

트윈 엘리베이터 시스템

김성민 / 티센크루프동양엘리베이터 부장

도 입

도시화가 빠르게 진행되고 있는 현대사회에서 엘리베이터는 필수 불가결한 수직운송수단이다. 엘리베이터 없이는 고층건물이나 고층아파트가 존재할 수 없기 때문이다.

건물에 엘리베이터를 설치하려면 엘리베이터가 오르내리는 통로인 승강로 공간이 반드시 필요하기 마련인데, 일반적인 엘리베이터는 수직으로 길게 형성되어 있는 승강로 공간을 엘리베이터 한대가 왕복하는 방식을 취하고 있다. 건물 지하부터 맨 꼭대기 층까지의 승강로 공간이 오로지 엘리베이터 1대만을 위해서 존재한다는 것인데, 여기에서 승강로 공간을 좀 더 효과적으로 활용할 수 있는 방법은 없을까라는 의문을 가질 수 있다. 티센크루프엘리베이터가 2002년 12월 세계 최초로 개발한 트윈엘리베이터는 이에 대한 완벽한 솔루션을 제공하고 있다.

하나의 승강로내에서 운행되는 두대의 엘리베이터

동일한 하나의 승강로에서 두대의 엘리베이터를 운행한다는 아이디어는 완전히 새로운 것은 아니다. 특허관련 자료를 살펴보면, 하부 엘리베이터는 드럼구동식 혹은 유압구동식으로 하고 상부 엘리베이터는 트랙션타입으로 한 상하부 엘리베이터 방식 시스템이 1907년에 특허 등록된 적이 있었으며, 좌

측 그림에서 보는 바와 같이 다양한 메커니즘, 배치방식, 안전장치를 구비한 솔루션이 1930년에 특허를 받기도 하였다.

그러나 그 어느 것도 확실하게 제품화하는 데 성공하지는 못했다.

미국이나 아시아에서 일부 이용되고 있는 더블 데크 엘리베이터도 하나의 승강로 내에서 두 대의 엘리베이

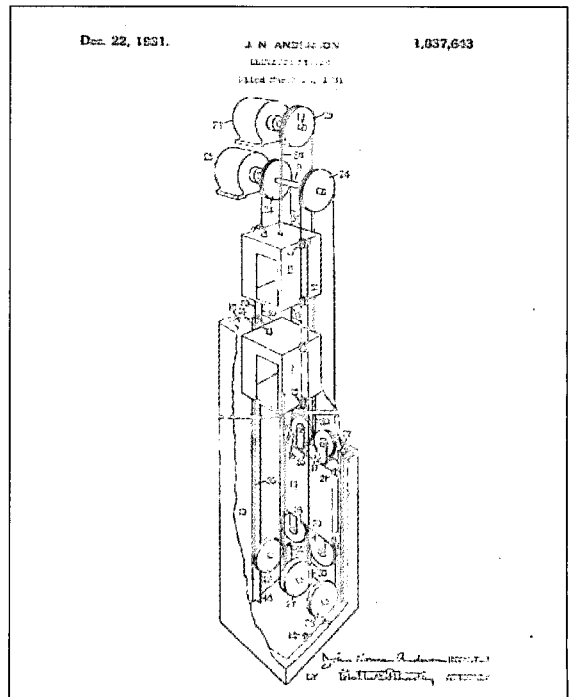


그림 1 다양한 메커니즘, 배치방식, 안전장치를 구비한 솔루션

터를 운행하는 방식이긴 하나 아래위로 배치된 두 대의 엘리베이터가 붙어서 함께 운행한다는 점에서 많은 단점을 안고 있다. 우선 엘리베이터의 하중이 대단히 무거워 대형 드라이브와 대용량 전원공급장치가 필요하다. 또한 두 대의 카가 연결되어 있기 때문에 각각의 카 안에 있는 많은 승객들은 엘리베이터의 정지횟수가 너무 많아 탑승시간이 길어지더라도 참고 기다려야만 한다. 뿐만 아니라 각 층별 층고가 동일해야 하는 데 여기에는 설계상의 제약과 상당한 비용이 소요된다는 단점이 있다. 이에 대한 해결책으로 일정 한도 내에서 두 카 사이의 간격을 조절할 수 있는 장치를 장착할 수 있으나 이 또한 비용을 무시할 수 없고 전체 하중이 증가한다는 단점이 있다. 따라서 두 대의 카 사이에 고정된 연결장치를 제거하여 두 대의 카가 완전히 독립적으로 운행되도록 해야 한다는 솔루션이 필요하게 된다.

트윈엘리베이터의 기본 개념 및 구조

티센크루프엘리베이터는 2002년에 하나의 승강로 내에서 두대의 엘리베이터가 상호 독립적으로 운행하는 트윈엘리베이터 시스템을 세계 최초로 개발하는 데 성공하였다. 트윈엘리베이터 시스템은 한 대의 카 위에 또 다른 카가 설치되고 두 대의 카는 동일한 가이드 레일 위를 운행한다. 두 대의 카에 대해 각각 별도로 균형추가 설치되는데, 균형추를 어떻게 배치할 것인가는 카의 깊이, 넓이, 도어가 측부개폐형인지 혹은 중앙개폐형인지, 도어의 수 등 카에 관련된 사항과 안전에 관련된 사항 두 가지에 따라 결정되는 것이 일반적이다.

각각의 엘리베이터는 구동기와 제어장치를 개별적으로 갖추고 있다. 조속기와 세이프티 기어도 마찬가지다. 따라서 완전한 시스템으로 구현된 독립적인 엘리베이터 두 대가 위, 아래로 설치되어 단일 승강로를 사용한다는 것이 기본 개념이다. 운송 능력을 최적화하고 상대 카의 운동을 방해하지 않도록 하기 위해 엘리베이터는 특정 규칙을 따라야 하고 특수한 제어 메커니즘을 갖고 있어야 한다.

아래 그림은 두 대의 카와 두 개의 균형추를 매달게 되는 두 가지 원리를 보여준다.

그림 2에서는 카와 균형추 모두 2:1 로핑으로 설계되어있다. 상부 카용 로프는 가이드 레일 사이를 통과하여 설치되고, 하부 카용 로프는 상부 및 하부 풀리 블록을 이용하는 방식으로 상부 카 돌출부 밖으로 설치된다. 그림 3에서는 상부 엘리베이터가 1:1 로핑으로 하부 엘리베이터는 2:1 로핑으로 설계된 모습을 그리

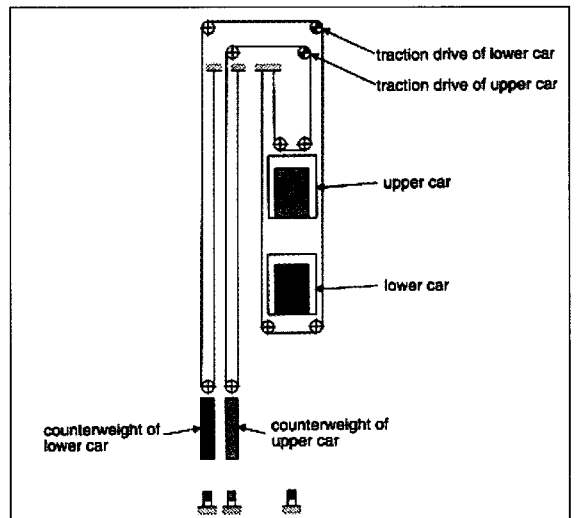


그림 2 두대의 카 모두 2:1로 로핑을 적용한 경우

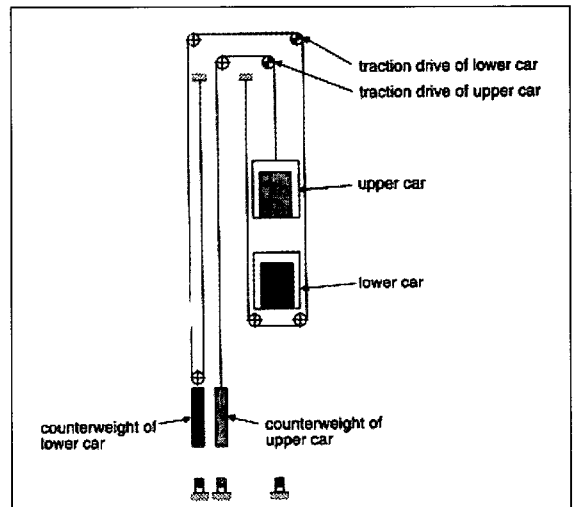


그림 3 상부 카에는 1:1로핑 하부 카에는 2:1로핑을 적용한 경우

고 있다.

어떤 로핑을 택할 것인가는 속도, 행정거리, 정격하중 등 수용가능한 조건에 따라 달라진다. 또한 필요 공간, 운행방식(급행용 엘리베이터, 매 층마다 정차하는 엘리베이터, 혹은 단거리, 중거리, 장거리 별 그룹화된 엘리베이터), 그리고 운행 조건(저층, 고층 별 빌딩의 구역화가 되어 있는지, 각 구역이 조정 가능한 것인가)에 따라 서로 달라질 수 있다. 하부 엘리베이터와 상부 엘리베이터의 정격 속도는 같을 수도 다를 수도 있다. 통계적으로는 하부 엘리베이터의 운행 거리가 더 짧기 때문에 상부 엘리베이터 보다 낮은 정격 속도로 운행하도록 설계한다.

트윈엘리베이터의 성능 및 효과

트윈엘리베이터의 상부 카는 최하층에 정차할 수 없고 하부 카는 최상층에 정차할 수가 없기 때문에 트윈 엘리베이터는 하나의 승강로 내에 하나의 카가 설치되는 종래의 엘리베이터와 반드시 병행하여 사용하는 것이 일반적이다. 이를 통해 최하층에서부터 최상층에 이르기까지 모든 콜에 바로 응답할 수 있다. 이는 1층과 지하 주차장 또는 지하철 역의 경우와 같이 빌딩에

주 출입구가 두 군데이어서 아침시간과 저녁 시간 대 엘리베이터 이용 승객의 흐름이 나누어지는 경우 특히 효과적이다. 이러한 엘리베이터 배치를 통해 카 두 대가 동시에 이용될 수 있다.

트윈엘리베이터는 Collective Control 방식을 이용한 종래의 엘리베이터 시스템과 달리 엘리베이터 이용객이 카에 타기 전에 목적층을 입력하면 최적의 엘리베이터를 배치해 준다. 이를 통해 하부 엘리베이터가 상부 카의 위치보다 높은 층수에 대한 콜을 받는 경우와 같이 카 한 대가 다른 카의 진로를 방해하는 상황은 피할 수 있는 것이다. 이는 엘리베이터 이용자가 엘리베이터를 타고 있어야 하는 시간을 단축하고 승객이 목적층에 도달하기 전 중간 정지 층수를 감소시킨다. 트윈은 고층 건물에서 완전히 새로운 교통 개념을 실현한다. 이리 개념을 통해 종래의 엘리베이터 시스템 보다 하루에도 수없이 변화하는 건물 내 교통 흐름에 훨씬 유연하게 대응할 수 있다.

신규 빌딩에 필요한 운송 능력은 빌딩 설계와 빌딩 내 운송 시설을 통해 충족된다. 엘리베이터 승강로의 수를 최소화하는 방식으로 최소한의 공간을 사용하여 필요 운송 능력을 충족시키는 것이 관건이다. 트윈시스템은 행정거리가 50 미터만 넘어서면 종래의 엘리베이터 그룹과는 비교할 수 없는 효율성을 발휘한다. 좌측 그림에서는 승강로 네 군데에 엘리베이터 네 대가 설치되어 있는 기존 엘리베이터 그룹(좌측 그래프)과

트윈 시스템을 적용하여 승강로 세 군데에 엘리베이터 다섯 대가 설치되어 있는 엘리베이터 그룹(우측 그래프)을 비교하고 있다. 동일한 운송 능력이 확보되면서도 승강로 하나를 제거하여 가용 공간을 임대하거나 다른 용도로 활용할 수 있다.

빌딩 내 엘리베이터 시스템은 시간이 지나면서 변화를 필요로 한다. 상당수의 경우 엘리베이터 시스템이 확보해야 하는 필요 운송 능력이 현격하게 증대되기 때문이다. 그러나 승강로를 추가로 설치하는 것은 불가능한 경우가 대부분이므로 종래 엘리베이터 시스템을 사용하여 소기의 효과를 끌어내기에는 한계가 있다. 그러나 트윈시스템은 승강로의 추가 설치 없이 기존 승강로에 여러 대의 엘리베이터를 설치함으로써 운

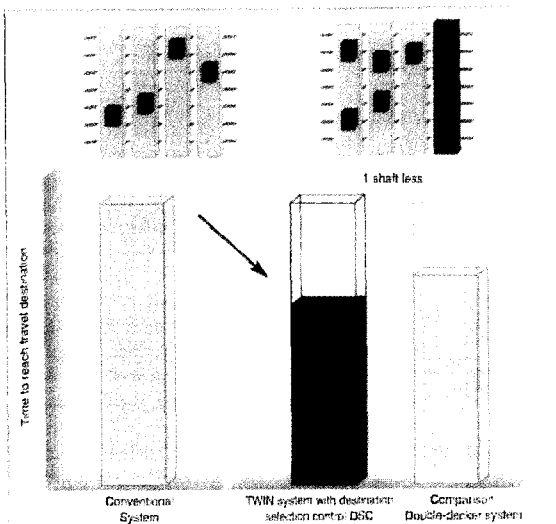


그림 4 기존엘리베이터 시스템과 트윈 시스템의 비교

송 능력을 현격히 끌어올릴 수 있다. 네 개의 승강로에 네 대의 엘리베이터가 설치된 엘리베이터 그룹을 트윈 시스템으로 바꾸면 기존 엘리베이터 한 대와 세 대의 트윈 시스템이 설치될 수 있다. 이를 통해 엘리베이터 수는 네 대에서 일곱 대로 증가된다.

오래된 빌딩의 경우 엘리베이터 설치용 공간이 충분하지 않다. 대부분의 경우 빌딩이 설계될 당시 전산화가 전무하였고 냉방 시스템이나 위생 관련 장치의 설치에 대한 요구도 지극히 낮았기 때문이다. 오늘날의 네트워크, 전력 공급, 냉방 시스템 등에 필요한 설치 공간이 그 당시에는 아예 설계에 포함되지 않았거나 요즘의 기준에는 미흡하다고 볼 수 있다. 그러나 기존 승강로의 효율성을 끌어 올림으로써 여분의 승강로 공간을 남길 수 있고 이 공간을 부대 장치 설치에 필요한 공간으로 재활용하는 것이 가능케 된다.

이처럼 트윈엘리베이터 시스템은 건물의 공간활용도를 극대화(25% 효율 상승)시킬 수 있을 뿐만 아니라, 기존 엘리베이터 시스템 대비 약 40%의 수송능력 증대 효과를 발휘할 수 있다. 또한, 승객의 대기시간을 단축시켜주며, 새로운 형태의 건물설계로 건물 가치 증대에도 기여할 수 있다.

트윈엘리베이터 시스템은 층간 이동이 잦은 도심지 오피스빌딩의 경우 최적의 효과를 발휘할 수 있으며, 기존건물이나 승강기를 Modernization하는 경우에도 최적의 솔루션이라 할 수 있다.

트윈엘리베이터의 안전장치

트윈엘리베이터 시스템이 가능하게 하는 핵심은 두 엘리베이터 간에 최소한의 거리를 유지하게 함으로써 두 대의 카가 충돌하는 일이 발생하지 않도록 하는 것이다. 트윈에서는 각각 상이한 메커니즘으로 운영되는 4단계의 안전 장치가 사용되고 있다. 각 단계는 선행 단계에서 소기의 효과를 발생시키지 못하였을 때 그 즉시 독립적으로 작동된다.

1단계 : DSC(Destination Selection Control)

상대 카의 진로를 방해하지 않도록 카 두 대에 호출

이 배정된다(같은 층에 정차하도록 콜을 배정하는 것은 피한다거나 상부 카만 정차하는 층에 대한 콜을 하부 카가 받지 않도록 한다). 승객이 카에 탑승하기 전에 엘리베이터시스템이 목적층을 이미 파악하고 있는 것이 핵심이다. DSC(목적층 선택제어기)를 통해 목적층 정보가 모니터 단말기와 같은 정보 입력 장치에 입력되는 방식이다. 일단 목적층 정보가 입력되면 해당 목적층에 가장 적합한 카가 선택되고 어떤 엘리베이터를 타야 하는지 승객에게 정보를 알려주며, 입력된 프로그램에 의해 양카 간의 최소거리를 비교하여 유지함으로써 안전하고 효율적으로 운행하도록 제어한다.

2단계: 바코드를 사용한 첨단 모니터링 제어 시스템

전 승강로 내에 바코드를 부착하여 두 카 사이의 최소거리를 상시 감시하며, 프로그램화된 제어장치를 통해 카의 위치와 속도를 안전하게 제어한다. 목적층 선택 알고리즘 상의 계산 착오로 인하여 엘리베이터 카 사이의 규정 안전 거리가 확보되기 어려운 경우, 자동적으로 감속하여 다음 층에서 정차한다.

3단계: 비상정지 장치

2단계의 최소 안전거리를 초과한 경우 상·하부 카의 외부에 달려있는 노란 안전레벨이 브레이크 동작거리에 도달하면 바가 삽입되며, 안전회로를 개방하여 구동부의 모터 브레이크를 동작시켜 엘리베이터의 운행을 정지시킨다. 안전 테스트를 거친 개방 시스템의 작동으로 안전 회로가 개방되는데, 이 개방 시스템은 두 엘리베이터의 제어와는 완전히 독립적이다.

4단계: 인공지능형 제어를 통한 안전기어 작동

3단계에서 카 두 대가 정지하지 않고 다음 단계로 설정된 안전 거리가 확보되기 어려운 경우 양 카에 설치되어 있는 세이프티 기어가 하부 카의 경우 위 방향으로 상부 카의 경우 아래 방향으로 작동된다. 세이프티 기어는 완전히 독립적인 주 제어기 중 하나다. 안전 테스트를 거친 개방 시스템에 의해 작동될 수 있다. 4단계의 작동 된 거리가 선택됨으로써 카 두 대 모두 정지하였을 때 역하중이라 하더라도 두 카 사이의 규정 여

유 거리가 유지될 수 있도록 한다.

인증 및 적합성 평가

위험 분석의 일환으로 트윈 엘리베이터 시스템은 발생 가능한 위험에 대한 분석을 거쳤고 대응책도 마련되었다. 사용자와 보수자 및 엘리베이터 이상 작동 시 승객 구조 등에 특별한 관심을 쏟았다. 엘리베이터 한 대의 이상 작동으로 위험 상황이 발생할 경우 나머지 엘리베이터는 자동적으로 정지하게 된다. 서스펜션 로프가 끊어지는 경우를 예로 들 수 있다. 이런 경우 엘

리베이터 두 대 모두 자동 정지하게 된다. 승객 구출 과정은 종래의 트랙션 방식 엘리베이터와 동일하다. 배터리 버퍼 시스템에 의해 구출 작업자가 카 두 대의 위치를 알게되는 리콜 오퍼레이션을 예로 들 수 있다. 승객 구출 중에도 이 시스템이 작동되어 카 두 대의 충돌을 방지하기 때문에 규정 안전 거리를 벗어나 접근하는 일은 없다.

위험 분석 및 적합성 평가는 빌딩 및 운영 기술 검사국(TÜV 독일)과의 긴밀한 협의 하에 시행되었다. 즉 조기에 위험이 감지되어 대응책이 마련, 실행된다는 것이다. 개념 체크, 프로토타입 시스템에 대한 시험 검

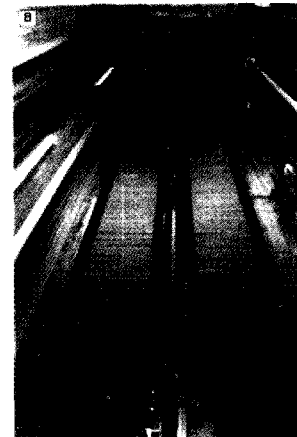
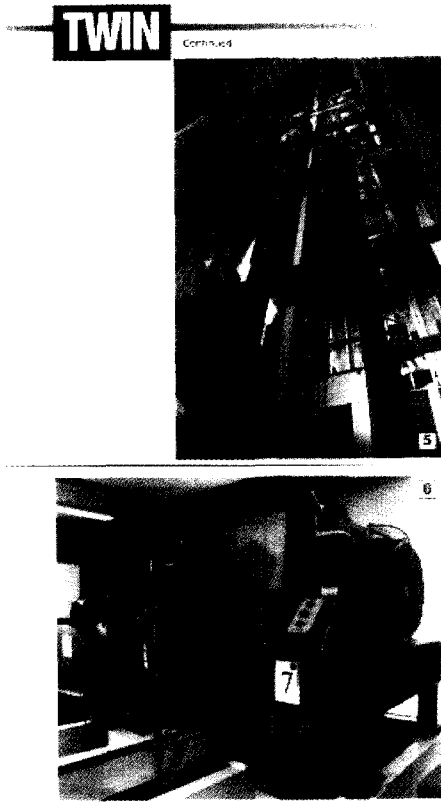


그림 5 위아래로 설치된 두 대의 카
그림 6 기계실 내 두 대의 트윈 구동기
그림 7 두 개의 균형추 선로
그림 8 상부 카와 상부/하부 카용 균형추

사, 실제 검사가 2002년에 성공적으로 실시되었고 이에 상응하는 적합성 테스트 인증서가 2002년 12월에 발급되었다. 보수 작업자와 방재 부서에 대한 관련 훈련 코스가 완료된 이후 트윈 시스템은 2003년 1월 고객에 인도되었다.

트윈엘리베이터 설치사례

트윈 시스템이 최초로 설치된 것은 2002년 하반기 슈투트가르트 대학 내 건물이었다. 이 건물은 강의실, 세미나룸, 연구실이 있는 11층 건물이다. 1960년 대에 대략 800명을 수용할 수 있도록 설계된 이 건물에 현재 2000여명의 학생과 교직원들이 드나들고 있다. 여섯 대의 엘리베이터로 이루어진 그룹 내에 하나의 트윈 시스템이 승강로 하나에 추가 설치되어 전체 엘리베이터 시스템은 여섯 개의 승강로 내 일곱 대의 엘리베이터로 확대되었다. 트윈 시스템은 각각 정격 하중 1,000 kg(15인승), 행정속도 120m/min의 엘리베이터 두 대로 구성되어 있다. 다시 말해 정격하중, 카 치수, 정격속도가 기존 엘리베이터 시스템의 사양과 다를 바 없는 것이다.

구동기로는 SC300 기어리스 동기식 드라이브 두 대가 사용되었다. 디플렉션 시브와, 조속기를 포함하는 구동기와 로프 앵커리지 모두 승강로 면적을 벗어나지 않는 기계실에 설치되었다(그림 5). 다수의 승강로를 가진 대규모 엘리베이터 그룹에 트윈이 이용된다는 점에서 이러한 배치방식이 필요한 것이다. 콤팩트 드라이브도 필요하다. 행정거리는 약 40 미터이며 카 두 대 모두 2:1 로핑으로 설계되었다. 상부 카용 케이블은 레일 사이 틈을 통과하여 설치되고, 하부 카용 케이블은

카 두 대의 외면 돌출부 밖의 바닥 블록을 통과하여 설치되었다. 균형추는 승강로 후방 벽에 있는 균형추 레일 위에 설치되었다. 두 균형추는 나란히 설치되어 레일위를 운행하게 된다(그림 7,8). 천장부를 높이는 공사 이외에는 추가적인 공간 확보를 위한 공사는 필요하지 않았다.

엘리베이터 각각에 대한 개별 부품을 배치할 때 보수 작업자가 혼동하지 않도록 하부 엘리베이터용 부품과 상부 엘리베이터용 부품의 색상을 달리 하였다(하부 엘리베이터 : 파란색, 상부 엘리베이터 : 빨간색, 그림 5-9). 이러한 방식은 그룹 시스템에서 다수의 트윈 승강로가 나란히 설치되는 경우에 더욱 효과적이다.

트윈 엘리베이터 시스템을 내놓으면서 티센크루프는 위아래로 설치된 두 대의 카가 동일한 레일 위를 달리는 고성능 엘리베이터 시스템을 최초로 구현한 유일무이한 제조업체가 되었다. 트윈 시스템은 2003년 3월에 일반에 공개되었다. 시범 설치현장 방문, 발간물, 프리젠테이션 등을 통해 트윈 시스템은 대단한 호평을 받았다. 슈투트가르트 대학에 설치된 시범적인 시스템에 뒤이어 다음의 기술 사양을 갖춘 트윈시스템이 뒤셀도르프에 소재한 티센크루프의 드라이사이벤하우스 본사에도 설치되었다.

- ◆ 행정거리: 약 90 미터, 23개 층 정차
- ◆ 정격 하중: 1350 kg/17인승
- ◆ 카 하중: 약 3,300 kg
- ◆ 상부 카: 정격 속도 240m/min, 1:1 로핑, 텐션드 콤펜세이션 로프
- ◆ 하부 카: 정격 속도 150m/min, 2:1 로핑, 콤펜세이션 체인