

穗給式脫穀機의 供給率制御(III)

— 制御시스템의 應答實驗 —

Feed Rate Control for the Head-Feed Thresher

崔 榮 秀*, 鄭 昌 柱*

Y. S. Choi, C. J. Chung

Summary

This study was undertaken to develop the feed rate control system for the head feed thresher by making use of the microprocessor and to evaluate the response of the system to a various threshing conditions.

It was verified the performance of the control system through experiments. Control conditions were determined based on the simulation results of control sytem.

The control system set at RH=500rpm, RL=480rpm for the bundle feed was considered optimum to give a high threshing capability and still to stabilize the feeding seed regardless of the bundle size.

The control system for the continuous spread feed set at the range of LH=15mm, and LL=12mm gave a high control performance for the feeding mass of 1.1Kg/m and lower tested. In addition, the feed rate proportionality constant should be set lower than one in order to keep the rotational speed of threshing cylinder within the range of 500~520rpm.

I. 緒 論

보통형 콤바인의 경우에 있어서 供給率의 증가에 따라 곡물손실은 지수함수적으로 증가하며, 특히 낱선별체의 손실량이 급속히 증가하게 된다. 따라서 供給率의 변화를 초래하는 콤바인의 走行速度를 自動制御함으로써, 곡물손실을 줄여 최대의 탈곡효율을 유도하는데 供給率 制御의 목적이 있다. 최근에는 탈곡효율의 극대화를 위해, 供給率에 따라 走行速度는 물론 탈곡통 회전속도制御 등이 동시에 시도되고 있으며, 制御性能 향상을 위해, 곡물손실, 供給率, 탈곡, 선별 등의 制御要因을 조합하여 制御對象으로 삼

는 供給率制御시스템도 연구되고 있다.

자탈형 콤바인에 있어서는 보통형 콤바인에 비하여 상대적으로 排塵 損失量이 작으므로 주로 작업능률의 향상에 그 목적을 두고 있다. 供給率 변화에 따른 콤바인의주행부, 예취부, 탈곡부, 선별부, 낱 처리부 등에서의 負荷變動은 결국 엔진에서 전체 부하로 나타나므로 供給率에 따라 走行速度를 조정하여 엔진負荷를 일정하게 하고, 엔진 출력이 적정화 되도록 制御 하는 것이다. 자탈형 콤바인에서는 負荷變動을 엔진 회전속도 또는 탈곡통축 토크와 탈곡통 회전속도로서 감지하는 방법을 사용하고 있으며, 대부분 회전속도 변화로써 供給率을 측정하고 있다. 회

* 서울大學校 農科大學

전속도의 변화는 토크 변화보다 변동이 급격하지 않아 회전속도에 의한 走行速度 制御가 더욱 용이하기 때문이다.

본 연구는 “穂給式脱穀機の 供給率 制御”의 주제에 대한 부하특성 구명, 제어 시스템 설계 및 시뮬레이션의 후속 연구로서, 개발된 공급을 제어 시스템의 응답성을 실험, 분석 함으로써 제어 시스템 성능을 평가하는데 그 목적이 있었다.

II. 材料 및 方法

가. 實驗材料 및 實驗設計

制御 시스템의 성능평가를 위한 供試機와 동력원, 데이터수집장치는 負荷特性 分析 實驗과 동일한 것을 사용하였으며, 計測시스템 및 制御 시스템은 그림1에 나타내었다.

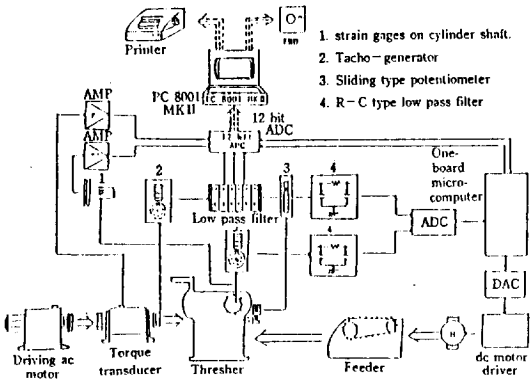


Fig 1. Schematic diagram of experimental apparatus used in this study.

벼단공급 방법에 대한 應答實驗은, 함수율이 18.7% (w.b.)인 아끼바레 품종을 사용하여 1987년 11월 4일~5일에 걸쳐 실내실험으로 행하였다. 벼 수확은 바인더로 하였으며, 실험에 사용된 벼단은 바인더에 의해 결속된 벼단을 그대로 사용하였다. 가능한 한 벼단의 공급조건을 일정하게 하기 위하여 負荷特性 실험시와 같이 임의의 벼단 30개를 추출하여 그 평균 질량을 구하고 평균치로부터 ±3% 이내의 벼단을 사용하였으며 벼단 1개의 평균질량은 455g이었다. 應答實驗을 통하여 탈곡통 회전속도의 설정범위와 하한 설정치의 영향을 분석하고자 하였으며, 實驗計劃과 測定項目은 표 1에 나타내었다.

벼단을 풀어서 공급한 경우의 應答實驗은 1989년 10월말에 실내실험으로 실시하였으며, 벼는 함수율 16.8% (w.b.)인 아끼바레를 사용하였다. 벼단을 풀어서 공급한 경우의 實驗計劃은 표 2에 나타내었다.

나. 實驗方法

본 연구에서는 Apple II 마이크로컴퓨터 내에서 CP/M 카드를 이용하여 制御프로그램을 개발, 실행시켰다. 制御部의 데이터수집은 샘플링 주기마다 데이터 입력신호에 따라 행해지게 된다. 데이터 입력신호는 샘플링주기를 변경할 수 있도록 전용 펄스 발생부를 구성하지 않고 함수 발생기의 TTL 출력부에서 입력되게 하였다.

벼단공급의 초기에는 초기 벼 공급간격이 2초가 되도록 하였으며 制御部의 샘플링주기는 0.5

Table 1. Experimental design for the control tests of bundle feed.

Experiment No.	Bundle type	Control conditions			Investigated Items	Remarks
		Initial cylinder speed (rpm)	RH (rpm)	RL (rpm)		
B-1	A	550	520	500	Power-input-shaft torque	Variety : Akibare
B-2		550	500	480	Gylinder shaft torque	
B-3		550	480	460		Cylinder speed
B-4		570	520	500	Control signal	
B-5	B	550	500	480		

Table 2. Experimental design for the control tests of spread feed.

Experiment No.	Control conditions			Investigated Items	Remarks
	K _s	LH(mm)	LL(mm)		
S-1	0.5	15	10	Power-input-shaft torque	Variety : Akibare
S-2	0.5	15	12	Cylinder Shaft torque	Moisture content : 16.8% (w.
S-3	0.5	15	14	Cylinder speed	b.)
S-4	1	15	12	Straw layer thickness	Sampling time : 0.1sec
S-5	2	15	12	control signal	Initial cylinder speed : 550 rpm RH : 520rpm RL : 500rpm R2 : 495rpm

초로 하였다. 制御部の 작동은 無負荷 상태에서 시작하지 않고 1회 1회 하나를 미리 공급하여 1회 1회 이 탈곡통 중간부분을 통과할 때 시작되도록 하였다. 이는 데이터수집과 공급속도 조절이 制御信號에 따라 모두 0.5초씩 이루어지도록 하였기 때문에 無負荷시 制御部가 작동을 개시하면 과도한 공급속도 증가가 초래되기 때문이었다. 1회 1회 공급신호는 D/A 변환기 출력으로 부저를 울리게 하였으며 작업자는 이신호에 따라 1회 1회를 공급하도록 하였다. 1회 1회를 풀어서 공급하는 경우에는 1회 1회량이 무엇보다 중요한 實驗要因이 되므로 1회 1회계가 일정하게 될 수 있도록 1회 1회를 미리 묶어서 공급하였다. 이때 1회 1회장치의 속도 변화에 따라 탈곡기의 다발물림레일에서의 1회 1회계가 변화해야 하므로 탈곡기의 1회 1회송체의 인의 장력에 의해 쉽게 끊어질 수 있도록 끈으로 1회 1회를 결속하였다. 예비실험 결과 1회 1회장치와 1회 1회송부의 속도차에 따라 공급되는 1회 1회계의 뚜렷한 변화를 확인할 수 있었다. 1회 1회장치의 초기속도는 0.1m/sec로 하였으며 이 속도를 발생시키기 위해 制御프로그램에서는 디지털 값으로 10을 설정하였다. 制御部の 작동개시는 실험결과 분석시 應答時間을 평가하기 위해 탈곡통으로부터 약 40cm 전방의 다발물림레일 시작부에 마이크로스위치를 부착하였다. 1회가 이 지점을 통과하는 순간 마이크로스위치가 닫혀서 트리거신호가 발생하여 A/D 변환기를 통해 입력되면 制御프로그램이 개시 되도록 하였다. 穂

給式脫穀機의 탈곡상태의 조절은 負荷特性 분석 실험에서와 같이 표준상태로 하였으며, 공급깊이는 곡립으로부터 다발물림레일의 안쪽까지의 직선거리가 약 47cm가 되도록 하였다. 制御性能을 분석하기 위하여 탈곡통측 토크 및 동력공급축의 토크, 탈곡통 회전속도, 1회 1회계센서 신호, 및 制御信號등을 측정하였으며 샘플링주기는 30ms로 하였다.

III. 結果 및 考察

가. 1회 1회공급의 경우

1) 탈곡통 회전속도 하한 설정치에 따른 應答特性

시뮬레이션 결과에 의하면 본 연구에 사용된 수급식 탈곡기의 경우 탈곡통 회전속도의 설정 범위는 20rpm이 적합하며 보통 크기의 1회 1회대에 대해서는 탈곡통 회전속도의 하한 설정치는 작업한계속도인 460rpm으로 설정해야 함을 알 수 있었다.

應答實驗은 탈곡통의 초기 회전속도가 550 rpm 상태에서 시작되도록 하였으며, 하한 설정치는 작업한계속도인 460rpm으로 부터 20rpm씩 증가된 460, 480, 500rpm의 3 수준에서 실시하였다.

制御應答 결과는 그림 2에는 RH=520rpm, RL=500rpm의 경우를, 그림 3에는 RH=500,

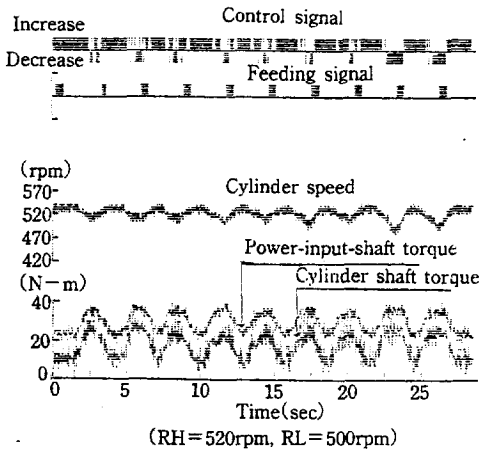


Fig 2. Control test results for the effect of the lower setting value by bundle feed. (experiment No.B-1)

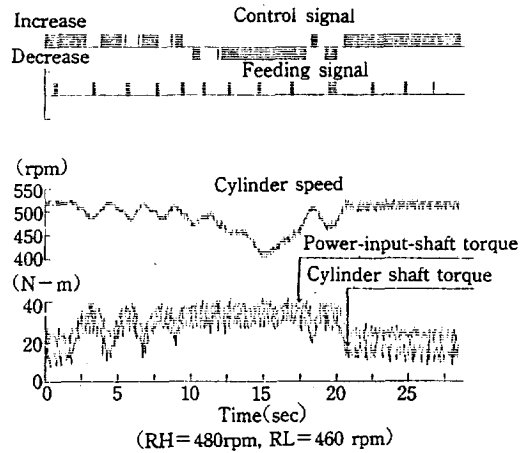


Fig 4. Control test results for the effect of the lower setting value by bundle feed. (experiment No.B-3)

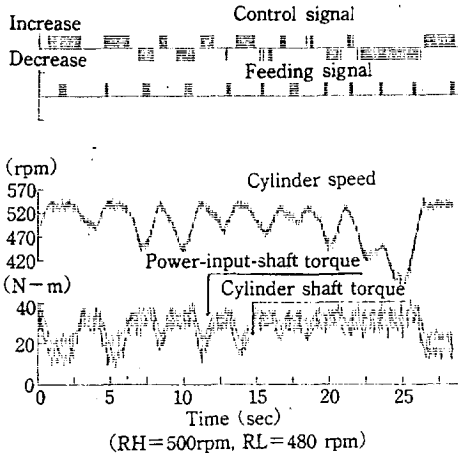


Fig 3. Control test results for the effect of the lower setting value by bundle feed. (experiment No.B-2)

RH=480rpm의 경우를,그림 4에는 RH=480 rpm, RL=460rpm 의 경우를 각각 나타내었다. 制御信號(공급속도 증감신호, 벧단공급신호)는 일정 크기의 직선으로 표시하였으며, 검게 표시된 制御信號 간격은 制御信號의 발생시간 간격을 나타낸 것이다. 만약 공급속도 증가신호(상향)가 나타나면 벧단공급시간 간격이 점차 짧아져 공급속도가 증가되고, 공급속도 감소신호(하향)가 나타나면 벧단공급시간 간격이 점차 길어져 공급속도는 감소하게 되는 것이다.

실험 B-1에서는 작업개시후 공급속도 증감 신호가 2.5초 간격으로 규칙적으로 공급되는 것으로 나타났다. 이 결과는 실험에 사용된 벧단 1 단만이 공급되어도 최고 회전속도와 최저 회전속도의 차이가 20rpm을 초과하기 때문에 負荷變動에 따라 탈곡통 회전속도가 상,하한 설정치를 너무 빈번히 초과하게 되어 공급속도 증감신호가 번갈아가며 계속해서 발생하였으나 이 증감신호는 서로 반복하여 발생되므로 공급속도는 초기 공급속도가 계속 유지된 것이다. 그러나 실험 B-1의 경우 탈곡통축의 평균 토크는 16N-m로서 동력원을 충분히 이용하지 못했으므로 나타났다. 따라서 실험재료의 경우 하한 설정치가 너무 높은 경우는 공급속도의 균일화는 기할 수 있지만 효율적인 동력이용은 이루어지지 못함을 알 수 있었다.

실험 B-2에서는 작업 개시후 약 15초 후에 설정범위 내에서 비교적 안정화되는 것으로 나타났다. 이때의 공급속도는 2초/단 이었으며 평균 탈곡통축 토크는 20N-m였다. 안정화되기 전인 15초까지는 공급속도 制御信號는 증가, 감소를 번갈아가면서 규칙적으로 발생하고 있어 마치 실험 B-1과 동일한 것처럼 보이나 실제로 制御信號 간격은 실험 B-1의 거의 2배에 해당하므로 실험 B-1에 비해 공급속도는 2배씩 변하고 있는 셈이다. 따라서 이 경우는 시뮬레이션

분석에서의 B벧단의 상하한 설정치를 應答實驗과 동일하게 RH=500rpm, RL=480rpm로 설정한 경우와 동일한 應答를 보여주고 있다. 다만, 안정에 필요한 시간이 실험 B-2의 경우에 더 길게 나타난 것은 應答實驗의 경우 공급신호와 함께 遲延時間 없이 벧단을 공급할 수 없었을 뿐 아니라 다발물림레일에 벧단이 공급되어 탈곡통축 토크가 나타나기까지는 遲延時間이 있었기 때문이다. 실험 후기에 공급속도가 안정화 되었음에도 過負荷狀態가 나타난 것은 2초/단의 공급속도를 작업자가 유지하지 못하고 이보다 빠른 속도로 벧단을 공급하여 過負荷狀態가 발생된 것으로 보인다. 따라서 실험에 사용된 벧단에 있어서는 공급속도 2초/단이 최대 공급속도로 판단되었다.

실험 B-3의 경우에는 실험B-2 보다도 하한 설정치를 20rpm 낮게 설정한 경우로 작업개시 후 10초 부근에서 과도한 벧단공급(1.5초/단)으로 탈곡통 회전속도는 급격히 저하되어 탈곡작업이 원활치 못한 상태에 이른 것으로 나타났다. 이 결과는 하한 설정치가 너무 낮게 설정되어 거의 過負荷 상태가 될 때까지 공급속도가 증가되어 설정범위에는 신속히 도달하지만 공급속도의 지나친 급증으로 過負荷 상태에 직면했을 때 다시 공급속도를 감소시키더라도 이미 탈곡기는 정상상태를 회복할 수 없는 상태에 이르렀기 때문으로 보이며, 실험B-2의 후기에 過負荷가 유발된 원인을 동시에 설명해 주는 결과이다. 따라서 應答實驗에 사용된 벧단 크기에 있어서는 RH=500rpm, RL=480rpm이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

탈곡통 회전속도 하한 설정치에 따른 負荷變動을 평가하기 위해 실험 B-1, 2 그리고 3의 탈곡통축 토크의 發生頻度を 그림 5에 나타내었다. 실험 B-1은 토크頻度分布가 비교적 고르게 나타났으나 평균 토크는 16N-m로서 동력원의 효율적 이용이 이루어지지 못한 것으로 나타났고 실험 B-2와 실험 B-3은 토크頻度分布가 유사한 경향을 나타내면서 실험 B-2에서는 18N-m, 실험 B-3에서는 19N-m의 토크 發生頻도가 가장 높게 나타났다. 또한 실험 B-2의 평균

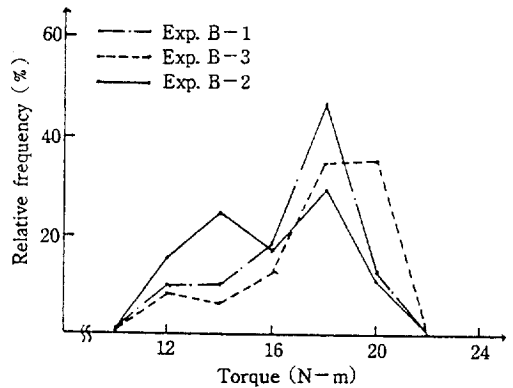


Fig 5. Frequency distribution of cylinder shaft torque for experiment No.B-1, 2, 3.

토크는 16N-m, 실험 B-3은 17N-m로 나타나 실험 B-3의 경우 過負荷 상태가 발생된 사실을 고려한다면 본 시스템에 있어서는 실험 B-2의 수준에서 동력원을 효율적으로 이용할 수 있을 뿐 아니라 토크 진폭도 작아 균일한 供給率을 유지할 수 있는 것으로 판단 되었다.

이상의 결과에서 본 실험에 사용된 수급식 탈곡기에서는 A벧단의 경우는 실험B-2를 기준으로 상한 설정치는 500rpm (供給率 770kg/hr), 하한 설정치는 480rpm (공급율 842kg/hr)가 가장 적합한 것으로 판단되며, 이는 시뮬레이션의 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

2) 초기 탈곡통 회전속도에 따른 應答特性

벧단으로 공급하는 경우에 대한 시뮬레이션에서는 탈곡통축 토크의 파형을 초기 탈곡통축 회전속도가 550rpm인 경우의 실측 데이터를 이용하여 模型化 하였으므로 초기 탈곡통 회전속도의 변화에 따른 制御性能은 예측할 수 없었다. 穗給式脫穀機를 이용한 탈곡작업은 초기에 일정한 탈곡통 회전속도로 고정되어 작업이 시작되므로 無負荷시에도 초기속도를 상회하여 탈곡통은 회전할 수가 없다. 또한 동일 負荷에서도 초기 회전속도에 따라 탈곡통 회전속도의 변화는 달라질 수 있으므로 실험 B-4는 초기 탈곡통 회전속도의 영향을 파악하기 위해 상,하한 설정치는 실험 B-1과 동일한 RH=520rpm, RL=500rpm으로 설정하고 초기 회전속도는 실험 B-1, 2,3의 초기속도보다 20rpm 높은 570rpm에서 작

업을 개시하였으며 그 결과를 그림 6에 나타내었다. 탈곡통 회전속도 하한 설정치의 영향 분석에서는 RH=500rpm, RL=480rpm인 실험 B-2의 경우가 가장 양호한 制御應答을 얻을 수 있었음에도 불구하고 실험 B-4에서는 실험 B-1과 동일한 상,하한 설정치를 채택한 이유는 동일 負荷에서의 탈곡통 회전속도의 변동은 초기 탈곡통 회전속도와는 무관하게 그 變動率이 비슷할 것으로 예측되었기 때문이다.

실험 B-4의 결과는 초기 탈곡통 회전속도를 20rpm 높게하여 작업을 시작하였는데도 전체적으로는 초기 탈곡통 회전속도를 550rpm으로 하고 상,하한 설정치를 동일하게 설정한 실험 B-1과 制御信號의 발생과 變단 공급속도가 유사하게 나타났다. 그러나 變단 1개에 대해서는 실험 B-1보다 토크가 약간 크게 나타났으며 탈곡통 속도변화도 심한 것으로 나타났다. 이것은 탈곡통 회전속도의 증가에 따라 變단에 대한 타격 횟수가 증가한 때문으로 보이며, 탈곡통 회전속도의 변화폭도 함께 커졌기 때문이다. 따라서 초기 탈곡통 회전속도를 상향조정하면 토크의 변화도 심해지므로 制御性能은 결국 초기 탈곡통 회전속도와는 상관없이 상,하한 설정치에 의해서 영향을 받는 것으로 판단되었다.

탈곡통의 초기속도에 따른 負荷變動의 정확한 평가를 위해서는 더욱 많은 실험이 선행되어야

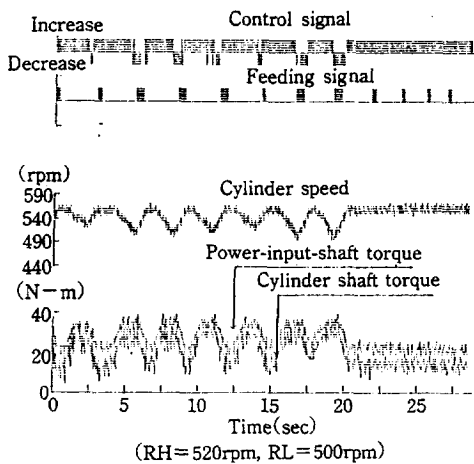


Fig 6. Control test results for the effect of initial cylinder speed. (experiment No.B-4)

할 것으로 보이며 실험 B-4에서 20초 이후에 탈곡통축 토크와 회전속도가 일정하게 나타난 것은 變단 공급속도가 일정하게 이루어졌으므로 더 이상 變단을공급하지 않았기 때문이었다.

3) 變단크기에 대한 適應性

실험 B-5는 실제 바인더로 수확된 變단의 크기 보다 작은 變단을 만들어 공급함으로써 變단 크기에 대한 適應性을 평가하고자 실시되었다. 실험 B-5에 사용된 變단은 變단 1개의 곡립질량이 331g이었고 품종과 함수율은 A 變단과 같은 18.7% (w.b.)인 아끼바레 품종이었다. 變단크기가 작은 경우에 있어서 시뮬레이션 결과는 하한 설정치를 낮게 설정할 수록 지나친 공급속도 변화로 인해 過負荷의 위험이 있는 것으로 나타났다. 따라서 실험 B-5의 경우에는 하한 설정치를 500rpm 정도로 설정해야 하나 變단크기에 따른 적응성을 평가하기 위해 실험 B-2와 동일하게 RH=500rpm, RL=480rpm으로 설정하였다. 실험 B-5의 制御應答은 그림 7에 나타낸 바와 같이 초기의 無負荷 상태에서 1회의 공급속도의 증가가 요구되어 1.5초/단의 공급속도까지 증가하다가 다시 공급속도가 감소하는 현상을 보였다. 전체적으로는 비록 설정범위가 20rpm으로 작아 공급속도의 증감신호가 반복되어 발생되지만 過負荷 상태가 초래되지 않으면서 공급이 이루어짐을 알 수 있었다. 따라서 變단이 작은 경우에도 RH=500rpm, RL=480rpm으로 설정하

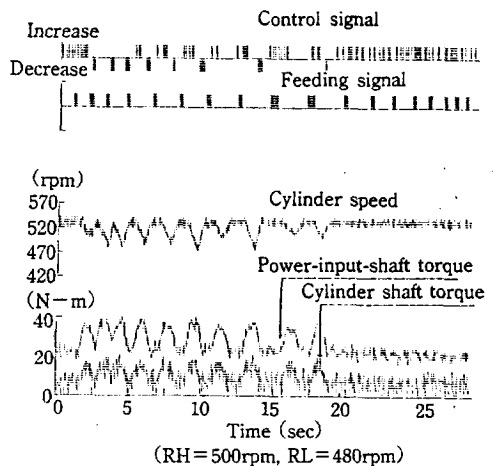


Fig 7. Control test results for the effect of bundle size. (experiment No.B-5)

면 본 연구에 사용된 穗給式脫穀機에서는 양호한 制御應答을 얻을 수 있다고 판단되었다. 그러나 14초동안의 속도변화가 요구되는 상황에서 過負荷 상태가 나타나지 않은 것은 變단이 작았기 때문이며, 시뮬레이션 분석에서도 나타났듯이 정상상태에 도달하기까지 10초 이상 필요하다는 것은 보통 變단의 크기에서는 이미 過負荷 상태가 나타났다고 보아야 한다. 따라서 아주 작은 變단에 대해서도 적용하기 위해서는 샘플링 주기를 작게하고 負荷狀態 판정에 필요한 데이터 수집 루프수를 줄여서 미세한 負荷變動에 따라 變단 공급속도 조절을 유도하여야 하나 큰 變단의 경우에는 데이터수집 루프수를 감소시키면 負荷變動의 일부만 파악되어 負荷變動을 오관할 수 있으므로 모든 變단에 적용하기 위해서는 샘플링주기를 작게하고 데이터수집 루프수를 늘리는 대신에 공급속도 증감신호의 상대적인 發生頻度로서 負荷狀態를 판단하게 한다면 制御性能은 한층 향상될 것으로 판단되었다.

7.3.2. 變단을 풀어서 공급한 경우

1) 竝층두께 설정치 設定範圍에 따른 應答特性

變층질량이 1.1kg/m인 變층에 대하여 LH는 15mm로 고정하고, 실험 S-1에서는 LL=14mm로, 실험 S-2에서는 LL=12mm로, 실험 S-3에서는 LL=10mm로 설정하여 설정범위가 制御應答에 미치는 영향을 분석하였다. 이때 공급속도 조절 비례상수는 모두 0.5로 고정하고, 制御部의 샘플링주기는 0.1초로 하였으며, 竝층두께 설정치의 조절 상수는 2로 설정하였다.

실험재료와 비슷한 變층질량 1.2kg/m인 경우에 대한 시뮬레이션 결과는 LL=15mm, LL=10mm인 경우에 정정시간이 가장 짧은 것으로 나타났으므로 이를 검증하고자 시뮬레이션 조건과 동일한 3수준의 설정범위를 선정하였다. 탈곡통 회전속도 설정치는 시뮬레이션과 동일한 RL=480rpm으로 설정하고자 하였으나, 실험에 사용된 竝이 과도하게 건조되어 있어 동일 함수율의 벼를 동일 供給率로 공급했을 때 負荷特性 分析에서 보다 脫穀負荷가 작게 나타났다. 따라서 동

일 負荷를 발생시키기 위해 變층의 크기를 증대시켜 보았으나 공급속도 변화율의 작은 변화에도 과도한 負荷變動이 발생하는 경우가 있었으므로 시뮬레이션의 경우보다 20rpm 높게 RH=520rpm, RL=500rpm, R2=495rpm으로 설정하였다. 制御應答을 나타낸 모든 그림에서 制御信號(공급속도 증감신호, 竝층설정치의 상,하향 조정신호)의 표시는 變단공급의 경우와 같이 기준선에 대해 상향표시는 증가를, 하향신호는 감소를 나타내게 된다. 또한 모든 실험에서 制御部의 작동개시는 마이크로스위치의 신호에 의해 이루어지도록 하였다. 또한 制御結果는 制御部의 작동시작 시간으로부터 나타내어 應答速度를 파악할 수 있도록 하였다.

그림 8에 나타낸 실험 S-1에서는 마이크로프로세서가 制御를 시작하여 약 3초 이후에 공급속도 증감신호가 간헐적으로 나타나고 있어 설정범위내에서 안정되는 것 처럼 보이나, 실제로는 RH보다 높은 탈곡통 회전속도에서 머무르고 있다. 이는 竝층두께의 하한 설정치의 영향에 관한 시뮬레이션에서도 분석되었듯이 LL이 너무 낮고 LH는 높게 설정되어 설정범위가 크므로 미처 竝층두께 설정치의 상향조정이 이루어지지 못한 채 낮은 供給率에서 공급속도가 안정되어

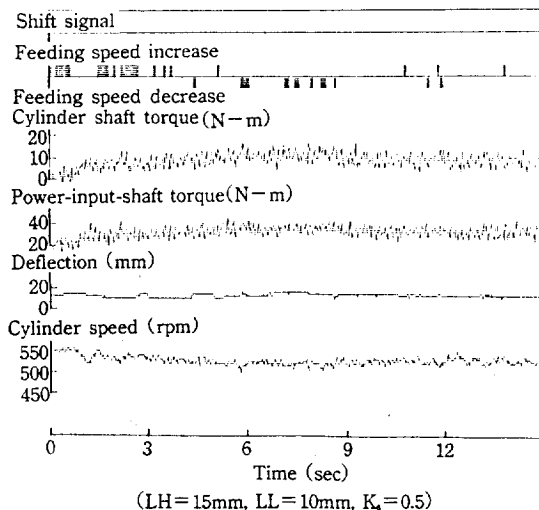


Fig 8. Control test results for the effect of straw layer thickness setting values by spread feed. (experiment No.S-1)

버린 것이다. LL이 너무 낮게 설정되었다 하더라도 適應制御 효과가 나타나기 위해서는 짚층 두께 설정치의 상향조정이 이루어져야 하나 실험S-1의 경우에는 供給率이 목표치에 이르지 못하였는데도 LH가 너무 높게 설정되어 설정범위가 커졌기 때문에 본 시스템의 경우 짚층 두께의 설정범위 5mm는 너무 넓은 것으로 판단되었다.

그림 9에 나타낸 실험 S-2는 LL를 12mm로 설정한 경우로서 制御 개시 약 6초 후에 설정범위에서 안정화되는 것으로 나타났다. 供給率이 적정수준이 되어 설정범위에서 안정되게 되면 공급속도 증감신호가 발생되지 않아야 되나, 應答實驗에서 설정된 탈곡통 회전속도 20rpm의 설정범위로는 공급속도 증감신호가 전혀 나타나지 않는 결과는 얻을 수가 없었다. 이것은 일정 탈곡통 회전속도에서도 탈곡통의 비대칭적 구조로 인한 약 5rpm 정도의 변동과 공급벧층의 불균일성 등이 복합적으로 작용하였기 때문으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 공급속도 조절 신호가 번갈아 발생하고, 탈곡통 회전속도도 설정범위내에서 변동하게 되면 안정화되었다고 판단하였다.

실험S-2에서는 간헐적이기는 하나 공급속도

증가신호가 감소신호보다 빈번히 발생하였는데도 부하의 큰 변동은 나타나지 않았다. 이러한 현상은 마이크로프로세서의 탈곡통 회전속도 계산 오차가 5rpm만 발생하여도 制御部는 공급속도 조절신호를 출력하게 되나 실제 10rpm의 차이가 발생하지 않으면 공급속도의 변화는 일어나지 않을 수 있기 때문이다.

그림 10에 나타낸 실험 S-3은 LL을 실험 S-2의 경우보다 2mm 높게 설정한 경우로 制御 개시 후 약 9초후에 안정화되기 시작하나 공급속도의 증감이 3초 이상씩 반복된 이후에 안정화되어 실험 S-2보다 초기에 공급속도 증가신호가 길게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 LL이 높게 설정되어 지나친 供給率 증가가 유도된 것으로 시뮬레이션에서 LL이 높게 설정될 수록 정정 시간이 길어지고 안정화될 때까지 반복하여 진동한다는 판단을 확인시켜 주는 결과라 할 수 있다. 그러나 공급속도 조절 비례상수가 0.5로 작게 설정되어 있어 공급속도변화가 완만하므로 전체적으로는 설정범위 부근에서 안정화됨을 알 수 있었다.

짚층두께 설정치의 설정범위에 따른 應答特性을 탈곡통축 토크 發生頻度로서 평가하고자 그림 11에 토크 分布曲線을 나타내었다. 실험 S-2

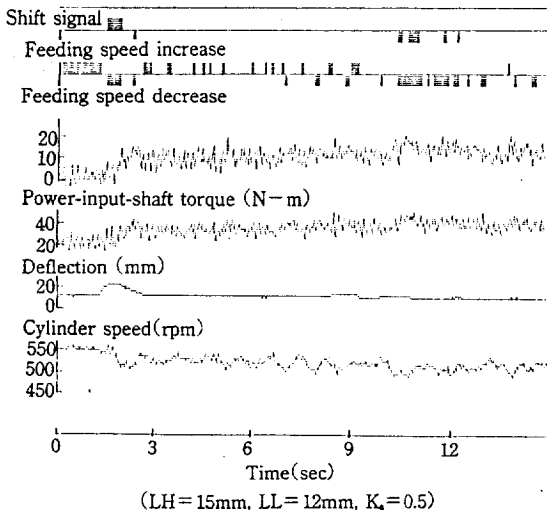


Fig 9. Control test results for the effect of straw layer thickness setting values by spread feed. (experiment No.S-2)

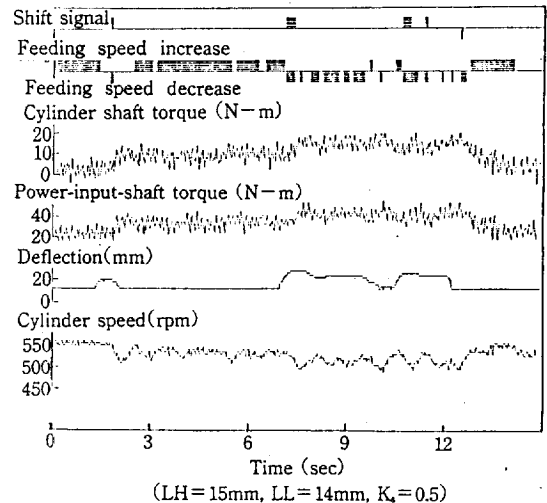


Fig 10. Control test results for the effect of straw layer thickness setting values by spread feed. (experiment No.S-3)

에서는 12N-m의 토크 발생頻도가 가장 높았으며, 평균 토크는 13N-m으로 나타났다. 실험 S-3은 11~14N-m의 토크 발생頻도가 높고 평균 토크는 12N-m으로 나타났다. 실험 S-1은 9N-m의 토크가 最大 頻度를 보였으며 평균토크는 11N-m이었다. 따라서 실험 S-2가 최대 토크를 이용하였다고 볼 수 있으므로 본 시스템에서의 畝층두께 설정치는 畝층질량 1.1kg/m 이하에서는 LL을 12mm로 설정한다면 가장 좋은 制御應答을 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

본 시스템에서 畝단을 풀어서 공급하는 경우에 실험 S-2와 실험 S-3의 制御應答이 모두 양호하였으므로 畝층두께의 설정범위는 1~3 mm가 적합하며, LL=10mm이고 설정 범위를 5 mm이상으로 설정한 경우에는 탈곡통 회전속도가 520rpm이 되는 供給率까지 공급속도를 증가시킬 수 없을 것으로 판단되었다.

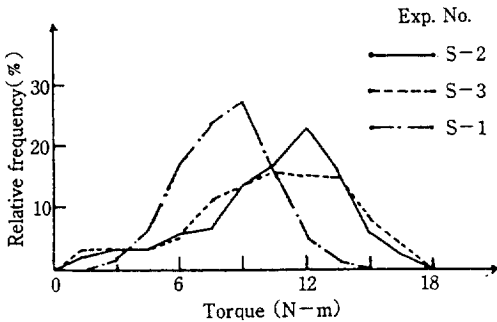


Fig 11. Frequency distribution of cylinder shaft torque for experiment No.S-1, 2, 3.

2) 공급속도 변화율에 따른 應答特性

시뮬레이션 결과에서는 應答實驗에 사용된 畝층질량 1.2kg/m의 경우엔 공급속도 조절 비례상수(K_s)가 1 이상일 경우에는 과도한 供給率의 변화가 유도되어 정상상태에 이르지 못하고 계속 진동하는 것으로 예측되었었다. 그러나 K_s 가 0.5로 설정되면 공급속도를 변화시키기 위해서는 탈곡통 회전속도의 오차가 10rpm 이상 발생해야 하기 때문에 탈곡통 회전속도의 설정범위가 커져야만 되므로 制御프로그램상에서는 탈곡통 회전속도 오차의 정수배씩 속도가 변하도록 K_s 가 설정되는 것이 바람직하다. 따라서 畝층두께 설정치는 LH=15mm, LL=12mm인 실험 S

-2를 기준으로 K_s 만 1과 2로 설정하여 畝층질량 1.1kg/m에 대해 실험을 실시하였다.

실험 S-4는 K_s 를 1로 설정하고, 실험 S-5는 K_s 를 2로 설정한 경우이며 畝층두께 설정치는 LH=15mm, LL=12mm로 하여 실험 S-2와 동일하게 설정하였다. 작업초기의 無負荷 상태에서의 공급장치의 가속도는 K_s 가 0.5, 1, 2일 때 각각 0.7m/s², 0.9m/s², 1.2m/s²에 해당한다. 畝층두께 설정치 조절 상수는 실험 S-1,2,3의 경우와 마찬가지로 2로 설정하였다.

실험 S-4의 制御應答을 그림 12에 나타내었다. 작업개시후 약 1.5초 동안 無負荷 상태에서 공급속도 증가신호가 출력되다가 탈곡부로의 畝의 유입과 함께 잠시 畝층두께 설정치의 상향조정 신호가 발생되었다. 이러한 현상은 LH를 대단히 높게 설정하지 않는 한 발생되게 된다. 왜냐하면 작업초기에는 畝층두께가 LL보다 작아 공급속도를 증가시켜 탈곡부에 유입되는 畝층이 커지다가, 적정 畝층두께에 도달하여도 遲延時間 때문에 유입되는 畝층에 상응하는 탈곡통축 토크가 나타나지 않아 탈곡통 회전속도도 아직 RH보다 커서 LH이상의 畝층두께까지 공급속도를 증가시켜 버리기 때문이다. 따라서 탈곡통 회전속도가 설정범위에 이를때까지 畝층두께의 상향조정과 함께 공급속도를 감소시키게 된다.

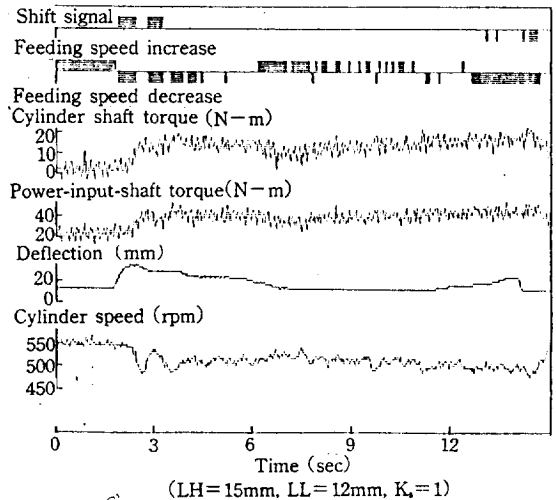


Fig 12. Control test results for the effect of feeding speed proportionality constant by spread feed. (experiment No.S-4)

짚층두께의 상향조정은 반드시 공급속도 감소가 동시에 행해지나 탈곡통 회전속도는 설정범위에 도달하지 못한 상황이므로 공급속도 감소가 가능한 한 일어나지 않도록 짚층두께 설정치의 상향조정이 신속히 이루어져야 한다. 이를 위해서는 짚층두께 설정치의 조정율과 공급속도 변화율과의 관계가 究明되어야 할 것으로 생각된다.

실험 S-2, S-4, S-5의 모든 경우가 無負荷 상태에서 약 1.5초 동안 동일하게 공급속도 증가가 요구되었으나 탈곡통축 최대 토크는 $K_s=0.5$ 일 경우는 약 2초 경과후 16N-m가 나타나고, $K_s=1$ 에서는 약 3.5초 후에 19N-m가 나타났으며, $K_s=2$ 에서는 약 4.5초 후에 27N-m가 각각 나타났다. 따라서 K_s 가 크게 설정될 수록 작업초기에 벼가 과다 유입되어 진동하게 됨을 확인할 수 있었다.

실험 S-5에서는 짚층두께 설정치의 하향조정 신호가 실험시간 전반에 걸쳐 발생하였으며 이것은 과도한 供給率의 변화로 LL보다 낮은 짚층이 유입되고 있는데도 탈곡통 회전속도는 하한 설정치를 상회하는 過負荷 상태가 발생하는 것을 의미하므로 설정범위에서 안정화되지 못하고 계속 진동을 반복하게 됨을 예측할 수 있었다.

따라서 본 시스템에서는 탈곡통 회전속도를 52~500rpm 범위에서 供給率을 制御하기 위해서는 K_s 를 최대 1 이하로 설정되어야 할 것으로 판단되었다.

穂給式脱穀機 供給率制御의 目的은 穂給式脱穀機가 作業능률을 향상시킬 수 있는 供給率 범위에서 脱穀負荷를 일정하게 유지시키는데 있으며 制御變數는 탈곡통 회전속도가 된다. 본 制御 시스템에서는 짚층두께센서와 탈곡통의 위치가 근접하여 짚층두께 설정치가 적절히 설정되지 못하면 오히려 制御性能을 악화시킬 수 있으므로 制御조건을 설정하는데 제약이 따랐다. 따라서 짚층두께센서는 벼공급장치에 근접하여 설치될수록 制御變數의 설정치의 선정이 용이하고 制御性能도 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 要約 및 結論

本研究는 穂給式脱穀機の 供給率制御(I)(II)의 연속 研究로서 시뮬레이션 결과를 檢證하고 制御性能을 究明하기 위하여 제작된 供給率制御 시스템의 應答實驗을 실시하였다.

本研究의 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 本研究에 사용된 穂給式脱穀機에 있어 1단공급의 경우에는 탈곡통 회전속도 설정치를 $RH=500rpm$, $RL=480rpm$ 으로 설정하였을 때 1단의 크기에 상관없이 作業能率을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 供給速度의 安定化도 기할 수 있는 것으로 나타났다.

2. 1단을 풀어서 공급할 경우에는 本實驗에서 1단층질량의 상한치 1.1kg/m 이하에서 짚층두께 설정치를 $LH=15mm$, $LL=12mm$ 로 설정하였을 때 制御性能이 가장 우수했으며, 탈곡통 회전속도가 500~520rpm에서 유지되도록 하기 위해서는 供給速度 調節比例常數(K_s)를 최대 1 이하로 설정해야 하는 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 川村恒夫, 川村 登, 並河 清. 1976. 自脱型コンバインの適應制御(第 2 報) - デイツタル -

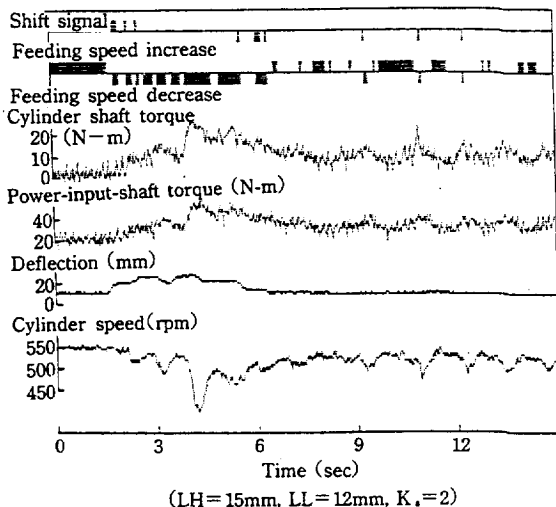


Fig 13. Control test results for the effect of feeding speed proportionality constant by spread feed. (experiment No.S-5)

- サンプル値適應制御-. 日農機誌 39(2) : 157-162.
2. Famili,A. 1983. A microprocessor based automatic feedrate controller. ASAE paper No.83-1087.
 3. Goss,J.R., and B.P.Brouer. 1970. Some approaches to automatic feed rate control for self-propelled combine harvesters. ASAE paper No.70-632.
 4. Huisman,W., J.van Loo, and J.J. Heijning. 1974. Automatic feed rate control of a combine harvester in wheat. IFAC Symposium on automatic control for agriculture, Sask., Canada, F-3.
 5. Moller,A. 1985. Application of micro-processors within agriculture. Agri. contact.
 6. Nakhmkin,G.G., and M.V.Mikhailov. 1960. Automatic controller of loading for a combine harvester. NIAE Translation No.186, Silsoe, England.
 7. Sato,S., S.Nakajima, and Y.Yukishige. 1989. Automatic controller for a head-feeding combine. SAE Technical paper series 891820.

학 회 광 고

중국 북경농업공정대학은 창립 40주년을 맞이하여 1992년 10월 중~하순에 걸쳐 “농업공학 대학 교육의 실태”에 관한 국제 심포지엄을 개최한다 하오니 참석을 희망하시는 회원께서는 직접 영문편지로 아래 연락처로 문의 하시기 바랍니다.

주소 : President Weng, Zhi Xin
Assoc. Prof. Zhang, Senwen
Beijing Agricultural Engineering Univ.
Quinghua Donglu 100083
Haidian District
Beijing, China