

유압식 어로 윈치 시뮬레이터의 동적 거동 특성

이 대 재
부경대학교 해양생산시스템공학과

Dynamic Characteristics of a Hydraulic Fishing Winch Simulator

Dae-Jae LEE
Department of Marine Production System Engineering, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea

To meet the increasing demand from various fishing fields for training of fishing equipment operators, a fishing winch simulator was designed to train maritime students in the correct and safe operation of hydraulic winches under various load conditions related to fishing operations. The aim of this study is to describe the basic dynamic characteristics of the newly developed hydraulic fishing winch simulator and particularly to analyze the mechanical responses produced on the winch operation controls. The winch simulator consists of two winch units, a computer control and data acquisition system, a control console and other associated mechanisms. When one winch is in hauling mode, the other one will always be in loading mode. The revolution speed of the hauling winch was controlled by a proportional directional control valve, and the braking torque of the loading winch was controlled by a proportional pressure control valve. The simulation experiments indicated that the dynamic characteristics of the hauling winch followed the braking response characteristics of the loading winch. The tests also showed that the warp speed and tension linearly depend on the pressure differential across the motor of the loading winch controlled by operating the proportional pressure control valve during the hauling operation. The experience gained from various training courses showed that the fishing winch simulator was very realistic and it was valuable for training novice winch operators. The results of the winch simulation exercise were recorded and used to evaluate the training on the operation and handling of the winch system. From these test results, we concluded that the tension acting on the warp during hauling operations can successfully be simulated by controlling the pressure differential across the motor with step changes of the control input signal to the proportional pressure control valve of the loading winch.

Key words: Hydraulic fishing winch simulator, Loading winch, Warp tension, Autotrawl winch, Computer control, Data acquisition system

서 론

현재, 우리나라에서는 근해 및 원양어선에 대한 고급 어선 해기사의 인력수급이 원활하게 이루어지지 못하고 있는 가운데, 중국을 비롯한 필리핀, 인도네시아 및 아시아의 여러 나라로부터 공급되는 저임금의 외국 어선원의 노동력에 의존하는 어로활동이 해를 거듭할수록 심화되고 있다. 이로 인해 현재 많은 어선에서는 선원의 노동력에 절대적으로 의존하는 작업 환경을 적극적으로 개선하면서 어업의 생산성을 향상시키기 위한 방안으로 어업의 생력화 및 어법의 자동화를 위한 설비의 개량에 매우 높은 관심이 집중되고 있다 (Lee, 1999).

그러나, 어로 시스템의 자동화 및 과학화가 실현될수록 고도의 설비운용능력과 시스템에 대한 체계적인 이해가 요구되고 있지만, 이에 대한 기술적인 교육 및 현장 경험이 부족하여 어로작업 과정에서 예기치 못한 안전사고가 빈번하게 발생하고, 더욱이 어로시스템에 치명적인 손상이 초래되어 어로작업

이 중단되는 등의 문제가 발생하고 있는 실정인 바, 이에 대한 교육 프로그램의 개발과 체계적인 교육 훈련이 필요하다.

본 연구는 각종 어구의 투양망 과정에서 발생하는 부하의 변동특성을 실시간으로 발생시키고, 이 부하의 변동에 대응하여 어로윈치의 조작을 실제의 부하상태에서 실시간으로 수행할 수 있는 유압식 어로 윈치 시뮬레이터를 개발하고, 이 시뮬레이터에 대한 동적거동특성에 대하여 분석, 고찰하였다.

재료 및 방법

유압식 어로 윈치 시뮬레이터의 설계는 먼저 실제의 어로조건 및 그 작업특성에 부합되는 부하를 설정하여 유압 작동기를 선정하고, 이 작동기의 구동에 필요한 작동유의 압력과 유량을 공급할 유압구동장치를 설계하였다. 본 연구에서는 주로 근해어선의 어로작업에서 요구되는 권양하중 3.0 ton, 권양속도 30 m/min의 권양능력을 토대로 끌줄의 직경 15 mm, 윈치드럼의 첫번째 끌줄층에 대한 동심원 직경 300 mm를 기

*Corresponding author: daejael@pknu.ac.kr

준으로 유압 윈치 시스템의 설계 파라미터를 산출하여 제작하였다.

부하발생장치의 설계

어구 저항에 상당하는 부하를 실시간으로 발생시키기 위해 먼저 구동원치에서 감아들이는 낚줄을 다른 유압원치 (부하원치)의 드럼에 감아 놓고, 이 위치의 유압모터 (ME175, Sumitomo-Eaton)의 출구측 배출 압력을 강제적으로 제어하여 부하 윈치 드럼의 회전 토크를 임의로 변화시킬 수 있는 토크 제어장치를 개발하였다.

본 연구에서는 동일한 두 개의 유압원치를 각각 설계, 제작하고, 부하원치에 대한 유압모터의 출구측에는 압력제어를 위한 전기유압제어밸브 (NG6, BOSCH)를 설치하였는데, 이 밸브는 스펴의 위치를 자체적으로 제어할 수 있는 위치제어기 (position transducer)를 내장하고 있다. 즉, 위치피드백 LVDT (linear variable differential transformer)가 내장된 비례 솔레노이드 조작 압력제어밸브로서 1 L/min의 유량에서 5-250 bar의 압력을 제어할 수 있다. 따라서, 0-10 V 사이의 제어입력신호가 밸브 증폭기 (model 0811405037, BOSCH)에 입력될 때, 제어신호의 설정치와 측정치가 밸브 증폭기의 제어회로에서 비교되고, 그 오차신호가 PI 특성에 따라 조작변수로서 증폭되어 비례압력제어밸브에 대한 스펴 위치의 피드백제어를 수행된다.

본 연구에서 개발한 어로원치 시뮬레이터는 Fig. 1과 같고, 구동 및 부하원치의 유압회로도에는 Fig. 2와 같다.

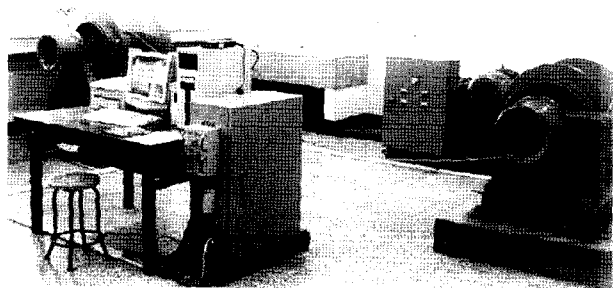


Fig. 1. Side view of the hydraulic fishing winch simulator developed in this study.

구동원치의 조작은 실제 어선에 탑재된 어로 시스템의 작업 환경을 고려하여 반자동식 및 자동식으로 수행할 수 있도록 하였다. 먼저, 반자동식 구동은 potentiometer를 조작하여 비례 방향제어밸브 (NG10, BOSCH)의 제어입력신호를 변화시켜 유압모터 (ME600A, Sumitomo-Eaton)의 공급유량을 조절하면서 윈치드럼의 회전속도와 회전방향을 원격제어하는 방식이다. 여기서 사용한 비례방향제어밸브는 스펴 위치 피드백 LVDT가 내장된 비례 솔레노이드 조작 방향제어밸브로서 최대작동압력은 315 bar, 압력차 Δp=8 bar에서 정격유량은 80 L/min이다.

한편, 자동조작은 마이크로 컴퓨터에서 대화형식으로 설정

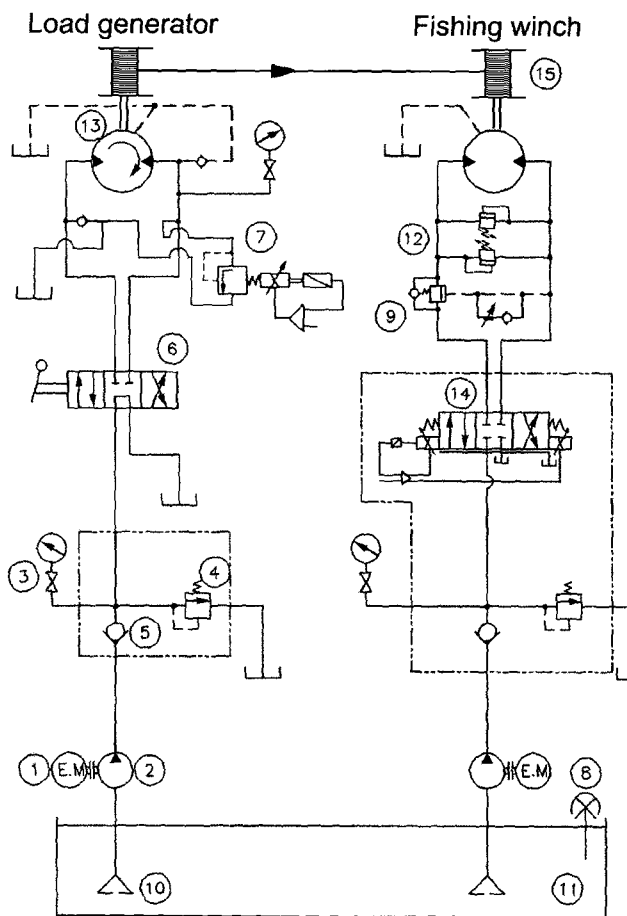


Fig. 2. Hydraulic circuits of fishing winch and load generator. ① electric motor ② hydraulic pump ③ pressure gauge ④ relief valve ⑤ check valve ⑥ directional control valve ⑦ proportional pressure control valve ⑧ air breather ⑨ counter balance valve ⑩ suction filter ⑪ oil tank ⑫ break valve ⑬ hydraulic motor ⑭ proportional directional control valve ⑮ winch drum

한 제어전압신호를 D/A 변환기 및 밸브 증폭기를 통해 비례방향제어밸브에 공급하여 유압모터의 공급유량을 조절하는 방식으로 윈치드럼의 회전속도와 회전방향을 원격 제어하는 방식이다. 이 때, 0-±10 V 사이의 제어입력신호가 밸브 증폭기 (model 0811405013, BOSCH)에 입력될 때, 제어신호의 설정치와 측정치가 밸브증폭기의 제어회로에서 비교되고, 그 오차신호가 PID 특성에 따라 조작변수로서 증폭되어 비례방향제어밸브에 대한 스펴 위치의 피드백제어가 수행된다 (Watton, 1989; Norvelle, 2000).

본 연구에서 사용한 비례제어방향조절밸브의 경우, 밸브가 전개될 때 통과유량 Q와 압력의 강하량 Δp 사이에는

$$Q = Q_{nom} \sqrt{\frac{\Delta p_x}{8}}$$

이 성립하고 (Bosch Hydraulics, 1998), 여기서 Δp_x는 방향제어

밸브의 입구와 출구측에 대한 압력강하량 (bar), Q_{nom} 는 정격유량 (L/min)이다. 유압모터에 걸리는 부하의 변화에 따라 압력강하 Δp_x 가 변동하기 때문에, 유압모터의 부하변화에 따른 윈치드럼의 속도변화는 이 식으로부터 예측할 수 있다.

시뮬레이터의 구성과 동적 거동 특성의 측정

윈치 시뮬레이터는 투양망과 부하발생 유압윈치, 컴퓨터 제어 및 데이터 수집 시스템, 제어 콘솔 및 운용 소프트웨어 등으로 구성된다.

컴퓨터 제어 및 데이터 수집 시스템 (Fig. 3)은 PC, 프린터, PLC 시스템 (A1SJ71UC21형, Mitsubishi), 장력계 (CBES3000, Bongshin Loadcell), 압력변환기 (PMSF200, Daesung), tachogenerator (60 V/1000 rpm, Sanyo) 등으로서 구성된다. PLC 시스템은 CPU unit 1개, 통신 unit 1개, AD unit 3개, DA unit 2개, DC 입력 unit 1개, 전류출력 unit 1개, 전원 unit 1개로서 구성하였다(Bollinger and Duffe, 1989; Stiffler, 1992; Kilian, 1996). PC에서 시스템의 제어, 데이터 수집 및 정보의 표시와 관련되는 명령을 PLC 시스템에 전송하는 루틴은 자동화 솔루션 소프트웨어인 FIX (Intellution)에 의해 작성되었고, PC에서의 구동개시 명령에 의해 PLC의 CPU unit에 저장된 루틴이 구동되면서부터 시뮬레이터 시스템의 작동이 시작된다. 이때, 시뮬레이터 trainer는 최대허용 끌줄장력, trainee에게 부여할 어구의 저항에 상당하는 부하 변동 시계열 함수, 평가정보 수록을 위한 파일명, 데이터 샘플링 간격을 입력한 후, 실행상태로 전환하면, 부하 변동 시계열 함수에 따른 제어신호가

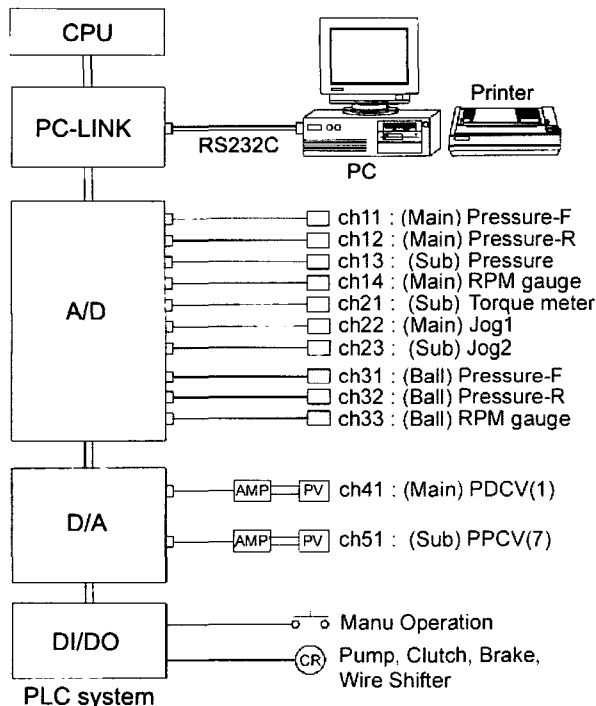


Fig. 3. A schematic block diagram of the control input and the signal output, and the connection between PLC system and PC RS232C interface.

PLC의 D/A 변환기를 통해 부하윈치의 비례압력제어밸브에 인가되어 braking 상태가 시계열 함수에 따라 변동하게 된다. 이 때부터 trainee는 braking 상태의 변화에 반응하여 권양윈치의 비례방향제어밸브에 공급되는 제어신호를 컴퓨터상에서 조작하게 된다. trainee가 설정하는 제어신호는 밸브 증폭기를 통해 비례방향제어밸브에 공급되는 데, 이 신호에 의해 유압모터에 공급되는 유량에 비례하여 드럼의 회전속도가 변화하기 때문에 부하윈치에 감겨져 있는 끌줄을 권양윈치로서 감아들이는 속도를 실시간으로 조절할 수 있다. trainee가 윈치 시뮬레이션을 수행되는 동안 PLC 시스템에서는 설정한 샘플링시간 간격 (0.25 sec)으로 비례압력제어밸브의 압력, 끌줄의 장력, 권양윈치의 고압측과 저압측 압력 및 회전속도, trainee가 조작하는 비례방향제어밸브의 제어입력신호가 실시간으로 측정 및 수집되어 컴퓨터 모니터상에 표시된다. 만약, trainee가 부하윈치에 설정해 놓은 부하변동패턴에 적절하게 반응하지 못한 관계로 권양윈치에 과부하가 걸렸을 때, 윈치드럼의 과속으로 끌줄에 급장력이 발생하게 된다. 이 때에는 trainer가 설정해 놓은 최대허용장력을 초과하는 순간, 권양윈치의 비례방향제어밸브에 공급되는 제어신호가 0 V로 초기화된 후, 수 초간 부의 신호가 공급되어 끌줄의 장력을 제거함으로써 관계자의 안전을 확보하는 안전 루틴이 설정되어 있다.

결과 및 고찰

이로 윈치 시뮬레이터의 제어 파라미터 및 시스템 출력 정보를 표시하는 제어콘솔화면은 Fig. 4와 같다. 윈치의 구동에 앞서 먼저 trainer가 어구의 장력에 상당하는 부하를 결정한 후, 콘솔 화면의 부하측에 있는 자동 모드를 선택하여 커서를 이동시키면 커서의 위치에 해당하는 부하가 자동적으로 설정된다. 이 설정치는 전압으로 변환되어 부하윈치의 비례압력제어밸브에 인가됨으로써 유압 모터의 출구측에 대한 압력이 실시간으로 설정된다. 이 상태에서 trainee가 구동윈치를 조작하게 되는 데, 만일 trainee가 콘솔 화면의 구동측에 있는 자동 모드를 선택하여 커서를 CW나 CCW 방향으로 이동시키면 각 방향에 대한 윈치의 rpm 값이 자동적으로 설정된다. 이

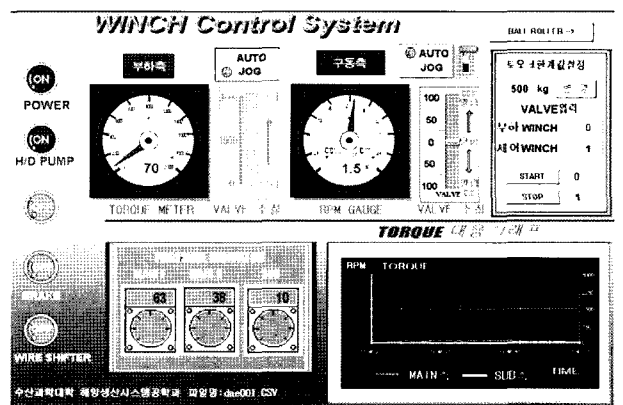


Fig. 4. Front panel of the hydraulic fishing winch simulator.

설정치는 전압으로 변환되어 구동윈치의 비례방향제어밸브에 인가되면 유압모터에 공급되는 유량이 변하여 회전속도가 변한다. 이렇게 trainee가 설정한 rpm 값에 의해 구동윈치가 회전할 때, 부하윈치의 드럼에 감겨져 있던 와이어 로프가 구동윈치의 드럼으로 옮겨져 감기게 되는 데, 이 때, trainer가 설정한 부하압력에 의해 부하윈치드럼에 제동력이 발생하여 끌줄의 장력이 실시간으로 변동한다. 이 장력 변화에 반응하여 trainee는 윈치의 적절한 제어동작을 취하게 되는 데, 이 때, trainee에 의해 취해지는 구동윈치의 회전속도와 그 때의 끌줄의 장력, 또한, 부하 윈치의 부하 압력, 유압모터의 고압측 및 저압측 압력, 한계 토크의 설정치 등과 같은 모든 정보가 윈치의 제어콘솔화면에 표시됨과 동시에 데이터 파일에 저장되도록 하였다. 이들 데이터를 토대로 trainee의 반응속도 및 윈치의 조작에 대한 적정성 등을 판단함으로써 반복적인 훈련을 통해 복잡한 윈치 시스템에 대한 친숙함과 조작의 숙련도를 높일 수 있어 이 시뮬레이터 시스템은 조업의 안전성 및 능률의 향상에 크게 기여할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 어구의 각종 부하상태를 실험실에 설치한 실험 규모의 전기유압 윈치 시스템을 통해 실시간으로 발생시켜 윈치 조작자로 하여금 모의적으로 부하를 체험토록 하면서 그 때 조작자가 취하는 윈치의 제어동작에 대한 동적응답특성을 조사, 분석하였는데, 먼저 구동윈치의 비례방향제어밸브의 제어입력에 대한 윈치드럼 회전수 Y (rpm)의 응답특성을 나타

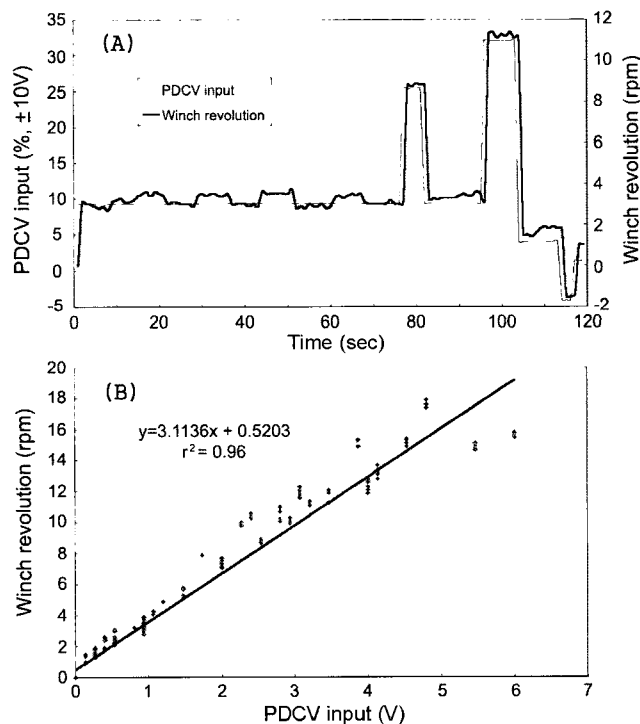


Fig. 5. (A) Percentage control voltage ratio applied to PDCV and winch revolution plotted against time. (B) The relationship between winch revolution and control input voltage applied to PDCV.

낸 결과는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5의 (A)에서 구동윈치의 비례방향제어밸브에 제어입력신호를 공급해서부터 윈치드럼이 회전하기까지에는 약 1 sec의 응답시간의 시간지연이 나타나고 있다. 이들 비례방향제어밸브에 대한 제어입력신호 X (V)와 윈치드럼의 회전수 Y (rpm)과의 관계는 Fig. 5의 (B)에서와 같이

$$Y = 3.1136X + 0.5203 \quad (r^2 = 0.96)$$

의 실험식이 성립하였다. 이 식으로부터 제어 입력을 1V에서 5V로 증가시킬 때, 감속기어 (감속비 1/4)가 장치된 윈치드럼의 회전수는 3.63 rpm에서 16.1 rpm으로 증가함을 알 수 있다. 또한, Fig. 5의 (A)에서 16-22 sec, 30-37 sec, 45-52 sec, 62-68 sec에 나타나는 회전수의 증가현상은 부하장력이 감소할 때, 유압모터 회전축에 걸리는 부하 토크가 감소하여 유압모터에 공급되는 유량이 일시적으로 증가하기 때문에 나타나는 현상이다.

윈치 조작자가 부하 윈치의 드럼에 감겨져 있는 끌줄을 구동 윈치 드럼으로 옮겨감을 때, 부하 윈치 드럼의 회전을 강제적으로 제어하면 구동 윈치에서 당기고 있는 끌줄의 장력이 변동하기 때문에 윈치의 조작자는 어구의 장력에 상당하는 부하의 실시간적인 변동을 경험하게 된다. 이 때, 구동 윈치의 회전속도 (rpm)를 Fig. 5와 같이 스텝상으로 변화시키는 상황

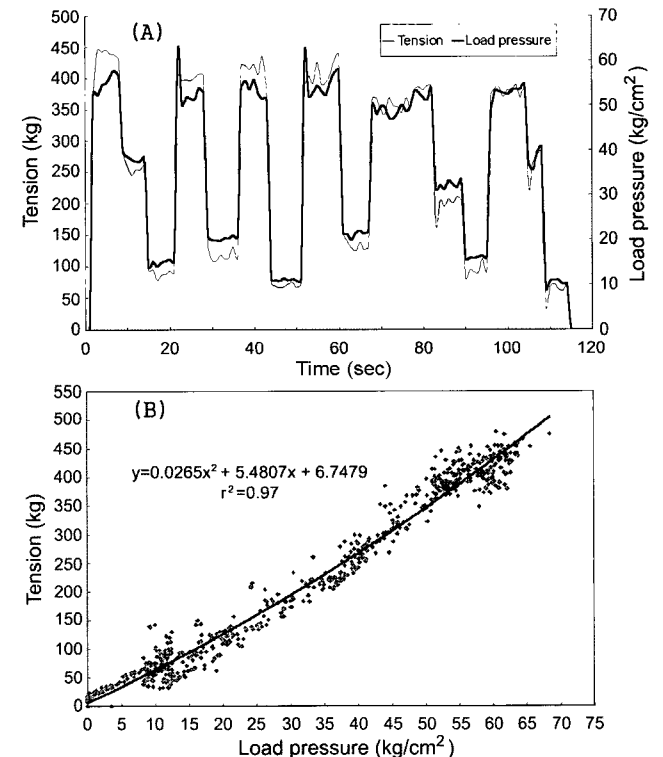


Fig. 6. (A) Tension of the warp hauling in driving winch and load pressure plotted against time. (B) The relationship between the warp tension and the load pressure controlling in load generator during step response.

하에서 부하 윈치의 부하 압력을 변동시켰을 때의 끝줄 장력의 응답특성을 나타낸 결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6의 (A)에서 끝줄의 장력변화는 부하윈치의 부하압력의 변동과 시간지연이 없이 완전하게 일치하는 응답특성을 나타내고 있는 데, 이들 부하윈치의 부하압력 X (kg/cm^2)와 끝줄장력 Y (kg)의 관계는 Fig. 6(B)에서와 같이

$$Y = 0.0265X^2 + 5.4807X + 6.7479 \quad (r^2 = 0.98)$$

의 실험식이 성립하였다. 이 식으로부터 부하윈치의 부하압력을 $10 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 에서 $65 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 으로 증가시킬 때, 끝줄 장력은 64.2 kg 에서 475.0 kg 으로 증가한다. 따라서, 부하윈치의 제동력을 적절하게 제어함에 따라 trainee에게 다양한 부하상태를 실시간으로 경험케 할 수 있기 때문에 해상에서 조우할 수 있는 각종 어구의 동적 상황에 대한 윈치의 투양망 조작 및 부하에 대한 반응 능력을 평가하는 데 매우 효과적이라 판단된다.

부하윈치의 비례압력제어밸브에 제어입력신호가 공급되어서부터 부하압력이 발생될 때까지 일정한 시간지연이 나타나는 데, 제어입력신호에 대한 부하압력의 응답특성을 나타낸 결과는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7의 (A)에서 비례압력제어밸브에 제어입력신호가 공급되어서부터 부하압력(제동압력)이 나타나기까지는 약 1 sec의 시간지연이 있고, 이들 제어입력신호 X (V)와 부하압력 Y

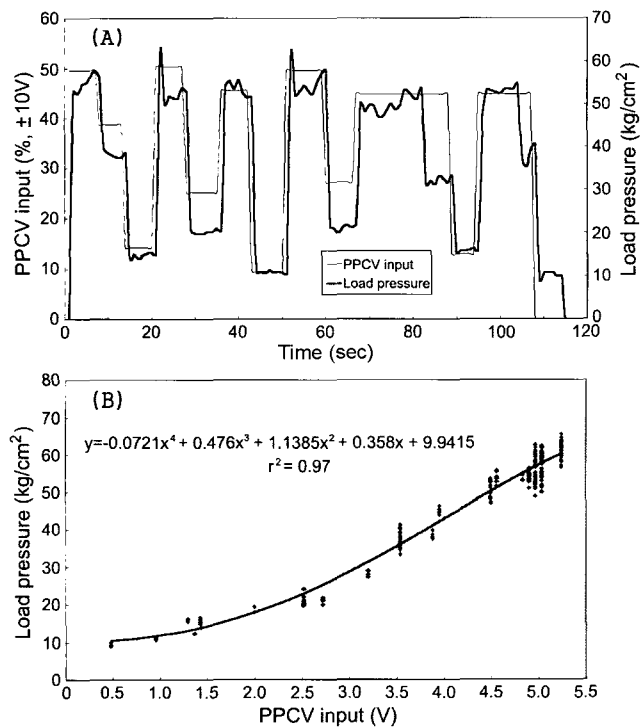


Fig. 7. (A) Percentage control voltage ratio applied to PPCV and load pressure plotted against time. (B) The relationship between load pressure and control input voltage applied to PPCV.

(kg/cm^2)과의 관계는 Fig. 7의 (B)에서와 같이

$$Y = -0.0721X^4 + 0.4973X^3 + 1.1285X^2 + 0.358X + 9.9415 \quad (r^2 = 0.97)$$

의 실험식이 성립하였다. 이 식으로부터 알 수 있는 바와 같이 본 연구에서 사용한 비례압력제어밸브는 제어전압이 2 V 보다 낮은 범위에서는 응답특성이 완만한 반면, 2 V 보다 높은 범위에서는 거의 직선적인 응답특성을 나타내었다.

구동윈치의 드럼 축에 대한 회전력 (출력 토크)은 유압 모터에 공급되는 압력 (고압측 압력)과 귀환되는 압력 (저압측 압력)의 차, 즉, 유효작동압력에 의해 결정되는 데, 이 회전력에 의해 권양할 수 있는 끝줄의 장력(윈치의 권양력)이 결정된다. 이 때, 이들 유압모터의 유효작동압력 X (kg/cm^2)과 끝줄장력 Y (kg)와의 관계를 나타낸 결과는 Fig. 8과 같다.

Fig. 8의 (A)에서 부하 윈치에서 발생시킨 부하의 변동에 기인하여 끝줄에 걸리는 장력이 변동하고, 이 장력변동은 유압모터의 유효작동압력에 변화를 초래하는 데, 이들 사이에는 Fig. 8의 (B)에서와 같이

$$Y = 18.71X - 366.48 \quad (r^2 = 0.92)$$

의 실험식이 성립하였다. 이 식으로부터 유압모터의 유효작동압력이 각각 $25 \text{ kg}/\text{cm}^2$, $45 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 으로 변할 때, 끝줄의 장력에는 각각 101.3 kg , 475.5 kg 의 변화가 발생함을 알 수 있다.

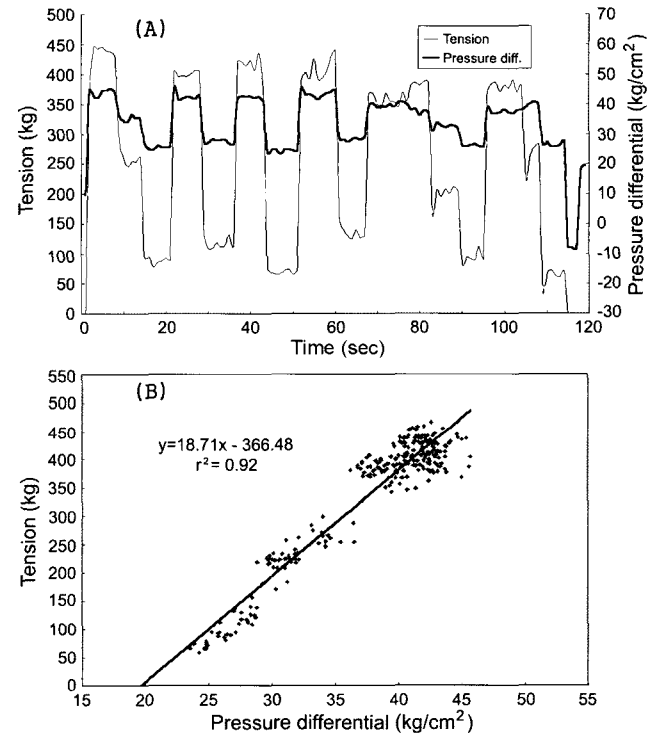


Fig. 8. (A) Warp tension and pressure differential across the hydraulic motor of driving winch plotted against time. (B) The relationship between warp tension and pressure differential across the hydraulic motor of driving winch.

이 결과로부터 유압모터의 유효작동압력에 20 kg/cm²의 순간적인 압력차가 발생할 때, 권양하중에 374.2 kg의 갑작스런 변화가 발생하기 때문에 현장에서 유효작동압력의 변화를 감시하면 해저장애물에 의해 어구가 걸려 손상되는 문제를 미연에 방지할 수 있다.

또한, 본 연구에서는 끝줄에 어느 이상의 부하 (장력)가 걸리는 경우, 윈치 조작자의 제어 명령에 관계없이 일정시간 동안 구동윈치를 역회전시켜 끝줄에 인가된 장력을 해소시키는 동시에 해저 장애물에 대한 어구의 보호를 목적으로 끝줄을 일정 길이 만큼 조출시키는 과부하 상태에 대한 비상응답 프로그램을 내장시킴으로써 최근에 보급되고 있는 자동장력 조절윈치 (autotension winch)의 기능을 발휘토록 설계하였다.

Trainee가 미리 설정된 패턴에 따라 구동윈치의 비례방향제어밸브를 조작하여 끝줄을 권양하고 있는 상황에서 trainer가 부하윈치의 비례압력제어밸브에 대한 제어입력을 임의로 가변시켜 제동력을 불규칙하게 변화시킬 때, 끝줄에 걸리는 부하장력의 응답특성을 실시간으로 조사, 분석한 결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서 trainee가 비례방향제어밸브에 최고제어 입력의 9.3% 전압신호를 인가한 상태에서 trainer가 20 sec 시간동안 비례압력제어밸브에 최고제어 입력의 49.7%, 38.8%, 14.3%의 스텝상으로 전압신호를 인가했을 때, 끝줄의 장력은 부하윈치의 제동력에 비례하여 440 kg, 250 kg, 90 kg으로 감소하였고, 그 응답지연시간은 약 1 sec 였다. 이 때, 부하윈치의 제동 패턴에 대한 끝줄 장력의 추종 패턴은 매우 유사하여 이들 상호간에 양호한 추종성이 존재함을 알 수 있었다. 또한, 77 sec에서 부하압력을 일정하게 유지시킨 상황 하에서 구동 윈치의 비례방향제어밸브의 제어입력을 9.3%에서 25.3%로 증가시켰을 때에는 35 kg의 장력변동만이 나타났을 뿐 급격한 변동은 없었지만, 그 반대로 82 sec에 25.3%에서 9.3%로 제어 입력을 변화시켰을 때에는 385 kg에서 200 kg으로 급격한 장력변동이 초래되었다. 이로부터 끝줄 장력의 변동은 구동 윈치의 증속보다는 감속시에 급격하게 나타나기 때문에 투양망시에 있어서는 이 점에 대한 특별한 주의가 요구된다.

또한, 윈치 조작자가 어구의 저항, 즉 부하의 변동에 반응하여 어구를 인양할 때, 권양하는 속도와 가속력에 따라 토크가

변동하고, 어로윈치에 제어입력신호가 공급되어서부터 어구가 양망될 때까지 나타나는 시간지연과 제어입력신호가 차단된 후에도 일정시간동안에 어구의 양망이 지속되는 현상에 대하여 충분한 주의가 요구된다.

본 어로윈치 시뮬레이터를 이용하여 소정의 끝줄 장력을 발생시키기 위한 윈치의 제어규칙 (control map)은 Fig. 10과 같다. Fig. 10은 구동윈치의 비례방향제어밸브와 부하 윈치의 비례압력제어밸브에 대한 제어신호전압을 입력 변수로 하여 끝줄의 부하장력을 도출하는 데 필요한 이들 상호간의 관계를 나타낸 결과이다. Fig. 10에서 유압식 윈치 시뮬레이터에 대한 구동윈치의 비례방향제어밸브에의 입력전압 X₂ (V)와 부하윈치의 비례압력제어밸브에의 입력전압 X₁ (V) 및 끝줄의 장력 Y (kg) 사이에는 다음의 실험적인 다중회귀 시스템 함수가 성립하였다.

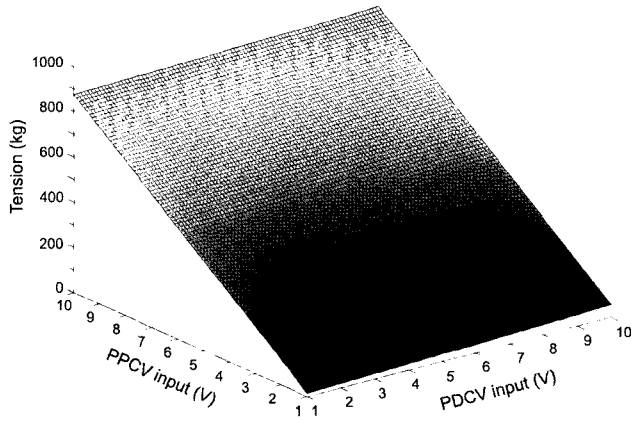


Fig. 10. The control map of warp tension as a functions of PPCV and PDCV control inputs.

$$Y = 4.441X_2 + 95.576X_1 - 85.002 \quad (r^2 = 0.93)$$

따라서, 이 식을 토대로 부하 (어구저항)의 변동량을 실시간으로 제어하면 trainee의 어로윈치 조작에 대한 교육, 훈련을 효율적일 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

Bosch Hydraulics. 1998. Engineering Data Book, Seoul, pp. 446.
 Bollinger, J.G. and N.A. Duffe. 1989. Computer Control of Machine and Process, Addison-Wesley Publishing Co., New York, pp. 369-466.
 Kilian, C.T. 1996. Modern Control Technology, West Publishing Co., New York, pp. 411-446.
 Lee, D.J. 1999. Mechanical Engineering for Fishing, Taehwa Publishing Co., Busan, pp. 61-206. (in Korean)
 Norvelle, F.D. 2000. Electrohydraulic Control Systems,

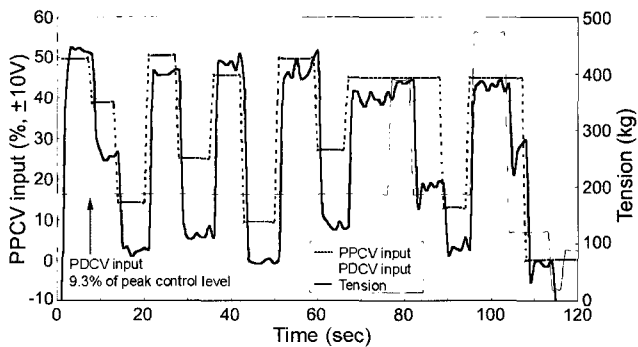


Fig. 9. Time plots of PPCV input and warp tension with the percentage PDCV input of Fig. 5(A) during step response.

Prentice Hall, New Jersey, pp. 91-190.
Stiffler, A.K. 1992. Design with Microprocessors for
Mechanical Engineers, McGraw-Hill, Inc., New York,
pp. 306-360.
Watton, J. 1989. Fluid Power System, Prentice Hall, New

York, pp. 284-353.

2004년 5월 31일 접수
2004년 8월 14일 수리