발생하게 된다. 와이어 소오 3에서는 비드 단면상의 고무 빠짐의 발생은 없지만, 고무 균열이 크게 일어난다. 이것에 대해서, 일본 제품인 와이어 소오 4에서는 장시간 사용하더라도 고무 빠짐과 고무 균열 모두 발생하지 않았다.

Fig. 1에서는 와이어 소오 1을 사용하여 콘크리트를 120분간 절단 한 후의 다이아몬드 비드의 마멸 상태와 고무의 손상 상태를 나타낸다. Fig. 1 (a)는 다이아몬드 비드가 와이어 및 고무로부터 박리되어 절단시에 자전할 수 있는 상태에 놓여 있으며, 이 상태가 지속되면 와이어의 마멸이 커지게 되어 와이어가 손상을 입게 되며 이것에 의하여 와이어가 끊어질 수 있는데 이것은 안전사고에 중대한 원인이 된다. 또한 일부의 비드에서는 Fig. 1 (b)에서 보이는 바와 같이, 자전이 연속되어 절단시에 비드가 요동함에 따라서 그 충격에 의하여 비드가 탈락된 상태를 보이며, 이 때에 비드가 마치 총알처럼 고속으로 비산하여 작업자가 인명 사고를 당하는 문제가 자주 발생한다.

다음에, 절단 시험 후의 비드 박리와 고무 균열 발생의 상황을 조사했다. 여기서, 비드 이동이란 비드가 고무로부터 박리하여 진행 방향, 회전 방향으로 움직이는 상태를 말한다. 실험 결과를 Table 4에 나타낸다.

와이어 소오 1에서는 고무 균열, 비드의 박리가 특히 가장 많으며, 와이어 소오 2에서는 와이어 소오 1보다, 고무 균열, 비드의 박리가 약 1/2 정도로 적어지는 현상은 볼 수 있었다. 또한, 와이어 소오 3에서는 비드의 박리는 와이어 소오 1 및 2에 비하여 현저히 적었지만, 고무 균열은 와이어 소오 2에 비하여 많이 발생되었으며, 절단 후의 비드 단부에는 와이어 선 조각을 몇 개 볼 수 있었다. 이것에 대해, 와이어 소오 4에서는 고무 균열, 비드의 박리가 모두 발생하지 않았다.

Fig. 1 (c)는 고무의 밀림 현상을 보이며, 이러한 밀림 현상이 발생하면 다이아몬드 비드가 피삭재와 접촉하지 않게 되어서 절단이 불가능한 상태로 되며, 고무 수지의 경도와 강도가 부족한 때문으로 판단된다. 2개의 비드를 인장강도 시험기에 척킹하고서 인장력을 가하였을 때에 고무 수지의 변형에 의하여 비드가 움직이기 시작하는 때의 하중을 Table 4에서 비드 밀림 시의 하중으로 나타내었다. 와이어 소오 1에서는 25kgf의 하중에서 밀림이 발생하였고, 와이어 소오 2 및 3은 와이어 소오 1에 비해 약 2배의 하중에서 밀림이 발생하였으며, 와이어 소오 4는 약 32배의 하중에서 밀림이 발생하였다. Fig. 1 (d), (e)는 비드의 편마멸 상태를 나타내며, 편마멸이

발생되지 않은 영역에서는 (g)와 같이 다이아몬드 입자가 정상적으로 존재하나, 편마멸이 발생된 구역에서는 (f)와 같이 대부분의 다이아몬드 입자가 탈락 되었음을 알 수 있다. 한편 고무의 균열 상태를 (h)에 나타내며, 고무의 균열이 진전되면 (i)와 같이 비드부에서 큰 손상을 나타내게 된다. 이러한 균열이 발생하면 절삭수(water)가 와이어에 침입하여 와이어에 부식이 진전하게 되며, 이러한 와이어의 부식에 의하여 다이아몬드 비드가 수명에 도달하지 않은 상태에서 와이어가 끊어지는 문제가 발생하였다.

다음에, 절단 성능 시험의 결과를 Table 5에 나타낸다. 여기에서는, 와이어 및 비드의 접촉 처리가 동일한 와이어 소오 1과 4에 대해서만 검토하였다. 절삭날 예리성은 단위시간 당의 절단량(m²/hr)으로 구했다. 또, D 마모량은 각 테스트폼 모두 12m² 절단 후의 비드 외경 마모량으로 비교했다. Table 5에서는, 절삭날 예리성 지수, D 마모량 지수의 모두, 와이어 소오 2의 수치를 100으로 한 지수로 나타내었다. 와이어 소오 2의 절삭날 예리성은 와이어 소오 4에 비해 약 1/4의 값을 보이며, D 마모량 지수는 약 3배의 값이 되었다.

Fig. 1 (j), (k)는 다이아몬드 입자의 탈락과 마멸 상태를 나타내며, 이와 같이 와이어 소오 1은 다이아몬드 입자의 탈락과 파손에 의하여 대부분이 수명에 도달하는 것으로 된다.

Table 5 sharpness and wear index of the diamond grain after cutting-off the 12 m² area of concrete

wire saw	절삭날 예리성 지수 (%)	D 마모량 지수 (%)
wire saw 1	100	100
wire saw 4	423	39

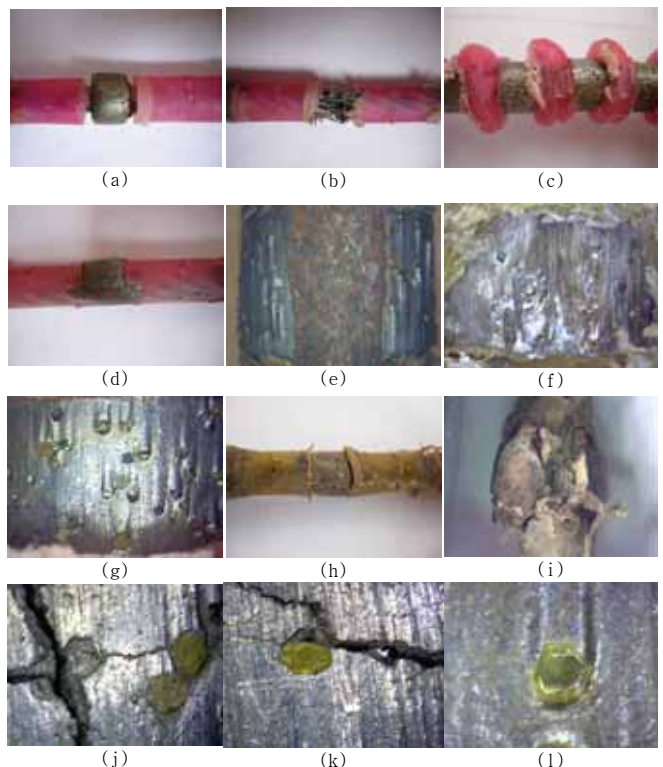


Fig. 1 Wear pattern of diamond beads after 120min cutting-off with wire saw 1

4. 결론

접착제 처리 없음, 슬리브 조임 없음의 와이어 소오 1과 접착제 처리 있음, 슬리브 조임 없음의 와이어 소오 2, 접착제 처리 있음, 슬리브 조임 있음의 와이어 소오 3 및 접착제 처리 없음, 슬리브 조임 없음의 일본체의 와이어 소오 4를 고무 균열, 비드 박리, 편마멸, 비드 밀림, 편심량, 런아웃의 관점에서 성능 분석한 결과 와이어 소오 4, 3, 2, 1의 순서대로 그 성능이 우수하였다.