

케이블 연결 소켓의 인장강도

Tensile Strength on Connection Socket of Cables

박 강 근* 이 장 복** 하 채 원*** 김 재 봉***
Park, Kang-Geun Yoon, Sung-Kee Lee, Jang-Bok Kim, Jae-Bong

요 약

구조물에서 케이블 부재는 압축이나 휨이 없이 인장력에 의해서 하중을 전달하는 시스템이다. 케이블 시스템은 대공간 구조의 지붕, 공기 지지구조, 프리스트레스 막구조, 케이블 네트워크 구조, 현수구조, 가이드 타워, 해양 플랫폼, 현수교 등의 구조물에 널리 사용되어 왔다. 케이블 부재는 부재 단부에 소켓, 스웨이징, 스프라이스 슬리브, 클립, 웨지, 루프 스프라이스 등에 의해서 하중을 전달 할 수 있다. 본 연구에서는 케이블 연결 소켓의 인장강도에 대한 실험을 수행하고자 한다. 실험결과에서 대부분의 시험체가 케이블이 파단하중에 도달하기 전에 소켓의 연결부에서 파단이 일어났다.

Abstract

Cable member in structure is tension systems in which the load carrying members transmit loads to support system by tensile stress with no compression or flexure allowed. Cable system have been widely used large span structure roof, air-supported structure, prestressed membrane, cable network roof, suspension structures, guyed tower, ocean platforms, suspension bridges. Cable member can transmit loads by the edge connected system such as socket, swaging, mechanical splice sleeve, clip, wedge, loop splice etc. This study will shown an experimental results on the strength of connection socket of cables. In the results of experiment, most of cable connection specimen occurred the failure at the connection socket part before the cable arrived at tensile failure load.

키워드 : 케이블 부재, 대공간 구조, 연결 소켓, 인장 파괴하중

Keywords : Cable member, Large span structures, Connection socket, Tensile failure load

1. 서 론

케이블 부재는 휨이나 압축이 없이 인장응력 만을 받을 목적으로 제작 및 시공되는 부재를 말한다. 케이블은 일반 강재에 비해 매우 높은 인장강도를 가지면서 유연하다는 물리적 특징을 갖고 있다. 케이블의 소선은 열처리와 신성가공으로 고강도를 얻기 때문에 파단시의 신장은 일반 구조용 강재에 비교하면 케이블의 연성은 1/5 정도이다. 최근에는 대

공간 구조물이 많이 지어지고, 케이블 구조부재로 사용하는 건축이 증가추세에 있다. 케이블 시스템은 대공간 구조의 지붕, 공기 지지구조, 프리스트레스 막구조, 케이블 네트워크 구조, 현수구조, 가이드 타워, 해양 플랫폼, 현수교 등의 구조물에 널리 사용되어 왔다. 케이블 부재는 부재 단부에 소켓, 스웨이징, 스프라이스 슬리브, 클립, 웨지, 루프 스프라이스 등에 의해서 하중을 전달 할 수 있다. 케이블을 이용하여 건축물을 구조 설계할 경우에는 다음과 같은 케이블의 고유성질과 문제점을 고려해야 한다. 케이블의 고유성질과 문제점의 예로는 다음과 같은 것을 들 수 있다. ①케이블은 인장력이 일반 강재에 비해 현저히 고강도이다. 한편 강성은

* 정희원 · 부산대학교 산업건축과 교수, 공학박사
Tel: 055-350-5345 Fax:055-350-5349

E-mail : sampgk@pusan.or.kr

** 정희원 · 동아피앤에스 대표이사, 공학박사

*** 부산대학교 대학원

일반 강재 비해 낮다. ② 케이블은 그 종류에 따라 신장강성이 일정하지 않다. 또, 안정된 강성을 얻기 위해서는 프리스트레칭이 필요하다. ③ 케이블은 압축력, 전단력 및 휨에 저항할 수 없다. ④ 케이블을 포함하는 구조 시스템은 케이블에 프리스트레스를 도입함으로써 안정성과 강성의 면에서 현저하게 다른 거동을 나타내는 경우가 있다. 또한 케이블의 장력이 이완되지 않는 범위에서 압축력에 저항할 수 있다. 케이블을 포함하는 구조 시스템은 대변형을 유발시키는 경우가 있다. 이 경우에는 일반 구조물에 사용되는 미소변형의 가정과 중첩의 원리가 성립되지 않는다. 설계단계에서 고려되어야 할 케이블의 제작, 운반과 시공상의 특징으로 다음과 같은 것들이 있다. ① 케이블의 단부에는 특별한 정착기구가 필요하다. ② 길이가 매우 긴 경우에도 케이블은 릴에 감아서 운반할 수 있다. ③ 현장에서의 조립 및 세우기 방법이 일반 구조부재의 경우와 현저하게 다르다.^{1)·2)}

이러한 케이블의 역학적 특성을 파악하고, 케이블 구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 케이블의 연결 접합부의 내력이 매우 중요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 케이블 한쪽에는 소켓 연결 접합부를 다른 한쪽에는 스위치 연결 접합부를 하여 연결 접합부의 인장강도에 대한 실험을 수행하고자 한다.

2. 케이블 및 연결부의 역학적 특성

2.1 케이블의 종류 및 특성

케이블 재료에는 ① 구조용 스트랜드 로프 ② 구조용 스파이럴 로프 ③ 구조용 록코일 로프 ④ 평행선 스트랜드 ⑤ 피복 평행선 스트랜드 ⑥ PC강선과 같은 것이 있다. ①~④는 소선에 아연도금을 하여 1차 부식방지를 기본으로 하지만 아연도금을 하지 않고 피복이 없는 로프를 사용한 예도 있다. 피복 평행선 스트랜드는 구조용 케이블 규격으로서는 아연도금 강선의 사용을 전제로 하고 있지만 아연도금을 하지 않은 PC강선을 사용하기도 한다. PC꼬임강선은 원래 피복이 되어 있지 않지만 케이블 재







료로 사용하는 경우는 부식방지 대책이 필요하다. PC강선의 PC꼬임강선은 아연도금을 하지않고 방청재 및 플라스틱으로 피복하여 방식하는 것을 기본으로 한다. PC꼬임강선을 다시 합쳐 여러 겹으로 꼬아서 만든 PC꼬임강선을 케이블 재료로 사용하는 경우도 있는데 기계적 성질은 ①의 구조용 스트랜드 로프와 같이 고려하지 않으면 안된다. 즉, PC꼬임강선의 7 가닥이나 19 가닥 꼬임과는 다르며, 꼬임의 영향을 무시할 수 없다. 케이블 재료는 강선을 꼬아 엮거나 또는 평행하게 결속하여 집합체를 구성한 것이기 때문에 다음과 같은 장점이 있다. 강선 자체는 인발 가공에 의한 성유상 조직을 갖고 있으므로 다른 강재에 비해 인장강도 및 피로강도가 높다. 가는 선의 집합체이기 때문에 외관상 같은 직경의 강봉에 비해 훨씬 유연성이 풍부하여 구부려 사용하기도 하고, 릴 등에 감아서 운반할 수도 있기 때문에 길이에 제한을 많이 받지 않는다. 여러 개의 강선으로 구성되기 때문에 부분적인 손상이나 흠집에 대한 위험이 분산된다. 이상과 같은 장점을 갖고 있는 반면, 신장, 크리프가 크고 비틀림이 생길 수 있다. 방청·방호처리가 필요한 점등을 설계시에 고려해야만 한다.^{1)·2)}

2.2 케이블 연결부 종류 및 특성

케이블 구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 케이블의 연결 접합부의 내력이 매우 중요하다고 판단된다. 케이블 정착부는, 케이블이 축력만을 전달하는 특성을 고려하여, 구조물에 정착시킬 필요가 있다. 정착부의 정착물에는 케이블의 파단하중을 보증하는 케이블 소켓 정착물, 압축 정착물과 현재 일반적으로 많이 사용되고 있다. 압축 및 아이 압축정착물에 관해서는 일반적으로 파단하중의 95~100% 정도가 보장된다. 그러나 케이블 축력 이외, 강성 등에 의해 케이블의 직경이 결정된 경우, 케이블의 파단하중을 보증하기 위해서는 정착 철구가 축력에 대해 과대하게 된다. 정착 철구의 설계에서는 존재응력에 대해 설계할 수 밖에 없기 때문이다. 한편 간단한 구조물이나 가설물의 경우에는 보다 간단한

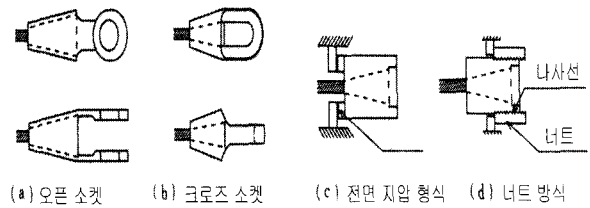
정착방식인 크리프 정착, 녹 방지 정착, 마찰정착물이 자주 사용된다. 이것은 작업이 간단해서 현장에서 길이를 조정할 수 있는 이점이 있지만 응력 집중에 의한 강도저하가 생길 가능성이 있어 관리에 의한 검사가 필요하다.¹⁾⁻²⁾

〈표 1〉 케이블의 종류 및 특성

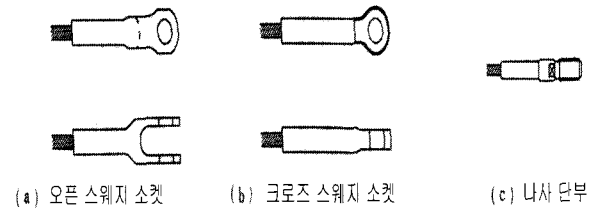
케이블 종류	단면	케이블 구조	특성
구조용 스트랜드 로프 (stranded rope)		외곽 스트랜드는 6 가닥이고, 중심에 배치한 공심형과 7×7 로프 중심 배치	유연성이 풍부하고 신장이 큼
구조용 스파이럴 로프 (spiral rope)		심선 주변에 여러 층의 선을 꼬며, 형상은 스트랜드와 동일하다.	유연성이 약함. 신장이 적음
구조용 록코일 로프 (locked coil rope)		동근 소선의 스파이럴 로프를 중심에 배치하고, 최외층 2~5층은 이형선으로 배치	유연성과 신장이 적고, 수밀성이 우수
평행선 스트랜드 (parallel wire strand)		동근 소선을 묶어서 외곽단면을 6 각형으로 만든 것	인장 특성은 가장 우수하나 유연성이 낮다
피복 평행선 스트랜드 (non-grout PWS)		동근 소선을 묶어서 비틀은 외곽단면이 원형으로서 사장교의 메인 케이블에 사용	인장 특성은 평행선 스트랜드와 유사. 유연성은 우수
PC 꼬임장선 (prestess strand)		피복PC 꼬임장선을 복수로 묶어서 관에 투입한 것과 PC 꼬임장선을 7 가닥 또는 19 가닥으로 꼬	인장 특성과 유연성 모두 피복 평행선 스트랜드와 유사

〈표 2〉 케이블의 정착방식

케이블 재료	정착방식
구조용 스트랜드 로프	소켓 정착·압축 정착·아이 압축 정착
구조용 스파이럴 로프	소켓 정착·압축 정착
구조용 록코일 로프	소켓 정착
평행선 스트랜드	소켓 정착
피복 평행선 케이블용 스트랜드	소켓 정착
PC 강선	압축 정착



〈그림 1〉 케이블 단부의 소켓 형상



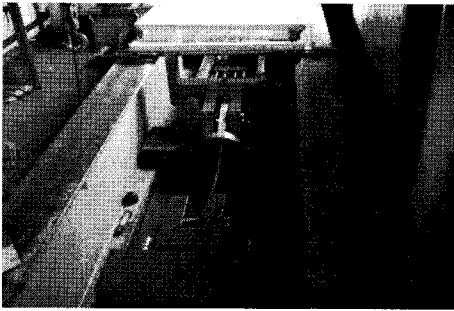
〈그림 2〉 케이블 단부의 압축정착 형상

3. 케이블의 인장 시험

3.1 인장강도 시험 방법 및 장치

본 시험 연구에서는 실제 구조물에 주로 사용하는 케이블 시스템의 안정성을 파악하기 위해서 케이블의 한쪽 단부에는 소켓을 연결하고 한쪽단부에는 스웨이징 가공한 압축정착물을 설치하여 인장 시험을 수행하였다. 케이블 인장 시험체의 종류는 케이블의 직경별로 10가지에 대해서 인장 시험을 수행을 하였다. 인장시험은 부산 대창마진테크 실

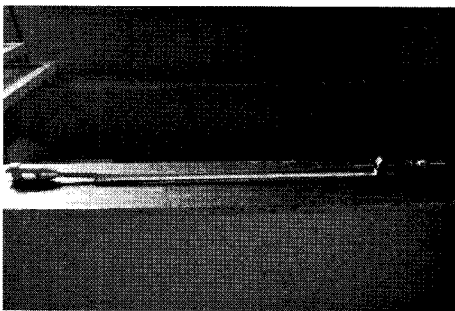
험실에서 시험을 수행 하였다.



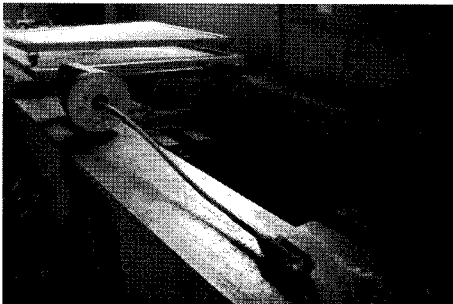
〈그림 3〉 케이블 인장시험 장치



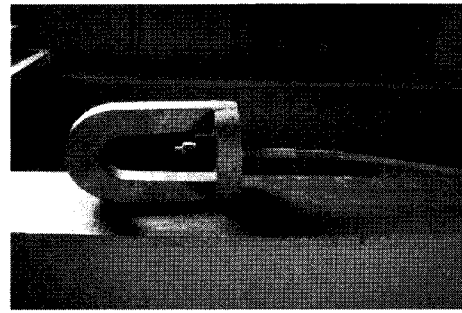
〈그림 4〉 케이블 인장시험 측정장치



〈그림 5〉 케이블 인장 시험체 형상



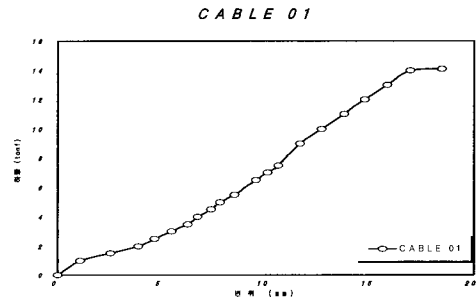
〈그림 6〉 케이블 단부 소켓 형상



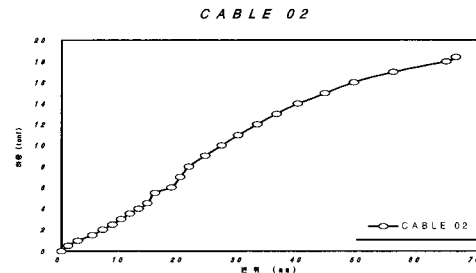
〈그림 7〉 케이블 단부 스웨징 정착형상

3.2 인장강도 시험결과

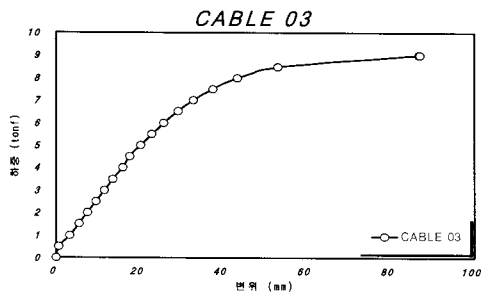
케이블의 인장시험은 부산 대창마진테크 실험실에서 시험을 수행 하였고, 인장시험의 결과 자료 취득 장치를 별도로 설치하여 하중값과 변위 값을 측정하였다. 직경이 다른 10개의 케이블 시험체에 대해서 인장시험을 수행하였다.



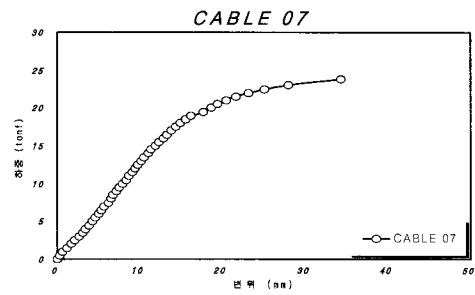
〈그림 8〉 케이블 인장실험 결과(직경 17mm)



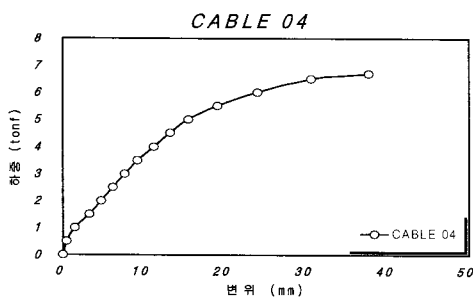
〈그림 9〉 케이블 인장실험 결과(직경 15mm)



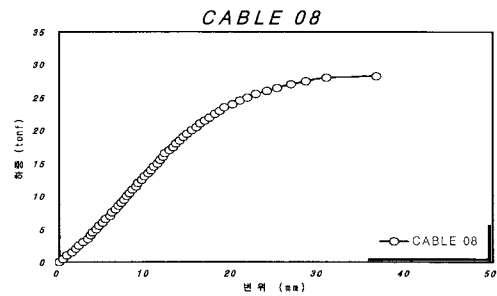
〈그림 10〉 케이블 인장실험 결과(직경 11 mm)



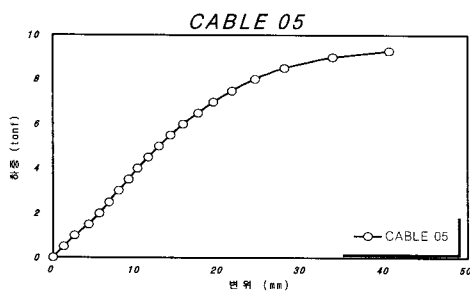
〈그림 14〉 케이블 인장실험 결과(직경 18mm)



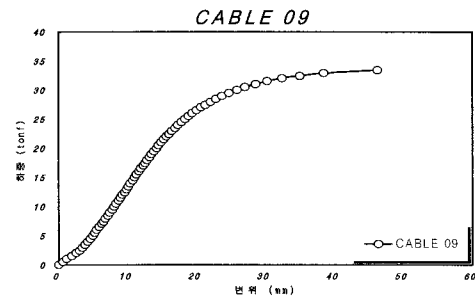
〈그림 11〉 케이블 인장실험 결과(직경 10mm)



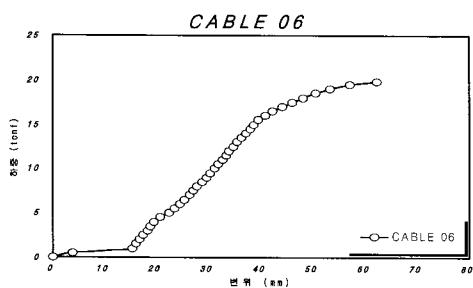
〈그림 15〉 케이블 인장실험 결과(직경 20mm)



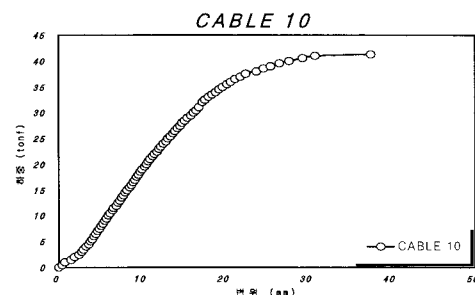
〈그림 12〉 케이블 인장실험 결과(직경 12mm)



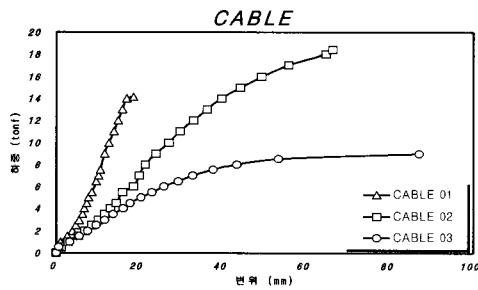
〈그림 16〉 케이블 인장실험 결과(직경 22mm)



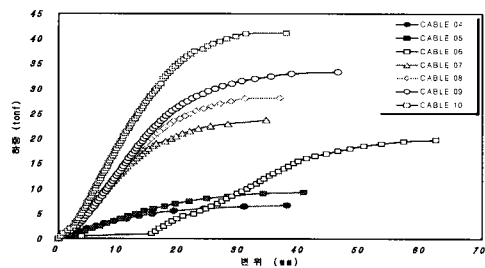
〈그림 13〉 케이블 인장실험 결과(직경 16mm)



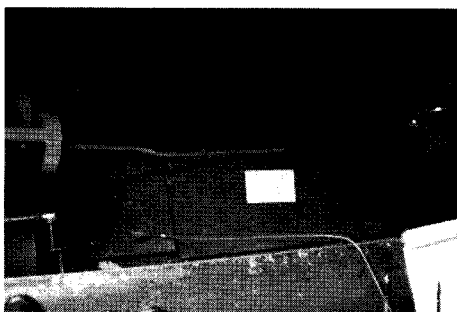
〈그림 17〉 케이블 인장실험 결과(직경 25mm)



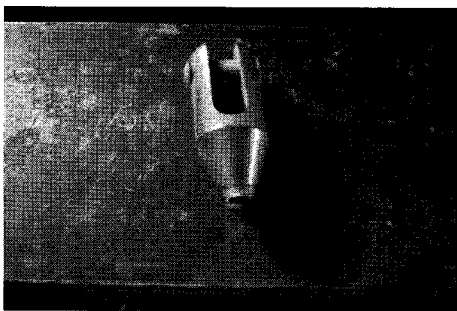
〈그림 18〉 케이블 인장시험 결과비교 I



〈그림 19〉 케이블 인장시험 결과비교 II



〈그림 20〉 케이블 인장시험 결과 사진



〈그림 21〉 케이블 단부 소켓의 파단사진

4. 결 론

본 연구에서는 막 구조물에서 주로 사용되는 케이블 단부 소켓 및 스웨이 부분의 내력을 평가하기 위한 인장시험을 수행하였다.

인장시험이 결과 케이블 보다는 케이블 단부의 소켓 부분에서 파단이 발생하였고, 스웨이 연결 부분에서는 나사산의 파단에 의한 미끄러짐이 발생하였다. 따라서 현재 막 구조물에 케이블 연결부에 주로 소켓의 와이어 로프 압착 끝부분에서 케이블 파단강도의 95% 정도의 하중에서 발생하므로 이에 대한 보강이 필요하다고 사료된다. 소켓 가공은 로프의 스트랜드를 풀고 그 스트랜드의 소선을 풀다음 소켓 또는 금형에 넣어서 용융금속을 주입시켜 고정된 곳으로 강도를 확보하기에 가장 좋은 방법으로 알려져 있지만, 로프의 단말 가공 방법에 따라서 75-95%의 하중효율을 가지고 있다. 따라서 로프의 케이블 단부 단말가공 종류에 따라서 파단하중의 효율이 다르기 때문에 구조물의 설계시에는 종류별로 안전율을 설정하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시개발사업의 연구비지원(과제번호 #06 R&D B03)에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

1. 대한건축학회, 케이블구조 설계 기준 및 해설, 2001
2. 일본건축학회, 케이블 구조설계 지침, 1994
3. 한국표준협회, 한국산업규격, 2006
4. DSR 제강 주식회사, 와이어로프 핸드북, 2005
5. John W. Leonard, Tension Structures, McGraw-Hill, 1988