

궤도차량의 동적 피칭에 미치는 고정식 핀(Fin) 및 부력장치의 영향

박경철^{*,1)} · 김형현¹⁾ · 권준식¹⁾ · 김경로¹⁾

¹⁾ 국방기술품질원 창원센터

The Effect of Stationary Fin and Buoyancy Devices on Dynamic Pitching of the Tracked Vehicle

KyungChul Park^{*,1)} · HyeongHyeon Kim¹⁾ · JoonSik Kwon¹⁾ · KyungRo Kim¹⁾

¹⁾ Changwon Center, Defense Agency for Technology and Quality, Korea

(Received 12 December 2014 / Revised 11 May 2015 / Accepted 22 May 2015)

ABSTRACT

In this study, the effect of stationary fin and buoyancy devices on dynamic pithing of the tracked vehicle was investigated. For this work, the stationary fin and buoyancy devices were installed in front of body and then pitching variation was measured when rapidly reducing the vehicle speed in water operation. According to the results of measuring the freeboard at each case, when only fin was installed, the effect on freeboard of tracked vehicle in water was negligible. However, when buoyancy devices were installed, front freeboard was approximately increased by about 20~25 mm and rear freeboard was decreased by about 10~15 mm per each addition of 100 kg buoyancy device. Based on the calculation result of pitching decrease rates, it was found that the pitching variation was decreased approximately 12.3 % by fin installation and approximately 2 % by installation of each 100 kg of buoyancy device. The case in which only fin installation was made showed the best efficiency in decreasing pitching variation of the tracked vehicle in water compared to the other cases.

Key Words : Tracked Vehicle(궤도차량), Water Operation(수상운행), Pitching(중동요), Stationary Fin(고정핀)

1. 서론

최근 개발되는 궤도 차량은 기동력, 화력, 방호력 외

에도, 한국지형의 특성상 운행 중에 빈번히 만나게 되는 호수나 강을 도하(渡河)할 수 있는 수상 운행 능력을 구비하고 있다. 하지만 궤도차량은 수상 운행만을 목적으로 개발된 장비는 아니기 때문에, 실제 수상 운행 시 차량의 침수 및 전복 등의 위험에 항상 노출되어 있다. 더욱이 세월호 사고 이후 수상 안전에 대한

* Corresponding author, E-mail: kcpark@dtaq.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

관심이 대두되고 있는 상황에서 탑승자의 수상 생존성 확보를 위해서는 궤도차량의 수상 불완전 요소 역시 필히 제거되어야 하며, 수상 운행 중 발생할 수 있는 다양한 상황에 대해 연구함으로써 차량과 탑승자에 대한 수상 안전을 확보할 필요가 있다¹⁻³⁾.

현재 궤도 차량은 수상 운행 중 급 감속 시, 극심한 중동요(이하 피칭, Pitching)로 인해 차체 전면이 물속으로 급격히 기울어지는 현상이 발생한다. 이러한 급격한 자세 변화는 차량 침수 및 전복으로 이어질 위험이 있으므로, 피칭을 최소화함으로써 수상 운행 중 급 감속 시 차체 전면 건현(상부 갑판에서 수위까지의 거리)을 확보할 필요가 있다.

핀(Fin)은 주로 선체 좌·우 측면에 설치되어 선박의 종·횡 운동을 억제하는 장치로, 초대형 컨테이너선이나 잠수함 등에 적용되며, ART(Anti-Roll Tank)와 더불어 선박의 종·횡 운동 감쇠에 가장 효과적인 방법 중 하나이다⁴⁾. 궤도 차량은 차체 특성상 횡동요(Rolling)보다는 피칭에 대해 훨씬 취약하므로, 피칭에 대한 저항으로 작용할 수 있는 고정식 핀 또는 부력장치를 설치함으로써 피칭에 대한 안정성을 개선할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 궤도차량의 차체 전면부에 고정식 핀 및 부력장치를 설치하여, 수상 운행 중 급감속 시 동적 피칭에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 궤도차량의 동적 피칭에 미치는 고정식 핀 및 부력장치의 영향에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위해, 기본, 핀, 핀 + 부력 100 kg, 핀 + 부력 200 kg의 4가지 유형에 대해 정지 상태에서 건현 측정 후 수상 운행 중 급 감속 시험을 실시하였다.

Fig. 1 (a)과 (b)는 핀 및 부력장치의 형상을 나타내고 있으며, Fig. 1 (c)는 핀 및 부력장치 설치 개략도를 나타내고 있다. 핀은 범포지로 제작하였으며, 부력장치는 폼셀(Foam cell)을 주재질로 하여 1개당 50 kg의 부력을 지니게끔 제작하였다. 핀 및 부력장치는 스트랩을 이용하여 차량에 단단히 고정시켰다. Fig. 2 (a) ~ (d)는 본 연구에서 시험한 4가지 유형으로, 기본, 핀, 핀 + 부력 100 kg, 핀 + 부력 200 kg 상태의 차량 전면부 형상을 나타낸다.

수상 시험은 폭 11 m, 길이 40 m, 깊이 4 m의 시험장에서 실시하였으며, 피칭량 분석은 24 ton의 궤도차

량을 시험장내 최고속도인 4~4.5 km/h에서 급 감속하여 이때 발생하는 피칭변위를 측정하였다. 피칭 변위는 육안 관찰 및 변위 측정 장비를 사용하였으며, 육안 관찰은 Fig. 3과 같이 과도막이 전면부에 테이프를 일정 간격(6, 12, 18, 24 cm)으로 부착하여, 과도막이 최상단을 기준점으로 하여 급 감속 시 차량 전면부에 발생하는 건현 변화를 측정하였다. 변위 측정은 차량의 항법장치 내 자이로(Gyro)를 이용하여, 변위 변화에 대한 데이터를 수집하여 분석하였다.

수상 운행 중 급 감속에 따른 피칭 변위 측정은 3회 반복하여 실시하였으며, 시험 결과를 토대로 고정식 핀 및 부력 장치가 궤도차량의 동적 피칭에 미치는 영향을 분석 및 고찰하였다.



(a) Stationary fin



(b) Buoyancy device



(c) Schematic of the stationary fin and buoyancy devices installation

Fig. 1. Stationary fin and buoyancy devices

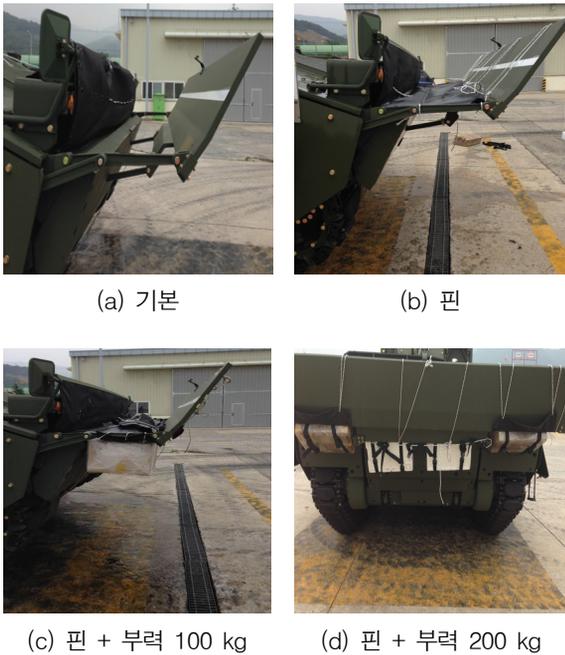


Fig. 2. The front body images of four cases

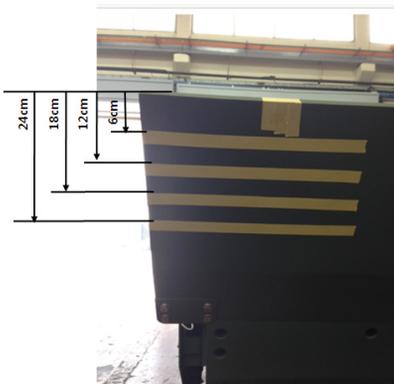


Fig. 3. Marking line for observation of pitching displacement

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 정적 건현 측정

수상시험장 내 정지한 상태에서 건현을 측정하였고, 결과는 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4 (a)에서, 기본 상태의 전방좌측(전좌), 전방우측(전우), 후방좌측(후좌), 후방우측(후우)의 건현은 각각 245, 230, 365, 350 mm로

측정되었다. 핀만 장착 시 건현 변화는 관찰되지 않았으며, 핀 + 부력 100 kg일 때는 전좌, 전우, 후좌, 후우 건현이 각각 270, 255, 355, 340 mm로 전방 건현은 25 mm 증가하였고, 후방 건현은 10 mm 감소하였다. 그리고 핀 + 부력 200 kg의 경우, 전좌, 전우, 후좌, 후우 건현이 각각 290, 275, 340, 325 mm로 전방 건현은 45 mm 증가하였으며, 후방 건현은 25 mm 감소하였다.

4가지 유형에 대해 건현 측정 결과, 핀은 건현 변화에 영향을 미치지 않았으며, 부력은 100 kg당 전방 건현은 약 20~25 mm 증가, 후방 건현은 약 10~15 mm 정도 감소함을 확인하였다.

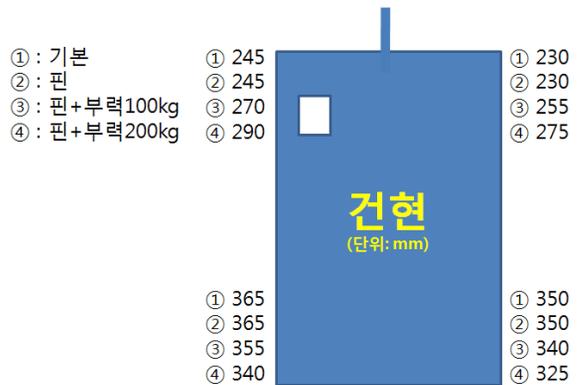


Fig. 4. The freeboard of tracked vehicle

3.2 피칭(Pitching) 변위 변화

Fig. 5는 궤도차량의 수상 운행 중 발생하는 피칭 변위 변화 사례를 나타낸 그래프이다. 구간 I은 궤도차량이 수중의 정지 상태에서 가속을 시작하는 영역으로, 가속에 의해 차체 전면부가 상승하여 변위가 증가하는 구간이다. 구간 II는 시속 4~4.5 km/h의 속도로 수상 주행을 하는 영역으로, 변위 변화가 안정화되는 영역이며, 구간 III은 수상 운행 중 급 감속하여 차체 전면부가 하강하여 변위가 감소하는 영역이다.

피칭 변위 분석은 구간 III에서 급 감속하는 시점을 최고 피치로, 차체가 최대 종동요한 지점을 최저 피치로 하여 피칭변위(=최고피치-최저피치)를 산출하였다. Fig. 6은 Fig. 5 ‘구간 III’에서의 피칭 변위변화를 나타낸 그래프로, 피칭변위 및 피칭변위 감소율에 대한 정량적인 결과는 Table 1에 정리하였다.

Fig. 6과 Table 1로부터, 기본 상태에서는 급 감속에 대한 피칭변위 변화가 약 89.9 mil로 측정되었고, 핀 장착 시 피칭 변위가 약 11.1 mil 감소하였다. 또한

핀 + 부력 100 kg인 경우, 피칭 변위가 핀만 장착했을 때 보다 약 2.2 mil 감소하였으며, 핀 + 부력 200 kg인 경우는 핀 + 부력 100 kg 보다 약 1.2 mil 감소하였다. 각 유형별 피칭변위 감소율을 계산한 결과, 핀만 장착시 12.3 %, 핀 + 부력 100 kg은 14.8 %, 핀 + 부력 200 kg은 16.1 %의 피칭변위 감소율을 나타냈다.

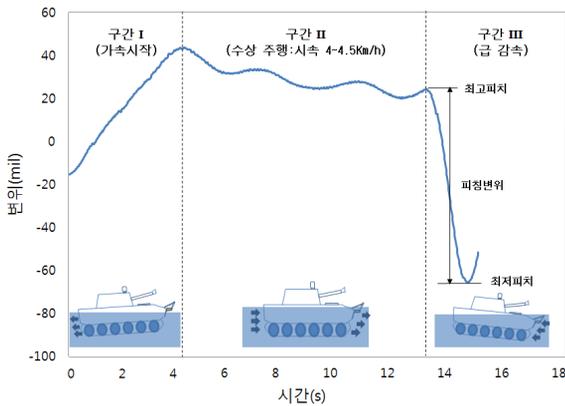


Fig. 5. Displacement variation during water operation



Fig. 6. Displacement variation during rapid reduction of speed at 'section III' in Fig. 5

따라서, 핀 장착 시 12 % 이상의 피칭 감소율을 나타내었으며, 부력은 100 kg당 약 2 %의 추가적인 감소율을 나타내는 것으로 확인되었다. 핀 장착만으로도 피칭 변위 감소에는 충분히 효과적이며, 부력장치 보다는 핀 장착이 보다 효율적인 것으로 판단된다.

3.3 급 감속 시 파도막이 전면부 건현 변화

Fig. 3에서와 같이 파도막이 전면부에 테이프로 마감한 후 수상 운행 중 급 감속 시 파도막이 전면부에 발생하는 건현 변화를 측정하였고, 최대 건현 변화가 발생했을 때의 모습을 Table 2에 나타내었다. 기본 상태에서는 급 감속 시 파도막이 전면부가 수심 약 2 cm 정도 잠기는 것으로 측정되었다. 핀, 핀 + 부력 100 kg, 핀 + 부력 200 kg에서는 파도막이 전면부 건현이 각각 약 6.3, 6.7, 9 cm로 핀 장착에 의해 건현이 약 8 cm 이상 증가하였으며, 부력이 추가적으로 장착됨에 따라 급 감속 시 파도막이 전면부 건현은 증가하는 경향을 나타내었다.

Fig. 4와 Table 2에서 기본, 핀, 핀 + 부력 100 kg, 핀 + 부력 200 kg에 대한 전방 건현은 각각 237.5, 237.5, 262.5, 282.5 mm로, 핀 + 부력 200 kg의 전방 정적 건현은 핀에 비해 약 45 mm 높았으나, 급 감속 시 약 27 mm의 전방 건현 변화가 관찰 된 것으로 보아, 핀만 장착한 경우가 건현 변화에 가장 효율적인 것으로 판단된다.

3.4 급 감속 시 차체 전방 물흐름 및 포말 변화

Table 3은 기본, 핀, 핀 + 부력 200 kg에 대해 급 감속 시 차체 전방의 물 흐름을 관찰한 결과이다. 기본 상태에서는 급 감속 시 차체 전면부가 물속으로 차체와 파도막이 사이의 빈 공간으로 급격히 유입되는 물과 주 파도막이 및 보조 파도막이 전체를 넘어 오는

Table 1. Quantitative data of pitching displacement

유형	피칭변위 (mil)	기본대비 피칭변위 감소량 (mil)	피칭변위 감소율* (%)
기본	89.9 ± 0.4	-	-
핀	78.8 ± 0.5	11.1 ± 0.4	12.3
핀 + 부력 100 kg	76.6 ± 0.7	13.3 ± 0.7	14.8
핀 + 부력 200 kg	75.4 ± 0.8	14.5 ± 0.9	16.1

*피칭변위 감소율(%) : (기본대비 피칭변위 감소량/기본상태에서의 피칭변위) × 100

Table 2. Freeboard variation of front surface of wave-protector

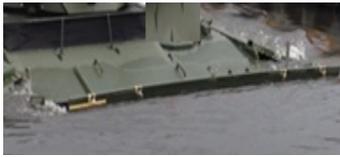
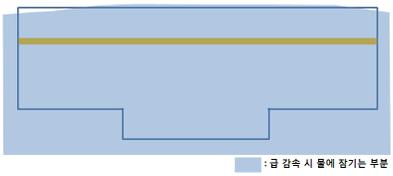
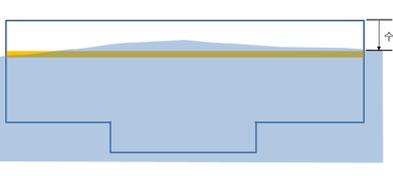
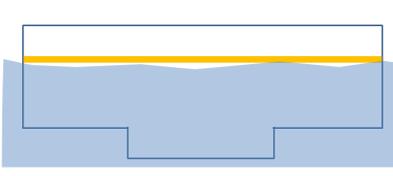
구 분	급 감속시 차체 전면부 형상	파도막이 건현(cm)
기본		-2.0
핀		6.3
핀 + 부력 100 kg		6.7
핀 + 부력 200 kg		9.0

Table 3. The water flow of front body

구분	포말형상	파도막이 내측 수위	형성되는 포말양
기본		 : 급 감속 시 물에 잠기는 부분	포말 과다 발생 (파도막이 상부로 물 넘침)
핀		 수위	포말 감소 (파도막이 상부로 물 안넘침)
핀 + 부력 200 kg	 보조파도막이		포말 감소 (파도막이 상부로 물 안넘침)

물 간의 마찰에 의해 차체 상단 부에 많은 포말(bubble)이 관찰되었다. 하지만 핀 또는 핀 + 부력 200 kg에서는 형성되는 포말의 양이 매우 감소하였는데, 이는 차체와 파도막이 사이의 빈공간이 고정식 핀에 의해 덜히게 되어 이곳을 통해 급격히 유입되는 물이 상당히 감소하였고, 주 파도막이가 물 속에 잠기지 않아 파도막이 측면을 통해서만 물이 유입되어 물 간의 마찰이 상대적으로 약해지게 됨에 의한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 궤도차량의 차체 전면부에 고정식 핀 및 부력장치를 설치하여, 수상 운행 중 급감속 시 동적 피칭에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이를 위해, 각 유형별 차량 건현 변화를 측정하였고, 수상 운행 중 급 감속하여 피칭 변화를 분석하고 고찰하였다.

- (1) 정지한 상태에서 건현을 측정한 결과, 핀은 건현 변화에 영향을 미치지 않았으며, 부력은 100 kg당 전방 건현 약 20~25 mm 증가, 후방 건현 약 10~15 mm 정도 감소시킴을 확인하였다.
- (2) 각 유형별 기본대비 피칭변위 감소율을 계산한 결과, 핀만 장착 시 12.3 %, 핀 + 부력 100 kg은 14.8 %, 핀 + 부력 200 kg은 16.1 %의 피칭변위 감소율을 나타냈다.
- (3) 수상 운행 중 급 감속 시 차체 전면의 물 흐름 변화를 확인한 결과, 기본 상태에서는 전면부가 완전히 잠김으로 인해 포말이 많이 형성되었으며, 핀 또는 핀 + 부력 200 kg 일 때는 포말의 양이 급격히 감소하였다.
- (4) 차량 전면부에 핀 또는 부력 장착 시 동적 피칭 감소에 큰 효과가 있었으며, 시험 결과로 미루어 보았을 때, 부력장치보다는 핀만 장착한 경우가 보다 효율적인 것으로 판단되었다.

5. 연구의 제한사항

본 연구에서는 고정식 핀 및 부력장치가 궤도차량의 동적 피칭에 미치는 영향을 분석하였으나, 실제 궤도차량의 수상 운행에서 발생할 수 있는 강의 유속, 바람에 의한 풍랑 등의 기타 변수에 대해서는 고려하지 않았다.

또한 핀 및 부력장치는 궤도차량의 동적 피칭운동 시 저항 면적을 증대시킴으로써 피칭량을 감소시키는 효과가 있었으나, 파도막이 상부로 물이 흘러넘치는 상황 발생 시에는 물 흐름에 다소 부정적인 영향을 미칠 수도 있을 것으로 판단된다. 이에 실제 적용을 위해서는 궤도차량에 적합한 형상의 핀 및 부력장치를 제작할 필요가 있으며, 핀 재질 선택 및 수납 방법 개선 등의 여러 요소를 종합적으로 고려할 필요가 있다.

References

- [1] Ahn T. S. and Lee K. H., "Study on the Dynamic Stability of Ground Armored Moving Vehicle during Cruising River," Proceedings of the 5th National Congress on Fluid Engineering, 2008.
- [2] Ku B. M., Yang K. H., Min W. B., Lee K. P. and Ahn S. P., "A Design for the Safe Operation of NRV in Water," Proceedings of the 16th Congress on Ground Weapon, 2008.
- [3] Ahn S. H., Kim I. S., Moon S. M., Lee K. H. and Kim S. D., "Numerical Simulation on the Water Cruising Stability of Amphibious Wheeled Armored Vehicle under Several Scenarios," Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, 14Ca-Fr04P-31, pp. 330-331, 2014.
- [4] Kim J. T., "Rolling Control based on TS Fuzzy Model for Lift Feedback Fin Stabilizer," Master's Paper, 2010.