

## 핸드레일 구조와 사용 재료

송한중·윤영근

### 1. 에스컬레이트 핸드레일(handrail)의 개요

산업화로 인해 사회가 발달됨에 따라 사람들의 삶의 질과 요구가 높아지므로 해서 편리함과 안전함을 겸비한 수송수단이 요구되었고 이에 따라 백화점이나 공공 장소등 사람의 왕래가 빈번한 곳에서 단시간에 승객을 이용할수 있는 수송수단의 개발이 필요하게 되었다. 승·하강, 원거리를 편안하게 많은 사람들을 연속적이고 신속하게 수송할수 있도록 고안된 장치가 현재 보편화된 에스컬레이터와 무빙워크이다. 에스컬레이터(escalator)의 어원은 고안자 미국의 시디 시버거(C,D Seeberger)씨가 1895년에 계단의 라틴어인 Scala와 당시 미국에서 일반화되고 있던 엘리베이터를 조합하여 만든 것에서 부터 유래되고 있으며 그 원형은 1859년으로 소급된다. 에스컬레이터라고 부르게 된 것은 1900년 이후이며 시디 시버거씨가 특허로 신청한 등록상표로서 오티스사가 특허권을 매입하므로써 다른회사들은 「자동계단」 또는 「전동계단」 등의 명칭으로 판매하였다. 1930년에 A17.1 안전코드(Safety code)에 에스컬레이터라는 명칭이 사용되면서 부터 비로소 공식적인 상품명으로 모든 나라들이 공동으로 사용하게 되었다. 1950년대에 일본에서 난간부(balustrade)에 형광등을 설치하여 난간벽이 빛을 내게 하여 디자인면과 안전성을 갖게 했고 유리벽으로 안팎이 투시되어 볼 수 있도록 하였다. 그러나 오늘날의 현대식 에스컬레이터의

원조는 오티스사가 1922년에 르노씨가 발명한 크리트와 콤, 그리고 시버거씨가 발명한 편평계단을 복합하여 발전시킨 것이다.

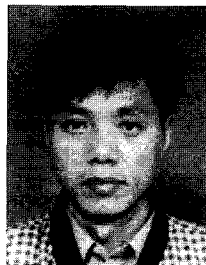
에스컬레이터는 일정방향에 연속적으로 대량 수송을 목적으로 한 수송설비로서 승객이 승강 또는 하강하기 위하여 특별히 기다릴 필요가 없는 특징을 갖고 있어 백화점, 지하철등 공공수송기관으로 광범위하게 보급되고 있는 실정이다.

에스컬레이터는 철골구조의 트러스(truss)를 통상 두 대를 상하 이층에 걸쳐 놓은 형태로



송한중

1983~ 금호 타이어 선임연구원  
1992  
1987 미국 AKRON 대학 Polymer Eng. 석사 취득  
1995 미국 AKRON 대학 Polymer Sci. 박사 취득  
1995~ 현대 석유화학 연구소 책임 2000 연구원 역임  
2000~ (주)화승 R&A 연구소장 현재



윤영근

1992 영남대학교 화학공학과 졸업  
1992~ 화승 R&A 기술연구소 근무 현재

설치하여 연속적으로 스텝 체인(step-chain)에 일정한간격을 갖고 발판(step)을 설치하여 스텝 체인을 구동시켜서 발판을 순환하게하여 승객을 운반하는 설비이다. 승객의 수송에 있어서 승객이 자유롭고 편안하게 이용할 수 있고 손으로 잡기 쉽도록 말발굽 모양의 형태로 스텝과 동일속도로 안전하게 승객을 이동시킬 수 있게 설치된 장치가 에스컬레이트 핸드레일이다. 핸드레일은 심재로서 고강도인 항장체(steel tape or steel cord)와 보강 재료로서 우량의 직포를 양질의 배합고무와 접착시켜 만들어진다.

손으로 잡기 쉽도록 형상을 말발굽 모양으로 성형하고 그 폭 및 두께는 길이 방향으로 균일하며 상처, 굴곡, 변색등의 사용상의 유해한 결함이 없고 환경조건에서 장기간 사용해도 충분히 견딜수 있어야 한다. 에스컬레이터용 핸드레일은 항장체를 내장한 면포층의 표면을 미관이 아름다운 색상 고무(화장고무)로 압착 성형시켜 난간에 적합하게 엔드레스(endless)로 연결된 구조로 되어 있다.

## 2. 핸드레일 요구 성능과 사용 환경

### 2.1 핸드레일 요구 성능

국내에서 에스컬레이트 제조회사는 현대 엘리베이터, LGOTIS, 동양엘리베이터사가 국내시장의 90% 정도를 차지하며 여기에 사용되는 핸드레일은 각사마다 요구하는 성능이 다소 차이는 있지만 일반적으로 핸드레일이 가져야 할 기본적인 성능은 아래와 같다.

- 1) 인장파단강도 : 1500 Kg / 50 mm 이상
- 2) 파단시 신율 : 3% 이하
- 3) 강성(정,역방향 굽힘) : 300 Kg / cm<sup>2</sup>
- 4) 귀부분 개구력 : 15~40 Kg / 7 mm 이상
- 5) 굴곡 시험 강도(휨) : 4000회 이상

시험장력	350Kg	20 시간 이상
	300Kg	57 시간 이상
	250Kg	200 시간 이상
	200Kg	925 시간 이상

- 6) 각층 접착력 : 10 Kgf / inch 이상
- 7) 장기 수명 시간 (장기 내구성 시험)

### 2.2 핸드레일 사용 환경

핸드레일은 장기간 사용하므로 표 1의 사용 환경에서 내구성을 가질수 있는 재료가 선택이 되어야 하고 대부분이 옥내용으로 사용하고 있지만 최근에는 옥외용으로도 설치 하는 곳이 많으므로 내후성에 견딜수 있는 제품으로 설계 되어야 한다.

표 1. 핸드레일 사용 환경

항 목	일반용	방수용
사용장소	옥내용	옥외용
온도범위	-10℃ ~ 50℃	-10℃ ~ 70℃
습도범위	50~90%	50~100%
빛 물	직접 맞지 않음	직접 맞는다
먼 지	-	대단히 많다
자외선	-	직접 맞는다
유기 용제	머신유 미량	머신유 미량
가 스	일반대기 (자동차 배기 가스)	일반대기 (자동차 배기 가스)

## 3. 핸드레일의 구동방식과 구조

### 3.1 핸드레일 구동 방식

핸드레일은 스텝(step: 발판) 과 같은 속도로 미끄럼이 없이 진행되어야 하며, 구동방법은 상부구동륜의 좌우에 설치된 핸드레일 구동 스프라켓으로 구동된다. 구동방식은 핸드레일의 장력이용, 평벨트(belt) 압력 이용 및 롤러(roller)에 의한 압력에 의한 방식이 있다.

국내 대표적인 에스컬레이터 제조회사인 LGOTIS사와 현대엘리베이터사에서 채택하고 있는 방식으로는 LGOTIS사는 평벨트 압력이용 방식이고 현대엘리베이터사는 롤러의 압력이용 방식을 채택하고 있다. 그림 1은 핸드레일구동 방식의 일례이다.

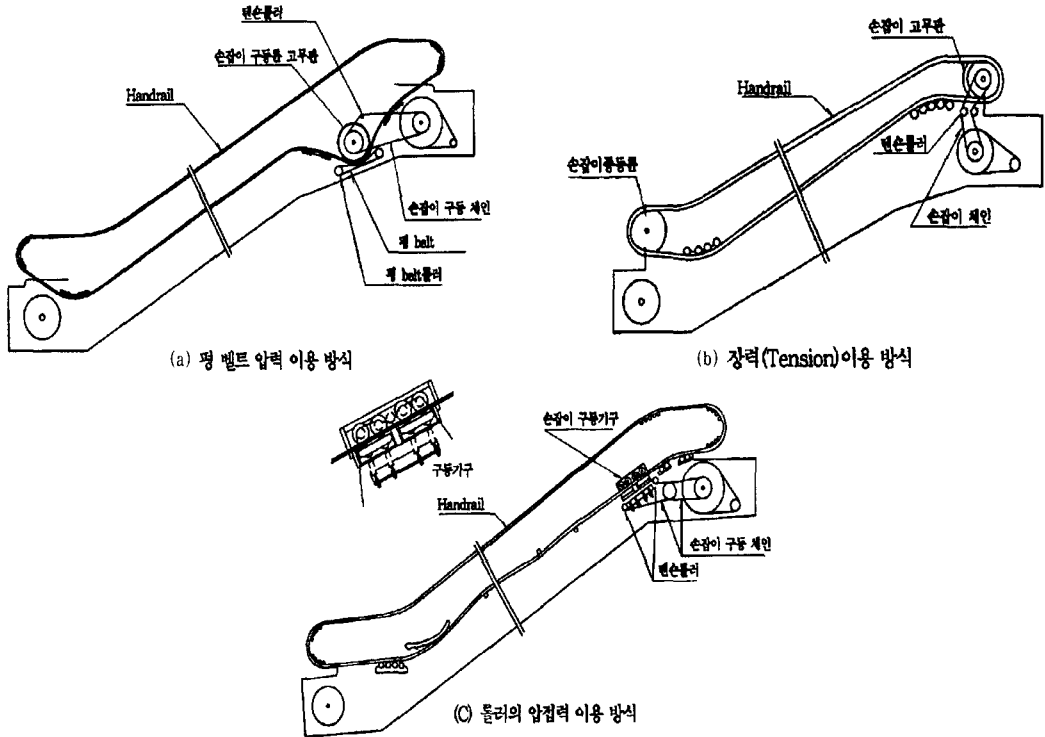


그림 1. 핸드레일의 구동 방식

### 3.2 핸드레일의 구조

핸드레일 구조는 제조회사마다 조금씩의 차이는 나타나지만 일반적으로 그림 2의 구조와 같이 화장고무 (cover)층과 항장체(steel tape or steel wire), 직포, 범포층으로 이루어져 있다. 표 2는 대표적인 핸드레일 제조업체들의 제품 층별 사용 재질이다. 제조업체의 특성에 맞는 재질을 선택하여 제조하나 기본적인 특성은 거의 유사한 수준이다.

표 2. 핸드레일 대표적인 제조업체 구조 비교

항 목	HS R&A (韓)	昭和電線 (日)	EHC(美)	TTK(日)	
사용재질	Cover	CSM	CSM	CSM	
	접착고무	CR	CR	CR	
	보강층	Cotton PET Glass Fiber	Cotton PET	Nylon Cotton Glass Fiber	Cotton
	항장체	steel wire	steel tape	steel wire	steel tape

주) CSM : Chlorosulfonated PE  
CR : polychloroprene rubber

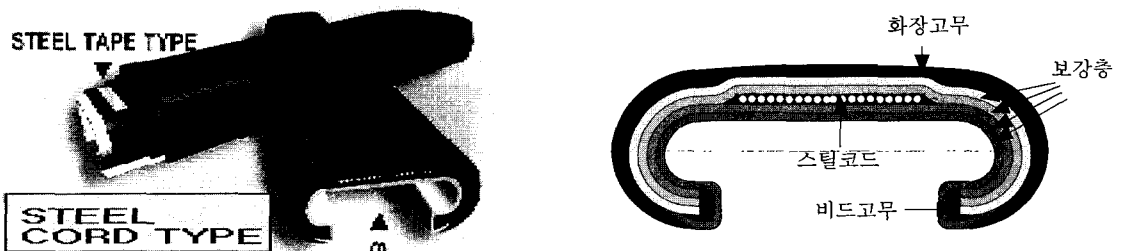


그림 2. 핸드레일 스틸코드 타입의 대표적인 구조

## 4. 핸드레일의 각종 사용 재료

### 4.1 화장(化粧) 고무 (Cover 고무)

핸드레일의 설치 장소는 대부분 사람의 왕래가 빈번한 백화점이나 지하철등으로 사람의 손에 직접 접촉되는 제품이기 때문에 미관과 감촉이 좋은 재질의 선정이 중요하다.

그래서 일본에서는 핸드레일 Cover 고무를 사람들이 자기의 얼굴을 예쁘게 하기 위해 화장하는 것과 같이 핸드레일 제품의 외관을 좋게 보이게 하는 고무라 하여 통상 화장(化粧)고무라 부르고 있다.

화장고무는 광택이 좋고 깨끗한 표면을 얻을 수 있는 것으로, 내피로성, 내후성, 착색성 및 저온시의 굴곡 저항 특성이 양호하고, 장기 사용 후에도 표면의 노화, 균열발생 및 변색등이 없는 것으로서 이 사용 목적에 적합하도록 배합된 크로로 술폰화 폴리에틸렌 고무 (Chloro Sulfonated Polyethylene ; CSM) 또는 흑색의 경우 스티렌 부타디엔 고무(Styrene Butadiene Rubber ; SBR)을 사용한다.

대부분 화장고무는 압출공정에 의해 제조되기 때문에 압출성이 우수한 배합 설계가 되어야 하고 장기 내구성 측면에서 중요한 보강층 고무와의 접착력, 지속적인 표면 광택 유지성을 겸비하여야 한다.

### 4.2 보강사 접착 고무

접착고무는 내굴곡성 피로성 및 직포와의 접착성이 양호한 것으로서, 이 사용 목적에 적합하도록 배합한 크로로 프렌 고무 (CR), 스티렌 부타디엔 고무(SBR) 또는 CR과 SBR을 혼합한 것으로도 사용한다. 핸드레일은 구동시에 마찰에 의한 열이 발생되는데 백화점이나 지하철에 설치된 핸드레일을 잡았을 때 열을 느껴본 경험이 있는 사람이 많을 것이다. 따라서 접착고무는 내열성도 겸비하면서 핸드레일의 수명이 가장 영향을 미치는 각종과의 접착력 유지가 중요한데 핸드레일의 구동시 문제 발생은 층간 박리에 의해 발생된다.

### 4.3 비이드 고무

비이드 고무는 제품 구조의 귀 부분의 보강층 공간을 채우기 위한 목적으로 사용하는 고무로 제품 구조에 따라 사용 되지 않는 제품도 있지만 비이드 고무는 일반적으로 내굴곡피로성이 양호해야 하며 이 용도로는 접착고무와 접착과 압출성이 우수한 SBR을 사용한다.

### 4.4 항장체

핸드레일은 구동시 높은 장력을 받기 때문에 이에 견딜수 있는 재질을 사용해야 하는데 핸드레일 제조회사의 제품 구조에 따라 적용하는 재질이 차이가 나지만 일반적으로 스틸 코드 (steel cord)와 스틸 테이프(steel tape) 중에서 선택하여 사용하고 있다. 국내에서는 주로 스틸코드 재질을 선택하고 있는데 이는 스틸테이프에 비해 파단강력이 높고 유연성이 우수, 각종과의 접착력이 우수하여 국내 사용 조건에 가장 적합하여 내구성이 뛰어나기 때문이다.

스틸코드는 표면의 상처, 오염, 도금의 녹 및 불균일등의 사용상의 유해한 결함이 없는 것으로서 그 요구 품질은 표 3과 같다.

### 4.5 항장체 접착고무

항장체 접착고무는 스틸코드 구조에만 적용되는 고무로 스틸코드와의 접착과 내굴곡성이

표 3. 스틸 코드 요구 품질

항 목	규 격	
코드 구성	7×4×φ0.172 또는 동등 이상	
코드경 (φ)	1.22 이상	
소선경 (φ)	0.175 ± 0.01	
재질	소 선 재질명	KSD 3509(피아노 선재)의 PWA 72A
	도 금 종류	브라스 도금
	도 금 조성(%)	동 67.0, 아연 33.0
절단하중 (Kg/가닥)	164 이상	
절단시 신율(%)	3 이하	
접 속 부	없을 것	

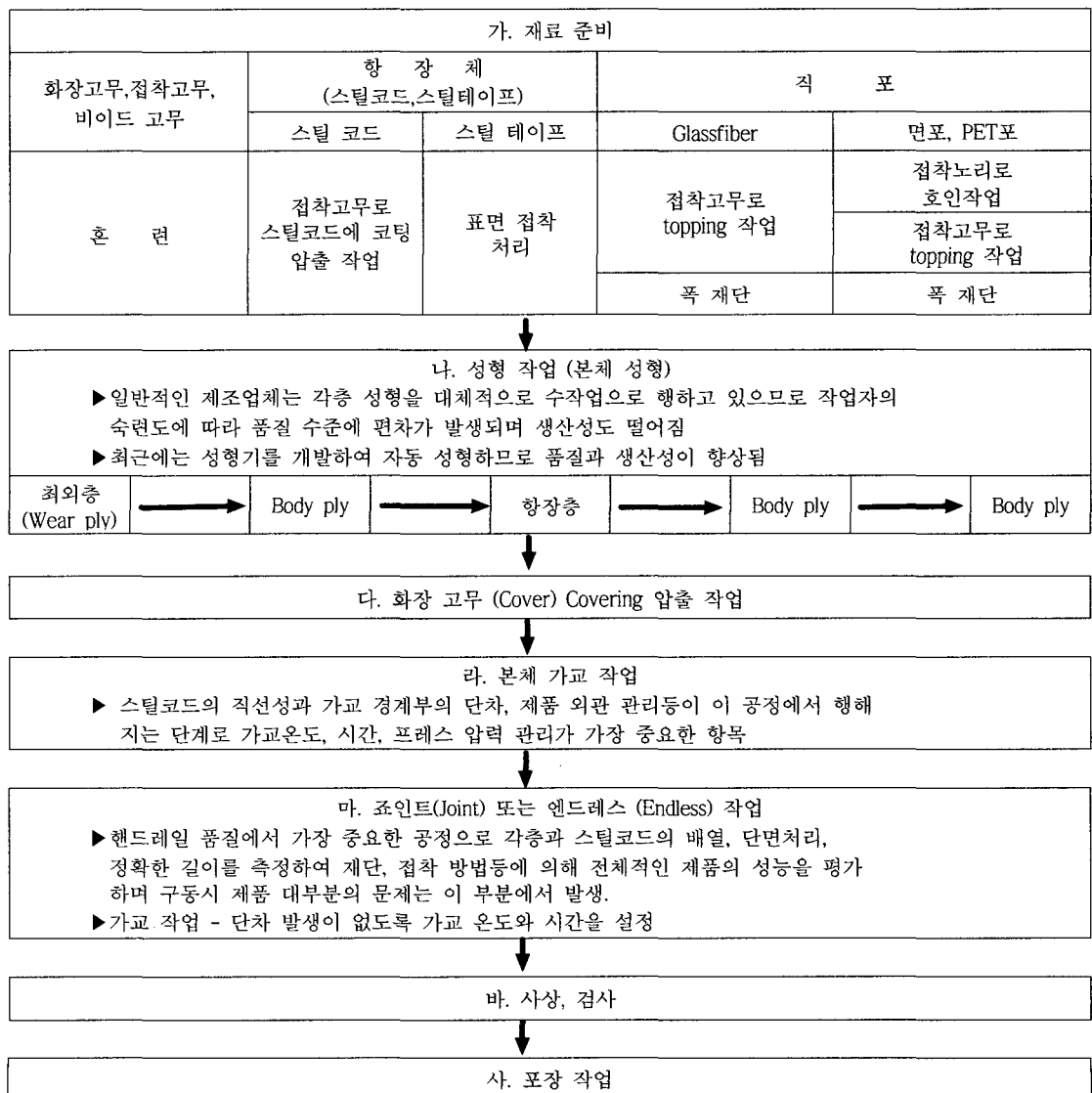
양호해야 하며 이 사용 목적에 적합하도록 배합된 고무로 SBR을 사용한다.

#### 4.6 직 포

핸드레일의 길이방향의 장력은 스틸코드나 스틸테이프가 유지하지만 직포는 핸드레일의 형상유지와 핸드레일 요구 특성중에서 중요한 에스켈레이터를 이용함에 있어 승객의 손가락이 핸드레일과 가이드 사이에 끼이는 것을 방지하기 위해 강성을 가지게 하며 에스켈레이터

구동 롤러와 마찰을 적게 하기 위해 사용한다. 직포는 평직포로 경사 및 위사의 밀도가 균일하고 흠, 틀어짐의 결점이 없고 내부면의 보강층(Body ply)의 재질은 Glassfiber 타이어 코드 지나 Cotton을 사용하며 최외층(Wear ply)는 구동롤러와 마찰이 되기 때문에 내마모성이 좋고 마찰계수가 적은 재질인 폴리에틸렌사를 주로 사용한다.

표 4. 핸드레일 제조공정



## 5. 핸드레일 제조 공정

핸드레일의 재질 선정과 더불어 제조공정의 균일성, 정밀성은 제품 성능에 중요한 요인으로 업체에 따라 다소 차이가 나지만 일반적인 순서는 표 4와 같다.

## 6. 핸드레일 성능 평가

### 6.1 인장 시험

완제품의 본체부와 조인트부의 귀부분을 잘라내고 폭 50 mm, 표점간 거리 200 mm, 길이 500 mm의 시험편을 채취하고, 온도 20~30℃에서 인장시험기에 의해 인장속도는 25~50 m/min로 행한다. 본체부의 파단강력은 일반적으로 1500 Kg/50mm 이상이고 조인트부는 본체부의 80% 정도 이상 수준을 요구한다

### 6.2 귀부분 개구력 시험

에스컬레이트를 이용함에 있어 승객의 손가락이 핸드레일과 가이드 사이에 끼이는 안전사고가 발생하는 경우가 있다. 이러한 손가락 끼임 사고를 방지하기 위하여 핸드레일 하단부인 귀부분의 벌어지는 힘을 관리하는 개구력의 유지가 무엇보다 필요하다. 개구력이 약해지면 핸드레일의 귀부분이 넓게 벌어져 핸드레일과 핸드레일 가이드사이의 유격이 커지므로 손가락이 끼이는 원인을 제공하게 된다. 또 개구력이 너무 높으면 장착성과 구동성이 떨어지므로 일정한 수준을 요구한다.

시험은 핸드레일의 개구부의 양단 귀부분을 길이방향으로 30 mm의 폭 부분을 직각방향으로 7 mm 벌려 넓혀질때의 힘을 측정하는데 15~30 Kg/7mm 수준을 요구한다.

### 6.3 연속 수명시험

핸드레일의 실제 구동 조건을 변화하면서 제품의 수명을 예측하기위해 제작된 핸드레일 주행시험기(그림 3)에 의해 규정의 시험장력으로 규정시간 운전후에 핸드레일의 이상유무를

확인하고 시험 개시에서 종료까지의 각 시험장력에 있어서 신을 변화와 표면 온도변화를 확인한다. 또한 연속 수명시험 종료 후의 핸드레일에 대하여 a) 귀부분 개구력, b) 화장고무와 직포의 인장강도 및 신율, c) 각 접착층간의 박리력, d) 스틸코오드의 인발력을 측정하여 제품의 품질수준을 판단한다.

	시험 장력	운전시간	규격
연속 수명시험	300 Kg	1.3	1) 외관상 이상 없을 것 2) 장기 사용 신율은 0.2% 이하 일 것
	250 Kg	3.0	
	200 Kg	30.0	
	150 Kg	1365.7	
	누적	1400.0	

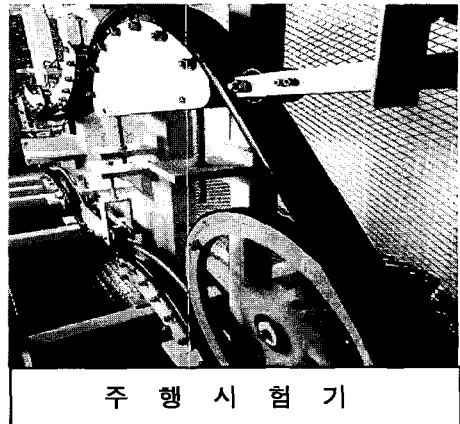
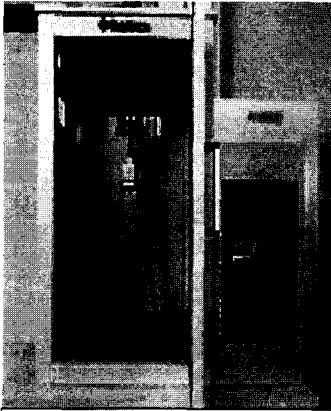


그림 3. 주행시험기

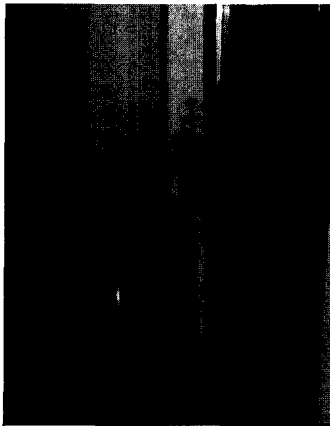
### 6.4 굴곡 시험

제품의 유연성과 항장체와의 접착력을 판단하는 시험으로 핸드레일 귀부분을 잘라내고 폭 20 mm, 길이 250 mm의 시험편을 채취하고 KS M6535(V고무벨트)의 7.3항의 굴곡시험기에 의해서 폴리경 32mm, 하중 45Kg 폴리에 접하는 각도를 156°, 왕복 회수 170회/분, 굴곡거리 134 mm로 범포면을 폴리에 접촉시켜 행한다. 통상 4000회 이상을 요구한다.

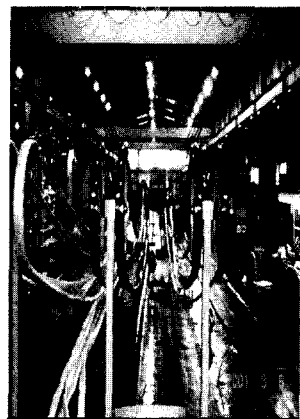
그림 4은 굴곡시험기와 기타 시험기(정·역방향 굴곡 반경 JIG, 검사대)를 보여 주고 있다.



굴곡 시험기



정·역 방향 굴곡 반경 JIG



검 사 대

그림 4 굴곡시험기와 정·역 방향 굴곡 반경 JIG