

유전자알고리즘을 이용한 궤도차량 동력장치의 주행부하주기 도출

오철성¹⁾ · 임형은²⁾ · 황원걸²⁾

국방과학연구소¹⁾ · 전남대학교 기계시스템공학부²⁾

Determination of a Duty Cycle for Tracked Vehicle Using Genetic Algorithm

Chul-Sung Oh¹⁾ · Hyung-Eun Im^{*2)} · Won-Gul Hwang²⁾

¹⁾Agency of Defense Development, P. O. Box 35 Yuseong, Daejeon 305-152, Korea

²⁾School of Mechanical Systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

(Received 20 December 2004 / Accepted 30 March 2005)

Abstract : The durability of a vehicle is a very important performance which can be evaluated from endurance test. This study developed a procedure for determination of a duty cycle theoretically. Vehicle load data is classified and rearranged using standard test road profile. A load pattern and a duty cycles are extracted from classified vehicle data using genetic algorithm. A duty cycle could be utilized in dynamo test to meet required test mileage. The derived duty cycles have been verified by fatigue test through the dynamometer test.

Key words : Duty cycle(주행부하주기), Genetic algorithm(유전자 알고리즘), Cumulative damage(누적손상), Tracked vehicle(궤도차량), Fatigue life(내구수명)

1. 서론

차량의 수명과 운용에 밀접한 관련이 있는 동력장치 부품의 내구도와 신뢰도는 구동축, 클러치, 변속장치들에 의해 주로 결정되나,¹⁾ 동력장치에는 동적인 부하가 도로상황과 변속으로 인해 발생되고 구동 구조가 복잡하여 정량적인 해석이 어려워 주로 시험에 의존하고 있다.

그러나 실제도로에서의 내구도 시험은 막대한 비용과 시간이 소요되며, 운용 조건에 적합한 도로 선정과 시험방법의 어려움으로 시험의 신뢰도가 보장되지 못한다. 이에 따라 실험실에서 동력계를 사용한 시험이 증가하고 있다. 동력계의 시험은 표준화된 시험이 가능하며 실차량 시험에 비해서 많은 시

간과 경비를 줄일 수 있는 장점이 있으나, 동력계를 사용하기 위해서는 적절한 주행부하주기가 필요하다. 하지만 이를 도출하는 방법은 일반화되어 있지 못하여 체계적인 연구도 부족한 실정이다.

군용 차량과 같은 특수 차량의 경우, 그동안 외국 변속기 개발자들에 의해 개발된 주행부하주기를 일부 개조하여 사용하고 있으나 차량의 독자적 개발과 변속기의 독자적 개발을 위해 국내 운용환경에 적합한 주행부하주기의 개발이 요구되고 있다.

대부분의 동력장치의 주행부하주기에 관한 연구는 주로 공해나 연료소비 측정을 위한 기준 설정을 위한 것²⁾으로, 공해시험의 경우에는 차량정지상태에서 엔진 배기가스의 공해 측정을 하며 실제 차량 운용 시와 상이하다. 이에 따라 차량의 운용상태를 모사한 주행 부하주기를 설정하여 시험 규정을 정

*To whom correspondence should be addressed.
heim@chonnam.ac.kr

하고 있으나, 동력장치의 변속이 반영이 되지 못하며 일부 제한된 도로만을 모사하여 아직은 내구도 시험용으로 사용이 제한적이다.

보통 주행부하주기는 차량을 다양한 운용조건에서 시험 주행하여 획득한 부품의 손상, 마모정도를 데이터베이스화하여, 동력계 시험에 의한 부품의 손상정도와 등가화 할 수 있도록 주기를 설정하는 방법을 사용한다.³⁻⁵⁾ 이에 따라 동력장치의 독자모델 개발 시에는 개발목표에 부합된 운용환경의 주행부하주기를 도출하는 것이 설계와 시험평가 기준 설정에 매우 중요한 사항이다.

본 연구는 다양한 지형과 도로를 고속으로 운용하며 여러 가지 임무를 수행하는 군용 궤도차량을 연구대상으로 하고, 동력계를 사용하여 동력장치를 시험할 수 있는 반복적인 주기 형태의 주행부하주기를 결정하는 방법을 제시하고자 한다. 또한 결정된 주행부하주기를 실차량 주행 시의 동력장치 주요 부품에 대한 부하를 측정하여 실차량 시험에서의 손상치와 비교하여 등가화 될 수 있도록 재구성한다. 변동하중에 대한 피로수명예측에 대한 연구 결과를 사용하여 이 손상치를 비교함으로써 도출된 주행부하주기의 타당성을 입증하고자 한다.

2. 주행부하주기

주행부하주기(duty cycle)는 차량 동력계의 시험평가의 기준으로서 동력장치 부품의 내구도 수명 예측시험에 사용되는 주행부하의 주기를 일컫는 말이다. 차량 주행 중 동력장치에 가해지는 주행 부하는 다양한 주행요소 즉, 차량속도, 변속단수, 조향, 스톱틀 량, 브레이크, 유지시간 등의 조합으로부터 얻을 수 있다. 이러한 주행요소들의 조합을 주행패턴이라 정의한다. 동력계의 시험에서 실제 차량에서 발생하는 주행부하의 다양한 주행패턴들을 그대로 재현하는 것은 불가능하다. 따라서 등가부하의 개념을 도입하여 차량의 부하를 대표할 수 있는 주행패턴을 선정하고 적절히 조합하여 주기화함으로써 시험평가에 적합한 주행부하주기를 결정한다.

본 연구에서는 주행부하주기를 결정하기 위해서 Fig. 1과 같이 먼저 주행 중인 차량으로부터 주행부하를 계측하고, 동력장치의 특성을 분석하여 차량

주행 중 발생할 수 있는 주행패턴을 선정하였다. 다음으로 계측된 많은 주행패턴 중 동력장치의 운용특성이 잘 반영된 주행패턴을 얻기 위해 유전자 알고리즘을 이용하여 최적화된 주행패턴을 결정하였다. 이렇게 결정된 패턴을 다시 최적경로기법 알고리즘을 사용하여 동력계에서 시험할 수 있는 최적의 순서로 조정하여 최종적인 주행부하주기를 결정하였다.

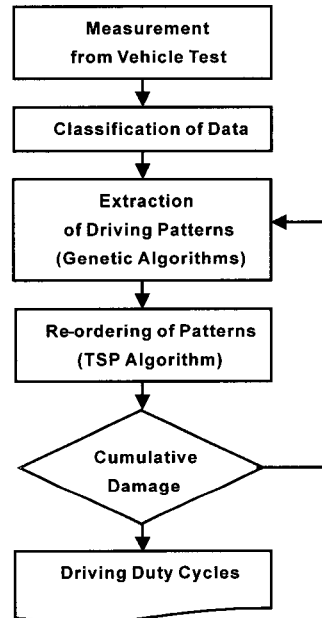


Fig. 1 Work flow of duty cycle

2.1 차량 데이터 획득 및 분류

주행부하주기를 결정하기 위해서는 먼저 실제 운행 중인 차량으로부터 주행데이터를 획득하여 주행패턴을 조사하여야 한다. 그리고 이 주행패턴들을 분석하여 특징적인 주행패턴을 추출해야 한다.

실제 차량의 주행상태와 다양한 부하상태를 계측하기 위해서는 계측시스템을 차량에 장착하여 동력장치의 각 부위에 작용되는 부하특성을 계측하고, 운전자와 제어장치의 제어신호를 저장하여야 한다. 차량의 주행 데이터에는 엔진의 출력(토크, 회전속도), 변속기의 출력, 냉각수의 온도, 오일의 온도, 유압장치의 작동신호, 엔진의 스톱틀, 변속, 록업, 조향, 제동신호 등으로 구성되어 있다.

본 연구 대상 차량은 야지를 고속으로 주행하는 레도형 전투 차량이다. 동력장치의 엔진은 1200마력이며 변속기는 자동변속기로 전진 4단, 후진 2단으로 구성되어 있다. 포장 도로, 비포장 도로, 야지에서 시험 주행하여 주행 데이터를 획득하였으며, 차량의 부하특성과 운전상태, 즉 주행패턴을 확인할 수 있었다.

2.2 주행패턴의 선정

차량의 주행상태를 동력계에서 시험하기 위해서는 차량의 주행특성을 잘 나타내고, 반복적으로 적용되는 특징적인 주행 패턴들을 추출하여야 한다. 변속, 록업 등 각 운용변수를 염색체로 하는 유전자를 발생시켜 각 운용조건의 점수함수를 구속조건으로 하여 유전자 연산을 통한 진화를 통하여, 동력계의 특성을 고려하면서 상기의 실차 내구도 사이클을 가장 잘 표현할 수 있는 대표적인 주행패턴을 추출한다. 주행 패턴의 수는 동력계의 형태와 시험 방법, 총 시험시간 등을 고려하여 정하며, 본 연구에서는 100개의 주행패턴을 구하였다.

2.2.1 유전자의 정의

유전자 알고리즘⁶⁻⁸⁾을 적용하여 주행패턴을 추출하기 위하여는 먼저 유전자를 발생시켜야 한다. 주행요소를 이진화하여 Fig. 2와 같이 18비트의 기본 유전자를 정의하였다. 처음 3비트는 변속단 8단계, 다음 5비트는 32단계의 차량속도, 다음 3비트는 조향속도 8단계, 다음 2비트는 조향모드 4단계, 그리고 마지막 5비트는 유지시간 32단계를 나타낸다.

Shift mode	Vehicle speed					Steering range			Steering mode			Sustained time		
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1

Fig. 2 Definition of chromosome

이 유전자들은 염색체들 간의 형질 교환, 우성형질의 복제, 돌연변이의 3가지 연산을 통하여 진화하게 된다.

2.2.2 목적함수

계측한 실차 데이터를 시간 축(N등분) 상에서 각

시간스텝에서의 운행 조건들을 인자로 가지는 주행 패턴 $P_i, i = 1, 2, \dots, N$ 을 얻는다. 주행 패턴들로부터 각종 이벤트(변속단, 조향, 제동)의 총 발생횟수를 얻는다. 각 주행패턴들을 각각의 형태에 따라 정해진 규칙에 따라 $S_p(i), i = 1, 2, \dots, N$ 으로 점수화 하고 전체 패턴에 대한 평균 $S_{p,avg}$ 를 구한다.

어떤 세대에서의 i 번째 염색체에 점수 $S_g(i)$ 를 부여하고 각 염색체의 평균 $S_{p,avg}$ 를 구하여, 목적함수를 식 (1)과 같이 정의한다.

$$V_1 = | S_{p,avg} - S_{g,avg} | \tag{1}$$

2.2.3 구속조건

구속조건을 만들기 위해 차량의 운용조건과 각 도로별로 계측한 데이터를 종합하여 분류하였다.

변속패턴의 작동 비율은, TC를 토크 컨버터 모드, LU를 록업(lockup) 모드라 할 때, Fig. 3과 같다. 전체적으로 록업 상태의 비율이 높으며, 2단과 3단의 록업이 높은 비율을 차지하고 있어, 변속제어기의 변속맵이 효율이 높은 상태로 비교적 잘 분포되어 있었다.

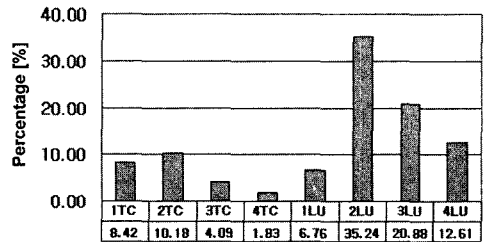


Fig. 3 Operation percent of transmission range

이를 근거로 Fig. 4와 같이 변속단의 점수함수를 정의하였다. 굵은 선으로 표시된 것이 록업모드이고, 가는 선으로 나타난 것은 토크 컨버터모드를 나타낸다.

또한 조향의 분포와 속도분포를 구속조건으로 하여야 한다. 본 연구 차량의 경우, 조향의 분포는 우조향의 주행시간이 많았고, 직진주행의 빈도는 30%이상이었다. 출력속도 분포는 정지 상태에서 최고 속도인 64km/h까지이고 특히 20km/h 속도의 빈도가 12%로 가장 높았다.

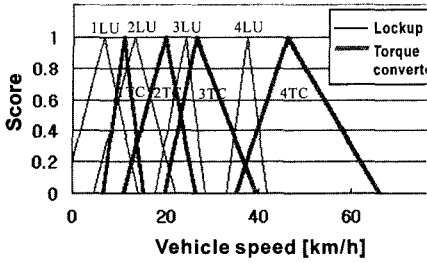


Fig. 4 Score function for transmission range

2.2.4 주행패턴의 선정 결과

초기에 랜덤하게 형성된 유전자들은 유전자연산을 통하여 구속조건을 만족시키며 목적함수를 최소화하는 새로운 세대로 선택적으로 진화하게 된다. 유전자의 진화를 위한 적합도의 값은 점수함수를 통하여 결정하며, 유전자의 진화과정을 거쳐서 N세대 후에는 주행부하를 가장 잘 대표할 수 있는 원할 수 만큼의 주행패턴이 선정된다.

Table 1 Results of load pattern

	Target	Result
Time[sec]	3600	3648
Ave. speed [km/h]	24.0	23.07
Right steer [%]	44.3	43.8
Left steer [%]	24.5	24.2
1st range [%]	8.42	8.06
2nd lockup [%]	35.2	35.0

Table 1은 유전자 알고리즘을 수행한 최종결과이며 최적치 발생은 11821세대 만에 나타났으며 선정된 결과의 적합도는 0.92로서 비교적 양호한 수준의 결과였다. 주기의 목표시간 3,600초에 근접한 3,648초의 주행패턴을 얻을 수 있었다. 오차가 가장 작은 목표치는 2단 록업 비율이며 0.6%의 오차 이내이고, 오차가 가장 큰 목표치는 1단 비율로 4.3%의 오차를 보이고 있다. 유전자 알고리즘을 이용하여 주행통계를 만족하면서 적절한 비율의 주행패턴을 구한 것으로 판단된다.

2.3 주행부하 주기의 도출

2.3.1 도출방법

누적손상이론에 의하여 누적 손상치를 증가화 하는 과정에서 주행패턴의 적용순서가 중요한 의미를

갖게 된다. 따라서 선정된 각각의 주행패턴을 실차에서의 주행주기와 유사하도록 주행패턴의 순서를 재조정하여야 한다.

주행 패턴들을 단순히 나열하는 경우, 변속의 흐름이 원활하지 못하거나 저단변속에서 고단변속으로의 순간적인 변화가 있을 수도 있다. 이러한 변속 과정은 변속기에 작용하는 부하에 큰 영향을 미친다. 또한, 실차의 운행에서는 발생하지 않는 변속 등이 나타나지 않도록 순서를 결정해야 하는 데, 최적 경로 기법을 사용하여 해결할 수 있다.

2.3.2 목적함수

변속단의 수는 토크컨버터 모드(TC)와 록업 모드(LU)는 교차로 구성하며, TC1, LU1, TC2, ..., LU4까지 0에서 7까지 수를 할당하였다. 또한 차량의 출발시에 상향 변속되는 형태로 배열하였다. 변속조건 $\Delta S_{i,i+1} = S_i - S_{i+1}$ 이 +1이 되면 연속한 2개의 주행패턴의 변속단은 TCi→LUi로서 각 단에서 록업이 붙는 조건이 되는 것을 의미하며, 1이 되면 록업이 떨어지는 조건을 나타낸다.

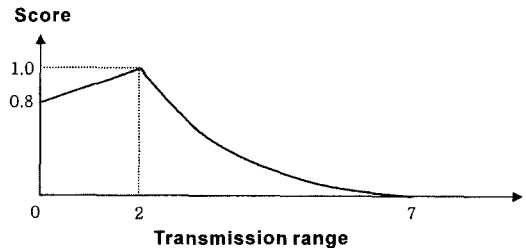


Fig. 5 Score function of transmission range

Fig. 5는 변속기의 정상적인 변속조건을 유도하기 위한 점수함수를 나타낸다. 2개의 연속된 주행패턴의 변속단이 정상적인 변속을 하도록 배치되면 높은 점수(최고 1.0)가 할당되며 비정상적인 변속이 나타나면 낮은 점수(최저 0.0)를 얻게 되어 주행패턴의 배열이 가능하면 정상적인 변속을 하도록 유도된다.

임의로 배열된 100개의 주행패턴들 사이에 나타나는 99개의 변속조건 $\Delta S_{i,i+1}$ 을 점수함수에 따라 점수를 부여하여 다음 식 (2)와 같이 목적함수를 정의한다.

$$V_2 = | 99.0 - \sum_i | \Delta S_{i, i+1} | | \quad (2)$$

2.3.3 구속조건

구속조건은 주행패턴을 나열하면서 나타나는 변속과 록업의 발생빈도의 비율이 실차 시험에서의 발생비율과 유사하도록 구속을 가하여야 한다.

주행패턴을 나열하여 차량의 운용 사이클을 구성할 때 그 순열의 구속조건으로, 계측된 실차 시험 데이터의 변속과 록업의 횟수가 사용되었으며, 이를 분류한 결과는 Fig. 6의 테스트 항목과 같다.

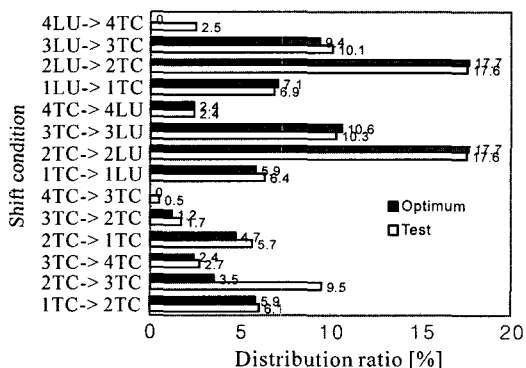


Fig. 6 Distribution ratio of shift condition

2.3.4 주행부하주기의 도출 결과

위 과정을 프로그래밍화 하여 최적경로기법을 수행하여 주행부하주기를 도출한다. Fig. 7은 유전자알고리즘을 이용한 주행부하주기의 도출과정을 보여주는 흐름도로서 주행부하의 순서를 최적경로기법으로 처리한다.

100개 부하주기에 대한 임의의 배열 1가지의 염색체에 할당 하였으며, 총 200개의 염색체를 진화시켜 432세대 만에 최적 배열을 도출하였다.

도출된 최적의 주행부하들의 순열로 나타나는 변속조건 발생 빈도비율은 Fig. 6과 같이 목표치와 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

도출된 주행부하주기에 의한 속도의 변화를 Fig. 8에 나타내었고, 시간별 조향의 변화는 Fig. 9에 나타내었다. 조향의 작동이 좌우로 많이 작동되었음을 볼 수 있다. 이와 같은 부하의 경우 정적인 부하가 주로 적용되는 내구도 주기에 비해 동적인 부하가 많이 작용되는 부하 주기 형태로 구성되었음을 볼 수 있다.

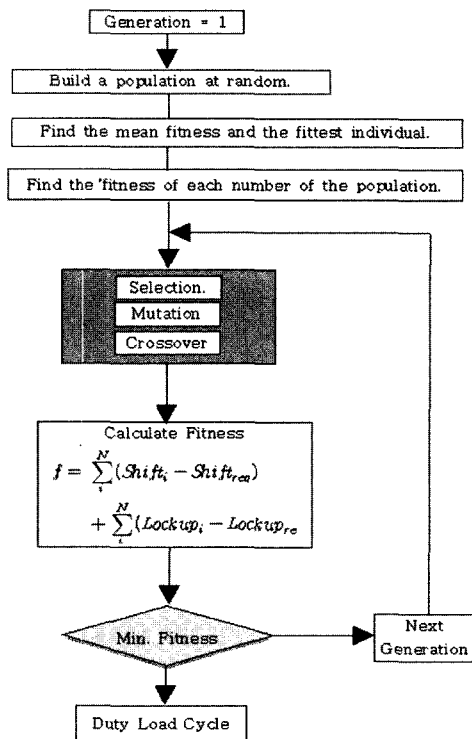


Fig. 7 Flowchart of duty load cycle program

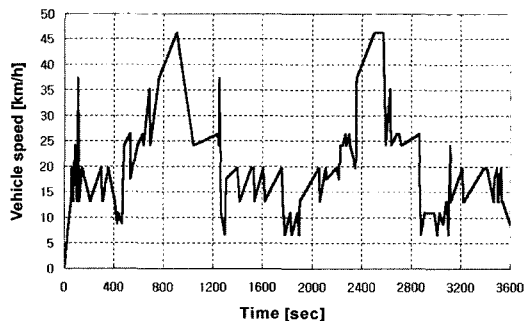


Fig. 8 Vehicle speed of a duty cycle

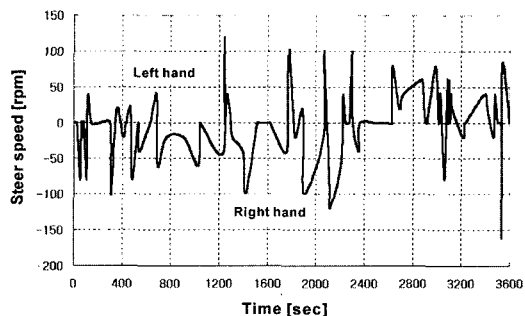


Fig. 9 Steer speed of a duty cycle

3. 주행부하주기에 의한 누적 손상치

주행부하주기를 동력계 시험에 적용하여 내구도 시험을 실시하여 차량의 내구도 시험 결과와 비교를 통하여 검증하여야 한다. 그러나 소요 경비와 예산이 막대하게 소요되어 본 연구에서는 동력계의 주축을 주행 부하 등가화의 비교 대상으로 선정하였다.

3.1 주행부하주기에 의한 누적 손상치

주축의 피로수명에 영향을 주는 누적 손상치를 예측하기 위해서는 주축에 작용하는 토크를 예측하여야 한다.

3.1.1 토크의 예측

토크 컨버터의 특성을 이용한 토크 예측 흐름은 Fig. 10과 같다. 이로부터 입력속도, 터빈속도를 사용하여 출력토크를 예측할 수 있다.

차량의 출력토크는 입력과 출력, 스로틀의 양으로 나타내어지는 3차원의 맵이 구성되어지며, 토크 예측 흐름도는 Fig. 11과 같다. 즉 엔진과 터빈의 속도, 스로틀 각도를 입력 데이터로 하여 엔진과 토크 컨버터 특성 곡선에 의해 구해진다.

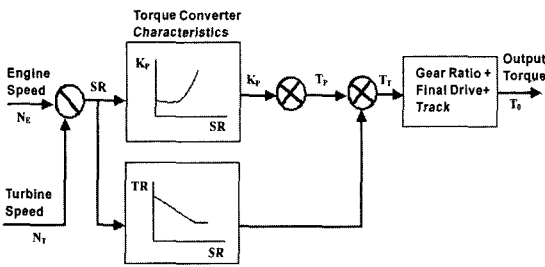


Fig. 10 Torque estimation from torque converter characteristics

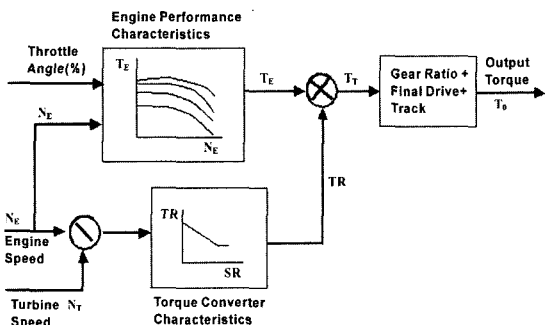


Fig. 11 Torque estimation from engine characteristics

3.1.2 클러치특성에 따른 순간 토크의 변화

동력장치의 부하특성에서 순간적인 피크 값을 보이는 부분은 변속, 록업, 제동일 경우 동력장치에 큰 부하가 발생한다. 대상변속기는 다판 클러치를 사용하고 있다. 다판 클러치는 클러치의 용량이 비교적 크며 판의 개수에 따라 용량조정이 용이하다. 다판 클러치에 작용하는 토크는 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$T_c = \mu F_n \frac{2}{3} \frac{R_o^3 - R_i^3}{R_o^2 - R_i^2} \quad (3)$$

여기서 μ 는 마찰계수, F_n 은 클러치면에 작용하는 힘, n 은 판의 개수, R_o 는 접촉면의 바깥지름, R_i 는 접촉면의 안쪽지름이다.

3.1.3 누적 손상치

주행부하주기에 의한 부하를 계산하기 위해서는 변속 및 록업 시의 토크와 조향의 변화에 의한 토크를 예측해야 한다. 따라서 부하모델을 Fig. 12와 같이 구성하고, 이를 이용하여 주축에 작용되는 토크를 산출하였다. 1시간 주행을 기준으로 산출된 토크의 변화를 Fig. 13에 나타내었다. 이렇게 계산된 변속기의 출력토크를 주축의 전단응력으로 환산하였으며 주축의 특성치를 고려하여 누적손상치를 계산하여야 한다. 기존의 Miner 법칙을 수정하고 피로한도 이

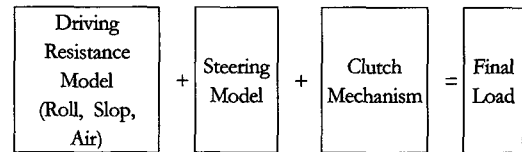


Fig. 12 Vehicle load model

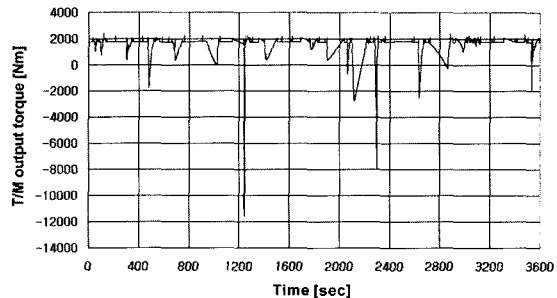


Fig. 13 Transmission output torque from a duty cycle

하의 하중 이력과 간섭 효과를 고려하는 Kikukawa - Jono - Song의 손상법칙^{9,10)}에 따라 구한 주행부하주기에 의한 누적손상치는 1.45×10^{-4} 이었다.

3.2 실차 부하에 의한 누적손상치

실차의 주축 부하를 분석하기 위하여 주행 중 주축의 토크 이력을 측정하여야 한다. 그리고 등가부하를 도출하기 위하여 먼저 토크 이력을 전단응력 이력으로 변환하고 사이클 횟수 계산을 적용하여 진폭과 평균에 따른 빈도수로 분류한다.

측정된 토크 이력은 1,195,620개의 데이터로 구성되어 있다. 분류 결과에 Kikukawa - Jono - Song의 손상법칙을 적용해 구한 누적손상치는 1.89×10^{-4} 로 주행부하주기에 의해 구한 손상치와 비슷한 결과를 보여 산출된 주행부하주기가 차량동력계의 내구성 시험에 유용함을 알 수 있었다.

3.3 주축파괴 시험

동력계 시험만 실시하는 경우에도 내구도 시험을 모두 수행하는데도 많은 시간과 경비가 소요하게 된다. 따라서 주축을 대상으로 가속 수명시험을 하였다. 이 주축은 직경 60.6mm, 길이 1116mm의 긴 원형 축이며, 재질은 KS SCr3H의 크롬강재이다.

가속시험은 주축에 인위적인 노치를 가공하여 국부응력을 높이는 방법을 선택하였다. 이와 같은 노치를 적용한 가속수명시험은 시험시간 및 비용을 줄일 수 있고, 부수적으로 축 설계시 가장 중요한 노치효과의 해석 및 검증결과를 얻을 수 있다.

실차 시험을 통하여 획득된 주축의 토크 이력을 바탕으로 동력계에서 10시간 주행 부하주기에 주축이 파손될 수 있는 노치를 설계하였으며, 누적손상치는 앞의 1.89×10^{-4} 을 기준으로 하였다. Miner 이론에 의한 실험 결과는 누적 손상치가 0.5~2.0일 때 파손이 발생한다고 보고되어 있다. 따라서 10시간의 하중 이력에 의해 파손되는 시점의 손상치의 기준인 D=1.0, 2.0, 3.0의 3가지 경우의 노치를 가공한 주축을 제작하였다.

노치 가공된 주축은 대상 변속기에 조립되어 전용 동력계에서 기존의 내구도 사이클에 따라 시험하였다. 4회의 내구도 시험을 수행한 결과 노치(열

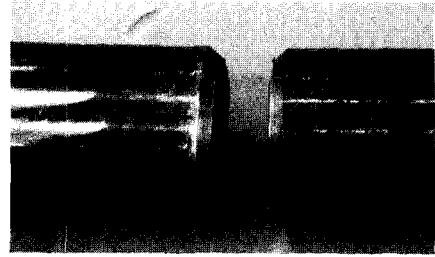


Fig. 14 Fracture of main shaft : notch factor 3.0

처리 미실시, 누적 손상 값 3.0)를 가공한 주축이 시험시간 11시간 만에 Fig. 14와 같이 파괴되었다.

일반적으로 Miner의 누적 손상법칙을 적용한 경우 누적 손상치가 0.5~2.0인 경우에 파손되는 것으로 알려져 있으나 본 시험의 경우에는 주축에 가해지는 부하가 축의 피로한도보다 적은 것이 대부분이어서 축의 누적피로 손상치가 아주 작아지게 된다. 따라서 피로한도이하의 부하도 손상치의 계산에 포함시킨 수정된 Miner의 법칙을 적용한 결과 누적 손상치가 기존의 기준보다 큰 3.0 이상이 되어야 계획된 시간에 파손이 발생하는 것으로 판단된다.

본 시험의 경우는 고 비용의 시험인 관계로 시험 횟수가 적어 시험 결과로부터 일반화된 수치나 경향을 도출하는 데에는 충분하지 않으나 대형변속기의 기계부품을 단품 상태가 아닌 조립된 상태에서 내구수명평가를 실시한 것에서 큰 의미를 가진다고 볼 수 있다.

4. 결론

동력계를 이용한 동력장치의 내구성 시험은 표준화된 시험이 가능하며 실차량 시험에 비해 많은 시간과 경비 절감의 효과가 있다. 이 동력계 시험에는 적절한 주행부하주기의 결정이 필요하나 이에 대한 이론적인 체계가 수립되어 있지 않고 필요할 때마다 시험적인 방법과 직관적인 방법으로 규정하거나 조정하여 사용하여 왔다.

따라서 본 연구에서는 동력장치의 내구성 시험을 위하여 동력계를 사용될 수 있는 적절한 주행부하주기를 도출하는 방법을 제시하였다. 또한 부품의 피로수명예측에 의한 손상치 계산을 통하여 도출된 주행부하주기의 타당성을 입증하였다. 본 연구의

결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 주행부하주기를 결정하기 위해서 운용중인 차량으로부터 주행부하를 계측하고 동력장치의 특성을 분석하여 차량 운용 중 발생할 수 있는 주행패턴을 선정하였다.
- 2) 계측된 많은 주행패턴 중 동력장치의 운용특성이 잘 반영된 주행패턴을 얻기 위한 유전자 알고리즘을 제시하고, 이를 이용하여 최적화된 주행패턴을 결정하였다. 결정된 주행패턴은 동력장치의 각종 모드를 적절히 반영하고 있으며 차량의 속도, 조향, 변속단수가 실제 차량과 잘 일치함을 알 수 있었다.
- 3) 이렇게 결정된 패턴을 다시 최적경로기법 알고리즘을 사용하여 동력계에서 시험할 수 있는 최적의 순서로 조정하여 최종적인 주행부하주기를 결정하였다.
- 4) 도출된 주행부하주기의 타당성을 검증하기 위해서 변속기의 주축을 가속피로시험의 대상부품으로 선정하고, 주축에 노치를 가공하여 주행부하주기에 의한 피로 파괴 시험을 실시하여 주행부하 등가화에 대한 검증을 수행하였다.

본 연구의 주행부하주기를 획득할 수 있는 방법과 알고리즘을 활용하면 각종 차량의 운용환경과 운용조건에 적합한 주행 부하주기를 도출할 수 있을 것으로 판단된다. 추후, 주행부하의 등가화에 대한 지속적인 연구와 데이터 축적이 계속되면, 시험 시간과 비용을 단축할 수 있는 효과적인 가속시험 형태의 주행부하주기 도출도 가능할 것으로 사료된다.

References

- 1) Muller-Berner, A. Mischke and P. Strifler, "The Development of a Modern Commercial Vehicle," ATZ 73, No.11, 1971.
- 2) Y. Lee, G. Kim, Y. Pyo, M. Sunwoo and M. Eom, "Development of Chassis Dynamometer Test Modes to Derive the Emission Factors for Light Duty Vehicles," Transactions of KSAE, Vol.10, No.6, pp.117-124, 2002.
- 3) R. Bata, Y. Yacoub, W. Wang and D. Lyons, "Heavy Duty Testing Cycles: Survey and Comparison," SAE 942263, 1994.
- 4) R. Nine, N. Clark, J. Daley and C. Atkinson, "Development of a Heave Duty Chassis Dynamometer Driving Route," Journal of Automobile Engineering, Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol.213, Part D, pp.561-574, 1999.
- 5) H. Bruneel, "Heavy Duty Testing Cycles Development : A New Methodology," SAE 2000-01-1860, 2000.
- 6) D. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison - Wesley Professional, 1989.
- 7) C. Karr, D. Stanley and B. McWhorter, "Optimization of Hydrocyclone Operation using a Geno-fuzzy Algorithm," Computer Methods and Applied Mechanics in Engineering, Vol.186, pp.517-530, 2000.
- 8) M. Keser and S. Stupp, "Genetic Algorithms in Computational Materials Science and Engineering : Simulation and Design of Self-assembling Materials," Computer Methods and Applied Mechanics in Engineering, Vol.186, pp.373-385, 2000.
- 9) M. Kikukawa, M. Jono, T. Kamata, J. Song and H. Himaru, "Low-cycle Fatigue under Varying Strain Conditions (Effects of the Mean Plastic Strain and the Stress Factor)," Bulletin of the JSME, Vol.20, No.140, pp.145-152, 1977.
- 10) J. Ha, J. Song and S. Lee, "Fatigue Life Predictions for Variable Load Histories: Part I : Fatigue Crack Initiation Life," Journal of KSME, Vol.12, No.4, pp.760-780, 1988.