

광섬유 cable의 PMD 특성 고찰

PMD study of optical fiber cable

곽나은, 박호영, 오치환, 유기선, 강희전
 주식회사 옵토매직
nekwack@taihan.com

1. 서론

광섬유의 PMD 발생 원인으로는 광섬유 자체에 의해 발생하는 것과 Cabling 공정중에 외부의 stress에 의한 영향으로 크게 나눌 수 있다. 여기서 광섬유 자체 원인으로는 core부, cladding부의 타원형, core부의 기포, cladding의 잔류 응력, 코팅의 타원형등으로 나눌 수 있고 cable공정의 경우는 Loose tube 제조시의 tube 내경, 외경, 두께 등이고 SZ stranding시 바인드사의 장력, tension member의 상태, 쉬스시에는 꺾임, 과도한 늘림 등으로 나눌 수 있다. 따라서 PMD 특성은 Fiber뿐만 아니라 cable 구조설계에서부터 cable포설까지 여러 요소가 충분히 고려되어야 한다.

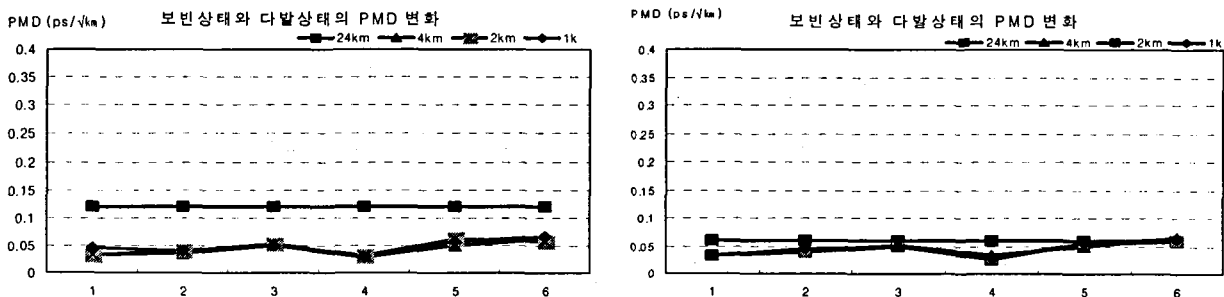
2. 본론

PMD는 Fiber의 기본적인 특징으로서 낮은 PMD값은 장거리-멀티-채널-data 전송 시스템에서 중요한 요소이다. 이에 광섬유 제조 과정에서 구조적인 문제점인 비원율적인 스트레스를 제거하고 케이블링과정에서도 bending 스트레스등의 외부환경에 의한 문제점을 최대한 개선하여 최적화시켜야 한다.

따라서 Cable 제조 조건에 따라서 PMD 변화 경향을 알아보려고 한다.

① 보빈 상태와 다발 상태의 Fiber PMD 변화

PMD값이 0.06ps/√km 이하인 광섬유 24km 보빈 20개와 0.10ps/√km 이상인 광섬유 24km 이상 보빈 20개를 발취하여 각각 1km, 2km, 4km 분할하여 직경 280mm 다발상태로 시험하였다. 보빈상태의 측압이 사라진 다발 상태의 PMD값은 고유 PMD값에 가까워짐을 알 수 있다. 즉, 광섬유가 보빈에 감겨 있는 상태에서는 fiber에 가해진 장력과 감겨져 있는 상태에 따라 PMD특성이 높게 나타난다.



② Tube 경에 따른 Loose tube 작업후의 PMD 변화

임의의 광섬유를 채취하여 Tube의 크기에 따른 Loose tube 작업후의 PMD를 측정하였다.

보빈 상태의 측압에 의한 영향이 L/T 작업 후 없어져 PMD 특성값이 낮아짐을 알 수 있다. Tube의 내, 외경은 Space factor와 Geometric factor에 있어서 중요하며 S/Z stranding 공정에서도 영향을 받을 수 있는 중요한 요소이다. 시험 결과 1.7/2.4 tube의 fiber PMD와 1.9/2.7 tube의 PMD는 L/T 작업 후

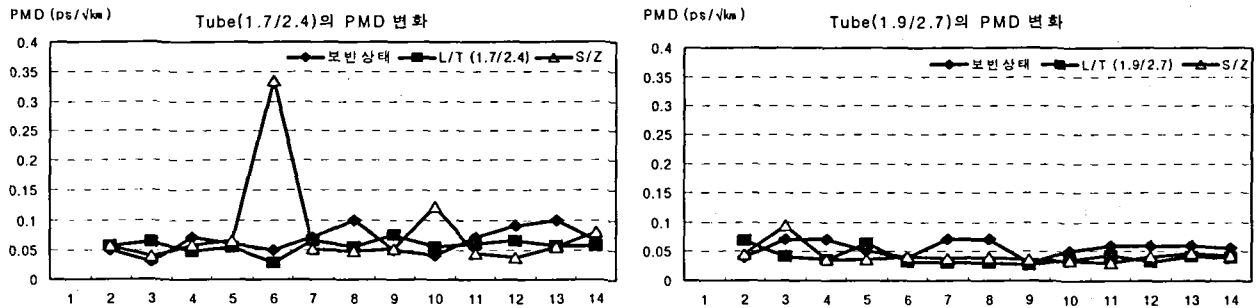
PMD 값이 L/T상태에서는 큰 차이가 없다.

$$S \cdot F = \frac{\text{루즈튜브단면적}}{\text{총광섬유단면적}} - 1 \qquad G \cdot F = \frac{(OD-ID)^2}{(OD+ID)^2} \times 100(\%) \text{ 식으로 표현되고}$$

1.7 / 2.4 tube의 G·F는 2.91 , S·F는 2.85 이며 1.9 / 2.7 tube의 G·F는 3.02 , S·F는 3.81 이다. Geometric factor와 space factor 값이 작을수록 상대적으로 후공정에서 변형될 가능성이 크다.

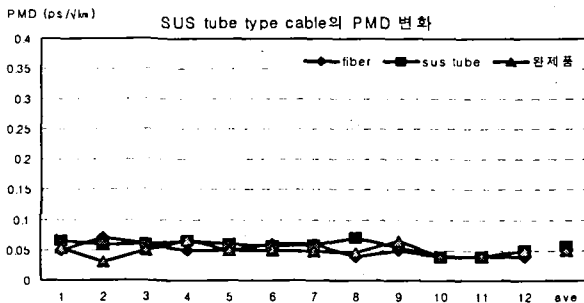
③ 외경이 다른 tube의 S/Z stranding 작업 후의 PMD 변화

1.7/2.4 tube와 1.9/2.7 tube을 각각 S/Z strander 작업을 한후 PMD를 측정하였다. 시험결과 1.7/2.4 tube로 S/Z 작업 후 PMD값이 높아진 심선이 있었다. 실제 PMD가 상승된 S/Z cable의 바인드사를 제거하여 tube 하나씩 정밀 조사한 결과 tube가 찌그러진 부분, tube 외경이 가늘어진 부분등이 나타났다. (그림 참조) S/Z stranding후 PMD의 변화는 Loose tube 제조상태에 따라 많은 영향을 받는 것으로 보인다. 즉 S·F(space factor)와 G·F(geometric factor)가 PMD 특성을 좌우한다는 것을 알 수 있다.



④ Stainless tube type의 cable과의 비교

2.4/2.8 sus tube을 작업한 후 각 공정별 PMD를 측정하였다. 시험 결과 stainless tube의 내, 외경은 일정하여 외압에 의한 tube의 변형이 없어 fiber가 일정한 space을 확보할 수 있어 안정한 값을 보이지만 위 그래프를 보듯이 Loose tube type cable은 간혹 높아지거나 불안정한 값을 나타낸다. 이는 작업 공정간의 외압에 의한 stress가 fiber의 PMD값에 영향을 준다고 볼 수 있다.



구 분	Loose tube		SUS tube
	1.7/2.4	1.9/2.7	
Space factor	2.85	3.81	6.68
Geometric factor	2.91	3.02	0.59
PMD 변화	0.05~0.34	0.04~0.05	0.03~0.06

3. 결론

보빈 상태의 다소 높은 PMD를 장력과 bending이 없는 다발 상태에서는 양호한 고유의 PMD 특성을 나타냄을 알 수 있다. Loose tube 상태에서도 광섬유가 안정적으로 놓여 있어서 PMD가 안정적인 경향을 보인다. S/Z stranding시에 loose tube의 geometric 이나 space에 따라 tube의 찌그러짐이나 꺾임, 눌림 등의 현상으로 외부 stress가 발생되어 PMD상승의 현상을 보였다.

Loose tube의 제조 원가 절감을 위해 tube의 내, 외경을 줄이는 것도 생각 할 수 있지만, PMD 측면에서는 충분한 space와 geometric을 갖는 것이 안정적이다. 결론적으로 PMD는 loose tube의 geometric factor와 space factor 및 S/Z stranding 조건에 따라서 값이 변화될 가능성이 많음을 알 수 있다.