

KR I-02030

Rev.12, 28 December 2023

통신케이블

2023. 12.



국가철도공단

REVIEW CHART

개정 번호	개정 일자	개정사유 및 내용(근거번호)	작성자	검토자	승인자
0	2012.12.5	설계기준체계 전면개정 (설계기준처-3537, '12.12.5)	조무호	석종근 오준호	김영우
1	2013.6.18	광케이블 포설공법 변경 (설계기준처-1940, '13.6.18)	조무호	석종근 오준호	김영우
2	2014.6.30	철도설계기준 개정(국토교통부 고시 제2013-757호, '13.12.5)에 따라 통신케 이블 보호방식 개정(설계기준처 -1862, '14.6.30)	황순길	김대원 김학렬	이동렬
3	2015.07.01	통신케이블 매설깊이 수정 (설계기준처-1839, '15.7.1)	김규곤	김학렬	이동렬
4	2016.06.21	광케이블 분류시 '색띠에 의한 광케이 블 분류' 추가(설계기준처-1682, '16.06.21)	황순길	손병두 이광재	김영하
5	2016.12.27	· 통신케이블 지중선로표지기 설치 · 보조광케이블 회선계획 기준 정립 · 광케이블 광학적 특성 설계기준 반영 · 광케이블 규격(난연, 비난연) 선정 기준 정립 (설계기준처-3680, '16.12.27)	황순길	손병두 이광재	김영하
6	2017.12.27	철도설계기준 및 편람 개정 (설계기준처-3853, '17.12.27)	신재범	이광재	이만수
7	2018.12.17	철도설계기준 및 편람 개정 (기준심사처-2831, '18.12.17)	신재범	오준호	민병균
8	2019.12.19	철도설계기준 및 편람 개정 (기준심사처-4359, '19.12.19)	신재범	오준호	박창완
9	2021.07.05	철도설계기준 및 편람 개정 (기준심사처-2690, '21.07.05)	함만식	이창현 신재범	최원일
10	2021.12.21	철도설계기준 및 편람 개정 (기준심사처-5033, '21.12.20)	함만식	이창현 신재범	유성기
11	2022.07.04	철도통신망 고도화 구축계획 수립 용역 결과 반영(기준심사처-2515, '22.06.30)	임선주	이창현 신재범	유성기
12	2023.12.28	스파이럴 슬리브 적용 범위 명확화 (기준심사처-4991호, '23.12.27)	임선주	이창현 서정민	김종호

목 차

1. 용어의 정의	1
1.1 광케이블	1
1.2 동케이블	2
2. 통신케이블 시공	3
3. 케이블 파문기의 깊이	3
4. 케이블 파문기 할 때의 주의사항	4
5. 횡단개소	4
6. 터널구간 케이블 시공	4
7. 교량구간 케이블 시공	5
8. 정거장 구내 케이블 시공	5
9. 케이블 포설	5
10. 통신케이블 보호	6
11. 광케이블 포설시 여장	6
12. 케이블 수용	7
13. 접속	7
14. 시험	8
15. 광케이블 감시장치	8
 해설 1. 광케이블	 9
1. 설계시 고려사항	9
2. 인터페이스 업무분계	10
3. 광케이블의 선정	11
4. 광케이블의 분류	11
5. 광케이블의 중계거리	12
6. 광케이블의 포설	13
7. 광케이블의 접속	14
8. 광케이블의 성단	14
9. 광케이블의 시험	14
9.1 일반사항	14
9.2 측정장비	15



9.3 광섬유의 손실측정법	17
9.4 시험항목별 측정방법	31
해설 2. 동케이블	45
1. 설계시 고려사항	45
2. 인터페이스 업무분계	45
3. 동케이블의 선정	45
4. 동케이블의 포설	45
5. 동케이블의 접속	45
6. 동케이블의 성단	46
RECORD HISTORY	47

1. 용어의 정의

1.1 광케이블

(1) 광섬유(또는 광섬유나선, Bare fiber)

강도열화를 방지하기 위한 코팅(Coating)이 입혀지지 않은(또는 코팅이 완전히 제거된) 순수한 석영의 광섬유

(2) 광섬유심선의 허용곡률반경

광섬유의 광학적 특성을 저하시키지 않는 최소의 구부림 반경

(3) 외피접속(Joint)

광섬유 심선 접속부를 충격이나 습기로부터 보호하기 위해 절단된 양측의 케이블의 피를 접속자재를 사용하여 접속하는 것

(4) 광섬유심선접속(Splice)

광섬유심선을 용착이나 기계적인 방법으로 접속하는 것으로 광섬유의 단말처리(코팅 제거, 절단), 접속, 접속부 보강, 접속여장처리를 포함함

(5) 용착접속(Fusion splice)

두 광섬유의 축을 맞춘 후 단면을 열로 정렬한 후 가열 용착하는 방법

(6) 기계식접속(Mechanical splice)

V-groove내 두 광섬유의 축을 맞춘 후 기계적으로 광섬유를 고정하여 접속하는 방법

(7) 커넥터(Connector)접속

커넥터를 이용하여 광섬유를 기계적으로 접속하는 방법

(8) 광섬유손실(Fiber loss)

광섬유를 투과한 광 전력의 세기로 광섬유의 전송특성을 평가하는 손실

(9) 접속손실(Splice loss)

광섬유의 접속부(용착, 기계식 등)에서의 입사 광 전력에 대한 출사 광 전력의 비(比)로서, 광섬유에 입사된 광 펄스의 후방산란광을 측정하여 접속점에서 후방산란파형의 단차를 양방향에서 측정하여 평균산술값으로 평가하는 손실

(10) 삽입손실(Insertion loss)

광커넥터, 광커플러 등 각종 광소자들의 결합부에서의 입사 광 전력에 대한 출사 광전력의 비(比)로서, 결합부에서 입사된 광 전력이 어느 정도 유효하게 출사단으로 전달되었는가를 평가하는 손실

(11) 광섬유심선 평균접속손실

광케이블 구간에 임의 광섬유심선에 대한 전체 접속점의 접속손실들의 평균값

(12) 반사손실(Return loss)

광섬유의 기계식접속부, 커넥터접속부, 광섬유의 종단 등에서 프레넬반사에 의해 입사단측으로 되돌아오는 광 전력



(13) 총손실(Total loss)

광케이블구간의 전송특성을 평가하기 위한 손실로서 광섬유손실과 접속손실, 삽입손실, 반사 손실을 포함하는 손실

(14) 경년변화

광 케이블 시설 후 케이블이 놓여 있는 환경조건 등에 의해 광섬유가 받는 자연적인 강도 피로

(15) 케이블 공장

케이블 선로에 따라 측정한 2점 사이의 길이

(16) 케이블 외장

케이블 선로의 길이 이외에 케이블의 포설 및 접속 등에 필요한 길이 등을 포함한 실제의 케이블 길이

(17) 스파이럴 슬리브(Spiral Sleeve)

케이블 외피 손상을 방지하기 위하여 케이블 외피에 감아주는 나선형 슬리브

1.2 동케이블

(1) 곡률 허용반경

케이블을 기계적, 전기적 특성을 변형시키지 않고 케이블을 구부릴 수 있는 반경을 말하며, 보통 케이블 외경의 6배 정도

(2) 케이블 여장

케이블의 공장 이외에 케이블의 포설, 가설 및 각종 접속 등에 필요한 길이

(3) 케이블 공장

케이블 선로에 따라 측정한 2점 사이의 길이

(4) 케이블 외장

케이블 선로의 길이 이외에 케이블의 포설 및 접속 등에 필요한 길이 등을 포함한 실제의 케이블 길이

(5) 정 조장

케이블 종류별 물품규격에 의하여 제품회사에서 생산되는 규격화(250m, 500m, 1000m 등 기준) 된 케이블 드럼 상태

(6) 특수조장

기설 관로시설이나 신설되는 구간의 토목구조물(교량, 터널)에 따라 정 조장으로 구성이 가능하지 않은 구간에는 그 구간의 거리를 확인하여 토막 케이블 발생을 억제하기 위하여 특수조장 케이블 드럼 사용계획을 작성하는 것

(7) 유니트(Unit)

25쌍(Pair) 케이블 심선 단위 구성으로 12(13)쌍, 15쌍 및 25(26)쌍으로 구성되며, 지정된 색별 바인드 테이프로 각각의 유니트가 구별 되도록 감겨져 있는 상태

(8) 심선접속

케이블 심선 상호간을 전기적으로 접속하는 것

(9) 외피접속

케이블 심선접속 후 심선을 보호하기 위하여 외피접속 자재를 사용 외피를 접속하는 것

(10) 절체접속

케이블 심선을 다른 쪽의 케이블 심선으로 바꾸어 접속하는 것을 말한다.

(11) 회선절체

어떤 회선을 다른 회선으로 바꾸어 주는 작업

(12) 대조접속

케이블 상호간을 접속할 때에 페어순 또는 층순으로 접속하지 않고 양쪽 케이블 심선을 대조하여 선번순으로 접속하는 것을 말한다.

(13) 할입접속

고장수리 또는 시설변경을 하고자 할 때 케이블 또는 심선 등에 여장이 없어 케이블 또는 심선을 보충해서 접속하는 것을 말한다.

(14) 격벽

케이블을 접속할 때 공기를 차단하고 케이블 접속보호를 위하여 수행하는 작업으로 젤리 콤파운드를 사용한다.

(15) 피뢰탄기반

주배선반에 취부하여 외부로부터 유입되는 과전압 또는 과전류 방전을 제한함으로써 인체와 전기통신 설비를 보호하기 위한 설비를 말한다.

(16) 성단

국내통신구에서 주배선반으로 케이블을 수용하는 공정을 말한다.

2. 통신케이블 시공

(1) 통신케이블은 철도용지 내에 지중매설 또는 관로방식으로 시공하여야 한다.

(2) 철도상황에 따라 다음 각 호와 같은 방식으로 시공한다.

- ① 토공부분 : 직접매설 또는 관로에 수용
- ② 터널과 교량 : 지지물 또는 관로에 수용
- ③ 정차장 구내 : 직접 매설 또는 관로에 수용

(3) 교류전철구간이나 교류전철화 계획구간에는 중차폐(15%이하)케이블을, 기타 구간에는 현장특성에 적합한 케이블을 시설할 수 있다.

3. 케이블 파묻기의 깊이

(1) 케이블의 지중매설 깊이는 케이블 위쪽에서 0.6m를 표준으로 한다.

(2) 흙돋움 부분은 축대벽의 안쪽에서 0.5m 이상, 축대벽이 없을 때에는 용지 한계에서 0.5m 이상, 각기 부분은 보수용 통로를 표준으로 하여 지형에 따라 공단이 따로 정한 기준에 의한다.



- (3) 케이블의 지중매설이 곤란한 곳으로서 신호 트러프가 설치되어 있는 장소에는 통신케이블과 공동수용 할 수 있다.
- (4) 연약지반, 비탈면 등 시공 및 유지보수가 어려운 개소는 피하여 시공하여야 하며, 케이블 인상·인하개소는 전선관 등으로 보호하여야 한다.

4. 케이블 파묻기 할 때의 주의사항

- (1) 부득이한 경우를 제외하고는 비탈면의 파묻기를 피하고 축대구간은 축대 밑으로 하고, 비탈구간은 비탈면 아래로 매설한다.
- (2) 연약지반 또는 침하 우려가 있는 장소는 피한다.
- (3) 비, 바람의 피해를 입을 장소는 피한다.
- (4) 전철주의 기초로부터 0.5m 이상 이격시킨다.
- (5) 가스관, 수도관 등 땅속의 금속체로부터 0.5m 이상 이격시킨다.
- (6) 강전선, 보안용 도체로부터 5m 이상 이격시킨다.
- (7) 케이블 인상, 인하개소는 전선관 등으로 보호한다.
- (8) 케이블이 축대벽 등에 접촉되는 개소는 적절한 보호조치를 한다.
- (9) 케이블 파묻기의 깊이를 소정의 깊이로 묻기 어려울 때에는 적절한 보호설비를 한다.
- (10) 4호 내지 6호의 간격을 둘 수 없을 때에는 그 접근개소를 불연성 절연물로 보호한다.

5. 횡단개소

- (1) 철도횡단 : 침목 밑에서 0.8m 이상 깊이에 충격 및 압력에 충분하게 견딜 수 있는 전선관을 사용하여 보호하고 예비관로를 설치하여야 하며 양단에는 인공(또는 수공)을 설치하여야 한다.
- (2) 고가(교량)구간 : 선로보수 기계작업에 케이블이 손상되지 않도록 강제 전선관에 수용한다.
- (3) 도로횡단(역광장, 화물하치장 포함) : 지표면에서 1m 이상 깊이에 충격 및 압력에 견딜 수 있는 전선관을 사용하여 보호하고 콘크리트 등 포장 개소에 인공(또는 수공) 및 예비관로를 설치하여야 한다. 다만, 지표면 포장개소로 케이블이 손상될 염려가 없다고 판단될 때에는 0.6m 까지 줄일 수 있다.
- (4) 하천횡단 : 소하천을 횡단하여 시설할 때에는 하천 바닥으로 부터 1m 이상의 깊이에 묻고 대하천을 횡단할 때에는 교량 등에 첨가하여 적절한 보호시설을 한다.

6. 터널구간 케이블 시공

- (1) 케이블은 되도록 대피소 측으로 포설하여야 한다. 다만, 부득이한 경우는 예외로 한다.
- (2) 케이블은 진동 및 외부충격에 견디도록 피트, 관로 또는 전선관에 수용하고 부득이하게 가공으로 시설할 때에는 다음과 같이 한다.
 - ① 조가선에 케이블을 시설할 때에는 가공케이블 시공에 따른다.

- ② 터널벽에 붙여 시설할 때에는 금속덕트나 도관전선관에 수용한다.

7. 교량구간 케이블 시공

- (1) 교량구간은 공동관로에 포설하되 부득이 다른 장소에 포설할 때는 진동 및 외부 충격에 견디도록 보호관에 수용하여야 한다.
- (2) 교량에 포설한 케이블은 온도변화에 의한 케이블 길이변화를 대비한 여장을 확보하여야 한다.

8. 정거장 구내 케이블 시공

- (1) 정거장 구내의 기설 통신케이블과 같은 위치에 포설할 때는 같은 관로에 수용한다. 다만, 부득이한 때는 예외로 한다.
- (2) 궤도횡단 양측케이블 분기점과 단자함 인입 개소에는 인·수공을 둔다.

9. 케이블 포설

- (1) 케이블 드럼을 운반할 때에는 화살표 방향으로 회전시킨다.
- (2) 케이블 드럼을 해체할 때에는 케이블을 다치지 않도록 주의하여 취급한다.
- (3) 케이블의 포설 방향은 시단이 상부(장비)측으로 종단(끝기 고리부착)이 하부(단말)측으로 포설하여야 한다.
- (4) 케이블 끝단 처리는 습기가 들어가지 않도록 밀봉한다.
- (5) 케이블은 허용장력이하로 인장 포설하여야 하며, 급격히 세게 끌거나 멈추어서는 안되며 균일한 장력으로 포설하여야 한다.
- (6) 케이블 포설시 케이블이 땅 또는 인·수공 바닥에 끌리지 말아야 한다.
- (7) 케이블의 허용곡선은 다음에 의한다.
 - ① PE 또는 PVC 케이블 : 외경의 10배
 - ② 알루미늄 케이블 : 케이블 외경이 30mm 이하인 때는 외경의 20배, 케이블 외경 30mm 이상인 때 외경의 30배
- (8) 케이블 포설시 당기는 속도(10m/분 이하)가 균일하도록 하고 급히 당기는 예가 없도록 한다.
- (9) 케이블의 최대 인장력보다 적은 힘으로 당기도록 하며 마찰력을 줄이기 위해 윤활제를 사용하여야 한다.
- (10) 트로프 내 포설 시 콘크리트 바닥에 케이블이 끌리지 않도록 로울러 받침대(약 2m 간격)를 설치하여 인력으로 포설한 후 케이블을 들어 올려 트러프 내에 천천히 내려놓아야 한다.
- (11) 케이블을 포설한 경로에는 케이블 매설표지를 설치하여야 하며 설치 간격은 다음과 같다.



- ① 궤도중심에서 거리가 일정한 구간은 50m 마다 1개
 - ② 궤도중심에서 거리가 변형될 때 그 지점마다 1개
 - ③ 케이블 포설 방향이 갑자기 변경되는 지점마다 1개
 - ④ 케이블 접속 지점에는 접속표지를 접속점 바로 위에 설치한다.
 - ⑤ 도로 또는 아스콘 등으로 포장된 곳의 지중케이블 매설경로에는 금속지중선로표지기를 역구내는 5m, 역간은 10m마다 설치한다.
- (12) 인·수공내 케이블에는 케이블마다 종류, 선로명이 표시된 명찰을 부착하여야 한다.
- (13) 역구내 및 도로횡단 등 포장개소에는 지중선로표지기를 설치하여 지중케이블 매설 루트 파악이 용이하도록 하여야 한다.

10. 통신케이블 보호

- (1) 통과 인·수공내 내관으로부터 노출된 광케이블에 대해서는 스파이럴 슬리브를 이중으로 중첩되게 씌워 케이블을 외부 충격으로부터 보호하고, 다른 케이블로부터 짓눌림을 받지 않도록 지지철물 받침대에 케이블 타이로 고정시켜야 한다.
- (2) 광케이블 접속이 완료된 후, 접속점 인공내 노출된 케이블의 여장은 외부 충격으로부터 케이블이 보호될 수 있도록 스파이럴 슬리브를 이중으로 중첩되게 씌우고, 허용곡률 반경에 유의하여 감아 정리한 후 인·수공 벽에 새들로 고정시켜야 한다.
- (3) 인·수공과 관로와의 접속부에는 통신케이블 외피 손상 방지를 위하여 스파이럴 슬리브 등으로 적절한 보호조치를 하여야 한다.
- (4) 통신케이블을 격벽이 있는 공동관로에 포설할 때에는 내관을 생략한다. 단, 통신용 전용칸이 없는 공동관로에 포설할 경우에는 타분야 케이블과 구분 및 보호를 위해 내관 등을 시설하여야 한다.
- (5) 광케이블은 외부 충격과 쥐 등의 설치류에 의한 피해를 받지 않도록 강대외장 광케이블로 시설하여야 한다.(단, 내관 내 포설시 현장여건을 고려하여 제외)

11. 광케이블 포설시 여장

- (1) 통과 인공 여장은 상부측 0.5m, 하부측 0.5m 이상(향후 접속 등을 감안하여, 인공내 케이블걸이에 고정시킬 수 있는 여장 확보)
- (2) 견인여장은 0.6m 이상
- (3) 국내 성단부 성단 접속여장은 2m 이상
- (4) 접속점 수용맨홀 내에서의 광케이블 여장산출은 다음과 같다.

표 1. 광케이블 여장 산출표

구 분	광케이블 종류 (루즈튜브기준)
접속점 수용맨홀	직3호이상
고장복구여장(m)	3.4
접속여장(m)	1.2
중간분기접속여장(m)	2.4

(5) 길이산출

① 지하관로구간 : $PL=L+(C*2)+(PA*n)+(BC*n)+(E*2)+P+M+S$

② 성단구간 : $TL=L+C+(BC*n)+(PA*n)+P+M+T+S$

③ 광케이블구간 총길이 : $Total=(PL*N)+(TL*N)$

④ 표기내용해설

- L : 케이블 공장
- C : 접속인공여장(통과인공여장+접속여장2.3m)
- PA : 통과맨홀여장
- BC : 분기접속여장
- E : 고장복구여장
- P : 견인여장
- M : 측정에 필요한 길이
- S : 기타 작업필요 여장
- T : 성단접속여장
- n : 예상분기점수 또는 통과인공수
- N : 피스수 또는 성단피스수

12. 케이블 수용

표 2. 케이블 수용 관경

구분	관경	케이블 외경	비고
외관	100mm	87mm이하	
내관	25mm	18mm이하	
	28mm	18mm이하	
	36mm	24mm이하	

13. 접속

- (1) 케이블 접속의 종류는 직선접속, 분기접속, 가요접속, 장하접속(슬리브 봉입형), 상자형 장하선로 접속, 이중 케이블 접속 등으로 구분한다.



- (2) 광코어의 접속은 용착접속을 원칙으로 하되 필요시 기계식으로 접속할 수 있다.
- (3) 광분배함에서의 접속은 광코어와 광 점퍼코드간에 용착 접속하고 열수축튜브로 보호하여야 한다.
- (4) 케이블 인장선 및 외피가 도체(철, 알루미늄 등)일 경우 커넥터, 슬리브 압착, 본드 클립에 의해 접속하고, 절연체(합성수지류)인 경우 풀리지 않도록 견고하게 접속한다.
- (5) 케이블 접속시 케이블 여유를 두고 케이블 종별에 맞는 접속 공법에 따르고 접속부분에는 인·수공 또는 접속방호합체로 기능을 대신할 수 있다.

14. 시험

광케이블 시험은 본 지침의 해설에 따른다.

15. 광케이블 감시장치

- (1) 광케이블은 과학적 관리 및 성능, 품질 등을 자동으로 원격 감시할 수 있도록 감시장치를 설치하여야 한다.
- (2) 광케이블 감시장치의 성능 및 품질은 중앙 및 지역별로 주광케이블의 감시가 가능하여야 하며, 지리정보시스템과 연동 구축하여 성능 및 품질의 이상발생시 신속한 조치가 가능하여야 한다.

해설 1. 광케이블

1. 설계시 고려사항

- (1) 철도 전 구간에는 간선 케이블로 선로 좌측과 우측에 광케이블(Optical Fiber Cable)을 시설하되 부득이한 경우 감독자와 협의 후 반영한다.
- (2) 광케이블의 종류는 통신선로의 시설 형식 및 용도에 따라 적용한다.
- (3) 광케이블 시공에 따른 맨홀 및 관로 내의 수분, 허용포설장력, 허용곡률반경 등을 감안하여 적용한다.
- (4) 광케이블은 정보전송의 원활한 흐름을 위해 다음과 같이 광 코어(Core) 수를 선정하여 적용한다.

① 광케이블의 코어(Core) 선정

철도정보통신망 구축에 필요한 광케이블의 소요 코어(Core) 수는 다음과 같으며, 사업구간별 회선소요 등에 따라 코어(Core) 수량은 가감할 수 있다.

가. 주 광케이블

- (가) 기간망 : 8 코어 이상(DWDM, IP-MPLS 등)
- (나) 구간망 : 12 코어 이상(MSPP, MPLS-TP, IP-MPLS)
- (다) 역간 또는 연선망 : 12 코어 이상(MSPP, MPLS-TP, IP-MPLS)
- (라) 영상망 : 2코어 이상
- (마) 열차무선망(LTE-R) : 4코어 이상
- (바) 기타회선
 - 1) 광케이블 감시장치용 : 2 코어 이상
 - 2) KTCS-2 : 8 코어 이상
 - 3) SCADA : 8 코어 이상
 - 4) 사물인터넷(IoT) : 10 코어 이상
 - 5) 예비 : 운용회선의 20% 이상

나. 보조 광케이블

- (가) 선로변통합인터페이스망 : 4 코어 이상
- (나) 영상감시용(선로변설비) : 8 코어 이상
- (다) 재난방송용 : 2 코어 이상
- (라) 기타회선
 - 1) 선로변 신호설비(KTCS-2 등) : 8 코어 이상
 - 2) 선로변 전기설비(SCADA 등) : 8 코어 이상
 - 3) 선로변 사물인터넷(IoT) : 10 코어 이상
 - 4) 예비 : 운용회선의 20% 이상

다. 열차무선용 광케이블(DU→RRU)



(가) 상·하선 : 각 4코어 이상

② 철도 선로의 특성상 광케이블의 필요 코어(Core)수는 다음과 같은 조건에서 증설할 수 있다.

- 가. 각 구간의 특성상 역간 또는 구간망, 구간망, 기간망 등이 중첩되는 개소
- 나. 전송망 노드 끝단이거나 타 노선의 우회 루트를 고려할 필요가 있는 개소
- 다. 영상감시설비 또는 정보통신망 설비의 트래픽(Traffic)이 많아 거점 노드와 선형 구성이 필요한 개소
- 라. 기타 증설 코어(Core)가 필요한 개소

- (5) 광케이블 배선은 장래 증설계획에 따라 탄력적으로 수용할 수 있도록 적절한 배선법을 적용한다.
- (6) 광케이블은 해당구간의 전송방식 및 중계거리 등을 감안하여 광 손실을 만족하는 범위 이내로 한다.
- (7) 광케이블은 지형 및 포설조건, 기타사항(접속, 견인 등) 등에 따라 케이블의 여장을 확보한다.
- (8) 광케이블 접속은 심선접속과 외피접속으로 구분되며, 심선접속은 융착접속을 원칙으로 하며, 외피접속은 심선접속부를 충격이나 습기로부터 보호하기 위해 접속관을 이용하여 접속한다.
- (9) 광케이블은 광분배함에 성단하며, 광 선로의 이상 유무를 확인하기 위해 광측정 장비를 이용하여 각종 손실 및 시험을 측정한다.
- (10) 광케이블의 광학적 특성은 ITU-T G.652 시리즈 최신버전을 만족하여야 한다.
- (11) 연속되는 노선에서 주광케이블 코어 용량이 구간마다 다르게 산정될 경우에는 광케이블 사용의 연속성을 위하여 상위용량으로 설계 반영하여야 한다.
- (12) 광케이블 외장용 강대는 침공, 박피 등 결함이 없어야 하고, 그 특성은 아래 기준을 만족하여야 한다.

표 3. 광케이블 특성

종별		인장강도 (kg f/mm ²)	신장율 (%)	두께 (mm)	비고
코폴리머 코팅강대 (한면)	스틸테이프	30 이상	15 이상	0.15±0.025	
	코폴리머 코팅(한면)	-	-	0.038 이상	

2. 인터페이스 업무분계

- (1) 본선용 광케이블의 포설은 통신실 OFD를 기준점으로 본선~OFD 성단까지 전송망시설(선로)에서 시설한다.
- (2) 기타 영상감시설비(선로전환기, 낙석개소 등), 열차무선용(터널 중계기) 등의 광케이블

은 각 설비에서 시설한다.

3. 광케이블의 선정

터널 및 지하구간, 건물 인입구간에는 난연케이블 또는 난연도료 도포 등을 적용한다.

4. 광케이블의 분류

(1) 외피에 따른 분류

- ① 난연 광케이블
- ② 비 난연 광케이블

(2) 사용 장소에 따른 분류

- ① 관로용 광케이블
- ② 가공용 광케이블
- ③ 직매용 광케이블
- ④ 수저용 광케이블
- ⑤ 옥내용 광케이블

(3) 전파모드에 따른 분류

- ① 다중모드(Multi Mode)
- ② 단일모드(Single Mode)

(4) 도파에 따른 분류

- ① 계단형 다중 모드(Step Index Multi Mode)
- ② 언덕형 다중 모드(Graded Index Multi Mode)
- ③ 단일 모드(Single Mode)

(5) 구조에 의한 분류

- ① 일반광케이블
 - 가. 루즈 튜브 광케이블(관로용)
 - 나. 리본 슬롯형 광케이블(관로용)
- ② ABF(Air Blown Fiber) 광케이블

(6) 색띠에 의한 구분

- ① 전송망용 : 파란색(R:142, G:180, B:227)
- ② 영상감시(CCTV)용 : 노란색(R:255, G:255, B:153)
- ③ 열차무선용 : 주황색(R:225, G:149, B:73)
- ④ 선로변 통합인터페이스 통신설비용 : 녹색(R:0, G:102, B:0)



(설치 예시)

광케이블 용도별 색띠

공사구분	규격	용도	색띠 색상
통신선로	OF-SM-48C	전송망	파란색(R:142, G:180, B:227)
영상감시설비	OF-SM-12C	영상전송	노란색(R:255, G:255, B:153)
열차무선설비	OF-SM-4C	열차무선전송	주황색(R:225, G:149, B: 73)
연선전화설비	OF-SM-4C	선로변통합인터페이스통신설비	녹색(R: 0, G:102, B: 0)

※ 색띠 : 광케이블 외피에 양쪽으로 2줄 인쇄
※ 시설정보글자 : 1m 간격으로 인쇄 (글자크기 : 2.5~3mm, 글자색 : 백색)

코어수/규격/제조사 발주처 (노선명) 케이블용도

케이블 외피상 해당 노선명을 추가

※ 열차무선, 영상감시설비 통합 광케이블 경우
⇒ 색띠 : 주황색, 글자 : "열차무선전송, 영상전송"

5. 광케이블의 중계거리

(1) 광전송 케이블 손실 설계 기준

- 광케이블의 km당 손실설계는 중계 구간당 허용손실 범위를 만족시킬 수 있도록 한다.
- 광케이블의 접속손실은 접속 개소당 유지되어야 할 평균 접속 손실이므로 전체 접속 손실의 합계가 평균 접속손실의 합계치 이하로 유지되도록 하되 개소당 0.4dB를 초과할 수 없도록 한다.
- 접속손실의 측정은 광원 및 광 출력계에 의한 컷백(Cut Back) 방법이 원칙이나 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)에 의한 후방 산란 방법으로 측정시 상위국 및 하위국 방향에서 측정한 절대값을 산술 평균값으로 산정 한다.
- 접속손실 계산식 : 접속손실의 개소당 평균과 합계는 다음과 같이 한다.

접속손실 합계 : 개소당 평균 접속 손실 × 접속 개소

$$\text{개소당평균접속손실} = \frac{|\text{상위국 방향 손실}| + |\text{하위국방향 손실}|}{2}$$

(2) 광전송 손실배분 기준(1,550nm, STM-1 기준)

- 광 출력 레벨 (Ps) : 광 송신기(LD) 모듈의 광 점퍼 종단출력으로서 전송방식별로 상

이하지만 -2dBm으로 한다.

- ② 광 수신 레벨 (Pr) : 광 수신기 (APD/PIN) 모듈의 광 점퍼 종단입력으로서 전송방식별로 상이하지만 -28dBm으로 한다.
- ③ 시스템 마진 (Me) : 광 송신기(LD) 및 광수신기(APD)의 경년 변화를 고려한 기계장치의 동작 여유도로서 단일모드 광섬유인 경우 3dB로 한다.
- ④ 커넥터 손실 (Lc) : 광 단국장치의 송수신기 모듈과 광섬유 케이블을 연결하는 광 커넥터의 삽입 손실은 0.5dB로 한다.
- ⑤ 환경 마진 (MC) : 중계 구간에서 예견되는 계절에 따른 변화 등 외부환경의 손실을 고려한 마진으로 시스템 당 2dB로 한다.
- ⑥ 접속손실 (Ls) : 광 분배기에서 외부 광케이블과 광섬유 코드간 용착접속에 따른 손실은 평균 0.025 ~ 0.3dB/개소이나 0.15dB/개소로 설정한다. 중간 접속함에서 광케이블 상호간 용착 접속에 따른 손실은 평균 0.05 ~ 0.1dB/개소이나, 접속손실은 평균치이므로 개소당 0.15dB 이내인 경우 전체 접속 손실의 합계를 초과하지 않는 경우 허용할 수 있다.
- ⑦ 최대 중계거리 (Lm) : 교량 등을 통과하는 경우, 케이블 조장을 조정하여 중간 접속점을 줄여서 접속손실을 최소화한다.
단, 단위 km당 광케이블 손실 (Lo)는 0.35dB/km로 계산하면 최대 중계거리 계산식은 다음식과 같다.

$$Lm = \frac{Ps - Pr - Me - N \times Lc - Mc - n \times Ls}{Lo}$$

N: 콘넥터접속개소
n: 용착접속개소

6. 광케이블의 포설

(1) 광케이블 조장

- ① 일반 토공구간에서는 표준드럼을 사용하며, 터널 및 교량구간은 추후 유지보수시 열차 운행에 따른 안전성에 문제가 없도록 특수드럼을 사용한다.
- ② 광케이블 포설은 해당 구간의 관로 시설 또는 지형 및 포설 여건(관로의 마찰계수 및 허용장력)을 감안하여 케이블에 무리가 가지 않도록 피스 길이를 결정하며, 각종 여장을 포함한다.
- ③ 정확한 피스 설계로 공사 잔품(토막케이블)이 발생치 않도록 한다.
- ④ 해당 구간의 전송방식 및 중계거리를 감안하여 허용 광 손실을 만족하는 범위 이내로 한다.
- ⑤ 루트 설정 구간의 포설 장력을 계산하여 허용 인장력 이내의 포설 거리로 선정한다.
- ⑥ 광케이블 포설 단위길이는 2km를 기준으로 하되, 현장지형 및 포설여건 등을 고려하여 광케이블 포설 단위길이를 정한다.

(2) 광케이블의 보호

- ① 인·수공 내부에 노출된 케이블은 스파이럴 슬리브로 보호한다.



② 통신실 내 해당 랙 하부부터 OFD함까지 노출된 케이블은 스파이럴 슬리브로 보호한다.

7. 광케이블의 접속

(1) 심선접속

- ① 광케이블의 심선 접속은 용착접속을 원칙으로 한다.
- ② 기계식 접속자에 의한 접속은 사고시 응급복구용으로 사용한다.
- ③ 커넥터 접속자에 의한 접속은 광케이블 성단시 사용한다.

(2) 외피접속

외피접속자재는 광섬유 접속부와 광섬유 심선을 충격이나 습기로부터 보호하기 위한 내부 접속관과 외부로부터의 충격을 완화하고 물의 침투를 방지하여 내부 접속관을 보호하기 위한 외부 접속 함체로 한다.

8. 광케이블의 성단

광케이블의 역사 인입을 위하여 통신실 기기배치도에 적합한 장소를 선정하고 장비상 호간 및 장래 증설 계획에 지장이 없도록 하여 광 점퍼코드(Jumper Cord)를 이용하여 성단 한다.

9. 광케이블의 시험

9.1 일반사항

- (1) 광섬유를 측정하기 전에는 피측정 광섬유의 종류(굴절율 포함), 시험항목, 측정환경(피측정구간의 광커넥터, 전송방식별 사용과장, 측정거리, 사용전원 등) 등을 확인하고, 필요한 측정기 및 자재 등을 사전에 준비하여 측정에 오류가 없도록 하여야 한다.
- (2) 광섬유종류별 전송특성을 평가하는 측정항목 및 측정법은 아래와 같다.

표 4. 광코어 측정방법

광섬유 측정항목		측정법		후방 산란법	반사손실 측정법	주파수 영역법
		투과측정법	삽입법			
단일모드 다중모드	손실 (Loss)	단위구간손실[dB]	○			
		총손실[dB]		○		
		접속손실[dB/개소] (용착, 기계식)			○	
다중모드	대역폭(Band width) [dB]					○
광커넥터	반사손실(Return loss) [dB]				○	
	삽입손실(Insertion loss) [dB]		○	○		

- (3) 측정자는 사용할 측정기에 대한 운용법 및 측정 데이터의 분석에 충분한 지식을 습득 하여야 한다.
- (4) 동일한 시험항목 및 측정항목은 가급적 동일인이 하여야 한다.

- (5) 측정항목별 측정데이터의 정확한 비교분석을 위해 측정기상의 측정변수(펄스, 평균화 계수, 광전력 감쇠량 등)는 동일한 조건으로 하도록 한다.
- (6) 측정과장의 선택은 피측정구간의 전송방식별 사용과장에 준한다.
- (7) 측정기와 측정용 표준광점퍼코드(이하 “표준코드”라 한다) 또는 측정용 표준다심분리형광코드(이하 “표준다심분리코드”라 한다), 피측정광섬유심선(이하 “피측정심선”이라 한다) 등과의 연결시는 다음과 같이 한다.
 - ① 측정기에 결합되는 광커넥터 등에 묻은 먼지나 이물질은 측정결과에 영향을 주므로 커넥터 단면에 이물질이 묻지 않도록 주의한다.
 - ② 광커넥터의 찰탁반복으로 인한 커넥터 단면손상에 주의한다.
 - ③ 표준코드나 피측정심선에 부착된 광커넥터가 단면손상으로 광학적 특성이 저하되었을 경우에는 현장용 광커넥터연마기로 커넥터 단면을 연마하거나 광점퍼코드를 교체한다.
 - ④ 측정기의 광전력과 수광전력 범위 등을 확인하고, 광원이나 광검출기에 강한 광전력이 입사되지 않도록 피측정심선을 연결하기 전에 광섬유심선대조기로 광신호의 전반유무를 확인하여야 한다.
- (8) 광섬유 측정시 주의사항은 다음과 같다.
 - ① 측정기의 광원에서 나오는 레이저(Laser)는 눈으로 들여다 보지 말아야 한다.
 - ② 측정기는 전원을 켜고 10분 이상 경과한 후, 안정된 상태에서 측정하여야 한다. 또한, 측정기의 보호 및 전자파에 의한 영향을 감소하기 위해 측정기 접지단자를 접지시킨다.
 - ③ 광섬유 측정에서는 여진조건에 의해 측정결과가 크게 좌우되므로, 측정코드류의 곡률 반경을 작게 한다든지 충격이나 진동이 가해지지 않도록 한다.

9.2 측정장비

- (1) 광섬유의 측정방법별 측정장비는 아래와 같다.

표 5. 광코어 측정장비 및 공구

장 비 명		수량	용 도(특징)	투 과 법		후방 산란 법	반사 손실 측정 법	주파 수 영역 법
				컷백 법	삽입 법			
측 정 장 비	OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)	1대	광섬유의 상대손실과 접속손실을 평가할 수 있는 광펄스시험기 (1.3 μ m/1.55 μ m)			○		
	광원 (Light source)	1대	광손실을 측정하기 위해 광전력을 발생시키는 장비(1.3 μ m/1.55 μ m, 파장시간에 따른 변화가 없어야 함.)	○	○			
	광검출기 (Power meter)	2대	광전력의 세기정도를 측정하는 장비(1.3 μ m/1.55 μ m, 1.0 μ m이상)	○	○			



장 비 명	수량	용 도(특징)	투 과 법		후방 산란 법	반사 손실 측정 법	주파 수 영역 법
			컷백 법	삽입 법			
		과장 검출기능(Ge 검출기))					
정현파변조 광원	1대	광펄스를 정현파로 변조시키기 위해서 주파수발진기, 구동부, 광원으로 구성된 측정기(1.3 μ m)					○
대역폭측정기 (광검출기 포함)	1대	정현파로 변조된 광신호를 전기 신호로 복조하여 주파수대역을 측정할 수 있는 분석기(1.3 μ m)					○
반사손실측정기 (Return loss meter)	1대	광섬유내를 전반하는 광전력의 반사량을 측정하는 장비				○	
측 정 공 구	리본광섬유 손실측정용 심선선택기	1대	리본심선의 접속손실측정시임의 광섬유를 선택하는 장치			○	
	광섬유벤더 (Fiber bender)	1개	반사손실을 측정하기 위한 광섬유 종단처리 기구			○	
	의사광섬유 <주1>	1개	광섬유 여진용 (L \geq 500m, Dummy fiber)			○	
	모드스크램블러 <주2>	1개	다중모드광섬유의 여진용 (Mode scrambler)	○	○		○
	광섬유어댑터 (Fiberadaptor)	3개	광섬유심선과 커넥터간 연결 (커넥터와 동일 구조)	○			○
	어댑터 (Adaptor)	2개	커넥터 간 접속 (커넥터 종류에 적합한 구조)		○		
	표준코드 <주3>	3개	측정기와 피측정심선과 연결용 (양단 커넥터부착된 단심광점퍼 코드, 길이 2m 이상)		○		○
	표준 다심분리코드 (Fan-out cord)	1개	측정기와 피측정 리본심선과 연 결용(단심커넥터 및 리본커넥터 (리본심선)가 부착된 광점퍼코드, 길이 2m이상)			○	

장 비 명		수량	용 도(특징)	투 과 법		후방 산란 법	반사 손실 측정 법	주파 수 영역 법
				컷백 법	삽입 법			
기 타	광섬유접속장치	1대	의사광섬유와 피측정광섬유 접속(융착접속기,V홈정렬장치, 기계식접속자 등)			○		
	광섬유심선 접속공구	1식	피측정 광섬유 절단	○		○		○
	외피접속 (탈피)공구	1식	피측정 광케이블의 외피제거	○		○		○
	광전화기<주4> (Optical talk set)	2대	측정지점 간(또는 접속지점 과 측정지점간) 연락망 구성	○	○	○	○	○
	광섬유심선 대조기	1대	접속지점의 광섬유심선 대조 (Identifier)			○		
	광커넥터 연마기	1대	광학적특성이 저하된 광커넥터의 단면 연마 (Hand held retropolisher)	○	○	○	○	○
	광커넥터 클린테이프	1개	표준코드 및 피측정심선의 광커넥터 단면 청소	○	○	○	○	○

<주1> 리본광섬유손실측정용 광심선선택기 사용시 제외

<주2> 다중모드광섬유 여진기로서 삽입법에서는 양단에 커넥터가 부착된 의사광섬유(길이 200m 이상)를 사용할 수 있다.

<주3> 피측정구간에 연결된 광커넥터 및 측정장비에 부착된 광커넥터의 종류에 따라 광점퍼코드의 종류(SC-SC형, SC-FC형, SC-바이코닉형, 바이코닉-바이코닉형, 바이코닉-FC형 등)를 선택한다.

<주4> 기타 통신시설로 연락망 구성 가능

9.3 광섬유의 손실측정법

9.3.1 투과측정법(Typical setup of attenuation measurement)

투과법은 광섬유를 전반한 광전력의 감쇠량을 직접 측정하는 방법으로 광섬유의 손실특성을 입사단의 광전력과 출사단의 광전력의 비율로 나타낸다. 측정방법으로는 입사단의 광전력 평가방법에 따라 삽입법(Insertion method)과 컷백법(Cut-back method)으로 구별하며, 실제 광선로구간에는 삽입법에 의해 광섬유손실을 측정한다.

(1) 컷백법(Cutback method)

서로의 거리가 L만큼 떨어져 있는 두개의 광섬유단면 사이의 손실은, 피측정 광섬유의 출사단에 있어서의 광전력을 P_{out} , 입사단에 있어서의 광전력을 P_{in} 라 하면, 피측정 광섬유의 손실 ac 는 다음과 같이 정의된다.



① 광전력을 [w]으로 표시하는 경우,

P_{out}

$$ac[dB] = -10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1)$$

P_{in}

② 광전력을 [dBm]으로 표시하는 경우,

$$ac[dB] = - (P_{out} - P_{in}) \quad (2)$$

가. 측정조건

(가) 손실측정의 기준파장 선택은 피측정구간의 전송방식별 사용파장에 따른다.

표 6. 전송방식별 사용파장

전송방식별 사용파장	손실측정 기준파장	광 원(Light Source)		비 고
		중심파장	반치전폭	
1300nm	1300nm	1300±15nm	25nm	
1550nm	1550nm	1550±15nm	25nm	

(나) 손실측정은 전송되는 빛의 모드파워분포가 광섬유의 길이에 관계없이 일정한 평형 모드상태에서 측정되어야 하며, 이를 위해서는 피측정 광섬유의 입사단에 여진기(勵振器), 모드스크램블러(Mode scrambler), 의사광섬유(Dummy fiber) 등을 사용하여 입사되는 광전력의 분포를 정상화시켜야 한다.

(다) 광원은 측정절차가 완료될 때까지 충분히 긴 시간 동안 광원의 위치, 세기 및 파장이 안정되어야 하며, 수신단에서 신호대잡음비(S/N ; Signal to Noise ratio)를 개선하기 위하여 광원을 변조시킬 수 있다.

(라) 광검출기는 광섬유에서 나오는 모든 광을 받아들일 수 있어야 하며, 사용되는 광원의 분광특성에 적합하여야 한다. 또한, 검출기는 일정한 특성을 유지해야 하며, 수광되는 광전력에 대하여 선형성을 가져야 한다.

(마) 입사단의 광전력 측정에서는 광이 피측정 광섬유로 입사될 때, 클래딩모드나 리키 모드 등으로 인해 입사광전력이 크게 측정되기 때문에 컷백지점(입사광전력의 측정지점)은 광의 입사지점으로 부터 2m 이상으로 하여야 한다.

나. 측정준비

(가) 컷백법을 이용한 광손실 측정계의 구성은 아래와 같다.

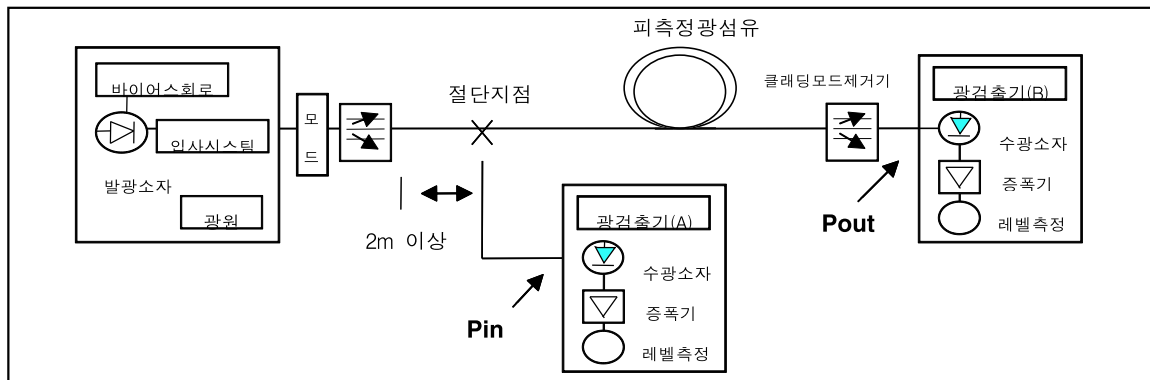


그림 1. 컷백법에 의한 광손실 측정계

- (나) 측정에 들어가기 전에 입사단측에 광검출기(A)와 출사단쪽의 광검출기(B)를 같은 장소에 모아 동일한 광원에서 나오는 광전력을 검출하여, 임의 검출기에 대한 타 검출기를 교정한다. 단, 교정이 불가능한 경우에는 두 검출기의 보정치를 얻는다.
- (ㄱ) 광원의 광전력을 광검출기(A)로 측정하여 측정값 P_{m1} 을 얻는다.
- (ㄴ) 광원의 광전력을 광검출기(B)로 측정하여 측정값 P_{m2} 를 얻는다.
- (ㄷ) 측정값 P_{m1} , P_{m2} 는 3회이상 측정한 값의 평균산술값으로 하고, 그 값에 의한 광검출기의 보정치(e)는 다음과 같이 산출한다.

$$e = P_{m1} - P_{m2} \quad (3)$$

- (다) 입사단과 출사단의 피측정 광섬유심선의 단면처리를 시행한다. 이때, 광섬유의 절단면은 깨끗하고 거울면을 이루어 광섬유의 축과 수직을 이루어야 한다.
- (라) 입사단의 절단된 광섬유는 광원에, 출사단의 절단된 광섬유는 광검출기에 각각 광섬유어댑터(Fiber adaptor)를 사용하여 연결한다. 단, 피측정 광섬유가 다중모드일 경우에는 입사단의 광원에 연결된 피측정 광섬유에 모드스크램블러를 설치한다.
- (마) 광원 및 광검출기의 측정파장을 선택한다.
- (바) 광원 및 광검출기는 충분한 안정도를 가질 때까지 켜놓은 후에 측정을 시작한다.
- 다. 측정절차

- (가) 피측정 광섬유에 입사한 광전력을 출사단에서 광검출기(B)로 P_{out} 을 측정한다.
- (나) 입사단에서 약 2m 되는 지점(컷백 길이)의 피측정 광섬유심선을 가위로 절단한다.
- (다) 광원측에 연결된 광섬유심선의 단면처리 및 절단을 시행하고, 광섬유어댑터를 사용하여 광검출기(A)에 연결한다.
- (라) 입사단측의 광전력 P_{in} 을 광검출기(A)로 측정한다.
- (마) 측정된 광전력 P_{out} 와 P_{in} 에 의해 광섬유 손실 ac 를 <식 (1)> 또는 <식 (2)>에 의해 산출한다. 단, 두 광검출기의 보정값이 있을 경우 검출된 광전력에 대해 보정치를 가산하여, 손실을 계산한다. <식 (2)>에 의해 보정치(e)를 가산하여 광손실을 계산하면 <식 (4)>와 같다.



$$ac [dB] = - [(Pout - Pin) + e] \quad (4)$$

(2) 삽입법(Insertion method)

서로의 거리가 L만큼 떨어져 있는 두 개의 광커넥터 단면 간의 손실은 입사단의 광원측에 연결된 커넥터를 통과한 광전력을 P_{in} , 출사단의 피측정 광섬유의 커넥터를 통과한 광전력을 P_{out} 라 하면, 피측정 광섬유의 손실 a_i 는 다음과 같이 정의된다.

① 광전력을 [w]으로 측정하는 경우,

P_{out}

$$a_i [dB] = (- 10 \log 10 \frac{P_{out}}{P_{in}}) - nL_c \quad (5)$$

P_{in}

여기서, L_c : 커넥터 손실[dB]

n : 의사광섬유와 피측정 광섬유(또는 광원과 광검출기) 간의 커넥터 접속수

② 광전력을 [dBm]으로 측정하는 경우,

$$a_i [dB] = - (P_{out} - P_{in}) - nL_c \quad (6)$$

가. 측정조건은 컷백법을 준용한다.

나. 측정준비

(가) 삽입법을 이용한 광손실 측정계의 일반적인 구성은 피측정 광섬유의 양단에 광커넥터의 연결을 확인한다.

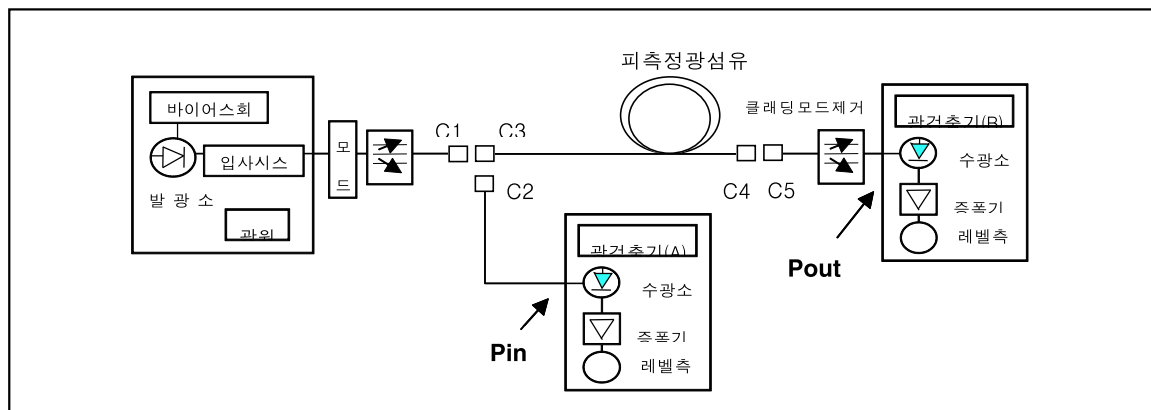


그림 2. 삽입법에 의한 광손실 측정계

(나) 측정에 들어가기 전에 입사단측의 광검출기(A)와 출사단쪽의 광검출기(B)를 같은 장소에 모아 동일한 광원에서 나오는 광전력을 검출하여 임의 검출기에 대한 타 검출기를 교정한다. 단, 교정이 불가능한 경우는 두 검출기의 보정치를 얻어 광손실 산출시 보정한다.

(ㄱ) 광원의 광전력을 광검출기(A)로 측정하여, 측정값 P_{m1} 을 얻는다.

(ㄴ) 광원의 광전력을 광검출기(B)로 측정하여, 측정값 P_{m2} 를 얻는다.

- (ㄷ) 측정값 P_{m1} , P_{m2} 는 3회이상 측정한 값의 평균산술값으로 하고, 그 값에 의한 광검출기의 보정치(e)는 <식 (3)>에 의해 산출한다.
- (다) 입사단의 광검출기(A) 및 광원, 출사단의 광검출기(B)에 길이가 2m 이상인 광점퍼코드를 결합한다. 단, 피측정 광섬유가 다중모드일 경우에는 입사단의 광원에 연결된 광점퍼코드에 모드스크램블러(또는 의사광섬유)를 접속한다.
- (라) 광원 및 광검출기의 측정파장을 선택한다.
- (마) 광원 및 광검출기는 충분한 안정도를 가질 때까지 켜놓은 후에 측정을 시작한다.
- (바) 삽입법에 사용되는 커넥터(피측정 광섬유, 여진기, 광점퍼코드 등에 연결된 커넥터)들은 동일한 형태이어야 하고 커넥터 형태에 맞는 어댑터(Adapter)를 사용하여 접속하여야 한다.

다. 측정절차

- (가) 입사단에서 광원측의 커넥터(C1)을 광검출기(A)의 커넥터(C2)에 접속한다.
 - (나) 광검출기(A)로 P_{in} 을 측정한다.
 - (다) 입사단에서 광원과 광검출기(A)에 접속된 커넥터(C1, C2)를 풀고, 광원에 연결된 커넥터(C1)을 피측정 광섬유의 커넥터(C3)에 접속한다.
 - (라) 출사단의 피측정 광섬유에 연결된 커넥터(C4)를 광검출기(B)의 커넥터(C5)에 접속한다.
 - (마) 피측정 광섬유에 입사한 광전력을 출사단에서 광검출기(B)로 P_{out} 을 측정한다.
 - (바) 측정된 광전력 P_{out} 와 P_{in} 에 의해 광섬유 손실 a_i 를 <식 (5)> 또는 <식 (6)>에 의해 산출한다. 단, 두 광검출기의 보정값이 있을 경우 검출된 광전력에 대해 보정치를 가산하여 손실을 계산하고, 커넥터 손실기준치는 연결된 커넥터의 손실기준치에 준한다.
- <식 (6)>에 의해 보정치(e)를 가산하여 광손실을 계산하면 <식 (7)>과 같다.
- $$a_i \text{ [dB]} = \{ - [(P_{out} - P_{in}) + e] \} - (nL_c) \quad (7)$$
- (사) 작업환경에 따라 출사단의 피측정 광섬유에 연결된 커넥터(C4)를 광검출기(B)에 바로 연결하여 P_{out} 를 측정할 수 있다.

9.3.2 후방산란법(Backscattering method)

후방산란법은 광섬유내를 전파(傳播)하는 광의 일부가 프레넬반사(Fresnel reflector)와 레일리산란(Rayleigh scattering)에 의해 입사단측으로 되돌아 오는 현상을 이용하여 광섬유의 손실특성을 평가하는 방법이다. 즉, 광섬유에 고출력의 짧은 광펄스를 입사시키면 그 입사된 광의 일부가 산란되어 입사단측으로 되돌아오는데, 산란된 광(후방산란파)은 출사단측으로 진행하는 광펄스의 세기에 비례하게 된다. 이러한 후방산란법을 이용하여 광섬유의 길이, 접속손실 및 과단점을 측정하는데, OTDR로부터 얻어 계산한다.



(1) 후방산란광의 측정

- ① 광섬유의 손실 단차 거리가 L[km]만큼 떨어져 있는 피측정 광섬유의 단위길이당 손실 a_b 는 다음과 같이 정의된다.

$$a_b[\text{dB/km}] = \frac{5}{L} \frac{P_{\text{Bin}}}{P_{\text{Bout}}} \log_{10} \quad (8)$$

여기서, a_b : 단위길이당 광섬유의 손실 [dB/km]

P_{Bin} : 입사단 측의 임의지점에서 후방산란된 광[dB]

P_{Bout} : 출사단 측의 임의지점에서 후방산란된 광[dB]

표 7. 손실 측정방법

산 출 항 목	산 출 방 법	비 고
두점간의 거리[km]	$L = \frac{C^{<1>} * t}{2n}$	C : 진공중의 빛의 속도 (30만km/sec<1> 또는 3*10 ⁸ m/sec<2>) t : A, B지점을 광이 왕복하는데 걸린 시간[sec] n : 코어의 굴절률 W : 광펄스의 폭[ns] Δ : 광섬유의 비굴절률차 ar : 레일레이산란에 의한 광 손실(과장대별)
후방산란광의 산출 (P_{Bin} , P_{Bout})	$PB = \frac{W * \Delta * C^{<2>} * ar}{4 n}$	

- ② 광섬유의 손실 단차가 있는 지점의 편방향 접속손실 L_s 는 다음과 같이 정의된다.

$$L_s[\text{dB}] = 5 \log_{10} \frac{P_{\text{Bin}}}{P_{\text{Bout}}} \quad (9)$$

P_{Bout}

여기서, P_{Bin} : 접속지점의 입사단 측에서 후방산란된 광[dB]

P_{Bout} : 접속지점의 출사단 측에서 후방산란된 광[dB]

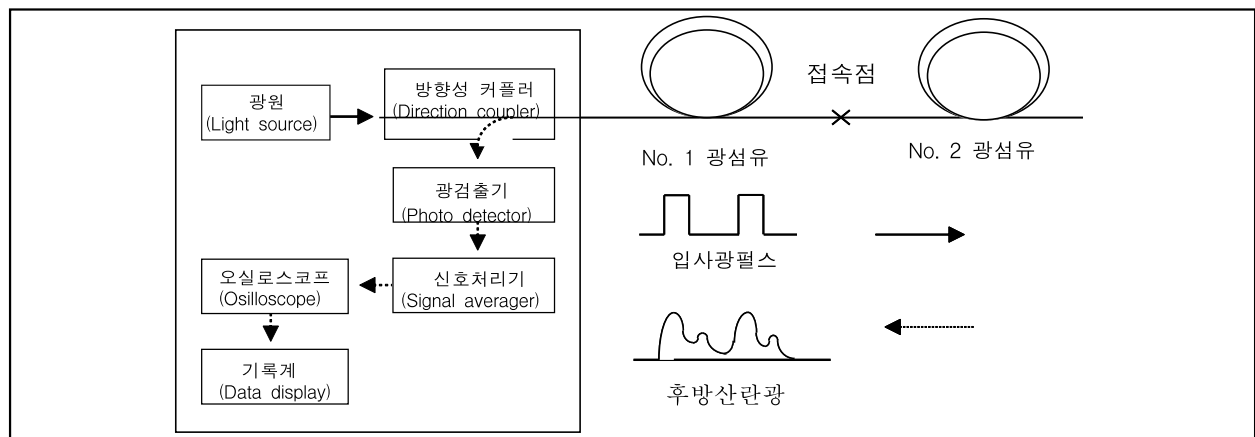


그림 3. 후방산란법에 의한 광손실 측정계

(2) 측정조건

① 손실측정의 기준과장선택은 피측정구간의 전송방식별 사용과장에 따른다.

② 측정장비는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

가. 측정에 사용되는 광원은 신호대잡음비(S/N)와 동작측정범위를 개선하기 위해 반도체레이저(LD)와 같이 출력이 안정되고 고출력인 광원을 사용한다.

나. 검출기는 후방산란 및 반사되어 오는 빛을 모두 받아들이고 검출되는 신호의 세기와 파장에 적합한 특성을 가져야 하며 검출되는 신호에 대한 반응이 선형적이어야 한다.

다. 측정기에는 프린터 혹은 컴퓨터를 이용하여 후방산란된 광섬유의 파형을 기록할 수 있는 기록계가 부착되어야 한다.

라. 정밀한 해상도를 위해서 펄스폭의 조정이 가능해야 한다.

③ 입사단에서의 프레넬반사를 줄이기 위하여 편광판, 굴절률 맞춤액(Index Matching Liquid) 또는, 전기 회로적인 처리를 사용할 수 있다.

④ 후방산란광의 측정에서는 프레넬반사에 의해 입사단에서 수십~수백m까지는 광섬유 파형이 측정되지 않기 때문에 측정장비와 피측정 광섬유간에는 의사광섬유를 사용하여야 한다.

(3) OTDR에 의한 후방산란파형의 측정

① OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)

가. OTDR은 광섬유에 광을 입사하고, 광펄스의 반사광 및 산란광이 되돌아 오는 형태를 시간영역에서 분석하는 측정기이다.

(가) 광섬유내에서 발생한 후방산란광이나, 반사광은 입사점에서부터 측정하는 지점까지의 광섬유길이에 대한 시간차로 되돌아 온다. 지연시간과 광섬유의 전파속도에서 후방산란광이나 반사광이 발생한 위치까지의 광섬유의 길이를 구할 수 있다.

(나) 전파하는 광펄스의 광전력에 대하여 일정한 비율로 산란광의 광전력이 발생하기 때문에, 입사점에서의 후방산란된 광전력은 발생한 점까지의 광섬유 길이에 비례한다.

(다) 후방산란광과 반사광의 지속시간을 횡축으로 하고, 광전력을 종축으로 하여, 후방산란광의 기울기에서 광손실을 구할 수 있다.

나. OTDR에 의한 후방산란파형의 측정으로 광섬유의 접속손실 및 두점간의 상대손실, 광섬유 파단점의 위치 및 거리 측정이 가능하다.

다. OTDR에 의해 관측된 후방산란파형에 대한 설명은 다음과 같다.

(가) 횡축(橫軸)은 광펄스의 전파시간이고, 광섬유의 거리에 대응한다.

(나) 종축(縱軸)은 OTDR의 수광기에서 검출된 반사광을 디지털로 표시한 것이다.

(다) A지점은 광섬유의 입사단 근처에서 광원으로 부터의 누설광이나 입사단의 프레넬 반사에 의한 광펄스의 파형이다.



(라) B지점에서는 레일레이후방산란광이 검출되고 광섬유의 직사각형방향의 특성이 균일한 경우, 그것은 전반시간에 대하여 직선적으로 감소한다. 이 기울기가 광손실에 대응한다.

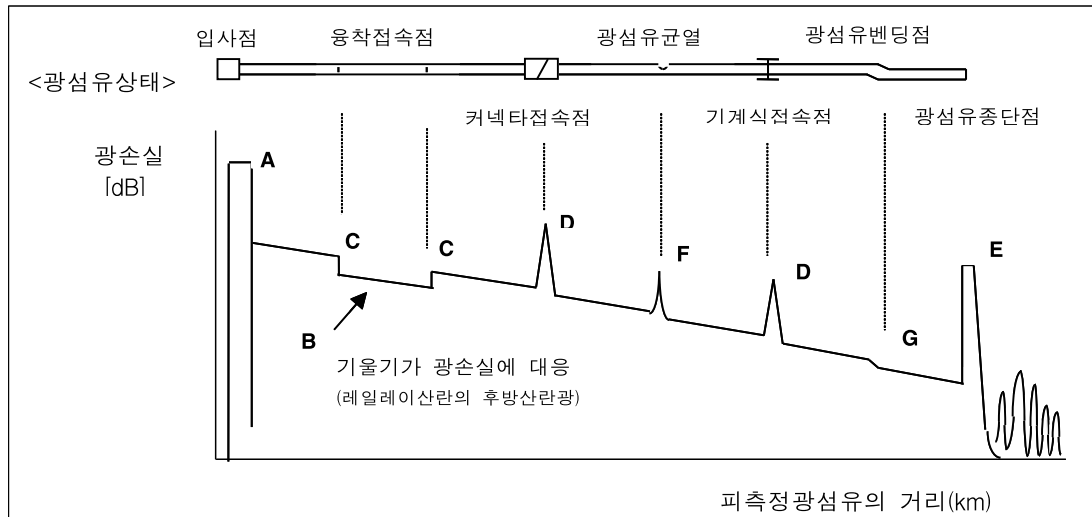


그림 4. OTDR에 의해 관측된 광섬유의 후방산란파형

- (마) C점과 같이 용착접속점에서는 비반사에 의한 펄스파형이 관측되는데, 접속점 이후에서 레일레이후방산란광에 단차가 생기고, 이것이 접속손실에 대응한다.
- (바) D지점은 커넥터나 기계적인 접속에서 광섬유축에 수직인 경계면이 코어내부에 존재하는 경우에는 반사펄스가 나타난다.
- (사) E지점의 출사단의 큰 반사파형은 광섬유의 경계면에 있어서 코어와 공기의 프레넬반사이다.
- (아) F, G지점은 외적인 영향으로 광섬유가 균열(Crack)이나 벤딩(Bending) 등의 손상을 받았을 경우에 나타난다.

② 측정준비

가. OTDR을 이용한 손실측정의 일반적인 구성은 아래와 같다.

나. 입사단에서 커넥터가 부착된 의사광섬유를 OTDR에 연결한다. 이때, 측정기의 커넥터와 의사광섬유에 부착된 커넥터는 동일한 것이어야 한다.

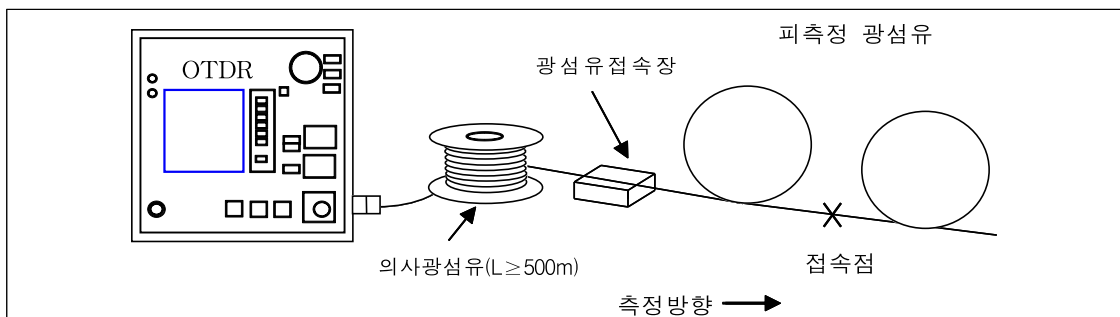


그림 5. OTDR에 의한 광섬유손실 측정 구성

- 다. 입사단의 피측정 광섬유심선과 OTDR에 연결된 의사광섬유의 단면처리를 시행한다.
 이때, 광섬유절단면은 깨끗하고 거울면을 이루어 광섬유의 축과 수직을 이루어야 한다.
 라. 의사광섬유의 한쪽단을 피측정광섬유에 접속 또는 맞댐이음 (Butt-joint) 하여 OTDR상의 광전력이 최대가 되도록 입사단을 조절한다. 단, 측정환경에 따라 의사광섬유와 피측정 광섬유간의 접속은 커넥터로 접속할 수도 있다.

③ 측정위치선정

- 가. 측정지점은 OTDR의 검출기 수신감도에 의한 유효측정거리로 결정되는데, OTDR의 손실분해능력에 따라 유효측정거리가 다르며, 유효측정거리의 계산은 다음과 같이 한다.

- (가) 유효측정손실을 <식 (10)>에 의해 산출한다.

$$D = Dd - Mc - 5\log(10^{X/5} - 1) \quad (10)$$

여기서, D : 유효측정손실

Dd : OTDR의 Dynamic range[dB]

Mc : OTDR과 피측정광섬유와의 결합손실
 (커넥터접속, 의사광섬유손실 포함)[dB]

x : 손실분해능력

- (ㄱ) 최저접속손실 등 필요한 손실변화폭에 따라 손실분해능력을 결정한다.(0.01dB, 0.3dB 등)
 (ㄴ) 필요한 거리분해에 따른 측정펄스폭을 선택한다.
 (ㄷ) OTDR의 측정펄스폭에 해당하는 이득을 확인한다. 단, 측정펄스폭과 이득은 OTDR의 종류에 따라 다르다.
 (ㄹ) OTDR과 피측정 광섬유와의 결합손실을 산출한다.
 (나) 유효측정손실 계산이 완료되면 <식 (11)>에 의해 유효측정거리를 산출한다.

$$L[Km] = \frac{D - nLS}{ab} \quad (11)$$

여기서, LS : 접속손실기준치[dB/개소]

n : 접속점수[개소]

ab : 광섬유의 단위길이당 손실[dB/km]

- 나. 측정지점간의 최대거리가 유효측정거리를 넘지 않도록 측정지점을 선택한다.

④ 측정절차

- 가. 측정장비의 전원을 켜고 OTDR이 안정화될 때까지 충분히 긴 시간동안 켜 놓은 후, 화면을 초기화한다.
 나. 피측정 광섬유의 조건에 맞추어 측정기의 측정변수를 선택한다.
 (가) 측정하고자 하는 파장
 (나) 피측정 광섬유의 굴절률 및 측정거리
 (다) 거리해상도와 광전력의 감쇠정도를 고려한 광펄스폭(이득포함) 등



(라) 광을 입사시켜, 광섬유의 후방산란파형을 확인한다.

(마) 측정파형에는 잡음성분(산탄잡음, 전치증폭기 잡음 등)이 있기 때문에 평균화처리로 잡음을 감소시킨다.

(바) 평균화처리된 후방산란파형에 대한 필요한 측정을 실시한다.

⑤ 측정내용

가. 접속손실 측정

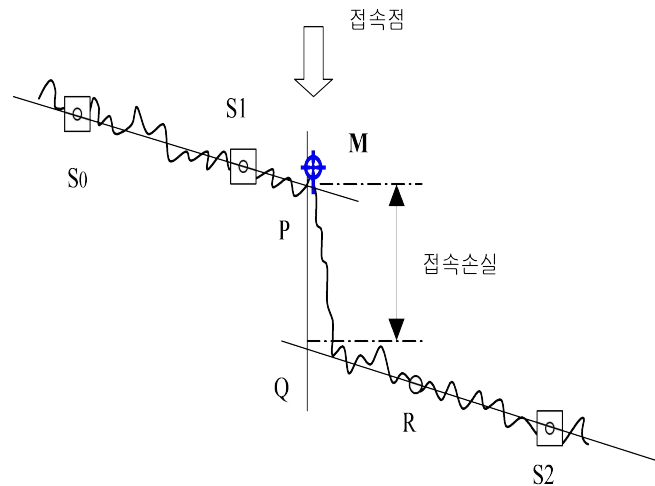


그림 6. 최소자승법에 의한 접속손실 측정

(가) 접속지점(파형의 단차가 있는지점)의 접속손실은 최소자승법(LSA ; Least Square Approximate)에 의해 측정한다.

(나) OTDR에 의한 접속손실의 단일방향측정이 완료되면, 다시 OTDR의 측정위치를 바꾸어 역방향으로 접속손실을 측정한다.

(다) 접속손실 산출은 다음과 같이 한다.

OTDR에 의한 접속손실측정에서는 접속점에서 단차(상향 또는 하향) <주>가 발생하거나 단차가 없는 상태로 나타나기도 한다. 이 접속단차는 실제의 접속손실과 후방산란광의 레벨차가 합쳐져 있기 때문에, 접속손실 산출은 양방향에서 측정한 값의 평균산술값으로 대표한다.

$$[BLS] = \frac{\pm Ls[A \rightarrow B] + \pm Ls[B \rightarrow A]}{2} \quad (12)$$

여기서, [BLS] : 접속손실[dB] (절대값)

$Ls(A \rightarrow B)$: A점에서 B점으로 측정한 편방향 접속손실[dB]

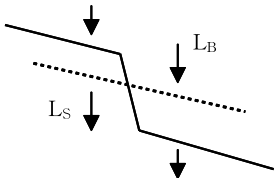
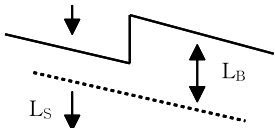
$Ls(B \rightarrow A)$: B점에서 A점으로 측정한 편방향 접속손실[dB]

± : + 정(正) 손실, - 부(負) 손실

<주> OTDR에 의한 접속손실은 후방산란계수가 높은 쪽에서 측정하면 단차가 하향으로 나타나

정(+)의 손실이 되고, 후방산란계수가 낮은 쪽에서 측정하면 단차가 상향으로 나타나 부(-)의 손실이 된다.

표 8. OTDR에 의한 접속점과형의 접속손실 평가

광섬유 접속 측정방향	<div>접속점</div> <div><div>광섬유A</div><div>광섬유B</div></div> <div>ra > rb</div>	접속손실 산출방법	비 고
1) A→B측정		산술식 ① LS(A-B)=(LB+LS)-LB	ra,rb : 광섬유의 후방산란계수 LS : 실제접속손실 LB : 레일레이 후방산란의 레벨차
2) B→A측정		산술식 ② LS(A-B)=LB-(LB-LS)	
3) 접속손실 평가	1) 산술식 ① + ②를 구하면 2LS = (LB+LS) ----- ③ 2) 산술식 ③에 의한 접속손실 평가 (LB+LS) - (LB-LS) LS = ----- 2		

나. 두 점간의 상대손실

두 점 간의 거리에 따른 상대 손실레벨차로 단위길이당 손실로 측정되며, 2점법(TPA ; Two Point Analysis)에 의해 아래와 같이 측정한다.

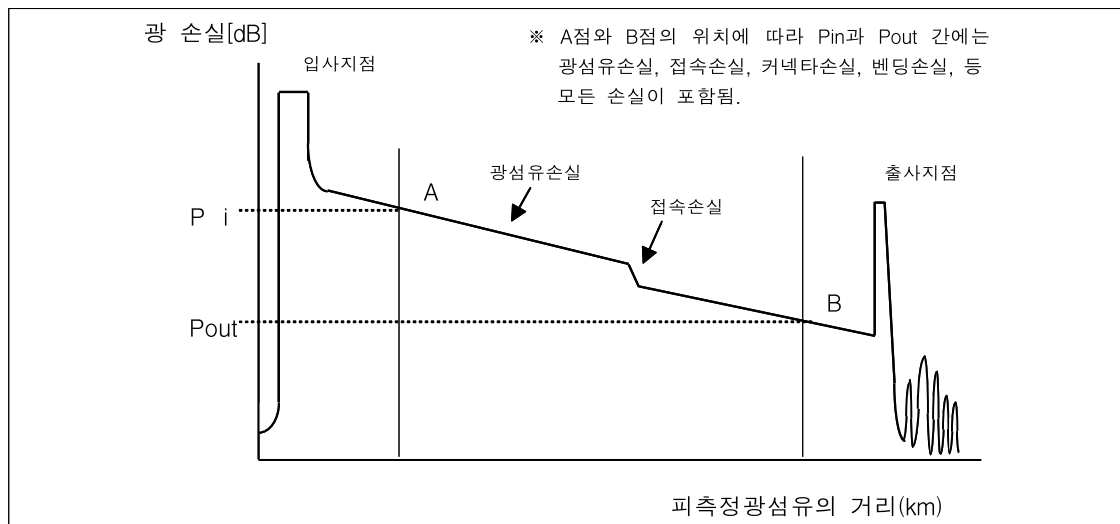


그림 7. 2점법에 의한 두 점간의 상대손실 측정

다. 광섬유 파단점 위치 및 거리 측정



- (가) 피측정 광섬유의 프레넬반사지점 및 접속점, 파단점 등 원하는 지점의 거리를 측정한다.
- (나) 광섬유의 길이는 광케이블의 길이와 차이가 있기 때문에, 실제 광케이블의 거리는 OTDR에 의해 측정된 광섬유의 거리에 케이블의 연입률(撚入率, Extra length)을 고려하여 산출한다.

$$Lc = \frac{L_f}{(1+X)} \quad (13)$$

여기서, LC : 실제 광케이블의 거리

LF : OTDR에 의한 광섬유의 측정거리

X : 광케이블의 연입율[%] (루즈튜브 0.00985, 리본 0.001 정도)

9.3.3 주파수영역법(Frequency domain method)

다중모드광섬유의 대역폭특성 측정법의 하나로 RF신호로 변조된 광펄스를 광섬유 속에 전파시키고, 그 진폭변화에서 대역을 측정하는 방법이다.

(1) 대역폭(Band Width) 특성의 정의

광섬유의 대역폭특성이란 광섬유내를 전파하여 온 변조된 광신호가 광섬유를 통과하지 않을 때와 비교해서, 주파수에 대해 어느 정도 감쇠하는 가를 나타내는 것으로, 감쇠량이 6dB가 되었을 때의 주파수를 6dB 대역이라 하며, 광섬유가 어느 정도 높은 주파수를 전송할 수 있는 지에 대한 표준이다.

(2) 대역폭의 측정

광섬유에 주파수가 f(i)인 정현파로 광을 입사시켜 입력신호와 광섬유를 통하여 전송된 후의 출력신호로부터 주파수 f(o)인 전기신호 세기의 감쇠 특성치 A(f)를 구한다.

$$A(f) = 20 \log \frac{A_{in}(f)}{A_{out}(f)} (dB) \quad (14)$$

여기서, $A_{in}(f)$: 입력 광신호의 진폭

$A_{out}(f)$: 출력 광신호의 진폭

<주> 대역폭은 A(f)가 $A_{out}(f)$ 에 대하여 6dB 되는 주파수 f를 말한다.

(3) 측정조건

- ① 측정광원은 중심파장이 $1300 \pm 20 \text{nm}$, 반치전폭이 10nm이하인 레이저 광원(LD)을 사용한다.
- ② 광원은 측정에 소요되는 시간보다 충분히 긴 시간 동안 광원의 위치와 세기 및 파장, 선폭 등의 출력이 안정되어야 하며, 펄스폭도 충분히 좁아야 한다.
- ③ 광섬유에 입사된 빛의 모드들을 균일하게 여기시키기 위하여 여진기(모드스크램블러, 의사광섬유 등)를 사용하여 입사되는 광전력의 분포를 정상화시켜야 한다.
- ④ 대역폭측정기의 대역폭은 측정하고자 하는 광섬유의 대역폭 보다 커야 하며, 수광면의 감도도 균일하여야 한다. 측정시는 대역폭측정기가 수광되는 광의 세기에 대하여 선형

으로 변하는 조건에서 측정되어야 하며, 광의 세기가 너무 강해 수광기의 측정범위를 벗어날 때에는 광감쇠기를 사용하여야 한다.

- ⑤ 입사 광신호의 측정에서는 광신호가 피측정광섬유로 입사될 때, 클래딩모드나 리키모드 등으로 인해 입사광전력이 크게 측정되기 때문에 컷백지점(입사광전력의 측정지점)은 광의 입사지점으로 부터 2m 이상으로 하여야 한다.

(4) 측정준비

- ① 주파수영역법에 의한 대역폭 측정의 일반적인 구성은 아래와 같다.

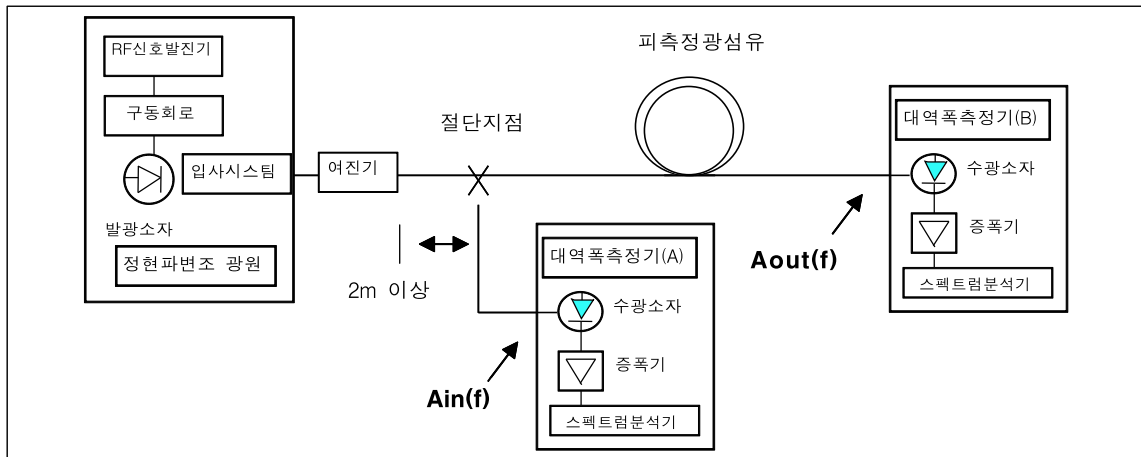


그림 8. 주파수영역법에 의한 대역폭 측정계

- ② 입사단과 출사단의 대역폭측정기의 교정은 <식 (3)>항에 의한다.
- ③ 입사단과 출사단의 광섬유심선의 단면처리를 시행한다. 이때, 광섬유의 절단면은 깨끗하고 거울면을 이루어 광섬유의 축과 수직을 이루어야 한다.
- ④ 입사단의 절단된 광섬유는 정현파변조 광원에, 출사단의 절단된 광섬유는 대역폭측정기에 각각 광섬유어댑터를 사용하여 연결한다.
- ⑤ 입사단의 정현파변조 광원에 연결된 피측정광섬유에 피측정 광섬유에 모드스크램블러를 설치한다.
- ⑥ 광원 및 대역폭측정기의 측정파장을 선택한다.
- ⑦ 광원으로부터 나온 광신호가 피측정 광섬유에 최대한 입사되도록 입사단과 광원을 일치시킨다.
- ⑧ 광섬유를 통해 전파된 광이 대역폭측정기에 의해 모두 검출될 수 있도록 광섬유 출력단과 수광소자를 일치시킨다.
- ⑨ 광원 및 광검출기는 충분한 안정도를 가질 때까지 충분한 시간을 켜 놓은 후에 측정을 시작한다.

(5) 측정절차

- ① 입사단에 소인파발진기로 발진한 전기주파수로 광원을 직접변조하여 강도변조된 변조광펄스를 발생시켜 피측정 광섬유에 입사시킨다.



- ② 광원을 여러 주파수의 정현파로 변조시켜 각 주파수에서의 출력 광신호 진폭 $A_{out}(f)$ 를 대역폭측정기(B)로 측정한다.
- ③ 입사단에서 약 2m(컷백 길이)되는 지점의 피측정 광섬유를 가위로 절단한다.
- ④ 입사단에서 광원측에 연결된 피측정 광섬유의 단면처리를 시행하고, 광섬유어댑터를 사용하여 대역폭측정기(A)에 연결한다.
- ⑤ 입사단의 컷백지점에서 $A_{out}(f)$ 에서 측정된 주파수에 해당하는 입력 광신호의 진폭 $A_{in}(f)$ 를 측정한다. 단, 측정기가 $A_{out}(f)$ 와 $A_{in}(f)$ 가 아닌 $A(f)$ 를 직접 측정하는 경우에는 입사단에서의 측정은 필요없다.
- ⑥ 광섬유의 대역폭을 측정된 광신호의 진폭 $A_{out}(f)$ 와 $A_{in}(f)$ 을 <식 (14)>에 의해 산출한다. 단, 두 광검출기의 보정값이 있을 경우, 검출된 광전력에 대해 보정치를 가산하여야 한다.

9.3.4 반사손실측정법(Return loss method)

반사손실측정법은 광섬유를 전반한 광전력중 광섬유중단이나 광커넥터 접속점(또는 기계식접속점)에서 프레넬반사 등에 의해 출사단측으로 부터 입사단으로 되돌아오는 광전력을 측정하는 방법이다.

임의 광커넥터의 반사손실은 측정용 표준코드의 커넥터 반사량을 P_{in} , 표준코드와 결합된 피측정 광점퍼코드의 커넥터 반사량을 P_{ref} 라 하면, 피측정 광점퍼코드의 커넥터 반사량 RL 은 다음과 같이 정의된다.

$$RL[dB] = -10 \log_{10} \frac{P_{ref}}{P_{in}} \quad (15)$$

(1) 측정조건은 컷백법을 준용한다.

(2) 측정준비

① 반사손실측정계의 일반적인 구성은 아래와 같다.

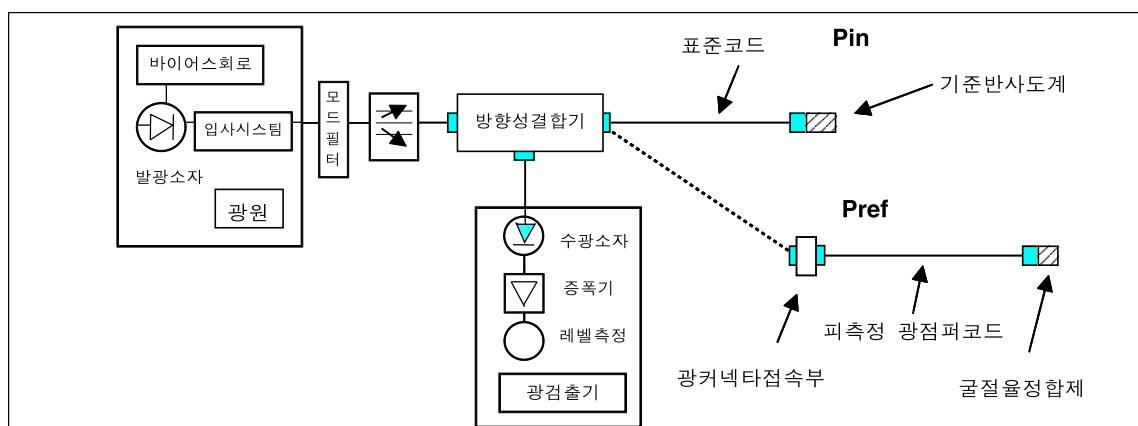


그림 9. 반사손실 측정계

② 광원 및 광검출기를 방향성결합기의 입력 및 검출단자에 각각 결합한다.

③ 표준광코드의 일측은 방향성결합기와 결합한다.

- ④ 광원 및 광검출기는 충분한 안정도를 가질 때까지 켜 놓은 후에 측정을 시작한다.
- ⑤ 광원 및 광검출기의 측정과장을 선택한다.
- ⑥ 광커넥터에 기준반사도계를 부착할 시는 광커넥터 클린테이프로 커넥터의 단면을 닦아주고, 이 물질이나 먼지가 묻지 않도록 한다.

(3) 측정절차

- ① 방향성결합기와 결합되지 않는 측의 표준 광점퍼코드의 광커넥터의 단면에 기준반사도계(Reference reflector)를 부착한다.
- ② 광원을 입사하고 광검출기로 기준반사도계에서 반사된 광전력 P_{in} 을 측정한다.
- ③ 표준 광점퍼코드에 부착된 기준반사도계를 제거하고, 피측정 광점퍼코드의 커넥터를 접속한다.
- ④ 피측정 광점퍼코드의 광섬유종단에 굴절율정합제를 사용하거나, 광섬유벤더(직경 3~5mm로 2,3회 감는 기구)로 무반사종단처리를 한다.
- ⑤ 광원을 입사하고, 광검출기로 표준 및 피측정 광점퍼코드의 커넥터 접속부에서 반사된 P_{ref} 를 측정한다.
- ⑥ 측정된 반사광전력 P_{in} , P_{ref} 에 의해 반사손실 RL 을 <식 (15)>에 의해 산출한다.

9.4 시험항목별 측정방법

9.4.1 시험항목

광섬유의 전송특성을 시험하는 항목은 아래와 같다.

표 9. 광섬유케이블 시험항목

시험항목		측 정 법	측정항목	측정구간	내 용
접속시험		후방산란법	접속손실[dB/개소] (Splice loss)	단위구간	접속상태 및 파단지점 확인시험
최종 시험	손실	삽입법	총손실[dB] (Total loss)	전 구간	전구간 광케이블포설 및 접속(성단 포함) 후 시험
	<주> 대역폭	주파수영역법	대역폭특성[dB] (Band width)	"	
운 용 시험	정기	삽입법	총손실[dB]	"	운용중인 광섬유의 총손실 시험 (절체접속 시험 제외)
	부정기	후방산란법	후방산란파형	"	운용중의 광섬유의 이상상태 확인
		반사손실측정법	반사손실[dB]	전 구간 또는 광커넥터	광커넥터의 광학적특성 이나 광섬유종단의 반사량 측정
정밀시험		컷백법	단위구간손실[dB]	단위구간	손상이 우려되는 광섬 유의 정밀 손실측정

<주> 피측정광섬유가 다중모드인 경우에 시행

9.4.2 시험준비

- (1) 시험항목별 광섬유전송특성의 측정항목이 다르기 때문에 관련 측정법에 따라 사용할



측정기 및 자재를 준비한다.

- (2) 각종 측정은 실내에서 시행하는 것을 원칙으로 하고, 접속시험 등을 인공(또는 옥외)에서 시행하여야 할 경우는 먼지 및 바람으로부터 보호될 수 있도록 천막 등을 설치한다.
- (3) 측정작업은 측정장소의 기후 및 기온을 고려하여 아래와 같이 시행한다.
 - ① 측정이 옥외에서 시행될 경우, 우천 시나 습도가 많은 날에는 피하도록 하고, 부득이 측정작업을 해야 할 경우는 작업주변을 물의 침투나 습도로부터 보호되도록 조치하여야 한다.
 - ② 각종 측정장비의 동작온도를 고려하여야 한다.
- (4) 측정작업은 측정기 운용자 이외에 측정 데이터 분석 및 피측정 광섬유심선의 연결 등의 측정작업을 보조할 수 있도록, 2인(또는 3인) 1조로 측정조를 편성한다.
- (5) 측정작업은 반드시 측정 작업대를 설치하고 OTDR 등 측정에 소요되는 장비 및 자재 등을 점검하고, 작업대 위에 정돈한다.
- (6) 측정작업 주변은 청결해야 하며, 측정자의 손에는 기름이나 오물 등이 묻어 있지 않도록 깨끗히 하여야 한다.
- (7) 피측정 광케이블에 대하여는 케이블종단을 다음과 같이 하며, 외피 탈피 등의 작업은 외피접속공법을 준용한다.

① 접속시험

입사단측 피측정 광케이블의 외피를 종단에서 1m 정도 제거하고 광섬유심선을 인출한다.

② 정밀시험

피측정 광케이블의 외피를 입사단측은 종단에서 2.5m, 출사단측은 종단에서 1m 정도 제거하고, 광섬유심선을 인출한다.

③ 피측정 광케이블의 광섬유심선이 인출되면, 광케이블은 움직이지 않도록 시험대 위에 고정시킨다.

- (8) 측정지점 상호간, 접속지점과 측정지점간에 위치한 작업자 상호간에는 통신연락망을 구성하여, 광섬유심선의 대조 및 측정과정 진행을 원활하게 한다.

9.4.3 접속시험

접속시험은 광케이블의 접속작업과 동시에 상부국과 하부국 및 중간의 수개 접속 지점에서 양방향으로 각 접속지점의 접속손실을 후방산란법으로 측정하는 것이다.

- (1) 광케이블 접속작업시 OTDR에 의한 접속시험은 접속점을 기준으로 양방향에서 시행하여야 하며, 작업형편에 따라 양방향에서 동시에 시행하는 방법과 단방향에서 각각 시행하는 방법의 적용이 가능하다.
- (2) 접속손실을 양방향에서 동시에 측정하는 경우는 다음과 같이 한다.

① 상부국측 광케이블 시단점을 측정지점(A)로 하고, 접속할 다른 쪽의 케이블 종단점을 측정지점(B)로 하여 OTDR(A), (B)를 각각 설치한다. 이때, 접속점에는 접속작업을 준

비한다.

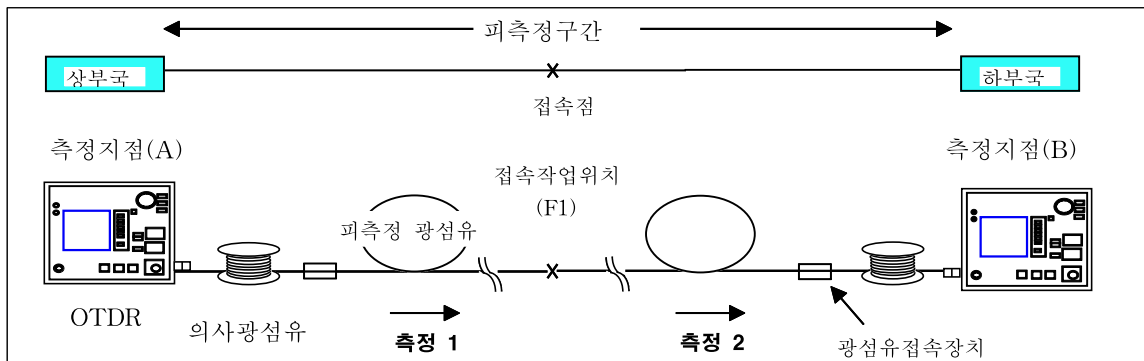


그림 10. 양방향에서 동시에 실시하는 접속시험

- ② 접속점에서 광섬유심선접속과 동시에 각 측정지점의 OTDR(A), (B)로 접속손실을 순차적으로 번갈아 가면서 측정한다.
 - ③ 각각의 광섬유접속부에 대해 양방향에서 측정된 접속손실을 평균산술값으로 환산하여 접속손실을 평가하면서, 광섬유심선 접속작업을 진행한다.
 - ④ 접속점의 광섬유심선접속작업이 완료되면, 접속함을 조립하여 인공 내에 설치하고, 접속작업과 측정지점(B)의 위치를 다음 장소로 이동시켜 작업을 진행한다. 단, 측정지점(A) 위치는 이동하지 않는다.
- (3) 접속작업시 접속손실을 단방향에서 각각 측정하는 경우는 다음과 같이 한다.
- ① OTDR을 접속할 상부국측 광케이블의 시단에 설치하고, 접속점에서 접속작업을 준비한다.
 - ② 접속점에서 광섬유심선 접속작업과 동시에 측정지점의 OTDR로 접속손실을 정방향으로 측정한다.
 - ③ 정방향으로 측정된 접속손실값을 평가하면서 광섬유심선을 접속한다.

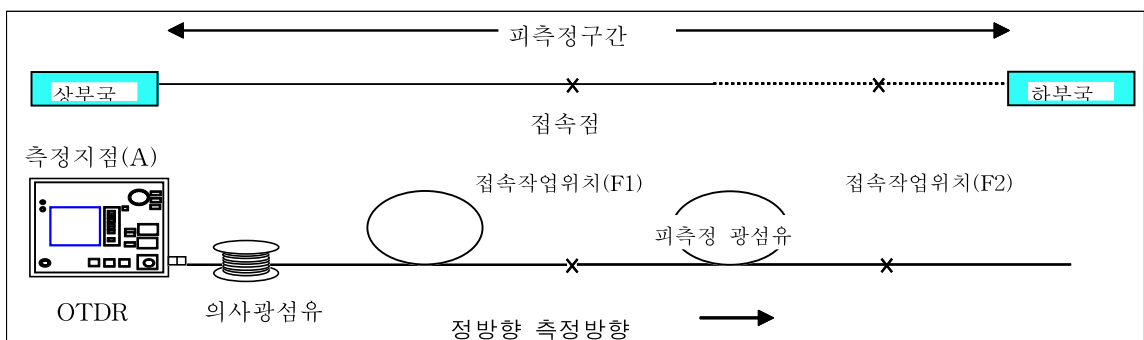


그림 11. 정방향에서의 접속시험

- ④ 접속점의 광섬유심선 접속작업이 완료되면, 접속함을 가조립(콤파운드주입형은 콤파운드를 주입하지 않음)하여 인공 내에 설치한다. 이때, 가조립된 접속함체에 습기나 오물이 침투하지 않도록 조치하여야 한다.



- ⑤ 접속작업위치를 차순의 접속점으로 이동하여 접속작업을 진행하고, ②~④항의 절차를 반복한다.
- ⑥ 각 접속점의 접속작업이 모두 완료되면, 접속작업 진행방향의 반대측 광케이블 종단에 OTDR을 설치하고, 각 접속점에 대한 접속손실을 측정한다.

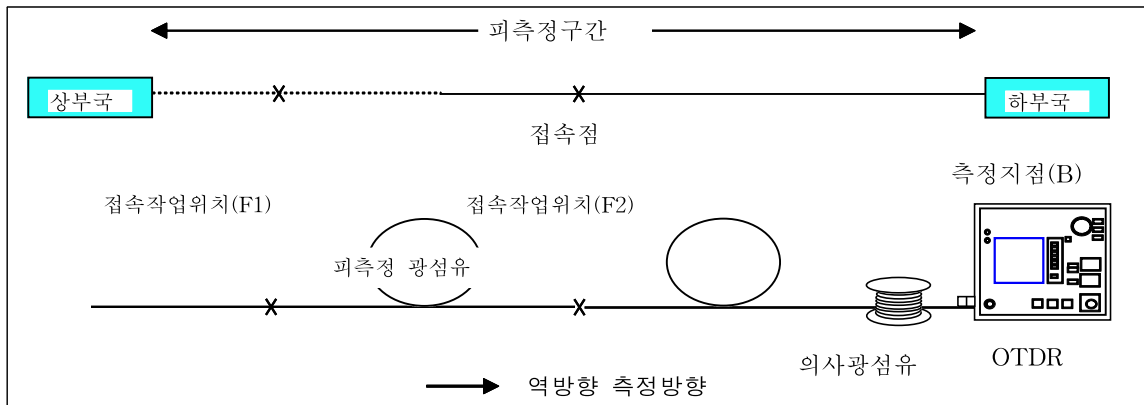


그림 12. 역방향에서의 접속시험

- ⑦ 역방향으로 측정한 각각의 접속점에 대한 접속손실을 시단에서 측정한 손실값과 비교하여 평균산술값으로 환산한다.
- ⑧ 접속손실 산출결과 접속손실이 과다한 접속점은 가조립된 접속함체를 해체하고, 광섬유 심선 대조기를 사용하여 불량심선만을 보호지지판 내부로 부터 인출한다. 이때, 다른 심선에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.

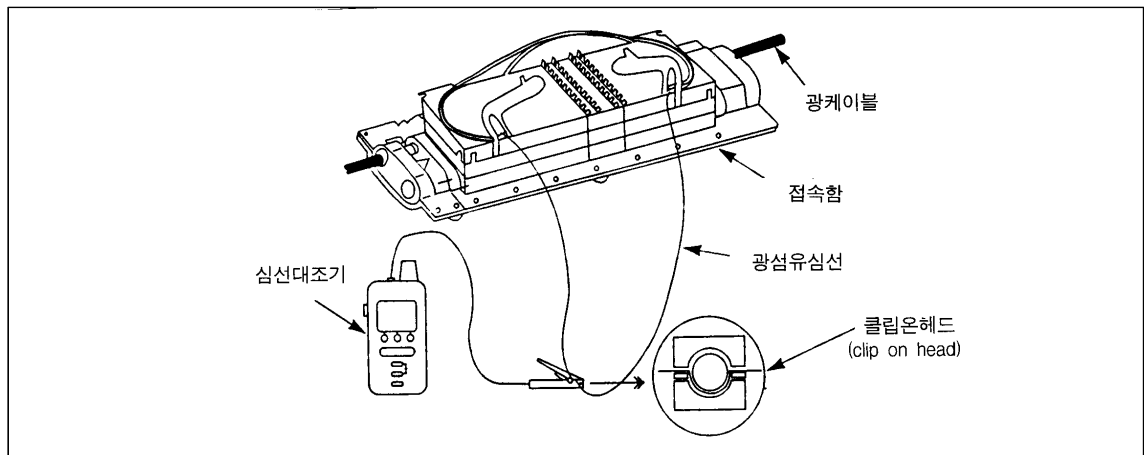


그림 13. 접속부에서 불량심선 대조방법

- ⑨ 불량심선에 대해서는 ②, ⑥항의 과정에 의해 접속손실을 측정한다.
- (4) 측정지점은 접속지점과 측정지점간의 최대거리가 OTDR의 유효측정거리를 넘지 않도록 선정한다. 단, 접속작업의 진행계획에 따라 양방향 측정이 불가능할 경우, 단국(또는 중계국)과 단국(또는 중계국) 사이 전구간을 양쪽 국에서 측정가능한 중간지점까지 한 방향만 측정한다.

- (5) 접속손실의 측정법은 후방산란법에 의한다.
- (6) OTDR에 의해 양방향 접속손실 측정이 완료되면, 단위개소 접속손실과 광섬유심선 평균접속손실을 산출하여야 한다.

- ① 단위개소 접속손실(BLs) : <식 (12)>에 의한다.
- ② 광섬유심선 평균접속손실(FLs)

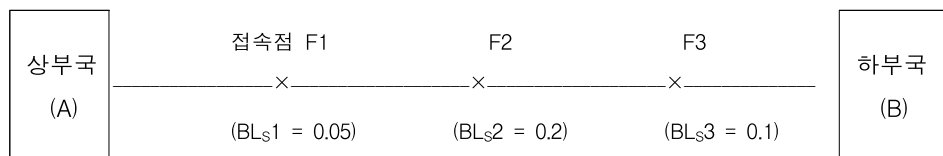
$$FLs = \frac{BLs + \dots + BLsn}{n} \quad (16)$$

여기서, FLs : 광섬유심선 평균접속손실[dB]

BLs : 접속점 접속손실[dB/개소]

n : 광섬유심선의 접속수[개소]

- (7) 단위개소 접속손실과 광섬유심선의 평균접속손실 산출값은 기준치와 비교하여 불량한 경우에는 재접속 등의 조치로 기준치 이내로 유지하도록 하여야 한다.
- (8) OTDR CRT 화면에 나타난 후방산란파형으로 광섬유의 이상유무를 확인하고, 접속손실의 측정파형을 프린터 또는 컴퓨터에 기록한다.
- (9) 측정치의 기록은 "<양식#2> 광섬유접속손실측정기록표"에 의하여 기록 보존한다.
- < 접속손실 산출예 >



- ① 단위개소 접속손실(BLs) 산출

가. 접속점 F1의 상,하부측 접속손실

- A에서 B측으로 측정한 손실 $Ls(A \rightarrow B)$: 0.05dB
- B에서 A측으로 측정한 손실 $Ls(B \rightarrow A)$: -0.15dB

나. 접속점 F1의 단위개소

$$BLs = \frac{0.05 + (-0.15)}{2} = \frac{-0.1}{2} = -0.05$$

$$\text{접속손실}(BLs) = -0.05\text{dB}$$

- ② 광섬유심선의 평균접속손실(FLs) 산출

$$FLs = \frac{0.05 + 0.2 + 0.1}{3} = 0.11$$

$$\text{평균접속손실}(FLs) = 0.11\text{dB}$$

9.4.4 최종시험

최종시험은 국내성단 접속작업이 완료된 후, 광케이블포설 및 접속공사의 최종결과를 얻기 위하여 전 구간의 광섬유손실과 접속손실을 포함한 총손실을 삽입법으로



측정하는 것이다.

- (1) 최종시험은 국내 광분배함에 수용되어 있는 광케이블 종단의 편단 광점퍼코드에 광원 및 광검출기를 각각 연결하여 양방향에서 시행한다.
- (2) 상부국을 입사단으로 하여 광원과 광검출기를 설치하고, 하부국은 출사단으로 하여 광검출기를 설치한다.

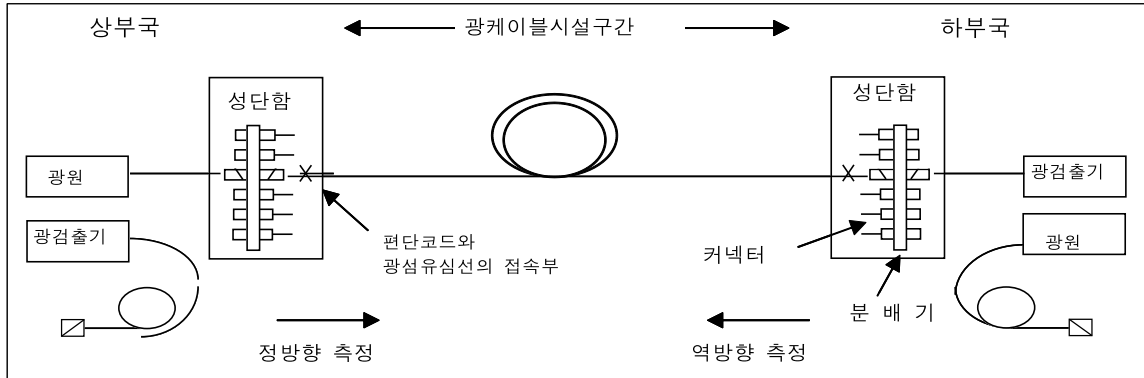


그림 14. 광케이블시설공사 완료후의 최종시험

- (3) 측정조는 입사단측과 출사단측에 각각 배치하고, 광섬유심선별 편방향 총손실을 3회이상 측정한다.
- (4) 상부국에서 하부국으로의 측정(정방향 측정)이 완료되면 하부국을 입사단으로 하고, 상부국을 출사단으로 하여 총손실을 측정(역방향 측정)한다.
- (5) 총손실 측정을 위한 입사단과 출사단의 위치변경으로 인한 이동작업을 줄이기 위해 상, 하부국에 각각 광원과 광검출기를 설치할 수 있다.
- (6) 광섬유의 총손실 측정법은 삽입법에 의한다.
- (7) 광섬유심선별 편방향 총손실 측정이 완료되면, 정방향으로 3회이상 측정한 손실(ai)들의 평균값($E_{ai}(A \rightarrow B)$)과, 역방향으로 3회이상 측정한 손실(ai)들의 평균값($E_{ai}(B \rightarrow A)$)의 평균산술값을 계산하여 피측정 광섬유의 총손실(B_{ai})로 대표한다.

- ① 정방향으로 3회 이상 측정한 손실들의 평균값

$$E_{ai}[A \rightarrow B] = \frac{ai1 + \dots + aiN}{N} \quad (17)$$

여기서, N : 편방향 측정횟수

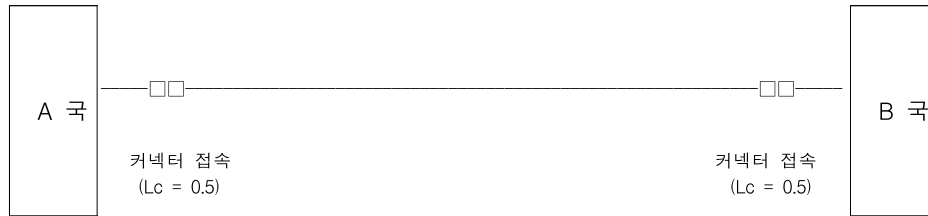
- ② 역방향으로 3회이상 측정한 손실들의 평균값

$$E_{ai}[B \rightarrow A] = \frac{ai1 + \dots + aiN}{N} \quad (18)$$

- ③ 양방향에서 산출된 평균손실값들에 의한 총손실

$$B_{ai} = \frac{E_{ai}[A \rightarrow B] + E_{ai}[B \rightarrow A]}{2} \quad (19)$$

< 총손실 산출예 >



㉠ 편방향 손실 산출

㉠ [w] 로 측정하였을 경우,

- A 측 광원의 입사광전력 P_{in} : 1mW

- B 측 광검출기에 의해 검출된 광전력 P_{out} : 0.1mW

$$a_i = -10 \log \frac{10^{-1}}{1} - (2 \times 0.5) = 9dB$$

편방향손실(a_i) = 9 dB

㉡ [dBm] 으로 측정하였을 경우

- A 측 광원의 입사광전력 P_{in} : -7 dBm

- B 측 광검출기에 의해 검출된 광전력 P_{out} : -17 dBm

$$a_i = \{ - [(-17) - (-7)] \} - (2 * 0.5) = 9 \text{ dB}$$

편방향손실(a_i) = 9 dB

㉢ 정방향의 손실들의 평균치

$$E_{ai}[A \rightarrow B] = \frac{9 + 10 + 10}{3} = 9.7dB$$

㉣ 역방향 손실들의 평균치

$$E_{ai}[B \rightarrow A] = \frac{10 + 11.5 + 9.5}{3} = 10.3dB$$

㉤ 양방향에서 산출된 평균손실값들에 의한 총손실

$$B_{ai} = \frac{9.7 + 10.3}{2} = 10dB$$

총손실(B_{ai}) = 10 dB

(8) 총손실 산출이 완료되면 설계시 전 구간의 광선로손실기준치와 비교 분석하여 설계기준치를 초과하였을 경우에는 원인을 규명 조치하여야 한다.

$$B_{ai} \leq L_t \quad (20)$$

여기서, B_{ai} : 피측정 광섬유의 총손실[dB] (<식 (19)> 참조)

L_t : 설계시 전구간 광섬유 손실[dB]



표 10. 광섬유 손실 산출방법

산 출 방 법	비 고
$L_t = L_{ak} + nL_{sd} + (0.5 * 2)$	<p>L : 전 구간 광케이블 길이 [km]</p> <p>at : 광섬유단위길이손실[dB/km] (과장대별 적용)</p> <p>Lsd : 광섬유심선 평균접속손실 기준치[dB]</p> <p>n : 광섬유심선 접속수 [개소]</p> <p>0.5 * 2: 편단 광점퍼코드와 광섬유심선의 접속손실 2개소</p>

단, <식 (19)>는, $E_{ai}(A \rightarrow B) \leq L_t$, $E_{ai}(B \rightarrow A) \leq L_t$ 을 동시에 만족하여야 한다.

- (9) 다중모드광섬유에 대한 대역폭측정은 주파수영역법에 의하며, 단일방향으로 측정하여 대역폭특성을 평가한다.
- (10) 최종시험구간내 분기접속이나 수요에 대비하여 접속되지 아니한 광섬유심선(중간의 접속점에서 상,하부국측으로 연장되지 않고 절단되어 있는 광섬유심선)에 대해서는 다음과 같이한다.
 - ① 중간 접속점내 절단되어 있는 광섬유심선에 편단코드를 접속한다.
 - ② 상부국(또는 하부국)과 중간 접속점 상호간을 피측정구간으로 하여 삽입법에 의해 양 방향으로 측정한다.
- (11) 측정치의 기록은 "<양식#3> 광섬유총손실측정기록표", "<양식#5>광섬유대역폭측정 기록표"에 의하여 기록 보존한다.

9.4.5 운용시험

운용시험은 광통신시스템을 운용하는 중에 광섬유 전송특성의 경년변화 상태를 정기적(또는 부정기적)으로 점검하기 위하여 시행한다.

- (1) 정기시험은 상, 하부국간의 총손실 측정으로 운용시험을 대표한다.
- (2) 광섬유의 총손실 측정법은 삽입법에 의한다.
- (3) 시험후에는 기존의 편단 광점퍼코드의 순번이 바뀌지 않도록 주의하여 원래대로 연결시킨다.
- (4) 시험결과 총손실이 최종시험의 측정치 또는 경년변화손실치와 비교하여 의심이 가는 심선에 대해서는 후방산란파형을 측정하여 접속부의 접속손실변화, 광섬유의 단위손실 변화 등의 상태를 분석한다.
- (5) 운용중 광케이블의 외피손상이나, 절곡 등으로 인해 광섬유손상이 예상될 경우는 후방 산란법에 의한 광섬유손실을 측정하고 파형을 분석한다.
- (6) (3), (4)항에 의해 광섬유의 단위길이손실과 접속손실이 기준치를 초과하였거나, 광섬유의 손상이 확인되었을 경우는 원인을 조사하여 조치한다.
- (7) 측정치의 기록은 "<양식#3> 광섬유총손실측정기록표" 에 의하여 기록 보존한다.
- (8) 성단함의 광커넥터들의 광학적특성을 검증하거나 광섬유종단의 반사손실 측정은 다음

과 같이 한다.

- ① 상부국측 광케이블 시단점에 반사손실측정기의 측정용 광점퍼코드를 연결한다.
- ② 하부국측 종단부 광커넥터에 기준반사도계(Reference Reflector)를 부착한 후, Pin을 측정한다.
- ③ 하부국측 종단부에 부착된 기준반사도계를 제거하고, 임의 피측정 광점퍼코드를 연결한다
- ④ 피측정 광점퍼코드의 반대측 종단에 굴절률정합제를 사용하거나 광섬유심선 벤더를 사용하여 무반사종단처리를 한 후 Pref 를 측정한다.

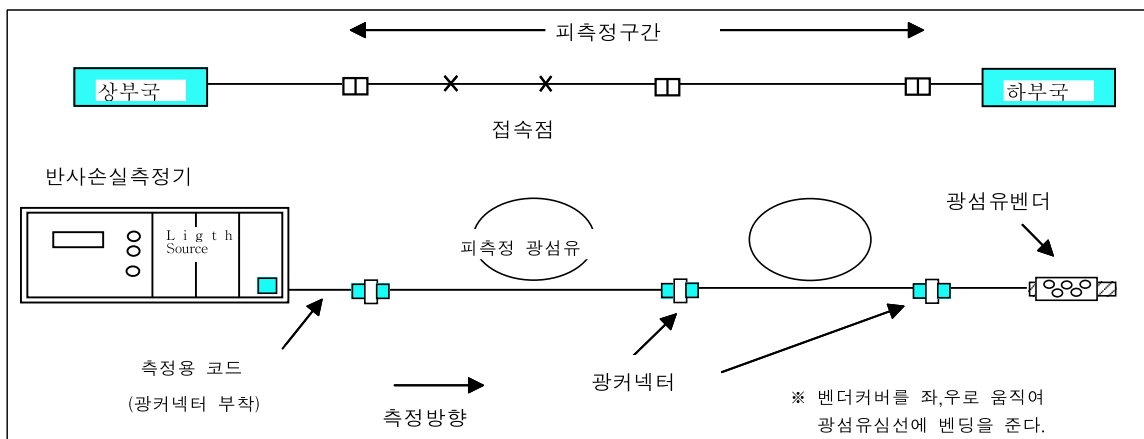


그림 15. 광섬유 전송특성의 경년변화측정

- ⑤ 측정이 완료되면, <식 (15)>에 준해 반사손실을 산출한다.
- ⑥ 상부국 종단의 반사손실도 ①~⑤항의 절차에 의해 산출한다.
- ⑦ 광케이블구간의 반사손실측정이 완료되면, 전송시스템의 반사손실 허용치와 비교 분석하여 허용범위를 초과하였을 경우에는 원인을 규명 조치하여야 한다.

$$\text{Total RL} \leq \text{LPref} \quad (21)$$

여기서, Total RL : 측정된 값[dB] (<식 (15)> 참조)

LPref : 전송시스템 요구사항[dB]

9.4.6 정밀시험

정밀시험은 광케이블포설작업 중에 외부적인 충격으로 인해 손상이 우려될 경우나, 운용중 광케이블 절곡 및 절단사고가 발생하였을 경우에 단위구간 광케이블의 광섬유 손실을 고밀도로 측정하기 위한 것이다.

- (1) 광섬유의 손실 측정법은 컷백법에 의한다.
- (2) 측정치의 기록은 “<양식 #4> 광섬유손실측정기록표”에 의하여 기록 보존한다.



<양식 #1>

케이블포설장력측정기록표

상 부 국	케이블길이 [m]	하 부 국	작업일시	
			작 업 자	
			감 독 자	

접속점명 :

접속점명 :

인공번호 :

인공번호 :

케이블명			허용인장력	[kgf]
포설방식	선단견인(), 선단중간견인(), 인력견인(), 공압포설(), 기타()			
포설장비명				
포설방향	단방향포설		양방향포설	
	상부국→하부국	하부국→상부국	상부국→하부국	하부국→상부국
최대포설장력 [kgf]				
포 설 장 력 측 정 데 이 터				

<양식 #2>

광섬유접속손실측정기록표

상 부 국

접속점명 F

하 부 국

측 정 일	
측정기명	
측 정 자	
입 회 자	

측정지점명 : _____

측정지점명 : _____

케이블명 : _____

유니트 번 호.	코어 번호	심선 색상	접속손실 [dB]			유니트 번 호	코어 번호	심선 색상	접속손실 [dB]			비 고
			상부국 →	하부국 →	평균치				상부국 →	하부국 →	평균치	
			하부국	상부국					하부국	상부국		

<주> 상부국→하부국 : 상부국측에 OTDR을 놓고 측정한 결과, 하부국→상부국 :
하부국측에 OTDR을 놓고 측정한 결과

해설 2. 동케이블

1. 설계시 고려사항

- (1) 선로연변에 보조 통신케이블로 경제성, 선로조건 및 타분야 시설계획 등을 고려하여 동케이블을 시설할 수 있다.
- (2) 동케이블의 종류는 통신선로의 시설 형식 및 용도에 따라 적용한다.
- (3) 동케이블은 안정된 전송품질을 제공하기 위하여 전송손실, 직류저항 제한치 등을 고려하며, 유지보수 및 경제성 등을 검토하여 소요회선을 산출한다.
- (4) 동케이블은 지형 및 포설조건, 기타사항(접속, 견인 등)에 따라 케이블의 여장을 확보한다.
- (5) 동케이블 접속은 심선접속과 외피접속으로 구분되며, 심선접속은 커넥터 접속방식으로 구성한다. 외피접속은 심선접속부를 외부의 충격이나 습기로부터 보호하며, 유지보수가 양호한 접속관을 이용하여 접속한다.
- (6) 동케이블의 성단은 배선반 및 MDF에 성단하며, 동케이블 선로의 이상 유무를 확인하기 위해 각종 시험을 한다.

2. 인터페이스 업무분계

- (1) 본선의 역간 동케이블 포설은 통신기계실의 MDF/배선반을 기준점으로 본선~MDF/배선반 1차(V측)성단까지 통신선로설비에서 시설한다(피뢰탄기반 포함).
- (2) 차량기지 등과 같은 구간의 동케이블 포설은 해당 통신설비분야에서 일괄 시행한다.

3. 동케이블의 선정

- (1) 케이블 심선경은 선로 손실치를 계산하여 전송손실 기준을 만족하는 범위 내에서 작은 심선경을 사용토록 하며 선로손실은 가입자 전화기를 제외하고 7dB 이하를 원칙으로 한다.
- (2) 교류전철구간이나 교류전철화 계획구간에는 차폐(15%)케이블을 시설하도록 한다.
- (3) 터널 및 지하구간에는 난연 케이블 또는 난연도료 도포 등을 적용한다.

4. 동케이블의 포설

통신선로는 철도 선로에 접근 평행하여 종점을 향하여 좌측에 건설함을 원칙으로 한다.

5. 동케이블의 접속

- (1) 심선 접속방법은 꼬임 접속, 납땜접속, 커넥터 접속이 있으나 꼬임접속, 납땜접속은 재래공법이며, 현재는 유지보수가 양호한 커넥터 접속방식을 사용한다.
- (2) 외피 접속방법은 연관 접속, 열수축관 접속, 조립식 접속관 접속이 있으나 현재는 조립



식 접속관에 젤리 콤파운드 주입방식을 사용한다.

6. 동케이블의 성단

동케이블의 성단은 각 통신실에 설치되는 배선함 또는 MDF에 성단하도록 하며, 배선함내의 이상전류 유입시 기기 보호를 위하여 피뢰탄기반 및 서지보호기를 설치한다.

RECORD HISTORY

- Rev.0(12.12.5) 철도설계기준, 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는 데 목적을 둬.
- Rev.1(13.6.18) 현장여건을 고려한 광케이블 포설공법 적용으로 설계품질 및 경제성 향상
- Rev.2(14.6.30) 철도설계기준 개정(국토교통부 고시 제2013-757호, '13.12.5)에 따라 통신케이블 보호방식 개정
- Rev.3(15.7.1) 광케이블 매설깊이 0.6m 삭제
해설1 광케이블 기타회선 변경
- Rev.4(16.6.21) 광케이블 분류시 '색띠에 의한 광케이블 분류' 추가(설계기준처-1682, '16.06.21)
[KR연구원 자체연구과제 수행결과(기술연구처-336호, 2016. 1. 27) 및 광케이블 (색띠) 관련 회의결과 알림(전자통신처-2572호, 2016.6.7.)] 반영
- Rev.5(16.12.27) · 통신케이블 지중선로표지기 설치
· 보조광케이블 회선계획 기준 정립
· 광케이블 광학적 특성 설계기준 반영
· 광케이블 규격(난연, 비난연) 선정기준 정립(설계기준처-3680, '16.12.27)
- Rev.6('17.12.27) 철도설계기준 및 편람 개정
- Rev.7('18.12.17) 철도설계기준 및 편람 개정
- Rev.8('19.12.19) 철도설계기준 및 편람 개정
- Rev.9('20.07.05) 철도설계기준 및 편람 개정
- Rev.10('21.12.21) 철도설계기준 및 편람 개정
- Rev.11('22.07.04) 철도통신망 고도화 구축계획 수립 용역 결과 반영(주/보조 광케이블 코어 선정)
- Rev.12('23.12.28) 스파이럴 슬리브 적용 범위 명확화