

4WD 및 4WS이 가능한 로더 개발(I) (4륜 구동 변속기)

조현덕*, 윤문철**, 김유종***

Development of Loader Equipped with 4WD and 4WS (I) (4 Wheel Driving Transmission)

Hyun-Deog Cho*, Moon-Chul Yoon**, Yoo-Jong Kim***

Abstract

A loader is construction & road or agricultural machinery for lifting, moving, and mixing. This study deals with the agricultural mini loader for stock raising farming. The performance of the machine is established by pulling power, working lifting capacity, and minimum circling radius, etc. Also, driving easiness and endurance are very important in manufacturing. Thus, this study has developed the loader with the 4-wheel driving equipment by gear transmission, the 4-wheel steering equipment by power handle steering type, and the equipment making four wheels touch simultaneously on the rugged ground. The developed loader having these functions was very fit in a small cattle shed or a rugged ground. This study is divided into two parts: (I) development of 4WD transmission and (II) construction of the loader by 4WS system and other equipments.

Keywords : 4-Wheel Drive Transmission(4륜 구동 변속기), 4-Wheel Steering(4륜 조향), All-Wheel Traction(4륜 접지), Loader(로더)

1. 서론

로더(loader)는 흙, 모래, 자갈, 퇴비 등을 주로 상차, 이동, 혼합할 때 사용하는 것으로 건설 중장비로 사용되는

대형과 농용으로 사용되는 소형으로 구분된다⁽¹⁾. 본 연구에서는 26HP엔진을 탑재한 소형 농용 로더를 대상으로 하며, 축산농가에 많이 사용되나 주물공장이나 시멘트 중 소공장 등의 산업용으로도 이용되고 있다. 현재, 정부에서

* 경일대학교 공과대학 기계공학부

** 부경대학교 기계자동차공학부

*** 대양기계 개발부

는 농·축산업의 국제경쟁력 확보를 위해 농기계기종화를 통한 영농기계화를 장려하고 있으며, 국가보조와 저리용자 등의 지원을 하고 있다. 그래서, 현재 많은 수요가 있으나 국내 농촌환경의 영세성에 의하여 농기계 제조 분야는 일정량에 있어서의 사업성은 좋으나 수출에 의한 수요창출이 없이는 중소기업형 산업을 탈피할 수 없는 실정이며, 더욱이 농촌현장 중심의 기술개발 필요성에 의한 고급기술인의 부족 내지 회피로 기술개발속도가 늦고 소량생산 및 저가격의 동시조건을 만족시키기 위해 자동차 공업에 비하여 낮은 기술수준의 적용이 불가피한 실정이다. 그리하여 정부의 초기 기술개발지원정책의 우선권도 시들해졌으며 세계화·개방화를 맞이하여 국내 농기계산업 역시 타 산업과 동등한 위치에 서게 되었다. 연간 700대 규모의 국내수요인 농용 로더의 생산업체는 모두 중소기업으로 대양기계를 비롯하여 약 5개 회사가 있다⁽¹⁾.

농용 로더는 대부분 유압식으로 구동되며, 최근 기어식 변속기에 의한 로더가 개발되었다. 유압식에 의한 구동방식은 유압 모터로 바퀴를 구동시키는데, 좌우 바퀴의 정·역방향 회전이 가능하여 선회 반경이 매우 짧은 장점이 있으나 동력 손실이 커 고출력의 엔진이 필요하고, 구동부의 정비가 어렵고, 스키드(skid) 조향방식으로 초보자가 운전하기가 어렵다. 기어식에 의한 방식은 스키드 조향 타입과 핸들(handle) 조향 타입으로 구분된다. 스키드 조향 타입은 내부에 기어식 변속기를 장착하고 좌우에 두 쌍의 전·후진 클러치를 장착하여 스키드로 동력을 개폐시켜 바퀴를 구동하며, 바퀴의 정·역회전에 의하여 조향되고 별도의 변속레버를 갖는다. 따라서 이는 선회반경이 최소로 고정되어 있고 스키드 방식을 채택하고 있어 운전이 불편한 단점이 있으나 기존 스키드 로더 특성을 100% 살리면서 유압식을 기계식으로 바꾸어 동력효율을 높인 획기적인 방법이라고 할 수 있다. 핸들 조향 타입은 후륜의 등속 조인트위에 붙어 있는 너클 아암을 핸들을 회전함으로써 회전시킬 수 있도록 하였고, 동력전달은 경운기 미션의 일부 변형에 의한 4륜 구동을 할 수 있도록 하여 동력 전달 효율을 높인 로더이다. 이는 12HP이하의 소형엔진만이 가능하기 때문에 벉켓 상용적재중량이 작고 2WS에 의한 선회반경이 스키드 로더에 비하여 크고 변속이 부드럽지 못하며 2륜조향 및 4륜직결에 의하여 조향시 전·후륜 회전수 차이가 발생하는 등의 단점이 있으나, 가격이 국내 최저가이고 엔진 마력 수에 비하여 작업효율이 크고 운전이 편리하기 때문에 현재 국내수요가 제일 많은 타입이라고 할 수 있다. 기타 체인이나 벨트 등에 의한 구동

타입들이 개발되어 상품화 되었으나 현재에는 생산되지 않고 있는 실정이다⁽¹⁾.

본 연구에서 개발된 로더는 기어식 4륜 구동 변속기, 핸들 조향 타입에 의한 4륜 조향 장치, 4륜 지면 접지 장치, 26HP 디젤 엔진, 유압식 조이스틱 밸브(joistic valve) 등을 장착하였고, 변속레버의 구성 및 페달 등을 자동차와 동일하게 하였다.

본 연구에서 개발된 4WD 변속기는 타 농기계에서도 일부 수정만으로 응용할 수 있도록 개발되었으며 자동차 변속기를 응용하여 개발하였기 때문에 변속이 부드럽고 전용 가공기가 없더라도 중소기업에서 쉽게 제작할 수 있고 안정된 성능을 발휘할 수 있도록 하는데 개발초점을 맞추었다.

2. 변속기 개발 절차

변속기는 동력전달 장치중 매우 중요한 장치로 감속기와 더불어 오래전부터 연구되어 왔다. 일반적으로 기계식 계단 변속기는 변속방법에 따라 단차방식, 슬라이딩 기어 방식, 클러치 방식으로 구분되는데, 단차 방식은 과거에 공작기계에 많이 사용되었다. 슬라이딩 기어 방식과 클러치 방식은 변환기어 방식으로서, 슬라이딩 기어 방식은 한 쪽의 기어는 고정시키고 다른 한 쪽의 기어는 스플라인 축상을 직선이동할 수 있도록 하여 기어간의 동력전달을 연결 및 차단시킴으로서 변속을 할 수 있도록 되어 있다. 클러치 방식은 서로 맞물려져 있는 기어 사이에 클러치가 있으며 이 클러치가 동력의 전달과 차단을 양 기어 중 하나에 전달함으로써 변속을 하는데 클러치 양 옆에 있는 기어는 니들(needle) 베어링으로 공회전을 하고 있다. 클러치 방식은 헬리컬 기어 등을 사용하여 소음을 줄일 수 있고 기어 폭을 작게 할 수 있는 장점이 있는 반면 슬라이딩 방식은 스퍼어 기어만이 사용할 수 있어 기어의 소음이 야기될 수 있고 기어의 강도를 높이기 위해서는 기어 폭을 크게 해야 한다. 그러나 제작비 및 제작상의 난이도 측면에서는 서로 상반되는 현상이 있으므로 사용되는 조건에 따라 적절한 방식을 채택하여야 한다. 일반적으로 자동차 및 트랙터의 경우 클러치식을 사용하고 있으며 경운기와 같이 저속 및 저가가 요구되는 곳에서는 슬라이딩 방식이 적용되고 있다^(1,2).

치차 변속기는 많은 기계요소로 구성되어진 것으로 그것의 기본설계의 설계방식을 준수하여 계산하는 것이 중요하다. 치차 변속기는 기구가 간단하다고 생각되기 쉬우

나 기술적으로 많은 문제를 포함하고 있다. 이의 설계순서를 이해하고 그것의 기능과 특성을 충분히 고려하여 사용 목적에 적합한 변속기를 설계하여야 한다. 그 설계순서로서 주요한 치차, 축, 베어링의 작용력, 재원을 설정하고 정해진 설계방식과 경험에 의한 자료를 기본으로 하여 만족한 결과를 얻을 수 있도록 하여야 한다⁽²⁾. 변속기를 개발하는데 있어서 전체적인 개념설계 및 기본설계를 위하여 준비하여야 할 요구조건으로 다음과 같은 것들을 들 수 있다^(1,2).

- ▷ 중소기업형 로더 산업 특성에 맞도록 중소기업에서 제작 가능한 설계가 되어야 한다.
- ▷ 필요 단수 및 각 단계 맞는 변속비 설정
- ▷ 주어진 공간에서의 장착이 가능해야 한다.
- ▷ 제작비용 감소를 위한 설계가 되어야 한다.
- ▷ 분해·조립이 용이할 것
- ▷ 충분한 강성 및 내구성을 갖고 원활한 윤활
- ▷ 엔진의 입력동력 및 회전수
- ▷ 차체 중량 및 타이어의 종류
- ▷ 사용 조건(1일 사용 시간, 충격 여부 등)
- ▷ 입력축과 출력축 및 연결방법
- ▷ 보수와 유량계 점검의 방법
- ▷ 진동, 소음 정도

이와 같이 변속기를 개발하는데 있어서, 일반적인 설계 계산을 위한 조건 이외에 포괄적인 측면으로서 주어진 공간에 장착할 수 있도록 하는 동시에 조립·분해가 용이하도록 설계하는 것은 생산성과 A/S를 위해 매우 중요하며 어려운 분야라 할 수 있다. 위의 요구조건을 만족하는 변속기 개발에 있어서 일괄적인 절차를 따르는 것이 아니라 전체적·포괄적 절차로서 개발 수행중에 항상 위의 요구조건을 고려하여 개발을 진행하여야 한다. 다음으로 위의 요구조건을 고려하여 전체적인 개념 및 기본설계를 할 필요가 있는데, 구체적으로 다음과 같은 내용을 결정하여 전체적인 도면을 구성한다.

- ▷ 변속방법 결정 및 변속 레버 등의 변속부 구성
- ▷ 기어 종류의 결정
- ▷ 조립·분해가 용이한 케이싱 방법 결정
- ▷ 베어링 윤활이 용이한 구성으로 한다.
- ▷ 부품별 재료, 열처리 방법 결정
- ▷ Layout 도면을 구성한다.

이와 같이 개념 및 기본설계가 결정되면 다음과 같이 설계해석을 하여 전체도를 완성한다.

- ▷ 기어, 축의 강성 설계
- ▷ 베어링 수명 계산
- ▷ 간섭 체크 및 케이싱 설계

변속기의 개발에 있어서 조건에 맞는 강도의 중요성과 운전조건 및 경제성 등을 동시에 고려한 안전율을 지정할 필요가 있는데 이는 전적으로 경험에 의존하고 있다. 한 예로, 정상적인 운전에서 강도상의 안전성이 보장될 경우에는 안전율을 1이하로 일반적인 설계상식을 위반하여 설정할 수도 있는데, 이는 강도상의 해결책보다 다른 조건의 중요성이 더 크게 부각되고 비정상적인 운전에서 변속기의 고장으로는 사고가 나지 않기 때문이다. 따라서 변속기 개발은 설계이론보다 설계 경험이 더욱 중요하게 적용되며, 특히 농용 변속기의 경우 주어진 변속 단계에 있어서 속도의 중요성이 작용력보다 더 중요한 경우가 많기 때문에 주어진 속도에서의 전달력을 견디는 강도설계는 무의미하게 될 수도 있다. 즉, 주어진 초저속에 맞는 전달력을 견디는 설계는 치차, 축, 베어링이 매우 크게 설정되기 때문에 주어진 공간 설치나 경제성 및 분해·조립성 등을 위반하게 되며 경우에 따라서는 농기계 본체보다 더 큰 변속기가 등장할 수도 있다. 이 경우에는 내부 부품의 파손을 방지하기 위하여 별도의 토오크 리미터(torque limiter) 장치를 부과할 필요성도 있다.

그리고 다음을 고려하여 각 부품별 상세설계를 하고, 시작품을 제작하여 테스트를 실시하여 수정·보완하여 완성한다.

- ▷ 끼워맞춤의 적절성
- ▷ 조립의 편리성
- ▷ 부품의 가공공정의 효율성
- ▷ 니들 베어링의 윤활성

3. 설계 조건

본 연구의 로더용 4WD 변속기를 개발하는데 있어서, 상용화를 목표로 하는 대양기계의 요구조건을 우선적으로 고려하였는데 입력축과 출력축의 진진시 회전방향은 Fig. 1과 같이 엔진과 디퍼렌셜(differential)의 회전방향을 따라야 한다. 여기서, 엔진은 3기통 디젤 엔진(TD1400,

26HP/ 2000rpm, 8.7kg·m/1600rpm)을 사용하며, 디퍼런셜에서의 감속비는 1/4.33이며, 엔진은 후방에 설치한다.

그리고 변속기의 장착을 위한 설치공간의 구속조건은 Fig. 2와 같으며, 이는 본체의 크기에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 상용화를 위해 꼭 필요한 사항이다.

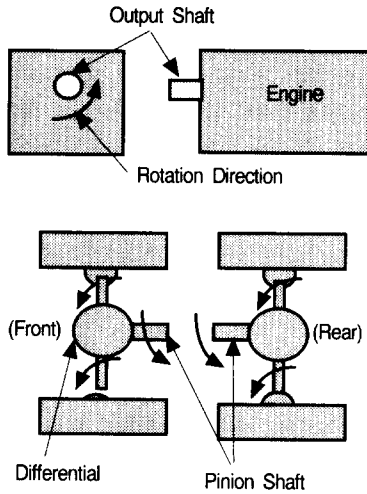


Fig. 1 Rotation direction of output shaft on engine and input shaft on differential

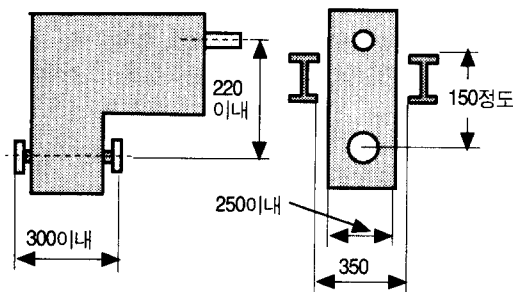


Fig. 2 The representation of installation space of developing 4WD transmission

감속비 설정은 본 연구의 결과 개발된 변속기의 전(前) 단계에 개발된 변속기를 주형시험한 결과를 수정하여 설정하였는데, Table 1과 같다. Table 1에서와 같이 본 4WD 변속기는 저속단과 고속단을 구별하여 설계하였는데, 이는 앞으로 일반 농기계의 개발을 위한 것으로 로더

에서는 고속단만을 필요로 한다. 여기서 로더의 속도는 변속기 감속비, 디퍼런셜 감속비, 바퀴의 직경 및 엔진의 회전수에 의하여 결정된다. 일반적으로 자동차에서의 감속비의 결정은 차체의 무게, 엔진의 최대 토크, 노면 마찰력, 변속시 차체의 진행 속도 등을 고려하여 노면에서 미끄러짐이 발생하지 않도록 변속비를 결정하지만 본 농용에서는 변속시의 안정감보다 작업에 따른 필요속도가 더욱 중요하기 때문에 속도범위를 먼저 결정하고 그에 따른 감속비를 결정해도 무방하다고 볼 수 있다.

Table 1 Reduction speed ratio according to speed steps

	low speed stage					high speed stage				
	1st	2nd	3rd	4th	5th	1st	2nd	3rd	4th	5th
forward	214	122	73	48	41	32	18	11	7.1	6.2
backward	198	112	68	44	38	30	17	10	6.6	5.7

본 연구의 4WD 변속기를 개발함에 있어서 이상의 구속조건 이외에, 변속이 부드러우면서 중소기업에서도 제작이 가능하도록 개발하여야 하는 것이다. 일반적으로 자동차 부품은 대량생산에 의하여 가격인하가 많이 이루어져 있고 성능이 우수하기 때문에 개발될 로더에 맞는 변속기가 있다면 바로 적용하는 것이 가격면이나 성능면에서 더욱 경쟁력이 증가하게 될 것이다. 그러나 바로 적용할 수 있는 변속기가 없었으므로 본 연구에서는 엔진 마력에 맞는 기존 자동차의 변속기를 일부 이용하고 일반 공작기계를 보유한 중소기업에서 제작이 불가능한 일부 부품을 선정된 자동차의 내부 부품으로 대체할 수 있도록 전체적인 설계를 하고자 한다. 이러한 방법은 자동차에 비하여 더 많은 감속이 요구되는 농기계 변속기의 개발에서 매우 효과적인 방법인데, 자동차 변속기를 구매하면서 A/S용으로 내부 부품 일부를 구매할 수 있고, 성능면에서 자동차의 변속기에 버금가는 동시에 변속기의 상용화가 빠르고 개발된 변속기 제작을 위한 새로운 시설투자가 불필요하기 때문이다. 일반 공작기계만을 보유한 중소기업에서 제작이 어렵거나 가공단가가 많이 소요되는 부품은 Fig. 3의 변속부이며, 본 연구에서는 선정된 자동차 변속기 1·2단의 변속부를 고속·저속단과 전진·후진단의 변속부에 그대로 사용하였다. Fig. 3과 같이 클러치 타입의 변속부를 사용하면 헬리컬 기어를 사용할 수 있고 동력전달의 개폐

가 확실하며 부드럽다. 변속 순서는 시프트 레일(shift rail)에 연결된 포크(shift fork)에 의하여 슬리브(sleeve)가 허브 기어(hub gear)를 따라 한 쪽으로 이동하여 블로킹 링(blocking ring)을 밀면 테이퍼져 있는 록킹 치차(locking teeth)의 테이퍼 면(cone surface)에 끼이게 되어 구동 기어(drive gear)를 동일 속도로 회전 시키면서 부드럽게 슬리브가 록킹 치차위로 이동하여 동력을 전달하게 된다. 록킹 치차는 그림과 같이 바깥쪽에는 톱니 모양으로 되어 있고 안쪽에는 테이퍼져 있는데, 톱니 모양은 역시 톱니 모양이 있는 반대편의 슬리브 내면이 쉽게 록킹 치차위로 이동할 수 있도록 한 것이며, 테이퍼 모양은 동력전달시 슬리브와의 작용력이 안쪽으로 쏠리도록 하여 슬리브가 빠지는 현상을 없애기 위한 것으로 슬리브의 내면 역시 반대 방향으로 약간 테이퍼져 있다.

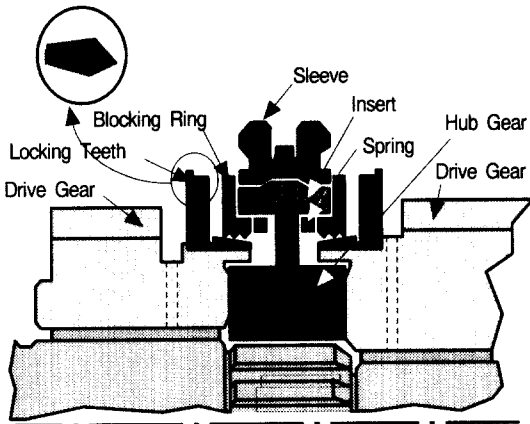


Fig. 3 Locking teeth and synchronizer assembly

4. 설계 및 결과

본 연구에서 개발된 로더의 구동을 위해서는 Fig. 1에서와 같이 전·후륜 디퍼런셜의 피니언 샤프트의 회전방향에 의하여 4WD 변속기의 출력축을 동일축으로 할 수 있으므로 한 개의 피동 기어로 구동시킬 수 있었다. 그리고, 본 연구에서 개발된 변속기는 Table 1에서와 같이 전진 10단 후진 10단의 변속단을 가지며, 제작의 용이성을 위하여 사용된 자동차의 5단 변속기를 분해없이 개발된 별도의 변속기에 장착하여 전체적인 4WD 변속기를 개발하였다. 고속/저속 단을 별도 추가하면 10단의 변속단이 되고 별도의 전진/후진 단을 추가하면 전진 10단 후진

10단의 4WD 변속기가 된다. 여기서, 고속/저속 단에서의 변속비의 차이는 자동차 5단 변속기의 1단과 5단의 변속비의 차이 보다 크게 되어야 하며, 저속운전이 필요한 로더에서는 후진 역시 전진과 동일한 속도가 필요하므로 자동차의 후진 단은 단독으로 쓸 수 없고 별도의 전진/후진 단을 추가할 필요가 있었다. 그래서 자동차 변속기에서의 후진 변속은 별도의 분해없이 변속 레버에서 폐쇄시켰다. 본 연구에서 개발된 4WD 변속기를 장착한 로더의 동력전달 장치도는 Fig. 4와 같다. 엔진에서의 동력이 클러치, 변속기, 프로펠러 샤프트, 디퍼런셜, 액셀 축, 등속 조인트, 바퀴의 순서로 전달되며, 변속기 내부에서는 5단 변속부, 고속/저속 변속부, 전진/후진 변속부, 감속부 및 출력축으로 전달된다.

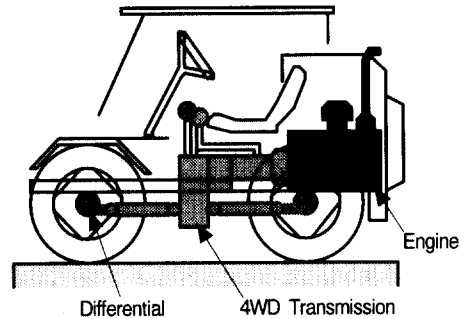


Fig. 4 Power transmission train by 4WD T/M

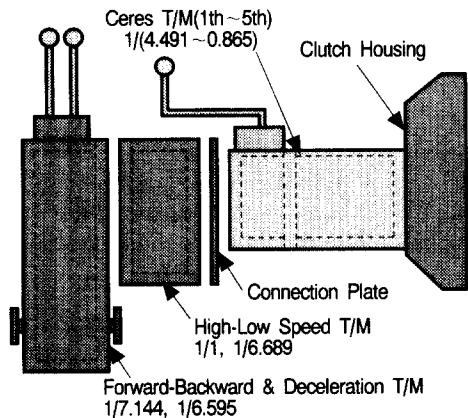


Fig. 5 Group units of developed 4WD T/M

본 연구에서 개발된 로더용 4WD 변속기의 구성도를

Fig. 5에서 보여주고 있다. 자동차 5단 변속기는 트랜스퍼(중간 미션이라고도 함) 있는 세레스 5단 변속기를 트랜스퍼 없이 구입하여 전혀 분해하지 않고 개발된 고속/저속, 전진/후진, 감속부 변속기와 조립할 수 있는데, 이것은 연결판을 중간에 설치함으로써 가능할 수 있었다. 즉, 연결판을 세레스 변속기에 트랜스퍼 연결을 위한 볼트 구멍에 체결하고 반대로 고속/저속부의 변속기와 연결할 수 있도록 하였다. 그리고, 고속/저속 변속부에서, 슬리브(sleeve)가 후방(엔진 방향)으로 이동하여 고속부에 연결될 경우에는 축끼리 동력이 직결되고, 전방으로 이동하여 저속부에 연결될 경우에는 2단 감속되어 총 1/6.689로 감속할 수 있도록 하였다. 여기서 저속단에서의 총 감속비가 6.689인 것은 5단 변속부에서의 1단시 4.491감속 5단에서 0.865감속이므로 $4.491/0.865$ 가 5.192의 감속 차이를 보이므로 중복단을 없애기 위하여 5.192보다 큰 6.689로 설정하였다. 본 연구에서 개발된 로더에서는 로더 작업시 초저속이 불필요하기 때문에 저속부는 장착되지 않았지만, 앞으로 트랙터와 같은 일반 농기계의 개발을 위해 개발단계에서는 저속단을 부착하였다. 이와 같이 본 연구에서 개발된 변속기는 각 변속부끼리의 연결부의 볼트 위치를 표준화하여 고속/저속부의 탈부착이 가능하게 하였는데, 이는 앞으로 새로운 농기계에 대해서도 본 변속기의 일부 수정으로 쉽게 개발할 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 전진/후진 변속부에서는 전진시의 속도가 후진할 때의 속도보다 늦도록 설정하였는데, 이는 전진시 로더 작업을 하므로 더 큰 힘이 필요하기 때문에 감속비의 차이를 두었다.

본 연구에서 개발된 4WD 변속기의 변속원리와 동력전달의 흐름을 Fig. 6에서 보여주고 있다. 변속원리는 고속/저속 및 전진/후진의 시프트 레버(shift lever)에 의하여 시프트 레일(shift rail)이 움직이고 시프트 레일에 고정되어 있는 시프트 포크(shift fork)에 의하여 각 변속부의 싱크로나이저(synchronizer)가 움직여 동력을 전달 및 차단시켜 준다. Fig. 6의 ①은 세레스 5단 변속기로부터 나오는 출력축과 연결되는 입력축이며, ⑦과 ⑧은 본 4WD 변속기의 출력축으로 전방 차축과 후방 차축의 피니언 샤프트에 각각 연결된다. 고속/저속 싱크로나이저(high-low synchronizer)가 우측에 연결되면 축에 직결되어 ②로 동력이 직접 전달되어 고속 변속이 되고, 좌측에 연결되면 기어간의 감속이 2단계에서 이루어져 ③으로 동력이 전달되어 저속 변속이 된다. 그리고, 전진/후진 싱크로나이저(forward-reverse synchronizer)가 우측에

연결되면 회전방향을 맞추기 위한 중간 기어가 있는 ④와 ⑥를 거쳐 ⑦과 ⑧로 전달되어 전진 변속이 되고, 좌측에 연결되면 ⑤와 ⑥를 거쳐 ⑦과 ⑧로 전달되어 후진 변속이 된다.

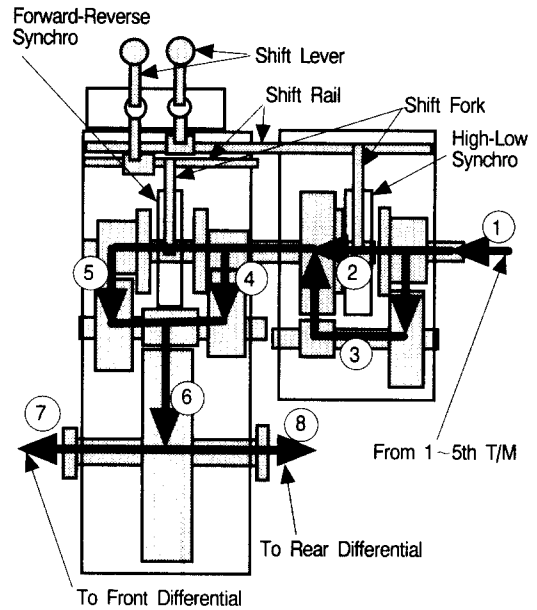
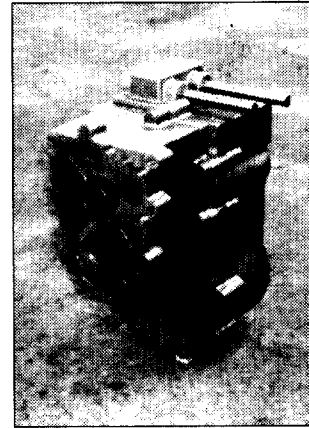


Fig. 6 Power flow of the developed 4WD T/M

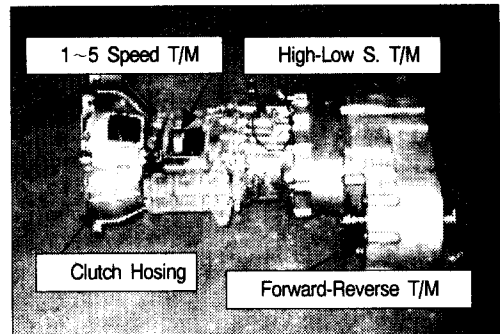
본 연구의 4WD 변속기를 개발하는데 있어서, 기어는 헬리컬 기어를 사용하였으며 재료는 SNCM 21종을 사용하여 침탄처리하였다. 그리고 모든 축은 SCM 45종을 사용하여 침탄처리하고 베어링과의 결합부는 연삭가공하였으며, 베어링은 니들(needle), 볼(ball), 테이퍼 롤러(taper roller) 베어링들을 사용하였다. 변속기 케이싱은 시작품은 듀랄루민(duralumin)을 두께 10mm로 하였으나 상용화에서는 일반 강(steel)으로 하여 두께 5mm로 하였으며 부분적으로 리브(rib)를 주어 제작하였다. 그리고 기어와 축의 강도는 굽힘강도와 면압강도에 대하여 고속 1단에 대해서는 엔진 최대 토오르크를 견디도록 설계하였고 저속 1단에서는 차체 무게 최대 2.5ton에 대한 바퀴의 미끄럼 저항만을 견딜 수 있도록 설계하였는데, 이는 농용에서 필요 속도에서의 전달 토오르크에 견딜 수 있는 강도설계를 할 경우 기어 및 변속기가 너무 커지기 때문이었으며, 앞으로 이러한 경우에 안전성을 보장하기 위하여 토오르크 리미터(torque limiter)장치를 변속기 내부에

설치할 예정이다. 이러한 설계에서는 고속 1단에서 바퀴를 고정시키면 엔진 시동이 꺼지는 것을 의미하며, 저속 1단에서 바퀴를 고정시키면 엔진 시동이 꺼지지 않고 변속기 내부 부품이 파손됨을 의미한다. 그러나 본 연구의 로더에서는 고속단만을 사용하므로 개발된 4WD 변속기의 내부 부품은 안전하며, 앞으로 새로운 농기계의 저속단이 필요할 경우에 최대 토오크를 제한해 주는 다판 미끄럼 클러치 장치를 변속기 내부 최하단의 링 기어(ring gear) 내부에 설치할 수 있다. 그리고 본 연구에서의 니들 베어링의 윤활은 축이나 기어에 작은 구멍을 뚫어 해결하였고 케이싱에 고정되는 베어링은 자연윤활이 되도록 하였으며, 기어의 헬릭스 각(helix angle)의 방향을 서로 어긋나게 하는 것으로 베어링에 작용하는 추력을 최소화시켰으며 스냅링(snap ring)에는 추력이 전혀 걸리지 않는 방향으로 헬릭스 각을 설정하여 내부 오일(oil)의 온도 상승을 최대한 억제하였다. 그리고 구동 기어와 피동 기어 간의 감속비가 무한 소수가 발생하도록 모듈(module) 및 잇수를 조정하여 기어 회전에 대하여 계속적으로 서로 다른 치(tooth)끼리 맞물리게 함으로써 치형의 균일한 마모가 발생하도록 하였다. 본 연구 결과에 의하여 제작된 4WD 변속기의 고속/저속 변속부와 전진/후진 변속부의 조립품은 Fig. 7(a)와 같고 세레스 5단 변속부와 클러치하우징(clutch housing)을 결합한 전체적 조립품은 Fig. 7 (b)와 같고 (c)는 엔진과 일체형으로 조립한 상태를 보여준다.

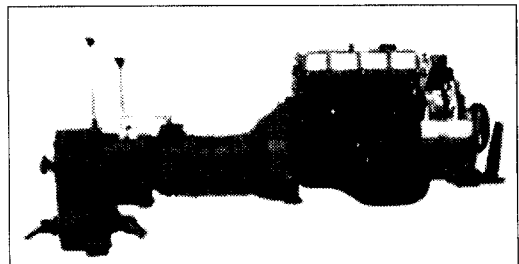
Fig. 8은 개발된 4WD 변속기의 시험을 위하여 일부 분만을 완성한 것이다. 로더 작업의 하중을 신기 위하여 앞부분에 500kg의 두꺼운 철판과 견인력을 위하여 전방에 버켓 모양의 굽은 철판을 붙였으며, 연구(II)에서 다물 4륜 접지장치를 앞 차축에 장치하였다. 주행 시험 결과, 개발된 변속기의 소음은 엔진 소리에 의하여 측정이 불가능할 정도로 전혀 없었는데, 이는 헬리컬 기어의 사용에 의한 것으로 농기계 변속기의 소음은 큰 문제가 안됨을 의미한다. 그리고 4륜 구동과 4륜 접지에 의하여 기존 스키더 로더가 오르지 못하는 등판능력이 있었으며, 내구성 측면에서는 2주일 동안의 계속적인 주행 및 불도져 작업으로도 변속기의 파손이 전혀 없었다. 로더 작업에서는 저속단이 불필요함을 확인하였고, 변속상태는 자동차와 동일하게 매우 부드러웠으며 변속시 기어의 빠짐이 전혀 없었다.



(a) High-low & forward-reverse T/M



(b) Accomplished 4WD T/M for the loader



(c) The assembled 4WD T/M with the engine
Fig. 7 Developed 4WD transmission for loader



Fig. 8 Testing situation

5. 결 론

본 연구의 결과 개발된 4WD 변속기는 농용 로더에 바로 적용할 수 있을 정도로 소음이 없었고, 내구성이 뛰어나았으며, 스키더 로더에 비하여 주행 및 등판 성능이 우수하였고, 변속이 매우 부드러웠다. 그리고 세렉스 변속기를 전혀 분해하지 않고 전체적인 4WD 변속기의 조립이 가능하게 하였으며, 세렉스의 1단 싱크로나이저와 상호 부품의 호환성을 확보함으로써 일반 공작기계만을 보유하는 중소기업에서도 쉽게 제작할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 조현덕, "로더에 적합한 4륜 구동 변속기 개발", 대양기계 위탁 연구보고서, 1997
2. 김태수, 목학수, "변속기의 동력 전달 부품설계 시스템 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 연구보고서, 1989
3. 김형석, 오영택, 이충원, 오재건, "자동차공학 개론", 골든벨, 1997
4. 송철기, "차량용 변속장치의 동적해석에 관한 연구", 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1988
5. "KBC Rolling Bearings", Korea Machinery Co., Ltd., 1996
6. "NTN 니들롤러-라베어링", CAT. NO. 2300-IV/J, NTN Co.,Ltd., 1994
7. "기계설계도표편람 제3판", 대광서림, 1991
8. "변속기 설계", 대양기계, 1997
9. 김종관, 김정석, 송상기, 정진형, "기어의 백래쉬를 고려한 승용차용 조향계의 동특성 연구", 한국공작기계학회지, 제5권, 제3호, pp 40-49, 1996
10. 김동현, 채왕석, 김우순, "트럭용 커넥팅 로드 소재의 내부 품질에 따른 기계적 특성 연구", 한국공작기계학회지, 제7권, 제1호, pp 75-81, 1998
11. 홍동표, "공회전시 기어 래틀", 대한기계학회지, pp 58-61, 1997년 7월
12. A. Ishibashi and H. Yoshino, "Power Transmission Efficiencies and Friction Coefficients at Teeth of Novikov-Wildhaber and Involute Gears", J. of Mechanism, Transmission, and Automation in Design, Trans. of the ASME, Vol.107, pp 74-81, March 1985
13. A. Kahraman, "Dynamic Analysis of a Multi-Mesh Helical Gear Train", J. of Mechanical Design, Trans. of the ASME, Vol.116, pp 706-712, September 1994
14. J.S.Freeman and S.A.Velinsky, "Design of Vehicle Power Transmission Systems", J. of Mechanical Design, Trans. of the ASME, Vol.117, pp 113-120, June 1995