

유압액추에이터 사양분석을 위한 수중궤도차량의 다물체동역학 모델링 및 해석 연구

한중부¹, 박대길¹, 이영준¹, 김성순², 여태경^{1*}
¹선박해양플랜트연구소 해양공공디지털연구본부, ²친환경해양개발연구본부

A Study on the Specification of Hydraulic Actuator for Undercarriage of Underwater Tracked Vehicle

Jong-Boo Han¹, DaeGil Park¹, Yeongjun Lee¹, Seong Soon Kim², Tae-kyeong Yeu^{1*}

¹Ocean and Maritime Digital Technology Research Division, Korea Research Institute of
Ships&Ocean Engineering, Korea

²Eco-friendly Ocean Development Research Division, Korea Research Institute of Ships&Ocean Engineering, Korea

요약 수중로봇은 수중을 유영하는 부유식 로봇과 지면과 접촉하여 구동하는 차량형태로 개발되어오고 있다. 부유식은 로봇 몸체에 부착된 수중 추진기 방식으로 구동하지만, 차량형태는 유압방식의 모터를 채택하고 있다. 또한 일반적으로 차량형태의 로봇은 수중환경에 적합하도록 트랙방식의 주행방식을 사용한다. 그러므로 트랙차량 로봇의 설계단계에서 적절한 용량의 유압모터 선정이 필요하다. 본 논문에서는 트레일링 암 서스펜션이 포함된 트랙형 수중로봇의 구동기 선정에 관한 연구를 다루었다. 트랙형 수중로봇은 수중의 불규칙한 노면을 주행하기 위하여 적절한 구조 설계와 구동기 선정이 필요하다. 일반적으로 로봇의 구동기는 정적 또는 동적 해석 방법을 이용하여 구동기 최대 힘을 분석하여 결정하고 있다. 해석적 방법으로 본 논문에서는 DAFUL 상용소프트웨어를 이용하여 다물체동역학 기반의 상세한 수중로봇 동역학 모델을 개발하였다. 수중트랙차량은 서스펜션 구조의 하부캐리지와 작업기 및 작업틀이 포함된 상부캐리지로 구성되었다. 개발된 동역학 모델을 이용하여 차량속도 0.5 m/s 주行的 평지, 범프, 경사로 주행 해석을 수행하였다. 해석 결과를 통하여 서스펜션과 트랙 구동기에 작용하는 최대 반력과 토크를 분석 하였다.

Abstract An underwater robot has developed a floating type with a swimming and vehicle type with contact between the surface of the sea. The floating-type robot operates using attached an underwater thruster on the robot body, but the vehicle-type robot employs a hydraulic rotary motor. It is also general the vehicle-type robot uses a continuous track that is suitable for an underwater environment. Therefore, it is necessary to select appropriate specifications for the hydraulic motor in the detailed design phase. This paper deals with the selection of an actuator for a tracked underwater robot, including the trailing arm suspension. On the tracked underwater vehicle, it is necessary that actuators of the vehicle are suitable for running over an irregular underwater road. They usually employ according to maximum torques using analysis of the static and dynamic response of the vehicle. In order to analyze the dynamics of the tracked underwater vehicle, a detailed model was developed based on the multibody dynamics formulation using DAFUL software. The underwater vehicle model consists of an under-carriage with a trailing suspension and an upper-carriage with a manipulator and tool. Using the developed model, we carried out a simulation of the tracked vehicle running on a flat road, bumpy road, and slop road at a speed of 0.5 m/s. The maximum torque and force of each actuator were analyzed.

Keywords : Hydraulic Actuator, Multibody Dynamics, Underwater Tracked Vehicle, Dynamics Analysis, Undercarriage

본 논문은 선박해양플랜트연구소 주요사업 '해양로봇 가상물리운용시스템(CPOS) 핵심기술 개발(PES4850)'로 수행되었음.

*Corresponding Author : Tae-Kyeong Yeu(Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering)

email: tkyeu@kriso.re.kr

Received November 18, 2022

Revised December 12, 2022

Accepted January 6, 2023

Published January 31, 2023

1. 서론

수중환경에서 탐사 및 정찰, 작업, 자원수집 등 임무를 수행하는 수중장비 개발이 활발히 수행되고 있다[1]. 이러한 장비는 원격조종 수중로봇 (ROV: Remotely Operated underwater Vehicle, 이하 ROV)과 자율주행 무인잠수정 (Autonomous Underwater Vehicle)으로 나뉜다[2,3]. 이 중에서 조작자가 수중의 환경을 보며 직접 제어하는 ROV는 선박과 로봇이 직접 연결된 케이블에 의해서 로봇의 상태정보 및 수중 환경 정보가 조작자에게 전달되고, 조작자의 판단에 의해서 결정된 로봇 조작정보를 통해 로봇을 직접적으로 제어 하고 있다. 이러한 이유로 ROV의 조작자의 숙련도에 의해서 작업시간과 작업안정성이 좌우된다[4]. 수중 환경의 정보는 소나와 카메라에 의해 획득되지만, 작업시 분진에 의해 가시성이 저하되면서 조작성이 낮아진다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 가상물리온용시스템 과제를 수행 중에 있고, 이를 검증하기 위하여 수중트랙차량 기반의 수중로봇의 개발 중에 있다[5,6].

본 논문에서 다루는 수중트랙차량은 수중의 불규칙한 지형을 추적하기 위하여 서스펜션형 하부캐리지 형태를 채택하고 있다. 또한 수중 굴착 작업이 가능하도록 차량의 몸체 앞에 작업기가 위치하고 있다. 여기서, 서스펜션과 작업기는 유압 구동기로 되어 있기 때문에 차량의 동적 특성이 반영된 구동기 선정에 대한 해석적 접근이 필요하다. 특히, 본 논문에서 다루는 로봇과 같이 복잡한 구조를 가지는 수중트랙차량은 세부적인 동역학 모델링 과정이 필요하다. 이를 위하여 DAFUL 상용프로그램을 이용하여 수중 트랙차량의 상세한 동역학 모델링이 수행되었고, 수중지형환경을 고려한 해석을 통해 반력분석을 수행하였다. 본 논문의 2장에는 수중로봇의 다물체 동역학 모델링 과정을 설정하였고, 3장에서는 3가지 주행노면에 대한 해석 결과를 다루었다.

2. 모델링

2.1 수중궤도차량 하부캐리지 구성

본 연구에서 다루는 수중궤도차량은 Fig. 1과 같은 구조로 크게 상부와 하부캐리지로 구성되어 있다. 상부캐리지는 객차, 매니플레이터, 드럼커터, 레이저 및 소나센서로 구성되어 있다. 여기서, 객차는 하부캐리지와 턴테이블로 연결되어 있고, 매니플레이터는 6축으로 구성되어 있으며, 드럼커터의 회전을 위한 유압구동기로 구성되어 있다[5].

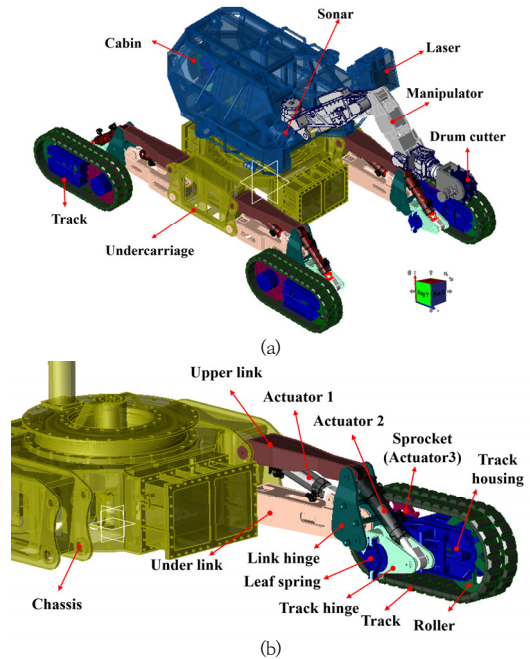


Fig. 1. Configuration of underwater tracked vehicle
(a) Full vehicle model
(b) 1/4 suspension of undercarriage model

개발될 수중 트랙차량의 전체 크기는 Fig. 2와 같다. 서스펜션이 0점인 위치를 기준으로 전장이 약 3.27 m, 전폭 1.87 m, 전고 1.48 m 이다. 로봇의 전방에 작업기가 부착되어 있고, 몸체의 위쪽에 유압펌프를 위치해 무게중심을 중앙에 위치시키고 있다.

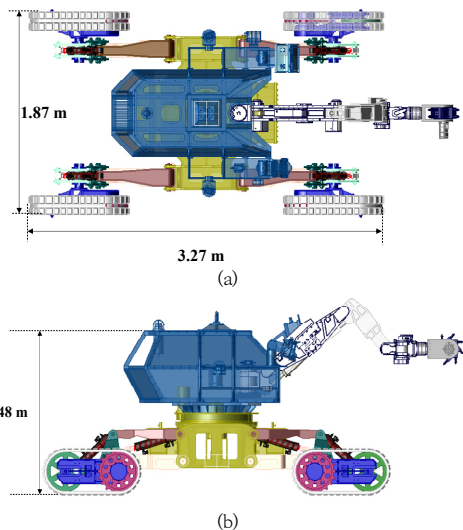


Fig. 2. The size of underwater tracked vehicle
(a) top view (b) side view

2.2 수중궤도차량 기구학 모델링

앞서 설명된 연결관계를 Fig. 3에 도식적으로 표현하였다. 여기서, Sph는 볼조인트, Rev는 회전조인트, Trans는 병렬조인트, Univ는 유니버설 조인트를 의미한다. Fig. 3에서 초록색은 각 물체 사이에 작용하는 힘 요소를 의미한다. 힘 요소는 크게 트랙모델과 판스프링 모델을 개발하였으며, 다음 절에서 자세하게 기술하였다.

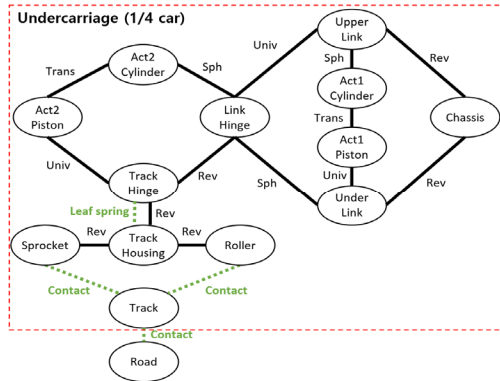


Fig. 3. Topology of under carriage (1/4 suspension)

앞서 정의된 하부캐리지를 구성하는 각 물체의 질량과 관성모멘트 물성치를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The specification of under carriage parameters

Item	Mass [kg]	Ixx [kgm ²]	Iyy [kgm ²]	Izz [kgm ²]
Chassis	273.60	61.2	51.6	53.2
Upper Link	17.74	8.08	8.54	13.06
Under Link	41.26	14.78	17.28	31.62
Actuator1 Cylinder	15.93	6.54	5.99	10.56
Actuator1 Piston	4.56	1.77	2.66	4.07
Link Hinge	16.98	6.28	17.72	23.21
Track Hinge	14.38	4.95	21.35	26.23
Actuator2 Cylinder	14.42	5.50	18.89	23.24
Actuator2 Piston	4.15	1.44	7.04	8.43
Track Housing	55.87	36.03	76.11	111.52
Sprocket	8.24	6.12	7.34	13.24
Roller	11.72	8.72	24.32	32.79
Track	17.74	13.59	26.89	39.43

Fig. 4는 수중궤도차량의 상부캐리지에 대한 기구학 해석을 위한 토폴로지 나타냈다. 객차(cabin)와 매니플레이터의 기준물체가 회전조인트로 연결되어 있고, 매니플레이터의 끝은 작업기(drum cutter)로 연결되어 있다. 매니플레이터는 6자유도로 구성되고, 2개의 선형유압구

동기와 4개의 회전유압구동기로 구성되었다. 따라서 상부캐리지는 총 8자유도 시스템으로 기구학 모델링이 정의 되었다. 각 정의된 물체의 질량과 관성모멘트를 Table 2에 기술하였다. 기구학 및 동역학 해석을 위한 자세한 운동방정식은 [7]에 기술하였다.

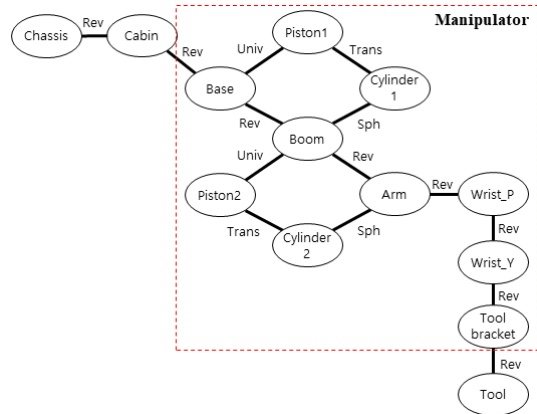


Fig. 4. Topology of upper carriage (Manipulator)

Table 2. The specification of upper carriage parameters

Item	Mass [kg]	Ixx [kgm ²]	Iyy [kgm ²]	Izz [kgm ²]
Cabin	590.00	81.10	107.00	113.00
Manipulator Base	16.85	0.09	0.15	0.11
Manipulator Boom	48.24	0.33	2.97	3.04
Manipulator Actuator1 Cylinder	4.22	0.00	0.04	0.04
Manipulator Actuator1 Piston	1.26	0.00	0.01	0.01
Manipulator Actuator2 Cylinder	31.65	0.81	0.79	0.14
Manipulator Actuator2 Piston	3.83	0.00	0.03	0.03
Manipulator Arm	1.26	0.00	0.01	0.01
Manipulator Wrist_Pitch	12.71	0.06	0.08	0.09
Manipulator Wrist_Yaw	9.14	0.03	0.07	0.05
Manipulator Tool Bracket	16.50	0.13	0.19	0.22
Manipulator Drum Cutter	14.30	0.10	0.20	0.10

2.3 수중궤도차량 동역학 모델링

이번 절에서는 수중궤도차량의 힘 요소 모델링에 관해 기술하였다. Fig. 5는 트랙 힘 요소 모델을 위한 구성요소를 보여준다. 트랙은 스프라켓, 롤러, 트랙하우징, 트랙슈루로 구성되어 있다. 하나의 트랙슈루는 180*60mm 크

기로 구성되어 있으며, 총 37개로 개발되었다. 가운데 스프라켓의 트랙 모델링은 DAFUL 소프트웨어의 DAFUL-LINKS 모델을 활용하여 개발되었다[8]. 여기서, 스프라켓과 트랙슈, 롤러와 트랙슈, 트랙슈와 로드 사이의 접촉모델을 정의 하였다. 트랙슈와 스프라켓 및 지면과는 스프링-댐퍼 관계로 모델링 되었고, 트랙슈와 트랙슈 사이에는 부싱요소를 사용하였다. 각 접촉모델에 사용된 파라미터는 Table 3과 같이 정의 되었다.

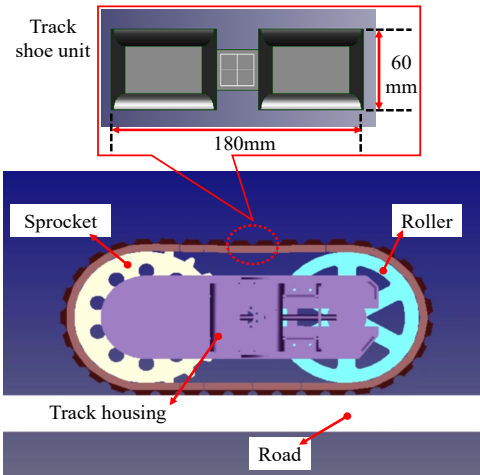


Fig. 5. Track model

Table 3. Track contact parameters

I body	j body	Force element	Direction		
			Axial / Rot.axial	Lateral / Rot.lateral	Vertical/ Rot.vertical
Track shoe	Sprocket	Spring stiffness [N/mm]	1,000,000	1,000,000	1,000,000
		Damper coefficient [N/mm/s]	10,000	10,000	10,000
Track shoe	Track shoe	Spring stiffness [N/mm]	200,000	200,000	200,000
		Damper coefficient [N/mm/s]	2,000	2,000	2,000
		Spring stiffness [Nmm/rad]	1,000,000	1,000,000	-
		Damper coefficient [Nmm/rad/s]	10,000	10,000	-
Track shoe	Road	Spring stiffness [N/mm]	-	-	100,000
		Damper coefficient [N/mm/s]	-	-	1,000

Fig. 6은 트랙힌지와 트랙하우징 사이에 위치한 판스프링을 나타낸다. 여기서, 판스프링을 모델링하기 위하여 (RSD: Rotational Spring Damper)를 이용하였다.

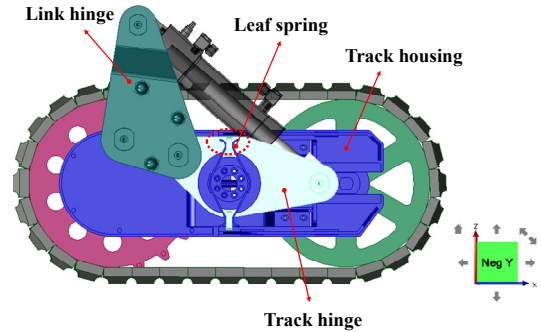


Fig. 6. Leaf spring damper model

판스프링 모델은 Eq. (1)과 같이 회전각과 각속도의 함수로 구성된다[9].

$$\eta = K\theta + C\dot{\theta} \quad (1)$$

Where, θ joint angle of between track hinge and track housing, K spring stiffness, C damping coefficient, η applying torque of sprocket

Eq. (1)의 스프링과 댐핑 상수는 Fig. 7과 같이 ± 5 deg에서 선형값으로 정의 하였다. 아울러, 판스프링의 최대 회전각을 조절하기 위하여 ± 5 deg 이후에 급격하게 증가되어 스톱퍼역할을 할 수 있도록 정의하였다.

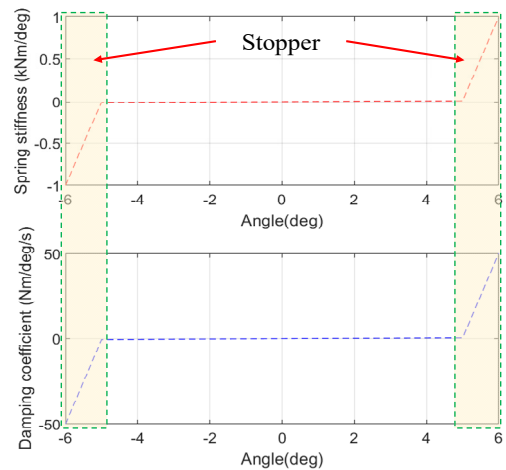


Fig. 7. Spline curve of rotational spring damper model

3. 주행해석

3.1 해석 시나리오

본 절에서는 유압구동기에 필요한 최대 용량을 분석하기 위하여 앞에서 개발된 수중궤도차량의 주행 동역학 해석을 수행하였다[10,11]. 해석은 Table 4와 같이 총 3가지로 구성하였고, 구동기 모션을 각각 인가하였다. 여기서, 각 구동기는 Fig. 1에 표기되어있다.

Table 4. Dynamic analysis scenario

Case	Actuator1 (mm)	Actuator2 (mm)	Actuator3 (rad/s)	Road
I	0	0	2.7	Plat road
II	0	0	2.7	Slop road (15 deg)
III	0	0	2.7	Bump road

구동기의 용량분석은 수중궤도차량의 주행시 발생하는 병진조인트의 최대 반력값을 측정하는 방식이다. 이를 위해서 구동기1과 2에 각각 0 mm를 유지하도록 인가하였다. 또한 구동기3은 스프라켓에 연결되어 있고, Fig. 8과 같이 속도함수로 인가되었다. 여기서 2.7 rad/s는 수중로봇의 최대 속도 0.5 m/s를 고려하여 정의 되었다. 끝으로, 해석에 사용된 노면은 평지 노면, 경사 노면, 범프 노면으로 각각 정의 하고, 노면의 마찰계수는 0.7으로 선정하였다.

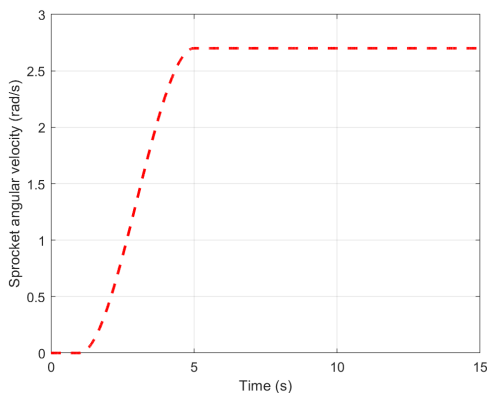


Fig. 8. Driver input of sprocket (actuator3)

위 해석 과정시에 로봇의 구동속도가 매우 느린점을 감안하여 수중의 동적효과(Drag effect)는 고려하지 않았다.

3.2 평지 주행해석결과

Fig. 9는 평지 주행 시뮬레이션의 차체 모션결과를 보여준다. 여기서, Fig. 9(a)에서 차체의 3축 모션을 나타내며, 진행방향(X축)은 약 3.7 m 수직방향(Z축)은 0.28 m를 유지하였다. Fig. 9(b)는 3축의 속도값으로 진행방향(x축)으로 약 0.5 m/s 부근에서 출력되었다.

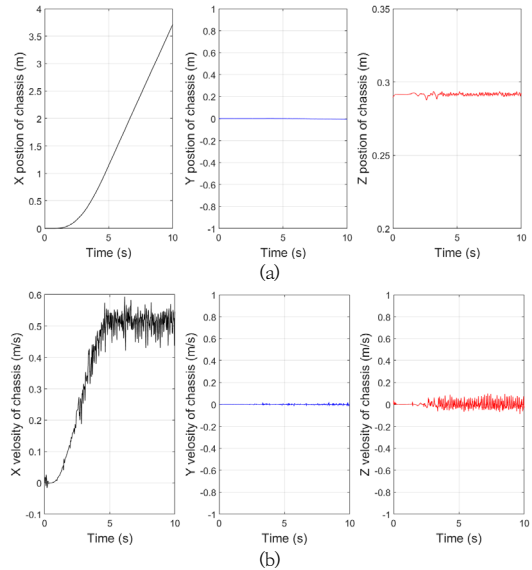
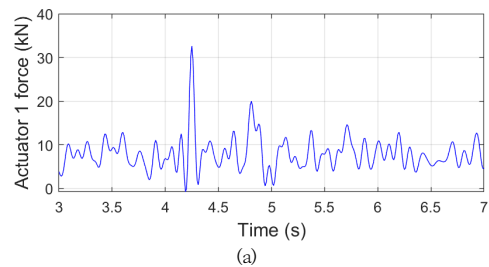


Fig. 9. Response of chassis at simulation case-I
(a) Position of chassis (b) Velocity of chassis

Fig. 10은 각 구동기의 반력 시간응답을 보여준다. 이때 트랙의 접촉 모델에 의해서 출력되는 수직반력은 스프라켓 회전속도를 반영하여 9.2 Hz 으로 저주파통과 필터를 적용하였다. 해석결과 선형구동기 1과 2는 약 32.6 kN, 6 kN, 회전구동기 3은 0.54 kNm으로 최대 힘과 토크가 분석되었다.



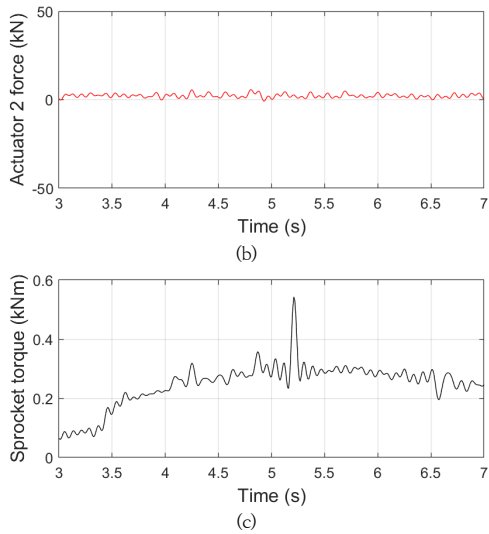


Fig. 10. Reaction force and torque at simulation case-I
(a) Reaction force of Actuator1 (b) Reaction force of Actuator2 (c) Reaction torque of Actuator3

3.3 경사면 주행해석결과

Fig. 11은 경사도 주행 시뮬레이션의 차체 모션결과를 보여준다. 여기서, Fig. 11(a)에서 차체의 3축 모션을 나타내며, 진행방향(X축)은 약 5.8 m, 수직방향(Z축)은 약 1.5 m 등판하였다. Fig. 11(b)는 3축의 속도값으로 진행방향(x축)으로 약 0.5 m/s 부근에서 출력되었고, 경사면에서는 다소 줄어드는 경향을 보였다.

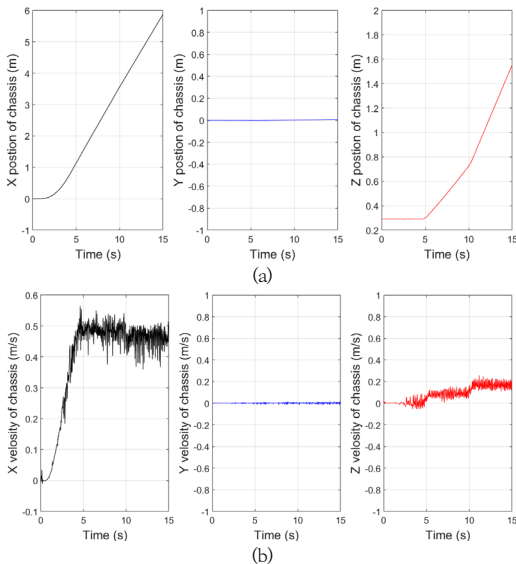


Fig. 11. Response of chassis at simulation case-II
(a) Position of chassis (b) Velocity of chassis

Fig. 12는 경사면 주행시 구동기의 반력에 대한 시간 응답을 보여준다. 해석결과 선형구동기 1과 2는 약 33.5 kN, 16.1 kN, 회전구동기 3은 0.6 kNm으로 최대 힘과 토크가 분석되었다.

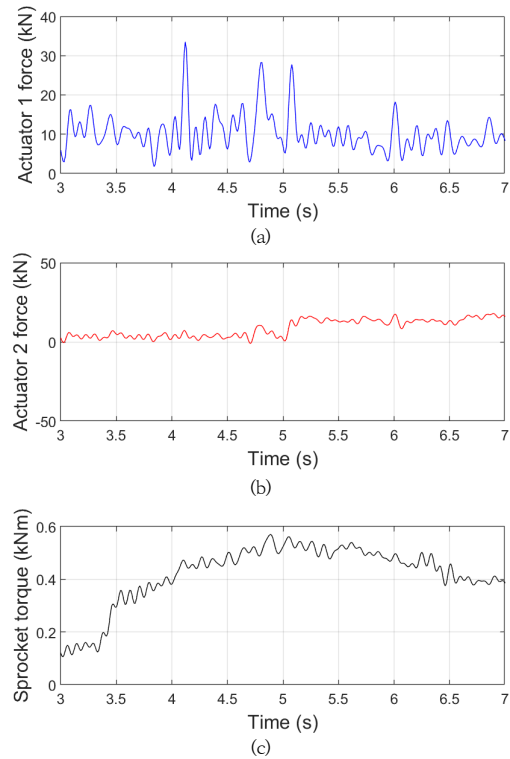


Fig. 12. Reaction force and torque at simulation case-II
(a) Reaction force of Actuator1 (b) Reaction force of Actuator2 (c) Reaction torque of Actuator3

3.4 범프 주행 해석결과

Fig. 13은 범프 주행 시뮬레이션의 차체 모션결과를 보여준다. 여기서, Fig. 13(a)에서 차체의 3축 모션을 나타내며, 진행방향(X축)은 약 6 m 수직방향(Z축)은 범프 통과시에 0.36m까지 증가된다. Fig. 13(b)는 3축의 속도값으로 진행방향(x축)으로 약 0.5 m/s 부근에서 출력되었다.

Fig. 14와 같이 범프 통과시 선형구동기 1과 2는 약 32.3 kN, 8.5 kN, 회전구동기 3은 0.6 kNm으로 최대 힘과 토크가 분석되었다.

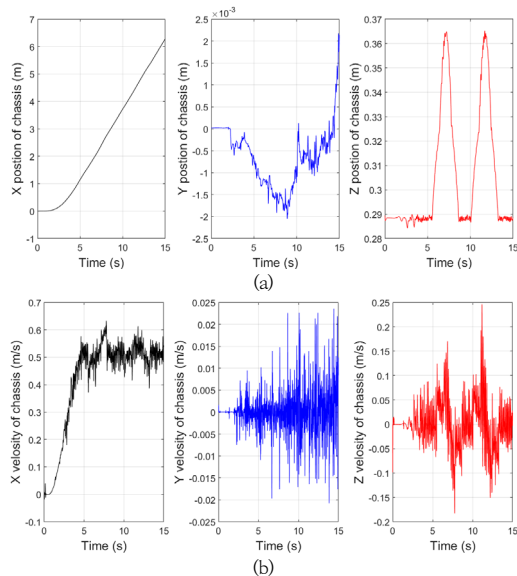


Fig. 13. Response of chassis at simulation case-III
(a) Position of chassis (b) Velocity of chassis

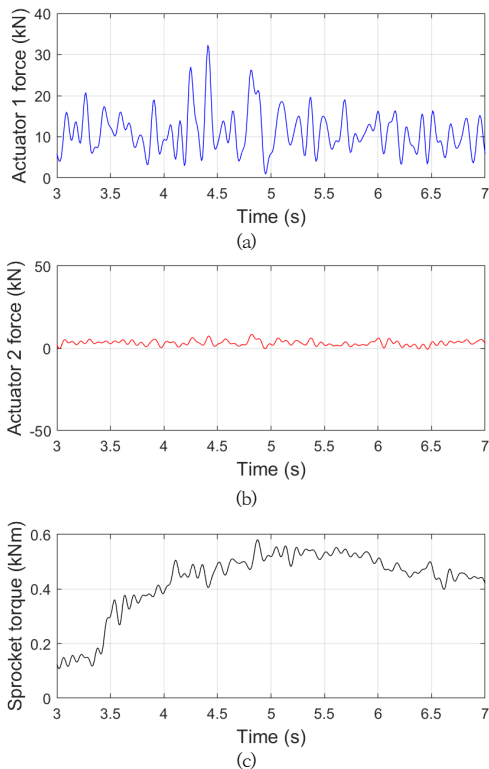


Fig. 14. Reaction force and torque at simulation case-III
(a) Reaction force of Actuator1 (b) Reaction force of Actuator2 (c) Reaction torque of Actuator3

4. 결론 및 추후연구

본 연구에서는 수중궤도차량의 구동기 선정을 위해서 다물체 동역학 해석기법을 이용한 동역학 해석을 수행하였다. 수중궤도차량은 상부캐리지와 하부캐리지로 나뉘며 상부는 8개, 하부는 12개로 총 20개의 구동기가 설치되었다. 특히 주행을 위한 하부캐리지에는 3가지 타입의 구동기가 설치되었다. 여기서, 구동기1은 로봇의 자세를 변화시키고, 구동기2는 트랙의 각도를 변화시키며, 구동기3은 트랙의 스프라켓을 회전시키는 유압모터에 해당한다. 해석의 정확도를 향상시키기 위하여 다물체 동역학 기반의 기구-동역학 모델링을 수행하였다. 개발된 수중궤도차량은 평지, 경사면, 뽀뽀 노면 환경에서 각각 0.5 m/s로 주행 해석이 수행되었다. 해석결과 Table 5와 같은 최대 반력 힘 및 토크 결과를 얻었다. 구동기는 경사도 주행해석에서 가장 큰 반력이 계속되었다. 향후 이를 고려한 유압액추에이터 용량을 선정하고자 한다.

Table 5. Simulation results

Case	Actuator1	Actuator2	Actuator3
I	32.6 kN	6 kN	0.54 kNm
II	33.6 kN	16.1 kN	0.58 kNm
III	32.3 kN	8.5 kN	0.58 kNm

References

- [1] B. Liu, "Recent Advancements in Autonomous Robots and Their Technical Analysis", *Mathematical Problems in Engineering*, Vol.2021, pp.1-12, Feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6634773>
- [2] M. G.Kim, H. J. Kang, M. J. Lee, G. R. Cho, J. H. Li, "Study for Operation Method of Underwater Cable and Pipeline Burying ROV Trencher using Barge and Its Application in Real Construction", *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol. 34, No. 5, pp. 361-370, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2020.034>
- [3] J.-H. Hwang, T.-S. Yoo, Y. Han, H. W. Kim, "Development of AUV's Waypoint Guidance Law and Verification by HILS", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 24, No. 11, pp. 1417-1423, 2020. DOI: <https://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.11.1417>
- [4] Y. G.Lee, Y. J.Lee, J. B. Chae, H.-T. Choi, T. K. Yeu, "A Study on the Development of Underwater Robot Control System for Autonomous Grasping", *Journal of*

Korea Robotics Society, Vol. 15, No. 1, pp. 37-47, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.7746/jkros.2020.15.1.039>

- [5] J. B. Han, D. G. Park, Y. J. Lee, T. K. Yeu, C. H. Yoon, S. Hong, "A Study on a Structure of Real-Time Physics Engine of Underwater Robot for Cyber Physical Operator System", *Proc. of the IVCC 2021 Annul conference*, pp. 1233-1235, Jun. 2021.
- [6] T. K. Yeu, J. B. Han, Y. J. Lee, D. G. Park, J. J. Jung, K. H. Kim, C. H. Yun, S. Hong, "Study on Core Technologies of Marine Robots Operation Based on Cyber-Physical System(CPS)", *Proceedings of The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, IVCC Annul conference*, pp. 1231-1232, Jun. 2021.
- [7] S. S. Kim, J. B. Jo, H. G. Noh, C. H. Lee, J. B. Han, T. K. Yeu, "Real-time Physical Engine Developent for Underwater Construction Robot Simulator Integrated with CPOS", *Proc. of the IVCC 2021 Annul conference*, pp. 109-113, Jun. 2021.
- [8] DAFUL Manual 2021R2, Virtual Motion.
- [9] J. Y. Park, B. H. Cho, J. K. Lee, "Trajectory-tracking control of underwater inspection robot for nuclear reactor internals using Time Delay Control", *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 239, No. 11, pp. 2543-2550, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2009.07.029>
- [10] K. Tsukasa, H. Taketsugu, U. Atsushi, K. Hiroshi, O. Naoki, K. Nobuyuki, "Sea Experiment on Tele-operation System of Underwater Excavator", *37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, Vol. 37, pp. 118~125, Oct. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0019>
- [11] T. S. Kim, C. H. Kim, K. W. Park, M. K. Lee, "Development of Sensorless Hydraulic Servo System for Underwater Harbor Construction", *2004 Conference on KSME*, pp. 708~713, Nov. 2004.

한 종 부(Jong-Boo Han)

[정회원]



- 2011년 2월 : 충남대학교 메카트로닉스공학과 (공학석사)
- 2018년 8월 : 동 대학원 (공학박사)
- 2018년 9월 ~ 2020년 6월 : 한국로봇융합연구원 선임연구원
- 2020년 7월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 선임연구원

<관심분야>

다물체동역학, 유연체동역학, 실시간물리엔진

박 대 길(Daegil Park)

[정회원]



- 2016년 2월 : 포항공과대학교 기계공학과 (석·박사)
- 2016년 3월 ~ 2020년 9월 : 한국로봇융합연구원 선임연구원
- 2020년 10월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 선임연구원

<관심분야>

수중로봇, 자율주행로봇, 항법, 로봇제어

이 영 준(Yeongjun Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 충남대학교 메카트로닉스공학과 (학사)
- 2014년 2월 : 동 대학원 대학원 (공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 선임기술원

<관심분야>

소나영상처리, 수중레이저스캐닝, 수중로봇

김 성 순(Seong Soon Kim)

[정회원]



- 2001년 2월 : 우송대학교 전자공학과 (학사)
- 2003년 4월 ~ 2005년 2월 : ㈜수퍼센츄리 사원
- 2005년 6월 ~ 2009년 2월 : MK Tech 대표
- 2009년 3월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 기술원

<관심분야>

수중로봇 및 해양장비 설계

여 태 경(Tae-Kyeong Yeu)

[정회원]



- 2003년 2월 : 쿠마모토대학 시스템정보공학부 (공학박사)
- 2003년 12월 : 동 대학원 객원연구원
- 2004년 1월 ~ 2004년 12월 : KIST 연수연구원
- 2005년 1월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원

〈관심분야〉

수중로봇 및 장비설계, CPOS, 제어 및 운용