

수저터널 방호설계 및 시공에 대한 연구

Design and Construction Method for Protection of Underwater Tunnel

고동춘*, 김준모*[†], 황일선**

DongChoon Go*, JoonMo Kim*[†], EylSeon Hwang**

Abstract This paper addresses design and construction method for protection of underwater tunnel by which active protection measures in a practical manner are furnished against various attacks such as artillery fire, guided missile, torpedo from submarine, underwater mine, warship and aircraft, etc. It has been widely acknowledged that securing the safety of transportation facilities by providing active protection measures is very important. Nevertheless, provision of active protection measures against the above mentioned attacks and facilities for rescue boat to access has not been applied to underwater tunnel nor actively studied. Accordingly, this paper introduces a way to ensure that the above mentioned active protection measures have an additional function as sea ranch or aquatic products farming, etc which yield high value-added products.

Keywords : submerged floating tunnel, SFT, submarine, torpedo, torpedo net, marine ranching

초 록 본 연구는 수저터널의 설계 및 시공방법에 관한 것으로, 지상의 포격, 유도무기를 비롯하여 수저의 잠수함, 수면의 선박, 수상 항공기 등의 무기와 무력에 의한 공격에 대하여 능동적이고 현실적인 방호수단을 연구하였다. 대중이 이용하는 교통수단의 안전과 방호의 중요성은 주지의 사실이나 수저터널이 외부로부터 공격을 받을 수 있는 모든 경우에 있어서 이에 대한 대비 및 방호수단과 유사시 타 교통수단에 의한 접안, 착륙, 구호시설을 적용한 사례는 전무하고 이에 관한 연구도 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 바다목장과 양식장과 같은 다른 용도로 동시에 사용되어 고부가가치를 창출할 수 있는 방호수단에 대한 설계 및 시공방법을 소개하였다

주요어 : 수중터널, 잠수함, 어뢰, 어뢰그물, 바다목장

1. 서 론

대중이 이용하는 교통수단의 안전과 방호의 중요성은 주지의 사실이나 수저터널이 외부로부터 공격을 받을 수 있는 모든 경우에 있어서 이에 대한 대비 및 방호수단과 유사시 타 교통수단에 의한 접안, 착륙, 구호시설을 적용한 사례는 전무하다. 특히 어뢰를 포함하여 지상, 공중, 수면, 수저에서의 각종공격무기에 대한 보호, 직접충돌에 대한 능동적 방어에 관한 사항은 전혀 마련되지 않은 실정이다. 특히 최근에는 어뢰나 첨단무기의 활용도가 높아지고 효과적인 파괴기법이 개발되어 직접타격이 아닌 간접타격 또는 충격만으로도 직접타격과 동등하거나 오히려 그 이상의 파괴효과를 발휘하는 방법 등이 사용되고 있다.

이에 본 연구에서는 실제 수저터널이 운영되고 있을 경우 지상의 포격, 유도무기를

비롯하여 수저의 잠수함, 수면의 선박, 수상의 항공기 등의 공격과, 2차 세계대전시 일본이 감행한 가미가제 자살공격과 미국에서 발생한 911 자살테러 등의 공격에 대하여 능동적이고 현실적인 방호수단을 제공하여 준다.

끝으로 본 연구에서 소개하는 능동적 방호설비는 고부가가치 창출을 할 수 있는 바다목장과 양식장 등으로 활용되어 한층 더 실용적이고 경제적인 측면까지 확보하는 설계시공방법을 제공한다.

† 교신저자: (주)서현기술단 (nobelkjm@naver.com)

* (주)서현기술단

** (주)KTIM

2. 본 론

2.1 연구배경, 문제점 분석 및 목적

2.1.1 연구배경

외부의 공격, 충격이나 폭발 등으로 인하여 터널튜브가 파손될 경우 터널내부로 막대한 양의 유입수가 들어오는 이유 등으로 터널운영에 있어서 외부공격에 대비한 방호방법을 제공하는 것이 무엇보다 중요하다. 실제 역사적으로도 2차 세계대전 시 일본의 가미가제 자살공격과 미국에서 발생한 911 자살테러 등의 공격에 의한 직접충돌에 의해 많은 피해를 받은 것은 잘 알려진 사실이다. 따라서 수저터널도 외부공격에 대한 능동적이고 현실적인 방호수단을 확보하는 것이 필요하다. 즉 수면의 선박, 수중의 잠수함, 수상 및 공중의 항공기에 의한 어뢰와 폭뢰, 폭탄, 총포탄 등의 공격과 선박, 잠수함, 항공기 등에 의한 직접충돌로부터 수저터널과 이에 수반되는 시설물과 인명보호를 할 수하는 방법을 제공함이 필수적으로 요구된다(Fig. 1 내지 6 참조).



Fig. 1 수상발사 어뢰



Fig. 2 잠수함 수중발사어뢰



Fig. 3 공중투하 어뢰

2.1.2 수저터널의 방호특성 및 문제점

수저터널은 대개 완전방수를 실시하고 있으나 외부의 공격, 충격이나 폭발 등이 수반될 경우 막대한 피해가 발생됨에 따라 외부공격에 대비한 방호수단확보가 필요하다. 이에 수저터널을 2중 이상의 다중 막을 지나는 구조와 다중 셀(cell)로 구성하여 터널튜브의 단면을 확대하는 것이 대부분의 경향이다. 그러나 이러한 수동적인 방호방안은 실효성과 현실성이 부족한

것들이 대부분이며, 위의 연구들은 지상, 공중, 수면, 수저 등의 공격 및 충돌에 대한 능동적 방어에 관한 사항은 전혀 고려하지 않은 실정이다.



Fig. 4 수직발사



Fig. 5 수상폭뢰투하



Fig. 6 폭탄(9.5톤) 공중폭격

특히 최근에는 어뢰나 첨단무기의 활용도가 높아지고 효과적인 파괴기법이 개발되어 직접타격이 아닌 간접타격 또는 충격만으로도 직접타격과 동등하거나 오히려 그 이상의 파괴효과를 발휘하는 방법 등이 사용되고 있어 단순한 수동적 방호체계는 문제점이 있다.

2.1.3 연구목적

상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 외부로부터의 공격에 능동적 방호체계를 마련함과 동시에 고부가가치 창출을 할 수 있는 바다목장과 양식장 등의 다른 용도로서 함께 사용되어 한층 더 실용적이고 경제적인 설계시공방법을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

2.2 수저터널의 방호체계 정립

2.2.1 기본사항

본 연구에 적용될 능동적 방호체계에 포함되는 대상은 차량운행용 터널튜브와 환기 및 방재용 다중튜브수직구조물, 이들을 상호 연결하여주는 박스구조물, 자켓, 폰툰, 지지계류 구조물 등이 있다. 한편 예상되는 외부의 공격은 위에서 설명한 수면상의 선박, 수중의 잠수함, 수상 및 공중의 항공기에 의한 어뢰와 폭뢰, 폭탄, 총포탄 등 각종무기에 의한 공격과 선박, 잠수함, 항공기에 의한 직접 및 간접충돌 등이 있다.

2.2.2 능동적 그물 방호체계의 정립

선박, 잠수함, 어뢰가 개발된 이후에 수많은 실험과 실 사례를 보더라도 스크류(Screw)를 추진체로 하는 선박 및 잠수함에 가장 심각한 문제가 되는 것은 그물이다. 실 예로 1998 년 속초 앞바다에서 낚치 유자망 그물에 스크류(Screw) 및 스크류 축(Screw Shaft)이 걸려서 잡힌 북한 인민군의 주력 잠수함인 유고급 잠수함 등을 포함하여, 각종대형선박의 스크류, 스크류 축도 그 기능을 상실함과 더불어 2005 년 8 월 북태평양 오호츠크해에서 승조원 7 명을 태운 러시아 AS-28 소형 잠수함이 수심 190m 지점에서 그물에 스크류(Screw) 및 스크류 축(Screw Shaft)이 걸려서 영국의 구조함에 의하여 구조되었고, 노르웨이 북부 바렌츠 해에

침몰한 러시아 최신예 전략 핵잠수함 ‘쿠르스크’도 대구잡이 그물에 스크류(Screw) 및 스크류 축(Screw Shaft)이 걸려서 심해에 침몰하는 사고가 발생하였다.

Fig. 7 은 그물에 잠수함이 걸렸을 경우의 상황을 단계적으로 묘사하고 있다. 이 경우 잠수함의 선체를 그물이 휘감게 되고 설사 추진력이 우수한 잠수함이 그물을 끌고 간다 하여도 그물을 뚫을 수는 없으며, 곧이어 딸려간 그물이 추진체의 스크류에 휘감기에 되면 Fig. 8의 경우와 같이 기동 및 추진 불능상태로 되고 결국 자세제어기능이 상실되어 버린다.

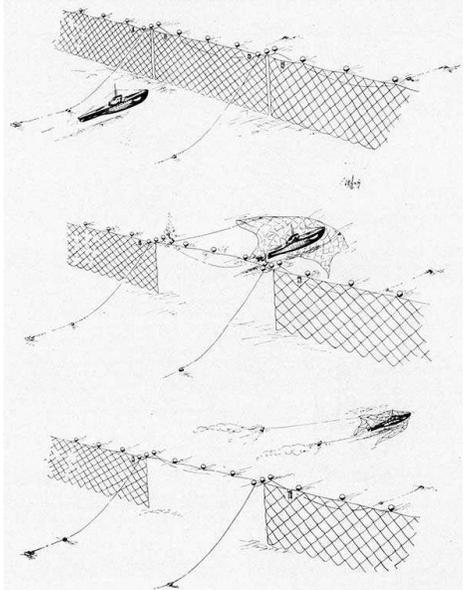


Fig. 7 잠수함이 그물에 걸린경우



Fig. 8 그물에 포획된 어뢰

실제 Fig. 9 에서 알 수 있듯이 함대가 기항하는 군용항만에는 필히 잠수함을 막는 그물과 함정 및 함대를 보호하는 어뢰그물을 별도로 설치한다. 즉 항구의 선박출입구 등에는 대잠수함 그물을 설치하고 내항에 정박하는 함정은 각각 대 어뢰용 그물을 설치하는 것이다.

본 연구에서는 외부의 공격으로부터 Fig. 10 내지 11의 터널튜브와 다중튜브수직구, 이 두 구조물을 연결하는 박스구조물, 지지계류구조물 등을 능동적으로 방호함과 동시에 스크류를 추진수단으로 하는 선박, 잠수함, 어뢰 등의 방호에 가장 효과적인 그물을 설치함에 있어서 선박과 바다생물의 통행과 이동에 제약을 주지 않는 개념을 채택한다. 이를 위해 수중 터널튜브 구간에는 터널튜브 보다 폭이 큰 수중폰툰을, 다중튜브수직구 구간에는 다중튜브 수직구조물을 에워싸는 수면폰툰으로 각 설치한 후 인장력을 받는 강선(wire)등을 이용 해저면에 고정한다. 또한 수중폰툰 구간에는 수중폰툰하부와 해저면 사이를 터널튜브 길이방향 양옆으로 그물을 설치하고, 수면폰툰 구간에는 수면폰툰하부와 해저면 사이에 그물을 각 설치하여 폐 단면을 형성하는 방호체를 형성한다. 즉, 수중 또는 수면폰툰은 수면기준 평면방호를, 해저면과 폰툰 사이에 설치된 그물은 터널튜브길이 방향기준 측면방호를, 지지계류구조물의 상부 데크는 수면기준 연직방향의 방호를 각 담당하게 하여 모든 방향의 방호를 이루도록 한다.

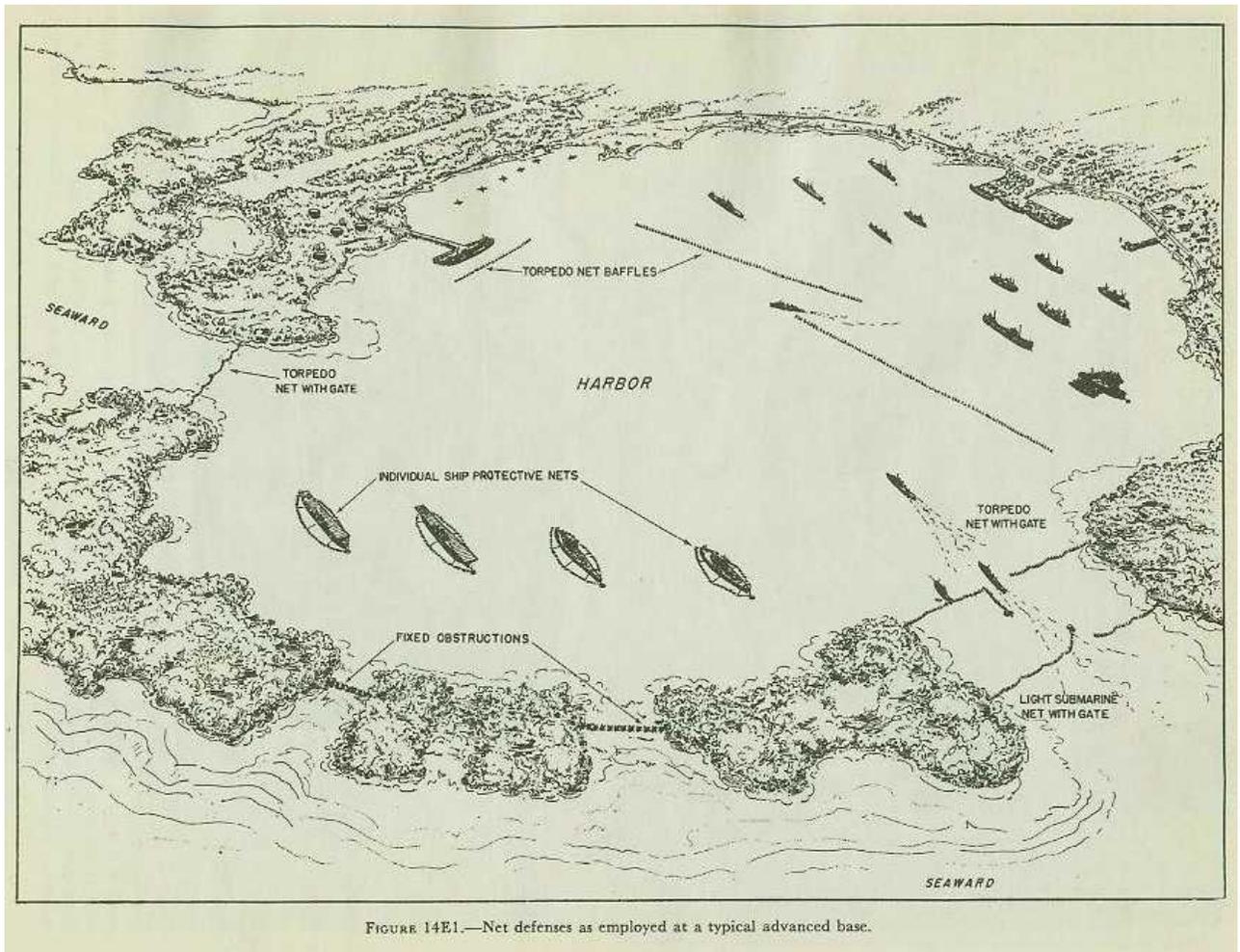


FIGURE 14E1.—Net defenses as employed at a typical advanced base.

Fig. 9 군용항만의 능동적 그물방호체계

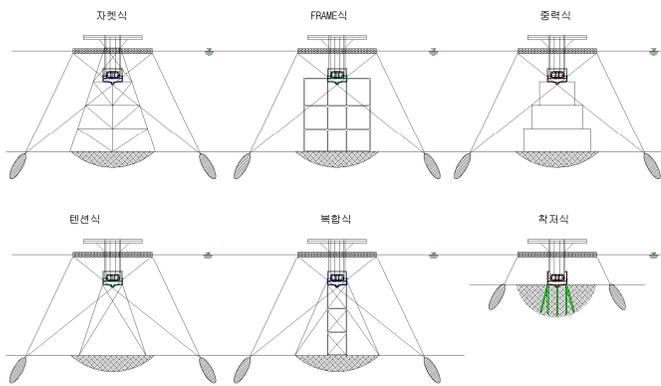


Fig. 10 수직구의 지지계류구조형식별 실시 예

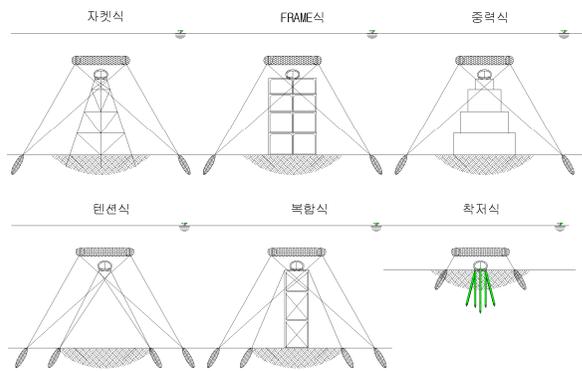


Fig. 11 터널튜브의 지지계류구조형식별 실시 예

한편 본 연구에서는 선박항행과 해양생물의 이동을 제약하지 아니하면서도 튜브터널 방호구간의 그물을 이용하여 Fig. 12 내지 13의 바다목장과 양식장으로 동시에 활용 할 수 있는 다목적 기능을 제공한다. 또한 수면폰툰은 선박이 접안하는 선착장 및 계류시설로 사용이 가능함과 동시에 유사시 다중튜브수직구를 이용 여객의 대피와 더불어 화재진압 방재

구호 등의 기능을 할 수 있게 하여 준다. 끝으로 수면폰툰은 다중튜브수직구조물을 외력과 파도로부터 보호하는 방호체 및 방파제로서의 역할을 겸비하는 기능을 제공하여 기상악화 조건에서도 다중튜브수직구조물의 역할을 할 수 있도록 한다.

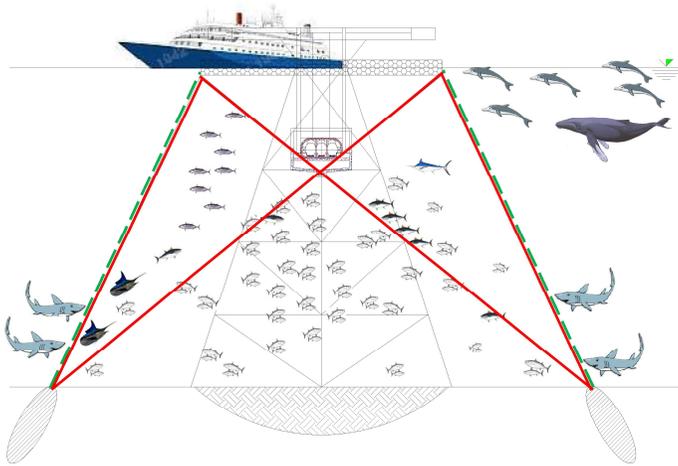


Fig. 12 수직구조물 그물방호 및 바다목장

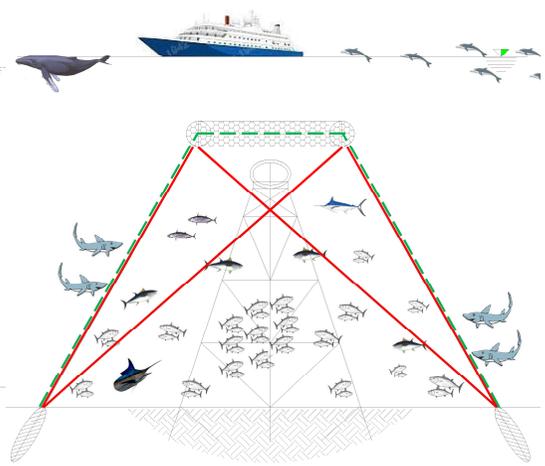


Fig. 13 터널튜브 그물방호 및 바다목장

2.2.3 능동적 방호효과 및 경제적 효과

본 연구에서는 수저터널의 터널튜브와 수직구시설물 등을 방호하기 위하여 텐션레그가 설치된 수저지면과 상부폰툰의 수저터널 길이방향으로 트렁크라인(Trunk Line)을 설치한 후 이를 이용 그물을 설치하는 능동적 방호체계를 구성하였다. 즉, 터널튜브와 최상부의 데크를 연결하는 다중튜브수직구조물과는 별도의 텐션레그와 수중폰툰, 수면폰툰을 이용하여 그물을 설치하므로 외력에 의한 하중을 수저터널튜브나 수직구조물에 전달하지 않아 수저터널의 구조적 안정성을 확보하여 외부공격에 대하여도 탁월한 방호방안을 제공한다. 또한 텐션레그, 수중폰툰, 수면폰툰을 연결하는 트렁크라인을 설치한 후 쉽게 그물을 장착하는 설치방안을 제공한다.

경제적 효과를 살펴보면, 본 그물과 수중폰툰, 수면폰툰, 트렁크라인 등을 이용하는 그물 방호 방식은 그 자체가 수중생물의 양식장, 바다목장을 형성하게 하여주고, 수저터널과 더불어 다중튜브수직구조물 및 지지계류구조물 등은 그 자체가 인공어초의 역할을 한다.

특히, 본 연구에 의한 설계 및 시공방법은 동일규격의 수중폰툰, 수면폰툰 등을 전 구간에서 동일하게 사용할 수 있으므로 하나의 제품을 반복생산하여 비용을 원천적으로 줄이는 효과가 있으며, 별도의 가설공사나 동바리 등의 설비가 필요하지 않아 제작공정이 간단해진다.

3. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 외부공격에 대한 방호 및 안전성: 본 연구에서 제안한 그물방호체계는 1,2 차 세계대전과 최근의 여러 사례에서 입증된 방호체계인 그물형식과 텐션레그(Tension Leg)형식의 폰툰을 이용할 경우 탁월한 방호안정성을 나타낸다.

- 시공 및 경제성: 현재 널리 사용 중인 2 중 이상의 단면을 갖는 셀(Cell)구조보다 능동적 방어체계를 구축함과 동시에 간단한 공정과 낮은 비용으로 수저터널을 시공할 수 있다.
- 운영 및 유지관리: 시설물의 생애주기(Life Time)와 동등이상의 내구성을 갖는 방호 체계를 갖춤과 동시에 인공신경망을 그물방호체계에 적용할 경우 그 효과를 극대화 할 수 있다.
- 녹색성장 및 파급효과: 본 그물방호체계는 능동적 방호체계 구축과 병행하여 동시에 바다목장 등의 수산업 구축과 더불어 해양생태계복원을 해결할 수 있으며 타 분야 산업으로 파급효과를 기여할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김준모 외 (April, 21, 2010) 자켓구조물을 응용한 수중터널연구, *KTA 2010 Annual Conference*, , 7(4), pp. 155-172.
- [2] 김준모 외 (April, 29, 2009) 압출연속공법을 이용한 수저터널연구, *KTA 2009 Annual Conference*, , 7(4), pp. 150-164.