

농업기계 신뢰성 현황

김 대 월 · 동양물산기업(주) 중앙기술연구소, 책임연구원 e-mail : dckim@tym.co.kr
남 요 상 · 동양물산기업(주) 중앙기술연구소, 책임연구원
강 영 선 · 동양물산기업(주) 중앙기술연구소, 소장

이 글에서는 농업기계 업체에서 최근 기술개발에 중점을 두고 있는 농업용 트랙터의 중요 부품인 파워시프트 트랜스액슬을 중심으로 농업기계 신뢰성 현황을 소개하고자 한다.

국내에서 생산되는 농업기계(트랙터, 콤팩트, 이앙기 및 각종 작업기 등)의 시장이 내수 판매에 비해 수출이 높아지고 있는 추세이다. 따라서 국내 농업기계 제조업체는 고성능 및 고효율의 농기계를 생산하지 않으면 기업이 생존할 수 없는 처지가 되었고, 세계 일류기업과 경쟁하기 위해서는 농기계 핵심부품들의 높은 보증 수명과 신뢰성 확보가 절실히 요구되고 있다.

농업기계 현황

농업은 산업혁명 이전에 가장 중요한 산업이었으며, 경제적인

면에서는 예전보다는 중요성이 떨어지지만, 현재에도 여러 나라에서 중요한 산업으로 고려되고 있다. 이러한 농업을 지탱하는 데는 힘든 농작업으로부터 농업종사자를 해방시킨 농업기계의 역할이 지대하다고 할 수 있다.

농업기계는 농업에 사용되는 기계를 통칭하는데, 농업에 여러 가지 작업이 필요하듯이 농업기계도 그 용도에 따라 여러 가지 기계가 사용된다. 요즘 우리나라에서 주로 사용되는 농업기계를 살펴보면 논과 밭을 경운 정지하는 트랙터와 경운기 등이 있고, 봄에 모내기를 하는 이앙기가 있으며, 여름에 방제를 담당하는 방

제기와 가을에 벼를 수확하는 콤팩트 트랙터가 가장 광범위한 작업에 사용되며, 세계적으로도 가장 많이 사용되는 기계이다.

트랙터는 1850년대에 축력을 대체하기 위해 증기기관을 이용한 기계로 발명되었으나 그 크기가 너무 크고 사용하기가 불편하여, 1900년대 내연기관 중 가솔린 엔진을 이용한 트랙터가 개발되었으며, 1930년대에 요즘 많이 사용되는 디젤엔진을 이용한 트랙터가 나타났다.

트랙터는 처음에는 크게 도입되지 않았으나, 1차 세계대전을 계기로 농촌의 노동력 부족과 식

량 및 목화의 수요 급증으로 사용이 확대되었고, 2차 세계대전을 거치면서 관련 기계공업의 발달로 선진국 농업의 필수 기계로 자리 잡았다. 이러한 농업기계는 심경 등 인력이나 축력으로 불가능한 작업을 쉽고 빠르게 수행함으로써 토지의 생산성을 높여 농업혁명을 가져왔다고 볼 수 있다.

트랙터는 자동차의 특수한 한 형태로 자동차의 주행성능 이외의 작업 성능을 강조한 것으로 사용목적에 따라 농업용 트랙터와 산업용 트랙터로 분류되며, 농업용 트랙터는 견인성능을 강조하고 각종 작업기를 부착하여 농작업에 알맞도록 설계되었다.

트랙터의 발전은 영농기술과 영농 규모에 큰 변혁을 가져왔으며, 단순히 축력을 대신하는 데서 시작한 것이 다목적 농업기계로 발전하여 오늘날 농업기계의 중추를 이루고 있다.

우리나라의 농업기계 사용은 1960년대 초반에 시작되었고, 경제 개발에 따른 농촌인구의 감소에 따라 농업기계의 보급이 확대되어, 현재는 농업기계 없이는 농사를 지을 수 없는 상태에 이르렀다.

이러한 농업기계의 사용 확대에 따라 우리나라의 농업기계 산업도 발전을 거듭하여 왔으나, 초창기에는 선진국의 농업기계를 수입하거나, 기술 제휴를 통해 생산하는 단계를 거쳐 발전하였다. 최근 국내 농업기계 업체에서는

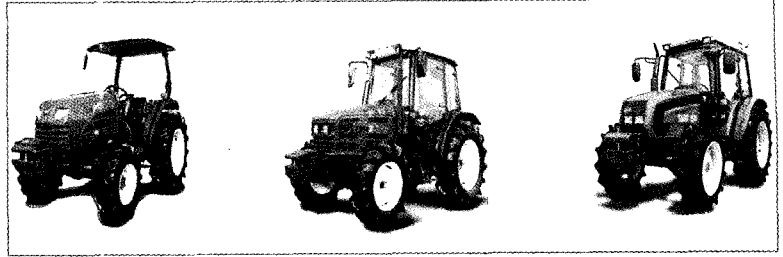


그림 1 국내 시판 중인 트랙터

트랙터의 세계 시장에서의 가능성을 간파하고 이에 대한 기술개발에 노력하여 고유 모델의 트랙터를 생산하여 수출하는 단계에까지 발전하였다.

트랙터의 현황

트랙터는 마력별 용도가 다르며, 국내에서는 대부분 농업용 차량으로 인식되나, 미국 및 유럽 등지에서 소형 트랙터는 농업, 운반, 정원관리, 토목공사 등의 다양한 분야에 사용되는 다목적용 차량이다. 대형 트랙터는 주로 농작업에 사용되며 작업 효율 증대 및 조작성 편의성 증대 요구로 파워십프트 변속기 부착이 증가하고 있다.

국내에서는 트랙터를 엔진 마력이 40마력 이하를 소형, 40~60마력대를 중형 그리고, 60마력 이상을 대형으로 구분하고 있으나, 크기에 관계없이 주로 쟁기작업을 포함한 농작업 또는 운반 작업 등의 농업과 관련된 작업을 하고 있다.

그러나 복미 또는 서유럽의 경우에는 크기에 따라 용도가 분리

되어 있다. 15~25마력은 가든용 트랙터로서 주로 잔디깎기, 정원관리용으로 사용하고 있으며, 20~45마력은 콤팩트(compact)트랙터로서 정원관리, 토목공사, 농장관리용으로 사용되고 있다. 40~100마력은 유틸리티(utility)트랙터로서 토목공사, 과수원작업, 축산 등에 활용되고 90마력급 이상이 농작업용으로 주로 사용된다.

변속기는 40마력 이하는 효율은 낮으나 사용이 편리한 HST 변속기를 채용하고 있으며 30~90마력은 효율이 높은 기계식 변속기가 많고, 90마력 이상은 고가이나 효율과 작업의 편의성을 동시에 만족시킬 수 있는 파워십프트(power shift)변속기를 대부분 장착하고 있다.

트랙터의 발전방향을 세대별로 살펴보면 주로 트랜스액슬의 발전 방향과 밀접한 관련이 있다. 1세대는 '70년대로 2륜구동 기계식 트랜스액슬로서 노동력 대체를 위하여 트랙터가 활용되는 시기이다. 기어 변속이 가능하고 동력 취출을 위한 PTO(Power Take Off)축이 장착되었다. 2세대는

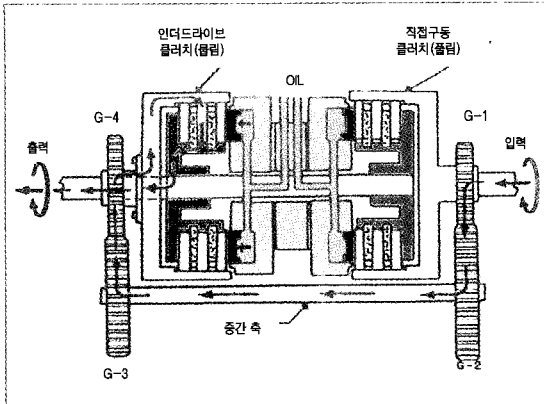


그림 2 파워시프트 변속기의 동력전달 원리 설명(유압식 다판습식 클러치 이용)

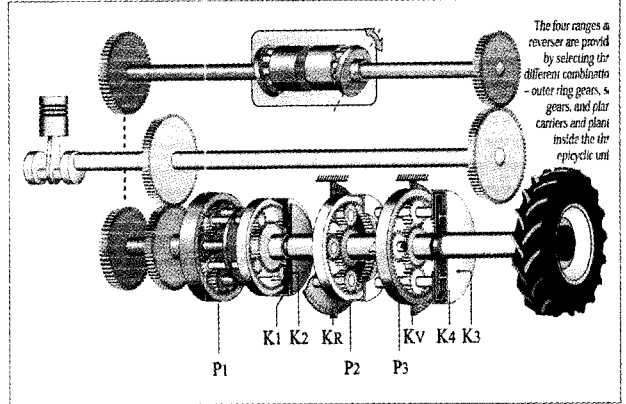


그림 3 변속이 용이한 유압의 장점과 효율이 높은 기계식을 접목시킨 HMT 변속기의 일례

'80년대로 4륜구동이 본격화되었고, 일부 제어기능이 추가되고, 전후진 셔를 변속이 가능하며, 작업기의 상승 하강을 위한 유압제어장치가 장착되었다. 3세대는 '80~'90년대로서 사용이 편리한 고효율, 저소음, 고속 트랙터가 개발되었으며, 파워시프트 변속과 HST 변속을 갖춘 트랜스액슬이 본격적으로 장착되었다. 제4세대는 2000년대 본격화된 HMT(Hydro-Mechanical Transmission)형 트랜스액슬이 장착된 트랙터라고 할 수 있다.

트랙터의 발전 방향에 따라 국내의 트랙터 업체도 기존의 기계식 트랜스액슬을 가진 2세대 트랙터에서 3세대 트랙터의 개발에 주력하게 되었다. 이에 따라 최근 HST 트랜스액슬을 가지는 트랙터의 개발이 완료되었으며, 파워시프트 트랜스액슬을 갖춘 트랙터의 개발에 주력하고 있다.

파워시프트는 동력전달의 단속

없이 변속할 수 있는 변속 방식이다. 기어는 동기 물림식으로 되어 있으며, 유압 클러치를 통하여 주행 중에도 동력의 흐름을 제어할 수 있다. 변속기의 구조는 동력 흐름을 제어할 수 있는 유압 클러치와 동력을 전달하는 기어 조합으로 구성되어 있다.

파워시프트 트랜스액슬은 유압 클러치를 이용하여 주클러치의 조작없이 변속이 가능한 변속기를 말하며, 특히 주변속 이외에도 전진과 후진을 변속하는 파워셔틀을 장착하면 전후진과 주변속을 모두 동력의 끊김없이 변속을 할 수 있다. 이러한 변속기는 동력전달효율이 우수하며 작업이 원활하기 때문에 작업능률을 극대화할 수 있고, 작업의 부하 변동에 따라 적절한 작업단수를 설정하기 편리하기 때문에 엔진을 최적조건에서 활용할 수 있어 환경 친화적인 트랜스액슬이다.

농업기계의 신뢰성

농업기계는 다양한 기후조건과 환경조건에서 사용되며 포장조건과 작업조건이 다양하며 작물과 토양, 물 등에 접촉하기 때문에 이러한 조건을 고려한 제품이 개발되어 왔다. 물론 신뢰성 시험 또한 이를 토대로 이루어지고 있다. 또한, 농업기계는 사용하는 시기가 제한적으로 집중되기 때문에 높은 신뢰성 및 정비성이 요구된다. 그리고 사용하는 나라에 따라 특성이 다른 점을 고려해야 한다. 예를 들어, 중국의 경우 한국에 비해 연간 사용시간이 2~4배로 가혹하다. 농업기계 중에서도 트랙터는 국내뿐 아니라 세계 각국으로 많이 수출되는 제품이기 때문에 국내 농기계 업체에서는 이에 대한 신뢰성 향상에 힘쓰고 있다.

신뢰성 문제에 대해 관심을 가지게 된 것은 수출이 급격하게



그림 4 트랙터의 다양한 활용

신장되면서라고 할 수 있으며, 이와 관련하여 국내 기계공업의 신뢰성 향상을 위한 국가의 지원과 맞물려 이에 대한 본격적인 활동이 시작되었다. 국내에서 이와 유사한 신뢰성 문제로 인하여 그동안 트랙터의 트랜스액슬에 대한 신뢰성 시험을 한국기계연구원에 의뢰하여 3회에 걸쳐 실시하였으며, 시험 결과 신뢰성을 보증하는 R-mark를 획득하였다. 2003년도에는 농업용 트랙터 변속기에 대한 신뢰성 인증을 획득하였으며, 2006년과 2007년에는 농기계 트랙터 변속기용 HST의 20마력급 및 40마력급에 대한 신뢰성 인증을 각각 획득하였다.

기존의 트랙터용 변속기 등의 신뢰성 향상은 다방면으로 노력하여 향상을 이루었으나 농기계 분야 산업의 정밀 및 고성능화에 맞추어 국내 최초로 개발되고 있는 '파워시프트 트랜스액슬'은 기존의 트랜스액슬과 그 구조 및 사용되는 부품이 상당수 다르거나 새로운 개념이 접목되어 장기적인 안목으로 신뢰성 향상을 위한 기술개발이 필요한 실정이다.

트랙터용 파워시프트 트랜스액슬 현황

트랜스액슬은 트랙터의 주행과 작업을 위해서 필요한 동력을 변환하여 전달하는 기능들과 엔진, 운전석, 작업기 등을 설치하는 차체로서 가장 핵심적인 부품 조립

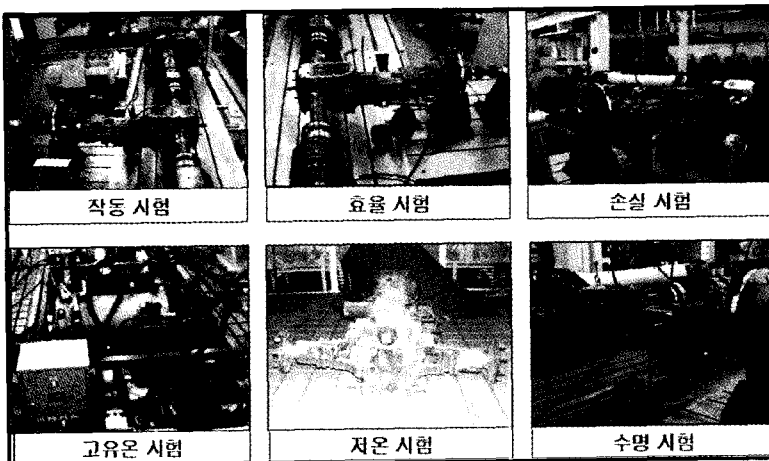


그림 5 한국기계연구원과 실시한 농업용 트랙터 변속기 신뢰성평가 장면



그림 6 파워시프트 트랜스액슬 모습

체이다. 따라서 트랙터에서 트랜스액슬은 고 기능과 고 강성 및 고 수명이 요구되는 제품이다.

트랙터는 아스팔트 포장도로에서 진흙(수렁) 논밭까지 작업을 하기 때문에 부하변동이 매우 커서 많은 변속 단수가 요구된다. 따라서 작업 능률을 높이고 다양한 작업을 하기 위해서는 큰 견인 부하의 작업에서도 정지하지 않고 적절한 변속 단으로 신속하고 원활하게 변환되어야 한다.

작업 중 큰 토크가 요구되면 저속 단으로, 토크가 작아지면 고속 단으로 작업 중 변속되면 트랙터가 정지 후 재출발을 하지 않기 때문에 동력 손실을 최소화하게 된다. 따라서 고효율과 높은 작업성을 동시에 고려할 경우 파워시프트 변속기가 절대적으로 요구된다.

파워시프트 트랜스액슬 신뢰성 문제 현황

트랙터는 엔진, 트랜스미션, 프레임, 운전석 등을 가지고 있으며 추가적으로 농업용 용도에 맞게 설계, 제작된 기구들이 장착되어 있는 일종의 특수 차량이다. 이러한 특수한 목적의 차량으로서 실제 사용되는 환경 역시 매우 취약한 비포장도로 또는 자갈과 흙이 혼합된 환경에서 활용됨으로 인해 완제품 자체에 결합된 부품들의 내구성 확보가 중요하다. 그 중에서도 트랜스액슬에 대한 신뢰성이 가장 중요하며 최근에는 새로이 개발되고 있는 파워시프트 트랜스액슬(power shift type transaxle)의 신뢰성에 농기계업체의 관심이 쏠리고 있다.

파워시프트 트랜스액슬의 주요

구성품은 동력을 전달하는 기어와 축, 그리고 파워시프트의 작동을 담당하는 유압클러치 팩과 클러치 팩의 유압을 조정하는 밸브류, 그리고 동력을 직접 바퀴에 전달하기 위한 리어액슬과 프론트액슬이 필요하며, 스티어링을 담당하는 유압실린더와 함께 제동을 담당하는 브레이크 밸브 등이 중요한 구성요소이다.

대부분의 트랙터 완제품 업체는 각 주요부품을 협력업체로부터 수급 받아서 조립하기 때문에 주요 부품에 대한 신뢰성 시험은 부품소재 기업에서 실시해야 한다. 그러나 일부 업체를 제외하고 대부분의 농업기계 부품 소재 업체는 영세한 중소기업으로 신뢰성 시험에 필요한 장비를 갖추기가 어렵기 때문에 신뢰성 시험을 충분히 실시하지 못하고 있는 실



그림 7 필드 계측이 가능한 트랙터를 제작하여 데이터를 수집하는 모습

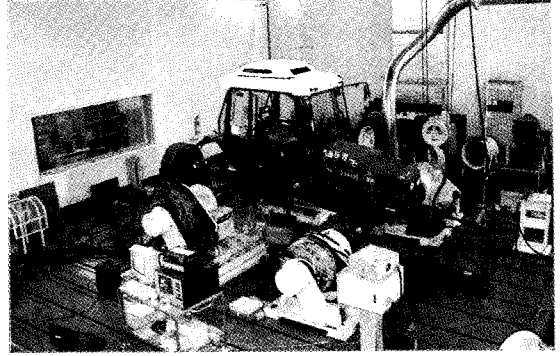


그림 8 실내 벤치에서 트랜스액슬의 내구성을 시험하는 모습

정이다. 따라서, 부품업체에서 기능 위주의 시험만 실시하고 납품하기 때문에 완제품 업체에서 완제품 또는 기대 상태에서 단품에 대한 신뢰성을 확인해야 하는 어려움이 있다.

트랜스액슬 완제품 업체에서는 트랙터에 걸리는 부하를 계측하여 내구시험을 위한 시험 코드를 작성하고, 이를 근거로 하여 실내 벤치에서 가속 시험을 실시한다. 필드에서 신뢰성 확보를 위해서는 벤치 시험 이외에 기대 상태에서 다양한 시험이 실시되고 있다. 이러한 시험은 시간과 인력이 많이 소모되고 있으므로 이를 효율적으로 실시하기 위한 방법 개발도 필요한 실정이다.

트랙터의 신뢰성 향상

최근 조사된 데이터에 의하면 트랙터의 실제 주사용 환경인 트랜스액슬에서의 고장률이 전체 고장률 대비 20% 이상으로 매우

높게 나타나고 있다. 최근 12개월간의 고장률 분석과 부품별 고장원인을 분석하고 또한 고장에 따른 수리비용 및クレ임 비용을 분석한 결과 크레임 비용측면에서 트랜스액슬이 크게 나타나고 있으며, 특히 대형기종에서는 전체 비용의 50%에 육박하였다. 따라서 많은 고장 원인을 내는 다른 부품들보다 실제 경제적인 측면에서의 그 효과가 가장 큰 것은 트랜스액슬 부분으로 분석이 되었다.

트랜스액슬은 트랙터의 몸체와 같은 역할을 하는 모듈성 부품으로서 제품 전체에 대한 내구성 및 성능, 신뢰성과도 직결되는 부분이다. 트랜스액슬은 프론트액슬, 기어, 브레이크 밸브, 콘트롤 밸브, 유압클러치팩 등의 중요한 핵심부품들로 이루어져 있으며, 이들 부품의 신뢰성 및 내구성이 전체의 성능에 상호 유기적으로 작용되고 있다. 또한 미국 및 선진 국가들에서 요구하는 트랜스액슬의 수명이 MTBF 5,000시

간(등가 10년)의 수명을 요구하고 있으나, 현재 국내 수준은 이에 미치지 못하는 수준으로 내구성의 향상이 시급하다.

그러므로 트랙터 전체의 품질 향상을 위해서는 트랜스액슬의 신뢰성 확보가 필수적이며, 트랜스액슬의 신뢰성 향상을 위해서는 트랜스액슬에 조립되는 중요 부품들의 신뢰성 향상이 반드시 선행되어야 한다.

그러나 부품업체들이 영세하고 다품종 소생산을 하는 농업기계 부품의 특수성으로 인하여 중요 부품에 대한 신뢰성 향상에 많은 애로사항을 겪고 있는 실정이다. 또한, 신뢰성에 대한 이해와 인식의 확대도 선행되어야 할 것이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 농기계업체 및 부품업체는 신뢰성 향상이 앞으로의 주요 과제라는 것을 인식하고 이에 대해 노력을 경주할 필요가 있으며, 이에 대한 정부의 지원도 중요한 촉매 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.