

前輪驅動에 대하여

金 相 權

<現代自動車(株) 小型設計部>

1. 머리 말

전륜구동방식(前輪驅動方式)은 세계 곳곳에 번지고 있다. 1965년을 기준으로 할 때 10년 사이에 전륜구동방식의 차는 그 생산량이 2배 이상으로 증가하였고 다시 10년 후에 2배 이상 증가함으로써 현재는 세계 승용차 생산의 주류를 이루고 있다.

전륜구동방식은 서유럽에서 먼저 시도되었고 미국과 일본도 뒤를 이었다. 프랑스의 경우는 전륜구동차의 생산이 거의 100%에 달하고 있고 일본은 지난 10년간 거의 5배에 가까운 놀라운 성장을 보였다. 또한 대형 승용차를 생산해 오던 미국도 점점 전륜구동차의 비율이 증가되고 있는 추세이다.

유럽에서는 전륜구동방식이 성공하기에는 엔진 크기 및 출력에 어떤 한계가 있다고 생각해왔다. Fiat는 그 한계가 1600cc, 80hp 정도라고 생각했고 Citroen은 약 2300cc, 125hp라고 생각했다. 그러나 GM에서 7000cc와 8000cc 크기의 전륜구동방식 차를 생산함으로써 그러한 한계는 존재하지 않는다는 것을 증명하였다. 오늘날 유럽에서 생산되는 가장 큰 전륜구동차는 2200cc Princess, 2200cc Audi, 및 2400cc Citroen CX인데 이것은 기술수준때문이 아니라 시장 조건상 대형 승용차에 대한 요구가 적다는 것을 의미한다.

현대자동차에서도 1985년에 전륜구동차인

2. 역 사

전륜구동방식은 차가 생기면서부터 있어 왔다. 최초의 전륜구동차는 1769년의 Cugnot가 만든 증기 트랙터(tractor)인 "Fardier"였다. 이것은 앞바퀴가 하나인 3륜차였는데 포신(砲身)을 운반하기 위한 것이었다. 그러나 이것은 매우 원시적인 단계이었다.

1920년대에 이르러서야 양산 개념이 도입된 전륜구동차가 선을 보이게 되었고 그 이전까지는 많은 실험적 전륜구동차가 선을 보여왔었다. 그중 특기할 만한 것은 후방엔진의 열렬한 애호자인 Porsche의 첫 차가 전륜구동방식이라는 것일 것이다. 또한 20세기가 되기 전 엔진을 횡치(橫置)시키고 진보된 현가장치를 채택한 전륜구동차를 만들어 낸 두 사람이 있다. 오스트리아의 Graf와 프랑스의 Latil이다. 이들이야말로 진정한 현대 전륜구동차의 선구자들이다.

1920년과 1935년사이 15년간 전륜구동차는 실험단계에서 양산 조립단계에 이르렀다. 그러나 단지 몇몇 회사만이 완전히 다른 방식의 차를 생산하는데 용감히 투자했다. 처음의 양산생산은 프랑스와 독일에서 시작되었다.

독일에서는 Voran, Rohr, DKW, Adler and Stoewer 같은 일련의 전륜구동차를 생산해왔다.

Voran 은 1926 년에 Voran Automobilban A/G 를 생산했고, Adler 는 1932 년에 전륜구동차 Trumpt 를 생산했다. Hitler 시대에 가장 큰 전륜구동차 생산업체인 DKW 는 1932 년 생산주종을 전륜구동방식으로 하기로 결정했다. 프랑스에서는 Citroen 이 1934 년에 전륜구동차인 7CV 를 생산 개시했다.

유럽에서의 성공은 대서양을 건너 미국으로 갔다. 1935 년 G.Buehrig 에 의해 처음으로 "Cord 810" 이 제작되었다. 1937 년에 회사가 매각될 때까지 "Cord 812" 을 더 생산했으나 매년 생산량은 1,500 대를 넘지 못했다.

일본에서의 첫 전륜구동차는 1930/31 년에 K. Kawamata 에 의해 제작되었는데 "Poland" 라는 이름의 2인용 스포츠차였다. 수년 후 Suzuki 자동차회사는 전륜구동방식을 시험해 보았고 1964 년에는 "Fronte 800" 을 생산개시 했다. Mazda 는 계속 후륜구동차만 생산해 오다가 1969 년 처음으로 "R-130" 이라는 전륜구동차를 생산 했다.

3. 기본 구조

기본적인 구조는 구동축이 앞에 있기 때문에 엔진과 밧손이 모두 엔진룸(room) 안에 위치하게 되고 종래의 차에 있던 뒷차축으로 연결되는 기다란 구동축이 생략된다. 또한 뒷차축이 없어지고 단순히 뒷바퀴만 지탱해주는 간단한 현가

장치만 들어서게 된다.

엔진룸안에서의 엔진과 밧손의 배열방법은 다음과 같은 종류가 있다. (그림 2 참조)

- (1) 옆방향 엔진
- (2) 윗 방향 엔진+사각 배열
- (3) 윗 방향 엔진+직렬 배열
- (4) 길이 방향 엔진+축간 배열
- (5) 길이 방향 엔진+전륜축 중심 배열

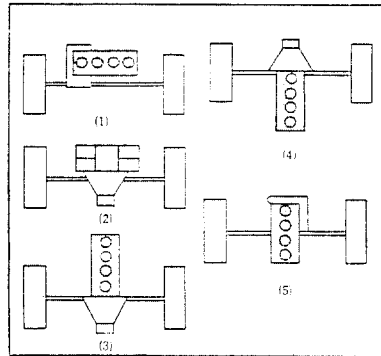


그림 2 엔진배열 방법

현재 전륜구동차 모델 중에는 엔진 및 구동계 배치가 다양한데 어떤 크기의 차에 위 다섯가지 중 어떤 배열 방법이 최적인가에 대해서는 일치된 견해는 없다. 특히 Renault 같은 경우는 3가지 종류의 차를 모두 생산하고 있다.

4. 장·단점

전륜구동차를 선전하기 위해 후륜구동차를 말

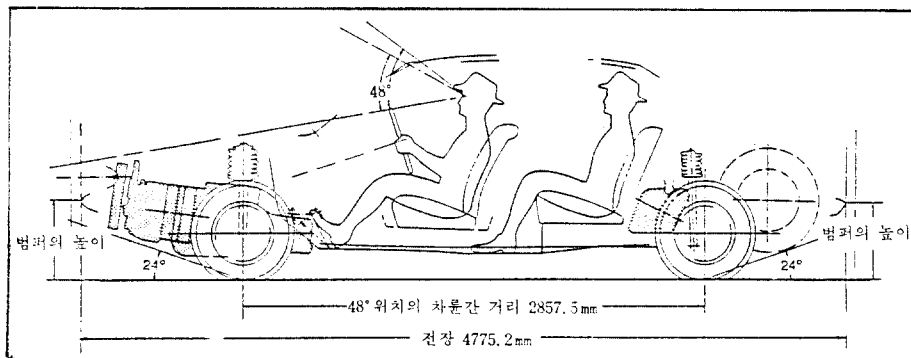


그림 1 전륜구동방식은 구동축과 바닥의 터널부위가 생략되기 때문에 좌석과 차지붕이 낮아질 수 있다

이 뒤에서 밀고 있는 웨곤(Wagon)에 비유한 적이 있다. 이 잘못된 비유는 후륜구동은 나쁘고 전륜구동만이 좋은 것으로 만들었는데 물론이 이론은 오래가지 못했다. 바퀴에 토오크(torque)를 가해(앞이든 뒤든) 차를 가게 하는 것은 사시나 차체에 직접 견인력을 가해 움직이게 하는 것과는 전혀 다르다. 자동차는 트레일러(trailer)가 아니라 스스로 추진하여 움직이기 때문이다.

전륜구동이 후륜구동에 비해 장점은 다음과 같다.

- (1) 우수한 견인력
- (2) 높은 방향 안정성
- (3) 우수한 선회성능
- (4) 양호한 승차감
- (5) 양호한 공간 효율성
- (6) 차체 모양의 다양성
- (7) 경량화
- (8) 전복 위험의 감소

반면에 전륜구동 반대론자가 주장하는 단점은 다음과 같다.

- (1) 언덕길 견인력 문제
- (2) 동력 단속(on/off)시 조향특성
- (3) 커다란 선회반경
- (4) 제동(制動)시 균형 문제
- (5) 파워 스티어링(power steering) 필요성
- (6) 생산비 증가

4.1. 견인력

견인력만이 기준이라면 하중을 더 많이 받는 쪽을 구동시키는 것이 타당하다. 즉 뒤축에 하중(화물)이 집중되는 무거운 트럭에서는 견인력이 제일 중요한 문제이기 때문에 후륜구동을 사용하고 있다.

미끄러운 언덕에서는 전륜구동차가 제일 먼저 꼭대기에 도달할 수 있다. 후륜구동방식이 더 나은 구동력을 갖고 있을지 모르겠지만 바퀴가 헛돌기 시작하는 순간에 옆으로 밀리기 시작한다. 반면에 전륜구동방식은 견인력이 똑바른 방향으로 작용하도록 하고(前輪이 조향축인 동시에 구

동축이므로) 후륜에 옆 방향 힘이 걸리지 않고 토오크 하중도 없기 때문에 부분적인 바퀴 空回轉에도 직진할 수 있다. 따라서 전륜구동차가 低마찰 상태에서 직진능력이 좋고 그 결과 견인력이 우수하다는 생각은 정당하고 사실이다.

4.2. 방향 안정성

전륜구동차의 방향 안정성은 여러 상태에서 매우 중요한 역할을 하는데 무엇보다도 속도에 대한 안정성이다. 옆방향 힘에는 두가지가 있는데 운전(자)에 의한 것과 바람에 의한 것이다. 운전(자)에 의한 것(주로 선회시 발생하며 원심력이 이에 해당된다)은 처음에는 앞 타이어에 작용하고 뒤이어 4 바퀴 모두에 작용하게 된다. 바람에 의한 옆방향 힘은 공기역학적 압력 중심에 작용하게 되는데 보통 유선(流線)을 가진 요즈음 차들에서는 환기모(cowl) 부근에 위치하게 된다. 따라서 후륜구동차에서는 압력 중심이 구동력의 작용 중심점보다 훨씬 앞에 위치하게 되고 이것은 기본적으로 불안정한 상태를 유발시킨다. 반면에 전륜구동차에서는 구동력이 앞 현가장치에 작용하게 되고 따라서 공기역학적 압력 중심 바로 앞에 있게 되므로 이것은 안정된 상태를 만들어 준다.

4.3. 선회성능

앞·뒤 바퀴에 걸리는 원심력의 배분은 무게 중심 위치에 달려있는 데 높이가 아니라 앞바퀴로 부터의 거리가 문제이다. 앞바퀴로 부터의 거리가 짧을수록 고유의 안정성은 높아지는데 전륜구동차는 후륜구동차에 비해 앞쪽에 무게 집중이 많이 되는 경향이 있어서 무게 중심이 앞바퀴에 더 가깝게 놓이게 된다. 무게 분포에서 이렇게 앞쪽으로의 편중은 대부분 전륜구동차에서 보여지는 언더스티어(under steer) 특성의 근본적인 이유이다.

차가 neutral-steer 인 것을 원하는 사람은 아무도 없다. 왜냐하면 그것은 끊임없이 오버스티어(over steer)와 언더스티어 사이를 조금씩 넘나드는 것을 의미하며 운전자로 하여금 계속

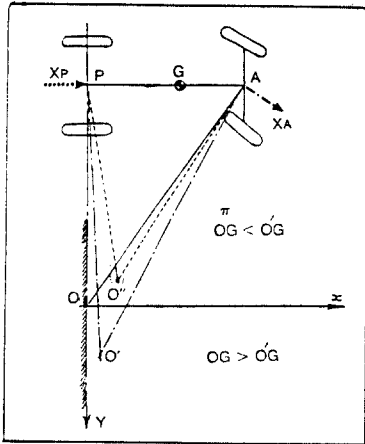


그림 3 전인력이 전륜 A에 작용하면 선회 중심은 그 이론 중심점 O에서 반경이 더 큰 O'로 변하게 된다. 반면에 후륜 P에 작용하면 반경이 더 작은 O''로 변한다. 따라서 전륜 구동방식이 언더스티어가 되는 경향이 있다

해서 차량의 움직임에 따라 조향을 하게 만들기 때문이다. 샤시 설계자는 일반 운전자에게 차의 반응을 예측할 수 있고 편안한 조종 상황을 제공하기 위해 적당한 언더스티어를 갖도록 차를 설계한다. 오우버스티어는 불안정한 상태이고 自家發展하여 조종 불능상태에 빠지는 경향이 있다.

전인력은 엔진속도와 악셀(accelerator) 페달의 밟는 위치에 따라 변하기 때문에 어떤 전륜 구동차에서는 운전자가 악셀에서 발을 떼게 되면 선회도중에 언더스티어에서 오우버스티어로 바뀌는 나쁜 습성이 있다. [이것이 동력 단속(on/off) 조향특성임] 앞바퀴의 미끄럼각(slip angle)은 동력이 전달되면 바뀌어 하중이 더 걸리게 되므로 증가하는 경향이 있어 언더스티어가 된다. 만일 이 토오크가 갑자기 없어지면 바뀌어 작용하던 힘은 감소하게 되고 따라서 미끄럼각은 작아지게 된다.

이것은 마치 차가 갑자기 언더스티어에서 오우버스티어로 변하는 것처럼 느껴진다. 그러나 보통 상태에서는 언더스티어가 급격히 줄어드는 것, 즉 neutral-steer 특성에 가깝게 가는 상태이며 실제로 오우버스티어로 변하기 위해서는 고

속, 타이어-노면간의 낮은 마찰계수, 숙련된 운전기술이 필요하다.

물론 악셀의 위치에 따라 민감하게 반응하는 것은 바람직하지 못한 특성이고 이것을 없애기 위해 많은 노력이 기울어져 왔고 특히 타이어 기술자의 공헌이 컸다. 예로서 넓은 폭 림(rim)에 steel-belted 타이어를 사용함으로써 타이어 미끄럼각의 변화를 적게 하면서 前輪에 걸리는 토오크 변화를 견딜수 있게 하였다. 나머지는 현 가장치 구조 및 무게 배분 조종 등에 의해서 개선되어 왔다.

4.4. 승차감

승차감은 미국인이 가장 관심을 갖는 분야인데 전륜구동차가 많은 기여를 했다. 왜냐하면 전륜구동차는 적은 비용으로 4륜 독립현가를 가능케 했기 때문이다. 따라서 종래의 차에서 가장 커다란 스프링 밀질량(unsprung mass)—이것이 좋은 승차감의 최대의 적이다—인 뒷차축이 없어지게 되었다. 뒷차축은 구동 토오크나 推力이 없기 때문에 단순히 구르기만 하는 후륜을 받치기 위해 트레일링 아암(trailing arm) 같은 것으로 대체되었다. 또한 승차감을 향상시키기 위해 더 연한 스프링을 사용할 수 있다.

4.5. 공간 효율성

추진축이 있는 종래의 차는 바닥이 높거나 대쉬판(dashboard)에서 뒷좌석에 이르는 중앙 터널(tunnel)이 있는데 이것들은 모두 내부공간을 줄여들게 한다. 바닥이 높게 되면 지붕을 올라가게 하고 이것은 다시 正面 면적을 증가시키므로 공기저항이 더 커지게 된다. 전륜구동차는 가능한 한 바닥이 낮고 평평하게 되고 따라서 유효공간이 더 커지게 된다. 모든 전륜구동차들이 이러한 가능성을 충분히 이용하고 있지만 V.W. Polo와 Citroen CX 2400이 가장 뛰어나게 이용한 예이다.

4.6. 차체의 다양성

요즈음은 원가 압력이 끊임없이 업체로 하여

■ 解 說

금 합리화 및 표준화를 극대화하도록 하는 시대에 살고 있다. 그것은 몇가지 기본요소(주로 샤프시부품)로서 다양한 변화 즉 교환 조립이 가능한 체제를 의미한다. 그리고 전문구동방식은 후륜구동방식보다 더 교환조립체제에 유리하다.

전문구동방식에서는 동일한 구동장치 및 뒤륜가장치로도 세단(sedan)으로 부터 광범위하게 다른 특성과 목적의 차의 기본 구조를 꾸밀 수 있다. 웨곤도 마찬가지로 축간거리가 긴 택시도 예외는 아니어서 구동장치 등 기본 샤프시의 변화없이 제작할 수 있다. 추가로 필요한 것은 보강판, 배기 파이프의 연장, 주차 브레이크 선 연장 및 연료선의 연장 뿐이다. 기본 샤프시 부품이 이렇게 광범위하게 사용될 수 있기 때문에 차체 형태, 적재용량 등이 다른 일련의 소형차를 만들기에 유리하다.

4.7. 경량화

일반적으로 전문구동차는 후륜구동차에 비해 뒷차축으로 연결되는 구동축이 없어지고 뒷차축이 훨씬 가벼운 현가장치로 대체되기 때문에 경량화가 가능하다. 또한 경량화는 차량의 연비(燃比) 향상에도 기여를 하게 되므로 부수적인 효과도 기대할 수 있다.

4.8. 안전성

전문구동차는 샤프시를 낮게 설계할 수 있기 때문에 차량의 무게 중심이 낮아지는 경향이 있다 또한 구동축이나 뒷차축의 생략으로 차체 바닥도 낮아질 수 있다. 일반적으로 윤거(輪距)가 넓고 무게 중심이 낮을수록 원심력에 의한 전복(顛覆)의 위험이 적어진다. 전문구동차의 경우 좌우 구동축이 너무 짧으면 C.V. joint에 과도한 작동각을 요구하게 되므로 자연적으로 윤거가 길어질 수 밖에 없다. 무게 중심이 낮으면 선회시 원심력에 의한 하중 이동도 적어지고 따라서 선회성능도 좋아지는 결과를 초래한다.

4.9. 제동시 균형

전문구동차는 후륜구동차에 비해 무게배분 편

중 때문에 앞쪽에 걸리는 제동량이 크고 상대적으로 뒤쪽에 걸리는 제동량이 감소하기 때문에 전체적인 제동균형문제가 있을 수 있다. 고속에서의 제동시 하중 이동은 이러한 현상을 더 악화시키게 되는 때 제동 압력이 완전히 다 걸리게 되면 후륜은 록(lock)되고 불안정하게 된다. 그러나 요즈음은 정교한 압력조절 장치가 부착되어 뒷브레이크에 걸리는 압력을 조절하여 후륜의 로킹(locking)을 방지하고 브레이크 파이프를 X형으로 설치하여 두계통 중 한계통 파열의 비상시에도 제동안정성이 향상되었으며 전문(前輪)현가장치의 마이너스 지면 킹핀 오프셋(king-pin off-set) 적용등으로 앞바퀴 하중 편중에 의한 균형문제는 이미 완전히 해결된 상태이다. 또한 많은 전문구동차들이 동급의 후륜구동차에 비해 경량이므로 제동거리가 짧다는 이점(利點)이 있다는 것을 간과(看過)해서는 안된다.

4.10. 파워 스티어링

파워 스티어링(power steering)의 적용 여부는 전문구동방식 원리 자체가 아니라 부품 기술문제에 있다고 본다. 어떤 전문구동차에 파워 스티어링을 쓰게하는 것은 구동방식이 아니라 무게배분, 조향장치의 배치 및 현가장치의 구조이다. 예로서 Chrysler의 Plymouth-Horizon(미국생산)에는 파워 스티어링이 있는 반면에 Simea의 Horizon(프랑스 생산)에는 사용되지 않았다. 파워 스티어링을 사용할 만큼 크고 무거운 전문구동차도 기술적으로 적절히 해결하면 파워 스티어링을 쓰지 않고 보통 가격의 수준인 차에 머무를 수 있다. 실제로 현가장치의 킹핀 오프셋을 0에 가깝게, 캐스터(caster)각을 작게, 그리고 조향장치의 전체 기어비를 크게 함으로써 조향력(steering effort)을 작게하여 파워 스티어링의 필요성을 줄이고 있다.

4.11. 생산비

전문구동방식은 생산비가 비싸다는 비난을 받아왔다. 일반적으로 가격상승 요인으로 얘기되는 것에는 다음 세가지가 있다.

- (1) 승차감을 해치지 않고 밧손과 추진축의 무게 및 견인력을 감당하기 위해 앞 현가장치가 강해져야 한다.
- (2) (1)항과 동일한 이유로 조향장치가 더 강해져야 한다.
- (3) 주기적 속도 변화를 피하기 위해 만능조인트(universal-joint) 대신에 등속조인트(constant-velocity joint)가 필요하다.

그러나 (1), (2)항과 같이 전륜구동차에서는 현가장치나 조향장치가 강해져야 한다는 것은 반드시 그렇지 않다는 것이 지금까지의 전륜구동차 생산경험에 의해 증명되었다. 또한 등속 조인트에 의한 원가 상승 요인도 후륜구동차의 구동축(propeller shaft)과 뒷차축이 없어지기 때문에 충분히 보상될 수 있어서 반드시 원가 상승이 되는 것은 아니다.

5. 맺음 말

지금까지 살펴 보았듯이 제동시 균형 문제나 약간 무거운 조향력등의 전륜구동장치를 설계

하기 위한 단점들은 Negative 또는 Zero scrub Radius 의 현가장치를 가능케 하는 이론적 기술적 보완 및 해결이 되고 또한 X형 브레이크 파이프 개발로 한 회로 파열에서도 더욱 안정된 제동을 할 수 있게 된다. 따라서

- (1) 중·소형 승용차에서 절대적 비중을 차지하고 있는 실내 유효공간을 훨씬 크게할 수 있는 점
- (2) 후륜구동에 비해 손쉽고 값싸게 4륜 독립 현가장치가 가능하기 때문에 승차감에서 탁월한 개선이 이루어 진다는 점
- (3) 우수한 직진(방향) 안정성과 선회성능을 얻을 수 있는 점
- (4) 경량화 및 전동(轉動) 손실 감소에 따른 연비 향상

등의 커다란 장점으로 전륜구동차는 기술적인 면에서 후륜구동차에 비하여 그 격을 달리하고 있으며 몇년 전부터 모든 자동차 회사가 신규 설계 개발중인 차는 전륜구동차로 밝혀지고 있으며 사용자의 전륜구동차에 대한 선호도는 계속 크게 증가할 것으로 보인다.



(197페이지에서 계속)

- (3) U.D. Vragov; Structural Analysis of Machine-tool Layouts, Machines & Tooling, Vol. 18, No. 8, p. 5, 1973
- (4) Y. Saito; Automatisierte Darstellung von Entwurfs-Zeichnungen für Werkzeugmaschinen-Konstruktionen ZwF, Vol. 75, No. 10, p. 492, 1980
- (5) 岩田外; 工作機械の設計に對する解析的アプローチ, 日本機械學會論文集, 第 47 卷, 第 418 號(C) p. 793, 1981
- (6) 伊東, 新野; 工作機械の構造記述, 日本機械學會論文集, 第 46 卷, 第 405 號(C), p. 562, 1980

- (7) 李厚祥 外; 머시닝 센터의 記述과 形態分析, 精密機械, 第 50 卷, 第 5 號, 1984
- (8) E. Saljé und W. Redeker; Konzipieren von Drehmaschinen. Konstruktion 27, 1975, S. 240.
- (9) E. Saljé; 研削盤構造の構想とシステムテイクな設計に對する寄與, マシニスト Vol. 26, No. 4, 1982
- (10) 杉村 外; 工作機械の設計に對する解析的アプローチ, 日本機械學會論文集, 第 49 卷, 第 437 號(C), p. 125, 1983
- (11) 李厚祥 外; 머시닝 센터의 構造形態設計, 精機學會 秋季學術大會論文集, 1984

