

섬 유 수 학

직물과 편성포 <8>

3. 위편성포에서 평편조직의 기하학

3.4 평편조직 편성포의 커버팩터

3.4.1 프랙셔널 커버(fractional cover)

직물에서와 마찬가지로 편성포에서도 피복성을 평가하는 것이 도움이 된다. <그림 13>에서 평편조직을 2차원으로 단순화하여 나타내었다. 이 구조가 완전히 평편이라고 가정하지만 실제로는 그렇지 않으며 또 하나 실의 단면적은 두께가 d 인 원형으로 가정한다. 편환길이가 $l\text{mm}$ 이고 두께가 $d\text{mm}$ 라면, 하나의 편환 즉, 루프 1개로 피복되는 면적은 $l \times d\text{mm}^2$ 가 된다. 편환밀도가 S 라면, 실에 의해 피복되는 전체면적은 다음과 같다.

$$S \times l \times d$$

이를 cm^2 로 나타내면,

$$\frac{S \times l \times d}{100} \text{cm}^2$$

이렇게 나타낸 것을 편성포의 프랙셔널 커버라 하는데, 이는 편성포 1cm^2 를 피복하는 실의 면적이기 때문이다.

위 식에 다음의 관계식을 대입하여

$$S = K_s / l^2$$

다시 나타내 보면,

$$\begin{aligned} \text{프랙셔널 커버} &= \frac{K_s \times l \times d}{l^2 \times 100} \\ &= \frac{K_s \times d}{100l} \end{aligned}$$

편조직에서는 거의 정사각형을 하고 있는 4개 부분이 2중으로 피복된다.

좀 더 정확히 말하자면, 이 부분에서 실이 교차되므로 이 부분에 대해서 수정을 해야 된다. 이 사각형의 면적은 각각 dmm^2 즉, $d/100cm^2$ 이다. 따라서 수정을 하면 $4d^2/100$ 이 되므로 프렉셔널 커버의 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\text{프렉셔널 커버} &= \frac{Ksd - 0.04d^2}{100l} \\ &= \frac{Ksd(1 - 0.04d)}{100l}\end{aligned}$$

이제는 선밀도(tex)를 사용하여 실의 두께를 나타낼 필요가 있게 되었다.

Grosberg 식을 사용하기로 한다.

$$\begin{aligned}d &= \{4.44 \times 10^{-3} \sqrt{\text{선밀도(tex) / 섬유의 밀도}}\}cm \\ &= \{4.44 \times 10^{-2} \sqrt{\text{선밀도(tex) / 섬유의 밀도}}\}mm\end{aligned}$$

[예 제 29]

평편조직을 가진 소모편성포에서 편환밀도 S가 80이 되도록 74tex의 실로 편환길이 5.2mm가 되게 편성하였다. 섬유밀도가 1.3이고 Ks가 2,160이라고 하면 이때의 프렉셔널 커버를 구하라(주의 : 실이 교차되는 부분의 수정은 무시함).

$$\begin{aligned}\text{프렉셔널 커버} &= \frac{2,160 \times 4.44 \times 10^{-2} \sqrt{74/1.3}}{100 \times 5.2} \\ &= 1.39\end{aligned}$$

3.4.2 커버팩터

프렉셔널 커버를 구하는 공식에서 여러가지 상수를 무시하고, 실의 무게는 선밀도의 제곱근에 비례한다는 사실을 이용하여 커버팩터를 나타낼 수 있다.

$$\text{커버팩터, } K = \frac{\sqrt{\text{선밀도(tex)}}}{l}$$

(편성포기하학에서의 커버팩터와 직물기하학에서의 커버팩터를 비교해보기
바람. 참고로 직물의 커버팩터는 $\text{올수/cm} \times \sqrt{\text{선 밀도(tex).}}$)

[예 제 30]

[예제 29]의 경우 이 편성포의 커버팩터를 구하라.

$$\text{커버팩터, } K = \frac{\sqrt{74}}{5.2} = 1.65$$

실제 소모사로 편성된 평편조직을 가진 대부분의 편성포는 커버팩터가 대
개 1.4~1.5 사이이다.

영국식 단위에서 소모사 변수를 사용하면 커버팩터는 다음과 같다.

$$K = \frac{1}{l\sqrt{N}}$$

여기서 N 은 소모변수이며, l 은 편환길이(in)이다.

영국식 단위를 SI단위로 고치려면 1.17을 곱하고 SI단위를 영국식 단위로
고치려면 0.85를 곱한다.

3.5 평편조직 편성포의 폭

편기에 n 개의 편침잉 있다면, 편성포의 폭은 다음과 같다.

$$\text{편성포의 폭} = \frac{\text{편침 수}}{\text{웨일 수/cm}}$$

앞서 말한 바와 같이 웨일밀도는 편환길이에 따라 결정된다.

$$w = \frac{Kw}{l}$$

그러므로 편성포의 폭을 구하는 일반식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{편성포의 폭} &= \frac{n}{Kw/l} \\ &= \frac{L}{Kw} \text{cm} \end{aligned}$$

이 식에서는 편침수가 없음에 주목하기 바란다. 즉, 편성포의 폭은 코스길이에 좌우되며, 편침의 수와는 관계가 없음을 의미한다.

[예 제 31]

편기의 지름이 46cm이며 편침밀도가 4침/cm이다. 그리고 편환길이는 7mm이다. 가공이완 상태에서의 편성포의 폭을 구하라.

$$\frac{\square\square\square\square, L}{K_w} = \frac{n \times \square\square\square\square}{K_w} = \frac{46 \times \pi \times 4 \times 7}{42.2}$$

$$\text{가공폭} = 96\text{cm}$$

96cm는 평편한 상태에서 편성포의 폭이므로 튜볼러형태로 있다면 가공폭은 $96/2=48\text{cm}$ 가 된다.

3.6 러닝 미터(running metre)당 편성포의 무게

편성포에서 러닝미터의 전체길이는 코스길이와 편성포 1m당 코스수로부터 구한다. 편침이 n개이고 편환길이가 lmm이면, 코스길이(km)는,

$$n \times l \times 10^{-6} \text{km}$$

코스밀도는 다음과 같다.

$$\text{코스수/cm} = \frac{K_c}{l}$$

Kc는 <표 8>에서 구하며, 이 값은 편성포의 이완상태에 따라 결정된다.

$$\text{따라서, 코스수/m} = \frac{100K_c}{l}$$

그리고 러닝미터당 실의 전체길이는,

$$\frac{n \times l \times 10^{-6} \times 100K_c}{l} = n \times K_c \times 10^{-4} \times \text{선 밀도(tex)}$$

[예 제 32]

평편조직을 가진 편성포를 80tex 소모사로 편성했는데, 이 때 편기의 지름은 46cm, 편침밀도는 4침/cm이었다. 가공이완상태에서 이 편성포의 러닝미터당 무게를 구하여라.

$$\begin{aligned} \text{이 경우에 } K_c &= 56 \text{이며 편침수가 } 46 \times \pi \times 4 \times 56 \times 10^{-4} \times 80 \\ &= 259 \text{g/mm} \end{aligned}$$

이 예제에서 각 조건은 [예제 28]에 나온 것인데, 여기서 면적밀도는 270g/m^2 로 계산되었다. 가공폭은 48cm(튜볼러에서)로, 즉 평편한 경우에 96cm의 폭을 갖는다. 러닝 미터당 무게를 구하면

$$270 \times \frac{96}{100} = 259\text{g}$$

위의 [예제 32]에서 구한 결과와 같다.

4. 경편포의 기하학(the geometry of warp knitting fabric)

4.1 개 요

직물기하학의 연구업적에 비하여 경편포의 구조에 관한 연구결과는 거의 없는 실정이다. 그러나 최근 들어 섬유수학에서 차지하는 중요성이 강조되기 시작하였다. 편(warp knitting)과 위편(weft knitting)과의 중요 차이점을 Alford, Jarvis, Griffiths가 다음과 같이 강조하고 있다.

“경편성에서 사용하는 대부분의 실은 열가역성(폴리아미드섬유, 폴리에스테르섬유 및 아세테이트섬유 등)이 있는 실이다. 경편포는 이완된 칫수로부터도 상당히 신축성이 크며, 일반적으로 세탁에도 안정성을 갖도록 열고정(heat-set)을 한다. 만일 편성포를 칫수가 이완된 상태로 가공했다면 세탁으로 인한 수축은 무시할 정도로 줄어들겠지만, 이에 드는 비용은 늘어나게 된다. 그리고 편성포의 역학적 성질(예를 들어, 쉽게 늘어나는 성질)은 소비제품으

로서의 목적에 부적당하게 될지도 모른다. 이 점이 위편성과 뚜렷이 구분되는 점인데, 위편성에서는 최근에 천연섬유가 많이 사용되고 있으며 칫수가 이완된 상태로 가공해야만 세탁에 대한 안정성을 지니게 된다. 게다가 쉽게 늘어나는 성질과 유연한 성질도 바람직한 성질이다.

반면에 경편포는 보통 칫수가 이완된 상태로 가공해서는 안된다. 이런 상태에서부터 편성포의 차이점을 아는 것이 매우 중요하다. 여기서는 이런 차이를 구조비(structure ratio)라는 변수를 사용하여 설명하기로 한다. 이 변수는 규정대로 고정시키는 데 기초가 되며, 아직까지는 편성업체와 가공업체의 경험에 바탕을 두고 있는 분야이다.”

앞의 글이 보여주는 의미는 이 연구의 한가지 목적이 연구결과를 실제 생산문제에 적용하여 직물설계 부서에서 수학을 이용하게 하는 것이다.

4.2 용어설명

경편기술에 관하여 피상적으로만 알고 있는 사람들은 직물구조와 경편성 메카니즘이 실려 있는 책을 참고해야 되지만, 여기서는 이들 용어중 일부만 정의하기로 한다.

랙(rack): 트리코트 편환에서의 480코스로 구성된 측정단위

런인(run-in), R : 랙마다 편침에 공급되는 실의 길이(mm), 즉 런인 $\times$ 10/480
2-바(bar) 경편포에서는 런인값이 2개 있으므로 편환길이가 2개 있게 된다.

프런트 바의 런인을 Rfcm라고 하면 프런트 바의 편환길이는

$$l_f = \frac{10R_f}{480} \text{mm}$$

이와 마찬가지로 백 바의 편환길이는

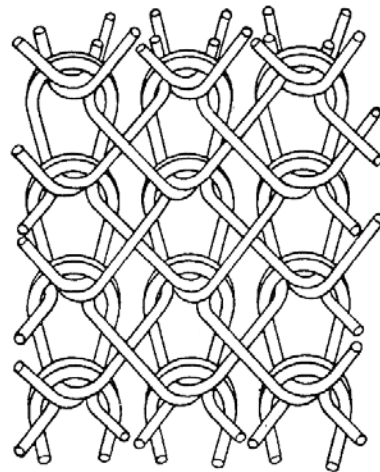
$$l_b = \frac{10Rb}{480} \text{mm}$$

또한,

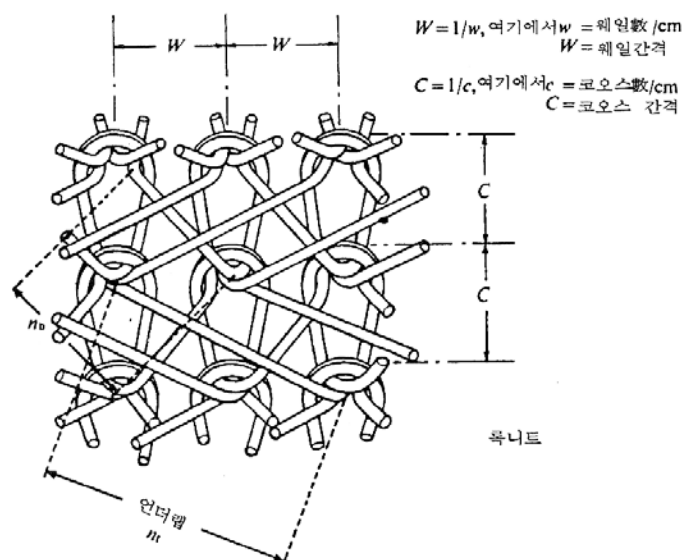
$$\text{코스 간격} = C = \frac{1}{\text{코스수/cm}} = 1/c$$

$$\text{웨일간격} = W = \frac{1}{\text{웨일수/cm}} = 1/w$$

실의 지름 = dmm



플 트리코트



<그림 15> 경편조직 : locknit

편환길이는 루프길이와 언더랩(underlap)의 합이다 모든 경편조직에서 루프의 모양은 서로 비슷하며, 그 높이와 폭은 루프길이와 관계가 있다. 언더랩은 경편구조의 형태에 따라 다양하면 가이드 바(shog)에 의해 왕복운동하는 편침의 수로 나타낼 수 있다. 그러므로 록니트(locknit)가 2인 경우에 프런트 바의 언더랩 n_f 와 백 바의 언더랩 n_b 는 1이다.

앞에서 말한 용어 가운데 일부가 <그림 15>에 설명되어 있다.

4.3 편환길이, 웨일간격 및 코스간격 간의 관계

이완상태의 편포를 조사해 보면, 편환길이는 웨일간격과 코스간격에 비례하는 것을 알게 된다. 따라서,

$$\frac{1}{w} \propto l$$

$$\frac{1}{c} \propto l$$

그러므로,

$$\frac{1}{w} = \text{상수} \times l$$

$$\frac{1}{c} = \text{상수} \times l$$

이로부터,

$$\frac{1}{w} \times \frac{1}{c} = \text{상수} \times l^2$$

$$\frac{1}{wc} = \text{상수} \times l^2$$

$$\frac{1}{wcl^2}$$

역수를 취하면,

$$wcl^2 = \text{상수}$$

$wcl^2 = K_s$ 라 하자. 여기서 K_s 는 상수이다. 그러면,

$$wc = \frac{Ks}{l^2}$$

4.4 구조비(structure ratio)

구조비는 다음과 같이 정의된다.

$$E = l\sqrt{wc}$$

E는 편포가 어떤 조직을 가지며, 어떤 이완상태에 있느냐에 따라 정해진다. 이완상태가 다르다는 것은 (예를 들어, 가공 이후) 구조비가 달라졌다는 것을 뜻한다. 즉, 편성포가 늘어났다면 E는 감소하게 된다.

구조비를 구하는 또 다른 방법으로 구조비를 다음의 비로 간주하는 방법이 있다.

$$\frac{\text{편환 길이}}{\text{웨일간격과 코스간격의 기하평균}}$$

n개의 항이 있는 경우에 기하평균 G.M은,

$$G.M = ((\chi_1 \times \chi_2 \times \chi_3 \cdots \chi_n)^{\frac{1}{n}})$$

따라서 웨일간격과 코스간격의 G.M은,

$$G = \left(\frac{1}{w} \times \frac{1}{c} \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{wc}} = \frac{1}{\sqrt{wc}}$$

그러므로 G에 대한 편환길이의 비는,

$$\frac{l}{G} = \frac{l}{\frac{1}{\sqrt{wc}}} = l\sqrt{wc} = E$$

웨일간격과 코스간격을 웨일밀도(cm당)와 코스밀도(cm당) 대신에 사용하면, 구조비 E,는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = \frac{1}{\sqrt{WC}}$$

편성구조를 연구할 때 in는 예부터 사용되어 왔던 단위이다. 따라서 이완

상태의 록니트인 경우에 $K_s = 26.82$ 가 된다. 웨일밀도와 코스밀도를 사용하고 편환길이를 mm로 나타낸다면 K_s 의 값은 달라지게 된다. 따라서 새로운 K_s 는,

$$26.82 \times \frac{1}{2.54} \times \frac{1}{2.54} \times 25.4^2$$

$$= 26.82 \times 100 = 2.682$$

이와 같이, in단위의 E값 11.3도 미터식 단위를 사용하면 그 값이 달라진다.

이 경우에 $E = l\sqrt{WC}$ 이므로 환산계수는,

$$25.4 \times \sqrt{\frac{1}{2.54} \times \frac{1}{2.54}} = 25.4 \times \frac{1}{2.54} = 10$$

그러므로 미터식 단위에서 E는 $11.3 \times 10 = 113$ 이 된다.

4.5 2-바 경편포의 면적밀도

편성포에서 m²당 무게는 m²당 실의 전체길이에 실의 선밀도(tex)를 곱한 것이다. 앞서 실의 전체길이는 m²당 편환수에 편환길이를 곱한 것이다. 이 편환길이는 프런트 바와 백 바의 것을 합한 길이이다.

l_f 를 프런트 바의 편환길이, l_b 를 백 바의 편환길이라고 하자. 이 때, 단위는 둘 다 mm로 나타낸다. 이 두 편환길이를 합하면,

$$(l_f + l_b) \times 10^{-6} \text{ km}$$

$$\text{편환밀도} = \text{웨일수/m} \times \text{코스수/m}$$

$$= (w \times 100) \times (c \times 100)$$

$$= wc \times 10^4$$

실의 선밀도를 Ttex라고 하자. 그러면,

$$\text{편환밀도} (= \text{편환밀도/m}^2) \times \text{합친 편환길이} \times \text{선밀도}$$

$$= wc \times 10^4 \times (l_f + l_b) \times 10^{-6} \times T$$

$$= wcT(l_f + l_b) \times 10^{-2} \text{ g/m}^2$$

4.6 러닝미터당 무게

랙당 런인을 $(R_f + R_b)\text{cm}$ 라 하자. 이는 480코스당 실의 길이(cm)이다. 코스 밀도가 c 라면, 실의 길이 $(R_f + R_b)\text{cm}$ 를 가지고 편성포 480/cm를 생산하게 된다. 그러므로 편성포의 길이를 미터식으로 나타낼 필요가 있다.

$$\begin{aligned} & (R_f + R_b) \frac{100}{480/c} \text{cm (실에서)} \\ &= (R_f + R_b) \frac{100c}{480} \text{cm} \\ &= \frac{(R_f + R_b)100c}{10^5 \times 480} \text{km} \\ &= \frac{(R_f + R_b)c}{10^4 \times 48} \text{km} \end{aligned}$$

이 때 실의 선밀도가 T_{tex} 라면, 러닝미터당 무게는,

$$\frac{(R_f + R_b)cT}{10^4 \times 48} \text{g/러닝미터}$$

[예 제 33]

삭스킨(편침 3) 경편 셔팅을 생산하였다. 생지상태에서 웨일과 코스의 밀도는 cm당 12.6과 30.38이다. 런인은 백 바의 경우에 182.9cm, 프런트 바에서는 104.1cm이며, 양쪽 바 모두 4.4tex의 나일론 6.6이 공급되었다. 이 편성포의 면적밀도(g/m^2)를 구하라.

프런트 바와 백 바의 편환길이는 런인 값, 즉 480코스에 대한 실의 길이 (cm/480코스)로부터 구할 수 있다.

$$\text{프런트 바의 편환길이, } l_f = 104.1 \times 10/480 \text{mm}$$

$$\text{백 바의 편환길이, } l_b = 182.9 \times 10/480 \text{mm}$$

따라서, 이들을 합친 편환길이는,

$$(104.1+182.9) \times 10/480$$

다음의 공식에 대입하면,

$$\begin{aligned} \text{면적밀도} &= wcT(l_f+l_b) \times 10^{-2} \\ &= 12.6 \times 30.38 \times 4.4 \frac{(104.1+182.9)}{480} \times 10 \times 10^{-2} \\ &\doteq 100\text{g/m}^2 \end{aligned}$$

5. 편성 메커니즘(knitting mechanism)

편성메카니즘에 대해서 다루고자 하면 그 양이 많으므로 여기서는 상세히 다루지 않기로 한다. 따라서 편성기술에 관한 책을 참고하기 바람에 여기서는 한가지 예만으로 언급하는 것으로 충분할 뿐 아니라 넓게 응용할 수가 있다.

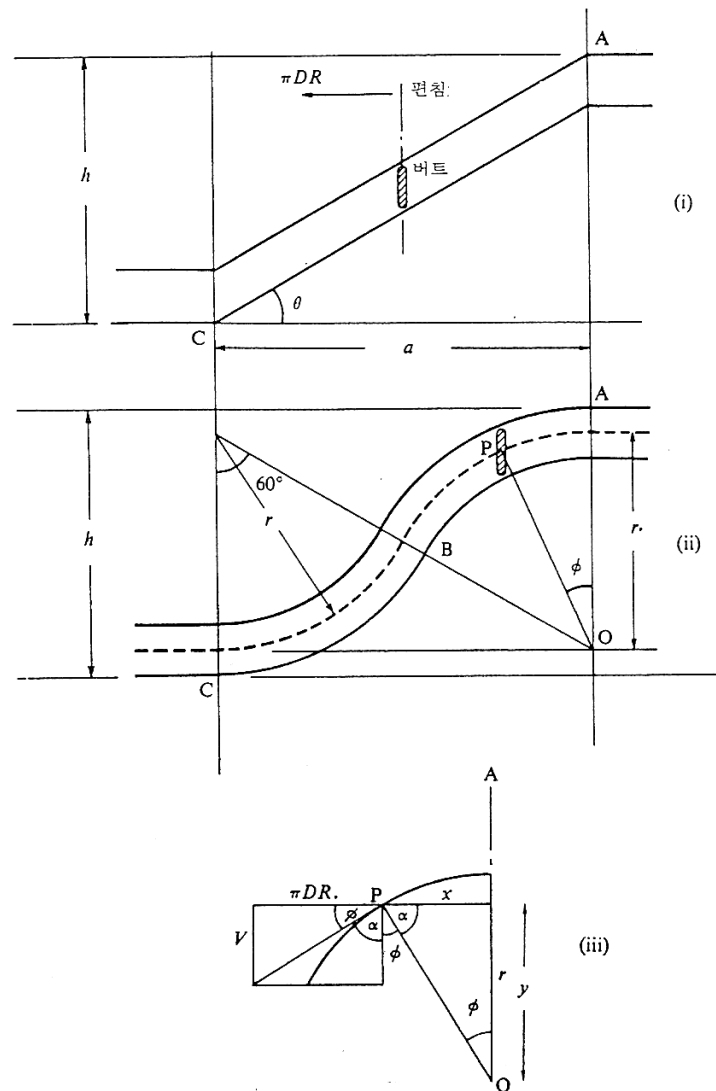
[예 제 33]

급사구(feeder)가 하나인 평편 저지편기(plain jersey machine)에는 회전실린더가 1개 있으며, 이 편기의 지름은 D_{cm} , 회전속도가 R_{rpm} 이다. 2개의 다운 드로우 캠에 있어[그림 16의 (i)와 (ii)] 둘 다 편기에 고정될 수 있다. 캠(i)은 선형캠으로 치수(cm)가 그림에 나와 있으며, 수평면에 대해 각 θ 를 이루고 있다. 캠(ii)는 반지름이 r_{cm} 인 2개의 동일한 원호로 구성되어 있는데, 각각의 원호는 그 중심에서 각도 60° 에 대응하고 있다. 이 캠의 치수(cm)는 그림에서 보는 바와 같다.

원호 AB에 해당하는 부분을 방적으로 나타내면,

$$x = r \sin \phi$$

$$y = r \cos \phi$$



<그림 16> 편기에서 캠을 설계할 때의 문제점

그리고 각 ϕ (라디안)는 0과 $\pi/3$ 라디안 사이의 값이며, 다음과 같은 사항으로 유도한다.

- ① 캠(i)의 트랙에 있는 캠 표면의 어떤 점에서 편침의 수직속도
- ② 캠(ii)의 트랙에서 AB부분에서의 편침의 수직속도
- ③ 전체 캠 트랙 AC부분에서 각각의 캠 트랙에 대한 편침의 원형의 통로를 따라 오른쪽에서 왼쪽으로 이동한다. 이 원형의 지름은 D_{cm} 이고 분당 회전속도는 R 이다. 따라서 왼쪽으로 이동하는 편침의 속도는 $\pi DR_{cm}/min$ 이다.

<그림 16(ii)>의 기하구조로부터 편침의 전체 수직 운동거리는 r 이며, 캠장치
의 전체높이 h 는 아니라는 것을 알게 된다. 각각의 경우에서 수직거리를 r 을
이동하는 데 걸리는 시간은 편침이 거리 a 를 이동하는 데 걸리는 시간일 것
이다. 왼쪽으로 이동하는 편침의 속도가 πDR ,이므로, 따라서,

$$\begin{aligned}\text{거리 } a \text{를 이동하는 데 걸리는 시간} &= \text{거리/속도} \\ &= \frac{r}{a / \pi DR} \\ &= \frac{\pi DRr}{a} \text{cm/min}\end{aligned}$$

선형 캠(i)의 경우에 r/a 는 $\tan \theta$ 와 같다. 그러므로 이정한 수직속도(결과
적으로 평균 수직속도)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}&\pi DR \tan \theta \text{ cm/min} \\ &= \frac{\pi DR \tan \theta}{6} \text{mm/s}\end{aligned}$$

원형트랙의 캠인 경우에는 다른 방법으로 접근한다. <그림 16(iii)>에서 점
P를 편침의 버트(butt)라 하고, 반지름의 r 인 원형의 통로를 수직선 AO로부터
변위 χ 에서 이동한다고 하자. O에서 P의 높이는 y 이다. 따라서,

$$\frac{\chi}{y} = \tan \phi$$

편침의 수평속도는 πDR 이며, <그림 16(iii)>에서는 벡터로 나타내었다. 그
러므로 수직속도 V 는 벡터의 함으로 구할 수 있다. 따라서,

$$\begin{aligned}\frac{V}{\pi DR} &= \tan \phi \\ V &= \pi DR \tan \phi \text{ cm/min} \\ &= \frac{\pi DR \tan \phi}{6} \text{mm/s}\end{aligned}$$

(여기서 ϕ 로 표시된 모든 각은 α 로 표시된 각을 더했을 때, 90° 가 됨에
주의)

V를 또 다르게 나타내면,

$$V = \pi DR \chi / y$$

$$V = \frac{\pi DR r \sin \phi}{r \cos \phi}$$

비록 r 이 최종식에서는 없어지지만, r 값이 편침의 수직속도에 영향을 분명히 미친다는 점을 주목하기 바란다. r 값이 적어짐에 따라 변위 χ 도 낮아지지만, 각 ϕ 는 더욱 커지며 따라서 편침의 속도는 더욱 빨라지게 된다. 더군다나 각이 60° 로 한정되면, 수직으로의 편침의 전체 변위는 더욱 적어져서 새로운 r 값으로 제한받게 될 것이다.