

콘크리트 믹서 트럭에서의 드럼 및 슈트의 원격 제어

이 민 철*, 손 권*, 정 의 봉**

Remote Control of Drum/Chute Mechanism in a Concrete Mixer-Truck

M. C. Lee*, K. Son*, W. B. Jeong**

ABSTRACT

A remote control system was developed in order to operate by push-buttons the conventional drum and chute components, which have been operated manually, in a concrete mixer-truck. As actuators, a hydraulic power unit was used for chute operations; two DC motors for drum operations. The devised drum controller consisted of three electric circuits: an analog proportional-integral control circuit, a drum acceleration circuit, and an emergency stop circuit. The remote control system was installed to be tested experimentally and then was evaluated to work successfully within a desirable accuracy.

Key Words : Concrete Mixer-Truck(콘크리트 믹서 트럭), Remote Control(원격제어), Hydraulic Cylinder(유압 실린더), Proportional-Integral Control(비례·적분제어), Position Control(위치제어), Analog Controller(아날로그 제어기), Disturbance(외란)

1. 서 론

중장비산업은 우리나라의 주요 기간산업의 하나로 중장비의 연간 생산대수가 해를 거듭함에 따라 증가되어 왔다. 그러나 중장비의 성능개선을 위한 연구는 미비한 실정이며 그 연구 대상도 극히 한정되었다(1)-(3). 이러한 상황에서 다양한 작업능력과 향상된 성능을 구비한 중장비를 지속적으로 개발하고자 하는 선진국의 추세에 능동적으로 대처하고, 기술도입에 따르는 경제적인 손실의 방지와 국제 경쟁력의 확보를 위해서는 독자적인 연구를 통해 성능 개선을 위한 노력이 요구된다.

건설작업에서 흔히 사용되는 믹서 트럭(mixer-truck)에는 콘크리트 혼합장치인 드럼과 콘크리트 공급기구인 슈트가 장착되어 있다. 대부분의 믹서 트럭에서 드럼의

회전방향 및 회전수를 변경시키기 위해서는 운전자가 트럭에서 내려와 조작레버를 이용해야 하는 번거로움이 있으며, 드럼으로부터 건설작업자가 콘크리트를 공급받기 위해서는 무거운 슈트를 몇명의 작업자가 상하 및 좌우로 힘들여 조작해야 하는 문제점이 있다. 따라서 믹서 드럼의 회전방향 및 회전수 조절의 자동화는 콘크리트 혼합상태의 유지 및 공급량의 조절을 용이하게 하여 현장 작업의 능률향상에 크게 기여할 수 있다. 또한 슈트 작동의 자동화는 작업인력과 시간의 감축 및 작업 조건의 향상을 이룰 수 있다.

본 연구에서는 이러한 믹서 트럭의 문제점을 개선하기 위하여 트럭에 부착된 드럼 및 슈트의 원격제어장치를 개발하였다. 원격제어 장치의 설계시 작업자의 편의성을 충분히 고려하여 push-button을 이용하고, 슈트

* 부산대학교 기계공학과 및 기계기술연구소(정회원)

** 부산대학교 정밀기계공학과 및 기계기술연구소(정회원)

의 구동기구는 가급적 간단한 구조로 선정하여, 고장이나 파손이 발생하는 경우 문제점을 용이하게 대처할 수 있도록 연구방향에 중점을 두었다. 드럼의 회전제어장치는 두 개의 DC 모터와 이를 구동하기 위해 설계한 제어회로로 구성하였다. 슈트의 회전제어장치는 두 개의 유압실린더와 랙/피니언 기구로 구성하였다. 두 제어장치가 믹서 트럭의 축전지를 공동 전원으로 구동되도록 설계·제작하였으며, 실험을 통해 성능을 평가하였다.

2. 슈트의 원격제어장치

2.1. 슈트에 작용하는 하중 계산

슈트의 운동을 제어하는 유압장치의 설계를 위해 슈트를 통해 콘크리트가 배출될 때 예상되는 작용하중을 계산하였다. 슈트의 상하운동을 위해 핀연결부에 작용하는 힘과 현장 작업시 차량이 지형에 따라 앞뒤로 경사를 이루게 될 경우 작용하는 복원모멘트의 계산을 위한 슈트의 구조는 Fig.1과 같다. 그림에서 힌지 O와 A는

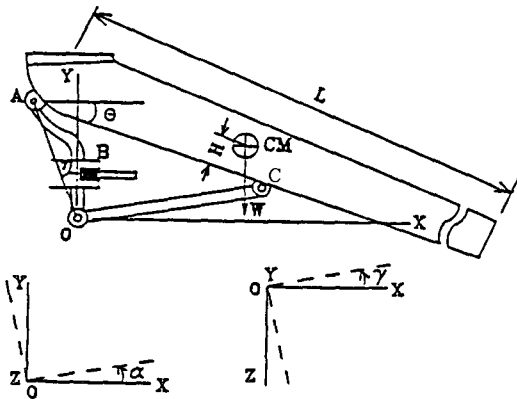


Fig.1 Chute structure and its coordinate system

믹서 트럭에 고정된 점이며, θ 는 슈트의 상하회전각, γ 는 슈트의 좌우회전각, α 는 차체경사각을 나타내며, κ 는 힌지 O의 OY축과 OA축이 이루는 각이다. 부재 OC는 슈트의 상하운동을 위해 유압실린더로 대체되어 길이를 조절할 수 있도록 하였다. L은 슈트의 길이로 2.246m, H는 슈트의 밑면에서 슈트의 중심점까지의 거리로 0.1496m, W는 슈트의 중량으로 625kg이다. 콘크리트가 슈트에 가득 찬 경우에 대해 슈트의 최고위치($\theta=14.0^\circ$)와 최저위치($\theta=42.5^\circ$) 사이에서 상하회전각

에 따른 핀 연결부 C에 작용하는 축방향의 힘을 계산한 결과를 도시하면 Fig.2와 같다(4). Fig.2에서 알 수 있듯이 슈트가 최고위치에 있을 때에는 약 1100kgf의 하중이 작용하고, 점차 슈트가 아래로 내려가 약 25° 에서 1090kgf까지 감소하지만, 그 이후는 하중이 증가하여 최저위치에 이르면 최고 1160kgf의 하중이 작용함을 알 수 있다. 하중의 변화량은 최대값의 6%에 불과하므로 하중은 슈트의 상하위치에 큰 영향을 받지 않는다고 판단된다.

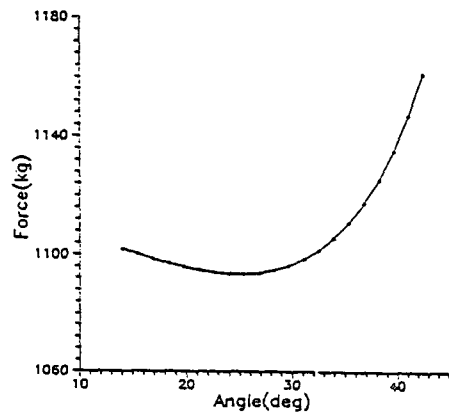


Fig.2 Axial force acting on the pin C for various values of θ

도로의 경사에 의해 슈트의 좌우회전축(Y) 방향으로 생성되는 복원모멘트 M을 원점 O(Fig.1참조)에 대해서 계산하면 다음과 같다.

$$M \vec{j} = \left\{ \left(\frac{L}{2} \cos \theta + H \sin \theta - OA \sin \gamma \right) \sin \gamma \right\} (-W \sin \alpha) \quad (1)$$

여기서 L은 슈트의 길이, H는 슈트의 밑면에서 질량중심 CM까지의 거리, 그리고 W는 슈트의 최대 중량이다.

식(1)을 이용하여 슈트의 상하회전각 θ 의 최고 및 최저위치 부근($\theta=15^\circ$ 및 40°)에서 슈트의 좌우회전각 γ 를 0° 에서 90° 까지 변화시켜 계산한 복원모멘트 M을 도시하면 Fig.3 및 Fig.4와 같다. Fig.3은 $\theta=15^\circ$ 일 때 차체경사각 α 가 5° 와 20° 인 경우, Fig.4는 $\theta=40^\circ$ 일 때 두 α 값에 대한 결과이다. 두 그림에서 모멘트는 차체경사각과 슈트의 좌우회전각이 증가함에 따라, 그리고 슈트가 위쪽으로 상승함에 따라 증가함을 보였으며,

발생하는 모멘트의 최대값은 약 190kgf·m 정도였다. 주어진 슈트의 상하회전각에 대해 차체의 경사각 변화에 따라 모멘트의 최대 변화량은 115kgf·m에서 130kgf·m사이임을 알 수 있었다.

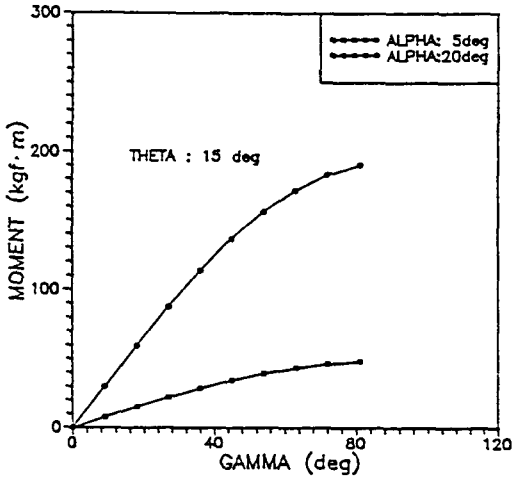


Fig. 3 Restoring moment at $\theta=15^\circ$

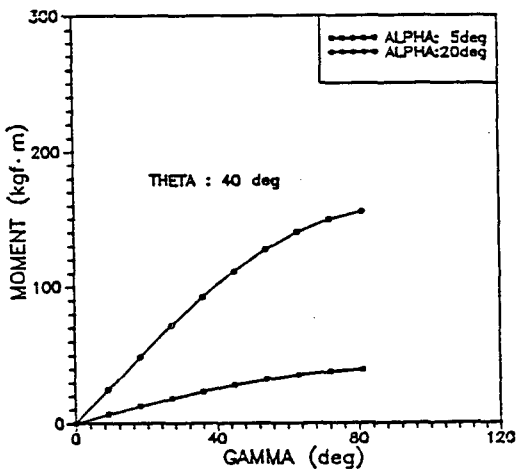


Fig. 4 Restoring moment at $\theta=40^\circ$

2. 2. 유압실린더의 결정

슈트 작동의 액추에이터로 전기유압장치를 이용하였으며, 상하 및 좌우 위치를 조절하기 위해서 두개의 복동식 실린더를 채택하였다. 각각의 유압실린더의 치수는 앞에서 계산된 하중을 바탕으로 결정하였다. 실린더 압력을 P_{cyl} , 배압을 P_g , 유압실린더의 동하중을 F_{dyn} ,

정하중을 F_{stat} , 실린더 i (1 또는 2)의 내경을 D_i , 로드 i 의 직경을 d_i , 실린더 효율을 η , 안전계수를 SF로 두면 D_i 는 다음과 같다(5).

$$D_i = \left[\frac{(F_{dyn} + F_n) \times SF}{P_{cyl} \times \eta - P_g \times SF} \times \frac{4}{\pi} + d_i^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

또한, 실린더에 공급해 주는 공급유량 Q_i 는 다음의 식에서 얻을 수 있다.

$$Q_i = 0.25\pi \times (D_i^2 - d_i^2) \times V \quad (3)$$

여기서 V 는 피스톤의 속도이다. 본 연구에서 선정환 Table 1의 작동 조건에 대해 식(2)와 (3)에 의해서 상하위치 및 좌우위치 조절용 실린더의 내경과 유량을 계산한 결과는 Table 2와 같다.

Table 1. Operation conditions of hydraulic cylinders

Oil pressure	140(kgf/cm ²)
Operation time(up-down)	5(s)
Operation time(left-right)	7(s)

Table 2. Specifications of designed hydraulic cylinders

Inner diameter of cylinder(up-down)	4.7(cm)
Inner diameter of cylinder(left-right)	2.9(cm)
Flow rate(up-down)	102.2(cc/s)
Flow rate(left-right)	12.1(cc/s)

2. 3. 유압장치 및 원격제어장치

슈트 위치의 제어에 사용될 유압장치의 회로도를 작성하면 Fig. 5와 같다. 회로도에서 ①과 ②는 각각 상하 및 좌우 위치의 조절을 위한 복동식 실린더이다. ③은 복동식 실린더 ①에 부착되는 유량조절밸브이며 실린더로 들어가는 유량을 일정하게 유지시킨다. ④는 복동식 실린더 ②에 부착되는 유량조절밸브이다. ⑤와 ⑥은 솔레노이드 밸브로 실린더에 들어가는 유량의 방향을 조절한다. ⑦은 릴리프 밸브로 펌프에서 나오는 압력을 일정하게 유지시킨다. ⑧은 기름탱크와 모터가 일체로 구성된 power unit(SHIMADZU, DPF1.

7S410BW) 내의 기어펌프이다.

슈트의 상하 및 좌우 회전운동의 원격제어장치는 사용자가 시각에 의해 슈트의 위치를 결정하는 man-machine interface의 형태로 설계하였다. 유압장치의 power unit은 솔레노이드 밸브의 방향을 조작함과 동시에 펌프가 구동되도록 구성하였다. 이 때 유압실린더 ①에 의해 얻어지는 직선운동은 힌지부(Fig. 1의 A)를

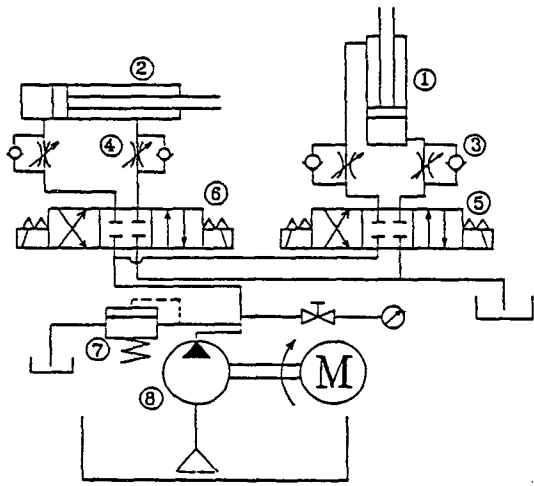


Fig. 5 Hydraulic circuit of chute position control

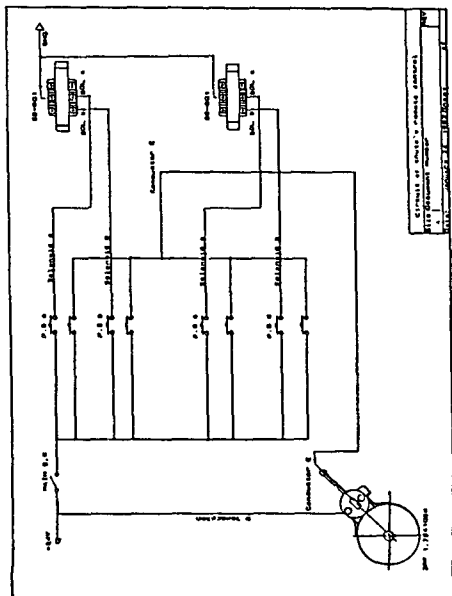


Fig. 6 Electric circuit of chute remote control

중심으로 한 상하 회전운동으로 바뀌며, 실린더 ②에 의해 얻어지는 직선운동에서 랙과 피니언 B를 통해 슈트의 좌우 회전운동을 얻는다.

슈트를 원격조정하기 위해 설계·제작한 회로도에는 Fig. 6과 같다. 그림에서 원격제어를 위한 제어박스(control box)는 P.B a~P.B d를 이용하여 솔레노이드 밸브의 방향과 유압펌프를 동시에 조작할 수 있도록 연결한 회로부분에 해당하며, 이 박스와 솔레노이드 밸브, 유압펌프 및 차량의 배터리를 유선으로 연결하여 원격제어를 가능하게 하였다. 즉 제어박스의 상(P.B c), 하(P.B. d), 좌((P.B b), 우(P.B a)의 스위치 중 원하는 방향의 스위치를 누르면 솔레노이드가 작동됨과 동시에 conductor C에 흐르는 24V의 전압에 의해 펌프가 구동되어 슈트가 작동된다.

3. 드럼의 원격제어장치

3.1. 드럼 구동용 컨트롤러의 설계

드럼 구동장치의 자동화 방안을 검토한 결과, 공급전원으로 DC 24V를 사용할 수 있고, 감속기가 부착되어 충분한 토크를 얻을 수 있는 일본서보의 DC 모터를 사용하는 방법을 선정하였다. 드럼 제어를 위한 제어계의 개략도는 Fig. 7과 같다.

$$J \frac{d^2 \phi}{dt^2} + b \frac{d\phi}{dt} = K_0 v_a \quad (4)$$

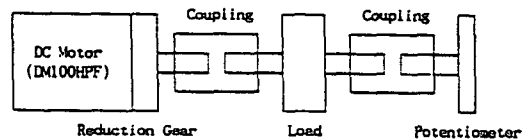


Fig. 7 Drum control system

모터의 회전각을 ϕ , 모터와 부하의 등가 관성모멘트를 J , 등가 점성마찰계수를 b , 그리고 모터의 기전력정수, 전기자 저항, 감속비, 토크정수 등에 의한 계수를 K_0 라 하면 모터의 회전을 기술하는 2차 미분방정식은 다음과 같다(6).

$$\frac{\phi(s)}{\phi_d(s)} = \frac{K_p K_0 s + K_p K_0 / T_i}{J s^3 + b s^2 + K_p K_0 s + K_p K_0 / T_i} \quad (5)$$

식 (4)와 같은 서보계의 위치제어를 위해 비례·적분 제어기를 사용하였으며 블록선도는 Fig. 8과 같다. 이때 시스템의 입출력 전달함수는 다음의 3차식으로 표시된다.

여기서 K_p 는 비례게인, T_i 는 적분시간을 나타낸다. 드럼의 위치제어를 위한 입력각도는 스텝 함수로 주어지므로 정상상태에 있어서의 오차는 제거된다. 또한 조작레버의 흠에 의한 정마찰력도 일정한 외란(T_d)으로 볼 수 있으므로 이 외란에 의한 정상상태 오차도 제거된다⁽⁷⁾.

비례·적분 제어기는 연산증폭기와 전력증폭기를 사용하여 아날로그 제어기로 구성할 수 있다^{(8), (9)}. 이 때 모터의 회전각도는 포텐서미터를 이용해 검출하고 입력각도는 가변저항기를 이용해 연속적으로 입력을 변경시킬 수 있도록 설정한다. 입력각도와 출력각도의 전압의 차는 차동 연산증폭기에 의해 구하여진다. 구한 전압의 차 v_e 는 연산증폭기를 이용한 비례기와 적분기에 의해 보상된다. 비례기와 적분기에서 얻어진 각각의 보상된 전압은 가산기를 이용하여 비례·적분 제어기에 의한 모터의 제어입력 전압으로 모터에 인가된다. 제어입력 전압을 v_s 로 두고 비례게인을 K_p , 적분시간을 T_i ($=C \cdot R_i$)라 하면 다음의 관계식이 얻어진다.

$$v_s = -(v_p + v_i) = -(K_p v_e - \frac{1}{T_i} \int_0^t v_e dt) \quad (6)$$

실제로 모터에 가해지는 전압은 전력증폭기에 의해 모터를 구동할 수 있도록 증폭된다.

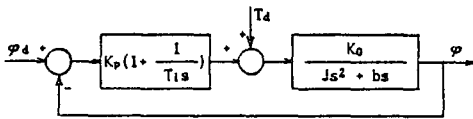


Fig. 8 Block diagram of proportional and integral control

3. 2. 드럼의 원격제어장치의 제작

제작한 드럼구동용 원격제어장치의 전기 회로도는 Fig. 9와 같다. 설계시 드럼의 정·역회전을 조절하기 위한 조작레버의 위치제어용 구동장치로서 비교적 제어기 구성이 용이한 DC 모터(일본서보 DM100HPF, 12V)를 사용하였고, 충분한 구동토크(최대 150kgf ·

cm)를 얻을 수 있도록 감속기(일본서보 10H180FB, 감속비 1/180)를 사용하였다.

드럼의 혼합(Mix), 교반(Agitate), 중립(Neutral), 배출(Discharge)의 변환을 위한 조작레버의 구동장치인 모터의 회전각도는 포텐서미터를 이용해 전압의 형태로 검출되도록 하였으며, 축전지의 전원 변동과 관계없이 회전각도에 비례하는 안정된 포텐서미터의 출력전압을 얻기 위해서 IC 소자인 전압조정기를 이용하여 포텐서미터의 입력전압을 얻었다. 드럼의 혼합, 교반, 중립, 배출의 각 회전방향의 원격제어를 위해 조작레버의 구동장치인 모터의 회전각도의 기준전압으로 설정할 수 있게 하였다. 포텐서미터에서 전압으로 바뀐 구동모터의 출력각도는 목표각도에 비례되는 기준전압과의 차를 차분연산증폭기에 의해 구한 후, 이 오차전압을 없애기 위하여 연산증폭기에 의해 설계 제작한 비례·적분제어기 및 전력증폭기를 사용하여 제어입력을 구한 후 모터에 공급하도록 하였다. 이상과 같이 가변저항기로 구성된 스위치 및 비례·적분 제어기를 사용하여 구성된 원격 제어장치를 이용하므로 종래의 작업자가 수동으로 조작

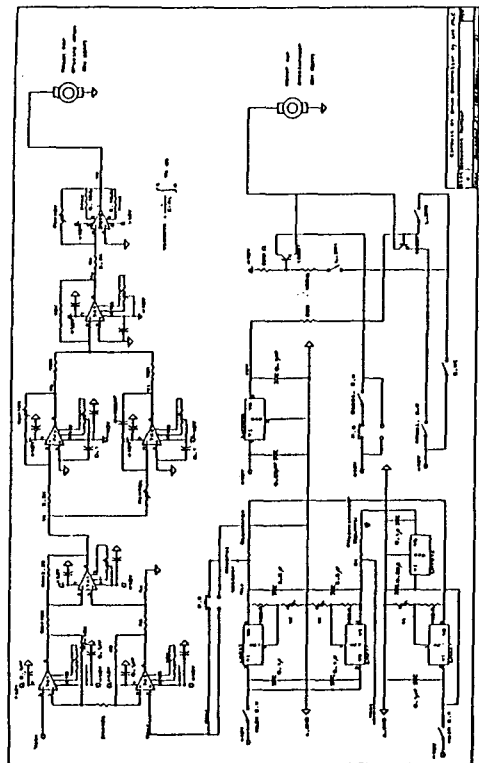


Fig. 9 Electric circuit of drum control

레버를 이용하여 드럼의 회전을 조작해야 하던 것을 원격제어에 의해 드럼의 회전방향을 조절할 수 있도록 하였다.

드럼 회전속도의 추가 조절을 위해 엔진의 가·감속에 필요한 구동토크는 드럼 구동용보다 작으므로, 용량이 작은 모터 및 감속기어(일본서보 DM80HPF 및 8H180F)를 사용하였다. 엔진의 가·감속에는 단순히 트랜지스터를 이용해서 가속 스위치를 누르면 가속방향으로, 감속 스위치를 누르면 감속방향으로 회전되도록 제작하였다. 또한 감속과 가속의 최대 위치에 오면 리미터 스위치를 이용해 자동으로 모터의 공급전압이 차단되어 모터의 회전이 멈추도록 하였다.

4. 실험 및 고찰

4.1. 슈트 원격제어장치의 실험 및 고찰

슈트의 원격제어를 위한 실험장치는 Fig. 5의 유압장치와 아나로그 스위치(push button P.B a~P.B d)를 이용하여 유압장치의 솔레노이드 밸브를 원격조절할 수 있는 Fig. 6의 원격제어회로를 연결하여 구성하였다. 실험에 사용한 슈트는 믹서 트럭의 제작회사에서 실제로 사용되고 있는 슈트를 구입하여 설치하였다. 제작한 슈트의 원격제어 실험장치로서 슈트의 최저위치에 놓였을 때의 사진은 Photo. 1과 같다.

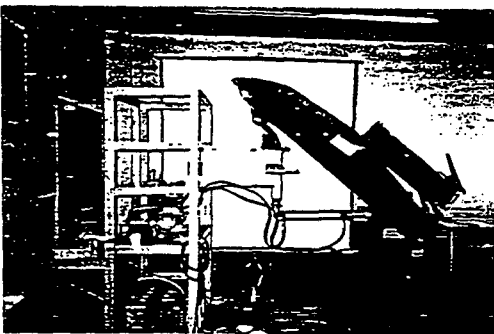


Photo. 1 Extreme lower position of chute

제작한 슈트의 원격제어장치의 성능을 실험하기 위하여 다음과 같은 방법의 순으로 실험을 수행하였다.

- 1) 배터리(battery, 24V)의 전원을 공급해 주기 위해서 MAIN S.W를 온(on) 시킨다.
- 2) 슈트의 원격조정장치의 상·하, 좌·우 회전운동을 제어하는 P.B a~P.B d중 원하는 동작의

스위치를 눌러 목표하는 위치까지 슈트를 움직인다.

- 3) 슈트의 위치가 정해지면 MAIN S·W를 오프(off) 시킨다.
- 4) 위치를 변경하고자 할 때에는 순서 1~3까지를 반복한다.

위의 순서에 따라 본 연구에서 설계·제작한 슈트의 원격제어장치를 사용하여 사용자가 슈트와 약 3m 이상 떨어진 위치에서도 슈트를 임의의 위치에 도달시킬 수 있음을 확인하였다. 슈트의 작동시간은 유량조절밸브의 조절에 따라 달라지므로 밸브나사의 회전수를 변화시키면서 슈트가 각각의 위치 사이에서 이동하는데 소요되는 시간을 살펴보았다. 슈트의 상하 운동과 좌우 운동에 대해 유량조절 밸브나사의 회전수와 슈트의 작동시간 사이의 관계를 실험한 결과에서 상하 운동과 좌우 운동의 모든 경우에서 밸브의 1.5회전과 2회전 사이에서 급격한 시간의 변화가 발생함을 알 수 있었다. 좌우 운동은 큰 유량을 필요로 하지 않으므로 회전수의 작은 변화에도 슈트가 민감하게 작동하였다. 좌우 운동의 모든 경우에서 밸브나사의 회전수가 2회전 미만에서 3초 이하의 작동시간이 관측되었다.

4.2. 드럼 원격제어장치의 실험 및 고찰

본 연구에서 제작한 드럼의 원격제어장치의 성능을 평가하기 위한 실험장치는 드럼의 원격제어회로인 Fig. 9와 드럼의 회전을 위한 조작레버의 구동장치인 모터의 출력각도인 ϕ 를 포텐서미터에서 전압으로 바꾸어 A/D 변환기에 의해 측정할 수 있도록 한 컴퓨터를 연결하여 구성하였으며, 전체적인 개략도는 Fig. 10과 같다. 실험에서 드럼의 혼합, 교반, 중립, 배출의 변환을 위한 조작레버의 각 위치에서 대응되는 모터의 회전각도는 가변저항기로 구성된 스위치를 이용하여 임의의 각도에 비례하는 전압(V_{ref})으로 설정되도록 하였다. 설정된 기준전압과 포텐서미터로 측정된 모터의 회전각도에 비례하는 전압의 차를 차분 증폭기에서 구한 후 비례·적분 제어기 및 전력증폭기에 의해 공급되는 제어입력에 의해 유선에 의한 원격제어가 가능하도록 하였다. 본 실험 장치에 의한 드럼의 원격제어를 위한 실험 방법 및 드럼의 작동 순서는 다음과 같다.

1. 드럼의 회전위치를 지시하는 로터리 스위치가 중립(Neutral)상태에 있는지 확인한다. 만일 중립상태에 없을 경우는 중립상태로 맞춘다.

2. 배터리의 전원을 공급하기 위해 MAIN S.W를 온 시킨다.
3. 드럼의 회전위치를 지시하는 로터리 스위치를 이용해 중립상태에서 원하는 위치에 눈금을 맞추고 동시에 컴퓨터를 이용해 로터리 스위치의 입력전압과 모터의 출력전압을 측정한다.
4. 혼합, 교반, 배출 중 임의의 설정된 위치에서 드럼의 회전속도를 가·감속 시키려면 액셀구동용 스위치를 이용한다. 가속시킬 경우는 Fig. 9의 Accel. S.W를 누르면 되고 감속시킬 경우는 Decel. S.W를 누른다.
5. 비상시에는 비상버튼인 P.B을 누르면 드럼은 중립상태, 액셀은 공회전(idling) 상태로 된다. 문제점을 해결한 후 비상버튼을 해제할 경우(P.B을 한번 더 누름) 드럼의 회전이 비상버튼을 누르기 직전인 상태로 운전되므로 해제하기 전에 로터리스위치를 중립 위치에 맞추는 후 해제해야 한다.
6. 운전을 하지 않을 경우는 MAIN S.W를 오프 상태로 둔다. 이때 드럼의 회전은 MAIN S.W를 오프하기 직전의 상태로 유지된다.

위의 순서에 따라 본 연구에서 설계·제작한 드럼의 원격제어장치의 성능을 평가 하였다. 비례게인 K_p 와 적분시간 T_i 의 여러값의 경우에 대해 실험을 수행한 결과, 오버슈트량이 적으며 진동이 적다고 판단되는 비례게인 ($K_p=0.46$) 과 적분시간($T_i=0.3$) 을 선정하여 다음의 실험을 수행하였다. 중립상태에서 교반상태로 기준입력을 바꾸었을 경우의 실험 결과는 Fig. 11과 같으며, 그림의 종축은 모터의 출력각도 ϕ 를 나타낸다. 실험 결과에 의하면 오버슈트가 거의 발생하지 않고 1.8초 부근에서 회전각(그림에서 Exp)이 목표각도(그림에서 Ref)에 도달함을 알 수 있었다. 또한, 중립상태에서 혼합상태로 기준입력을 바꾸었을 경우의 실험 결과는 Fig. 12와 같으며, 오버슈트가 거의 발생하지 않고 1.6초 이후부터 회전각이 목표각도에 수렴됨을 알 수 있었다. 두 경우 모두 기준입력이 급격히 변하는 0.5초 부근에서 모터의 회전각도가 목표각도와는 반대 방향으로 갔다가 다시 목표각도로 움직이는 것을 볼 수 있는데 이것은 기준입력의 갑작스런 변화에 의해 생기는 전원의 불안정이 외란으로 작용했기 때문인 것으로 판단된다.

혼합 및 배출상태에서 가속 스위치(Fig. 9에서의 Accel. S.W)를 누를 경우의 실험 결과는 Fig. 12와 같

다. 이때 가속 또는 감속 스위치를 누르는 순간 전원의 불안정이 외란으로 작용되어 정상상태오차가 발생하였으나, 모터의 회전각이 곧 목표각도에 수렴됨을 알 수 있어 본 제어기는 외란에 강인한 시스템임이 확인되었다.

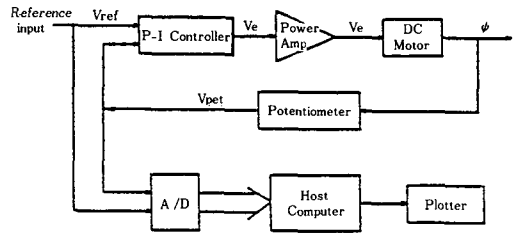


Fig. 10 Experimental setup for drum control

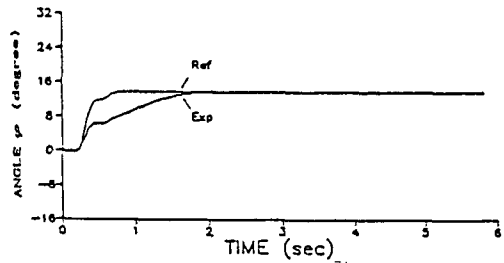


Fig. 11 Response of DC motor when the neutral state is switched to the agitate state

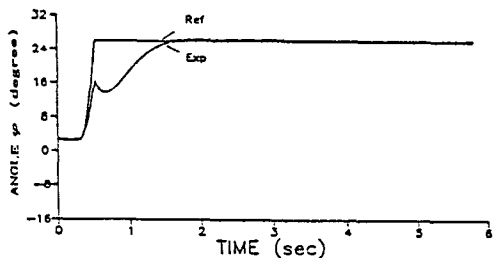


Fig. 12 Response of DC motor when the neutral state is switched to the mix state

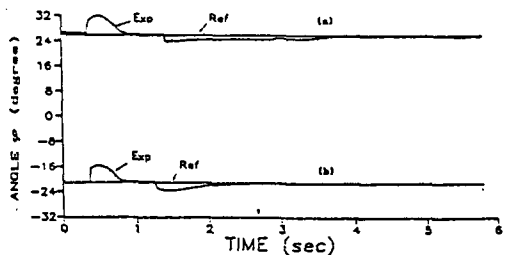


Fig. 13 Response of DC motor when accelerated in (a) the mix state and (b) the discharge state

5. 결 론

콘크리트 믹서 트럭의 드럼 및 슈트의 원격제어장치에 대해 본 연구를 수행하여 얻은 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

- 1) 슈트의 상·하 및 좌·우 회전위치를 제어하기 위하여 압력이 140kgf/cm²인 유압을 이용하는 방법을 채택하였다. 슈트의 위치에 따른 하중을 해석한 결과, 슈트의 상·하 회전운동에 의해 작용하는 최대 축하중은 약 1160kgf, 슈트의 좌·우 회전방향에 의해 작용하는 최대 모멘트는 약 190kgf·m로 추정되었다.
- 2) 슈트의 상·하 및 좌·우 회전위치를 현장 작업자가 믹서 트럭으로부터 떨어진 위치에서도 원격조정할 수 있도록 전기 유압장치를 이용한 제어장치를 개발 및 제작하였으며, 실험을 수행한 결과 5초 이내에 슈트를 원하는 위치로 원격조정할 수 있음을 확인하였다.
- 3) 드럼의 제어를 위해 연산증폭기와 전력증폭기를 이용해 아날로그로 구성된 비례·적분 제어기, DC 모터, 감속기 등을 사용하여 제어장치를 설계·제작하였다. 실험을 수행한 결과 모터의 회전각도는 혼합, 교반, 중립, 배출 등 작업 종류에 따라 설정된 목표각도에 1.8초 이내에 수렴되었다. 엔진의 가·감속시 전원의 불안정에 의한 오차가 발생하나 비례·적분 제어기에 의해 곧 보상되어 본 제어장치는 외란에 강인함을 보였다.

후 기

본 연구를 위해 연구비를 지원해 주신 삼성중공업

창원 제2공장 관계자 여러분과 특히 연구에 협력해 주신 김형준 박사께 감사사를 드립니다.

참고문헌

1. 허준영, 하석홍, 이진철, "전기-유압서보에 의한 자동유압굴삭기의 개발에 관한 연구(1) -가변구조에 의한 레도추종제어 시뮬레이션-", 한국정밀공학회지, Vol. 6, No. 2, pp.65~76, 1989
2. 김동해, 정균양, "스키드 스티어 로더의 소음 경감", 대한기계학회 '90년도 춘계학술대회 논문집(Ⅱ), pp.215~218, 1990
3. 하석홍, 곽동훈, 이진철, "굴삭기의 엔진/펌프 시스템의 모델링 및 제어", '91 한국자동제어학술회의 논문집, pp.951~956, 1991
4. 이민철, 손권, 정의봉, "콘크리트 믹서 차량의 드럼 및 슈트의 자동화에 관한 연구", 한국정밀공학회 '92 춘계학술대회, pp.162~166, 1992
5. 佐藤俊雄, 機電研究社 譯, 油壓裝置 設計의 實制, 機電研究社, 1989, pp.150~172
6. 有本 卓, "ロボット制御の基礎", コンピューターロール, No. 9, pp.21~33, 1985
7. Franklin, G. F. and David, J., Feedback Control of Dynamic Systems, Addison Wesley, 1991, pp.107~135
8. Gayakwad, R. and Sokoloff, L., Analog and Digital Control Systems, Prentice-Hall, 1988, pp.194~206
9. トランジスタ技術編集部, アナログIC活用ハンドブック, CQ出版社, 1987, pp.135~145