

해수 염기 침투방지를 위한 성능개선 형 물배출 앵커 및 트랩볼트 개발에 관한 연구

옥종호^{1*}, 문상덕¹, 이화선², 신경수¹
¹서울과학기술대학교 건축학부, ²주식회사 엠티마스타

Developing an improved water discharge anchor & trap bolt to prevent basic salt penetration to harbor structures

Jong-Ho Ock^{1*}, Sang-Deok Moon¹, Hwa-Sun Lee², Kyung-Soo Shin¹

¹Department of Architectural Engineering, Seoul National University of Science & Technology
²MT Master

요약 노후된 철근콘크리트 항만 구조물을 보수보강하기 위한 기존의 공법 대부분은 염기침투와 균열발생을 막기 위한 목적으로 개발되었으며 슬래브나 보 하부를 섬유복합체나 섬유복합체 패널로 벽지 바르듯 빈틈없이 접착시키는 공정으로 이루어져 있다. 하지만 이런 공법들은 섬유제품의 밀폐성 때문에 항만구조물 상부에서 유입되는 빗물 등의 수분을 외부로 배출시키지 못한다. 배출되지 않은 물은 보수보강 부위를 물통역할을 하게 되어 슬래브나 보의 피복콘크리트 전체를 탈락시키는 문제를 발생케 한다. 이에 본 연구진은 선행연구에서 콘크리트 구조물 내부로 유입된 수분을 배출하는 물배출 앵커 및 트랩볼트를 개발하였다. 하지만 앵커볼트의 매입부분의 수분은 배출되지 않아 잔류수분 문제가 발생하였다. 본 연구에서는 이런 잔류수분 문제를 해결하기 위해 기 개발된 물배출 앵커 및 트랩볼트 측면에 홀을 추가로 천공하는 여러 대안을 제시하였다. 또한 보수보강 현장에서 물배출 앵커를 적용할 경우 앵커의 설계하중 적용을 위해 인장강도시험, 인발강도시험을 수행하였고, 배수성능시험을 통해 최적의 성능개선 형 물배출 앵커 및 트랩볼트를 개발하였다.

Abstract Large industrial motors require a large area because of the high risk of shutdown accidents and large industrial accidents due to the lowering of the dielectric strength of the armature windings and overheating problems. Therefore, there is a demand for a large-capacity motor that has small size, light weight, and excellent dielectric strength compared with conventional motors. Superconducting motors have advantages of high efficiency and output power, low size, low weight, and improved stability. This results from greatly increasing the magnetic field generation by using superconductive field coils in rotating machines such as generators and motors. It is very important to design and analyze the cooling system to lower the critical temperature of the wires to achieve superconducting performance. In this study, a field loss analysis and low-temperature heat transfer analysis of the cooling system were performed through the conceptual design of a 100-HP high-temperature superconducting synchronous motor. The field loss analysis shows that a uniform pore magnetic flux density appears when high-temperature superconducting wire is used. The low-temperature heat transfer analysis for gaseous neon and liquid neon showed that a flow rate of 1 kg/min of liquid neon is suitable for maintaining low-temperature stability of the high-temperature superconducting wire.

Keywords : Corrosion, Harbor Structure, Repair and Reinforcement, Trap Bolt, Water Discharge

이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jong-Ho Ock(Seoul National University of Science & Technology)

Tel: +82-2-970-6590 email: ockjh@seoultech.ac.kr

Received January 19, 2018

Revised February 22, 2018

Accepted April 6, 2018

Published April 30, 2018

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

철근콘크리트 구조물의 손상은 시공방법의 불비, 저급한 재료사용, 사용조건 및 외력조건 변화 등 다양한 원인에 의해 발생한다. 항만에 시설되는 철근콘크리트 구조물의 경우는 수분에 의한 구조물 체적 팽창과 그에 따른 슬래브와 보 하부 콘크리트 균열 및 피복 탈락, 염기 유입에 따른 철근 부식 등의 문제가 있는 것으로 분석되고 있다[1].

그동안 항만 철근콘크리트 구조물의 보수보강을 위해 개발된 공법들은 대부분 슬래브 하부나 보 주변을 섬유복합체 또는 섬유복합체 패넬로, 벽치 바르듯 빈틈없이 접착시키는 공법이다[2]. 이러한 공법들은 보수보강 당시에는 효과가 있으나 시간이 경과함에 따라 섬유제품의 밀폐성 때문에 슬래브나 보 상부로 침투하는 빗물 등을 배출시키지 못할 뿐 만 아니라 보수보강된 부위가 물통역할을 하게 되어 철근 부식 심화, 철근과 콘크리트 부착력 저하, 동절기 동결융해 작용에 의한 보수보강재와 구조물 동시 탈락 등의 문제점을 안고 있다.

이러한 손상을 방지하기 위해 슬래브와 보 상부로부터 유입되는 빗물 등을 배출할 수 있도록 구조물의 하부에 호스 등을 설치하는 공법이 개발되었지만 이런 공법들은 고인 물은 배출시킬 수 있지만 호스 등의 홀(Hole)을 통하여 바닷물의 염기가 구조물 내부로 침투하는 또 다른 문제를 야기한다.

본 연구진은 항만구조물의 하부 보수보강 시 상부로부터 유입되는 수분을 적절하게 배출함과 동시에 하부로부터 유입되는 염기를 막아 줄 수 있는 물배출 앵커와 트랩볼트를 개발하였다[2]. 개발된 트랩볼트를 여러 보수보강 현장에 적용한 결과 항만구조물 내부 물고임 문제 해결에 큰 효과가 있는 것으로 조사되었으나 잔류수분 추가 배출을 위한 장치 개발도 필요한 것으로 나타났다.

본 연구는 기 개발된 물배출 앵커 및 트랩볼트 측면에 물배출 홀을 추가로 천공하는 여러 가지 대안을 제시하고 각 대안별로 앵커볼트 몸체의 구조적인 안정성과 배수성능에 대한 성능실험을 실시하여 최적화된 성능개선 물배출 앵커 및 트랩볼트를 개발한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 다음과 같은 순서로 진행된다.

- (1) 기 개발된 물배출 앵커 및 트랩볼트의 문제점 정의
- (2) 성능개선 물배출 앵커 및 트랩볼트 모델 제안
- (3) 모델별 배수성능시험, 인장강도시험, 인발강도시험 실시
- (4) 시험결과분석 후 최적의 성능개선 물배출 앵커 및 트랩볼트 제시

2. 이론적 고찰

2.1 항만구조물의 철근부식 메커니즘

항만과 같이 염화물이 많은 환경에 노출되는 철근은 그렇지 않은 환경의 철근에 비하여 부식 속도나 범위가 대단히 빠르고 넓다. Fig. 1은 염화물이 있는 환경에서의 철근의 부식도, 즉 수소이온농도 (pH) 와 전위와의 관계를 보여준다 [3].

철근이 바닷물과 같은 염화물에 노출되면 철근 부식이 발생하지 않는 부동태 (passivity) 영역에서도 Cl⁻ (염화물) 이온의 영향을 받아 국부부식 (localized corrosion)이 발생하게 된다. 부식도의 pH 6 이하에서는 전면부식이 발생하는 부식영역이다. pH 6 이상에서 Cl⁻ 이온이 없는 경우 넓은 부동태 영역을 가지나 Cl⁻가 존재하는 경우 Cl⁻이온의 농도에 따라 공식(pitting), 불완전 부동태(imperfect passivity), 완전 부동태(perfect passivity) 영역으로 나누어지며 완전 부동태영역은 염화물의 영향으로 매우 좁은 영역으로 축소된다. 따라서 염화물환경에서는 그만큼 부동태상태를 유지하기 어렵게 되며 환경적 원인에 의해 부식영역이나 불완전한 부동태영역으로 이동하기 쉽기 때문에 부식발생 가능성이 높아진다.

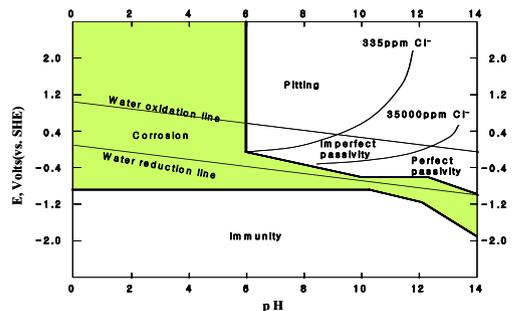


Fig. 1. Chloride Corrosion of Concrete Reinforcement Bars [3]

2.2 보강용 섬유복합체

항만구조물의 보수보강에 사용되는 섬유복합체에는 유리섬유, 탄소섬유, 아라미드섬유, 바잘트섬유 등의 강화 섬유 (Reinforced Fiber)가 사용되며 이들 섬유들을 에폭시 수지, 폴리에스텔 수지, 페놀 수지 등의 결합제 (Matrix)와 함침 하여 구조물에 접착시키게 된다. Table 1은 보강용 섬유복합체의 종류와 특징을 설명한 것이다.

2.3 섬유복합체를 적용한 기존 공법

Fig. 2는 철근콘크리트 항만구조물 하부의 콘크리트 피복이 탈락된 실례를 보여준다. 탈락이 발생할 경우 다음과 같이 다양한 섬유복합체 보강공법이 적용되고 있다.



Fig. 2. The Illustration of Harbor Structures Concrete Deterioration [1]

(1) COSREM 보강공법

프리프레그 타입의 고강도 경량 섬유강화 복합패널을 대상 구조물의 표면에 접착한 후 박리방지용 앵커 등을 설치하여 구조물과의 거동 일체성과 보강 효과의 장기 내구성을 확보하는 보강 및 보수 공법이다. 프리프레그는 Preimpregnated Materials의 약어로 결합재를 강화섬

유에 미리 함침시킨 쉬트 형태의 제품으로 만든 것이다[8].

(2) CAF 보강공법

유리섬유에 특수에폭시를 현장에서 함침시켜 제조한 복합체를 손상된 콘크리트 구조물에 프라이머 도포 후에폭시로 구조물에 부착시켜 구조물의 내구성 및 내하력을 향상 시키는 보수보강 공법이다[9].

(3) GFRC 패널 보강공법

표면 치핑 후 콘크리트 면에 앵커볼트 또는 클립을 이용하여 GFRC (Glass Fiber Reinforce Concrete) 패널을 고정하고, 쉐링 후 주입 에폭시를 강제 주입함으로써 휨 내하력을 증진 시키는 보수보강 공법이다[10].

(4) 투명그리드 보강공법

탄소, 유리섬유 등의 그리드 보강재를 투명 패널과 일체화 하여 콘크리트 구조물에 에폭시 접착제를 주입, 부착 하여 강도를 증대 시키는 공법이다[11].

(5) SF-GFRP공법

구조물의 세굴 및 노후화된 부분을 치핑 처리한 후 그라우팅제를 이용하여 기존 구조체에 SF-GFRP 패널을 부착/일체화시켜 압축력과 인장력을 증대시키는 공법이다[12].

(6) PG 패널 보강공법

구조용 유리섬유와 필라멘트 매트가 여러 겹 적층된 PG 판넬을 이용하여 구조물 전체를 감싸는 방법으로, 염해, 중성화, 열화 현상 방지 및 내하력을 증강 시키는

Table 1. Reinforcing Fiber Composite

Fiber Composite	Characteristics
Glass Fiber [4]	<ul style="list-style-type: none"> among the most versatile industrial materials known today produced from raw materials, which are available in virtually unlimited supply All glass fibers described in this article are derived from compositions containing silica hardness, transparency, resistance to chemical attack, stability, and inertness, as well as desirable fiber properties such as strength, flexibility, and stiffness
Carbon Fiber [5]	<ul style="list-style-type: none"> extensively used in composites in the form of woven textiles, prepreps, continuous fibers/rovings, and chopped fibers. generally have excellent tensile properties, low densities, high thermal and chemical stabilities in the absence of oxidizing agents, good thermal and electrical conductivities, and excellent creep resistance
Aramid Fiber [6]	<ul style="list-style-type: none"> more than twice the tensile strength of conventional organic fibers such as nylon 66 and is 50% greater than the strength of E-glass roving. having the highest strength-to-weight ratio of any commercially available reinforcement fiber
Basalt Fiber [7]	<ul style="list-style-type: none"> basalt continuous filaments (BCF) can be prepared from basalt rocks by melting and extrusion process have no toxic reaction with air or water, are non-combustible and explosion proof Good mechanical strength, excellent sound and thermal insulator, non-flammable, biologically stable

보수보강 공법이다[13].

(7) SR 패널 보강 공법

구조 보강, 내진 보강이 필요한 부재에 SR (Seismic Reinforcement) 패널을 앵커볼트로 장착한 후 콘크리트 구조물과 패널과의 사이에 접착수지를 충전하여 구조물을 보수보강 하는 공법이다[14].

위의 공법들은 보수보강재로 슬래브와 보 하부를 감싸게 되는데 섬유복합체의 밀폐성 때문에 구조물의 슬래브나 보 상부로부터 유입되는 빗물 등의 수분을 하부로 배출하지 못하고 물탱크처럼 구조체 하부에 장시간 가두게 된다. 이는 결국 철근 부식의 원인이 되며 철근과 콘크리트의 부착력 손상, 체적팽창으로 인한 구조물 손상을 가중시키고 종국에는 철근하부 피복콘크리트 전체를 탈락시키는 문제를 발생시킨다. Fig. 3은 이와 같은 현상을 설명하고 있다.

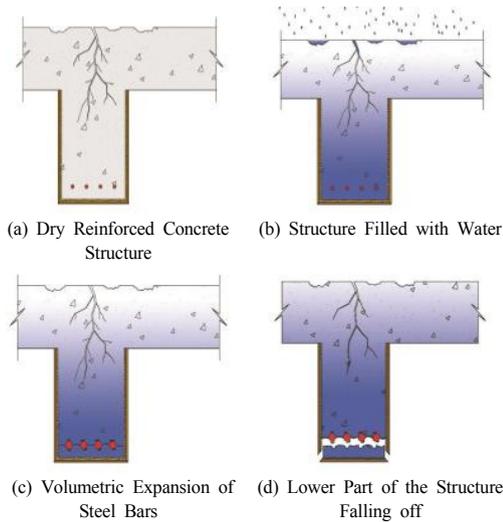


Fig. 3. Structure fall-off due to permeability [1]

2.4 선행연구 분석

본 연구진은 선행연구에서 위의 문제를 해결하기 위해 Fig. 4와 같은 물배출 앵커와 트랩 볼트를 개발하였다. 즉, 구조체 천공에 따른 구조물 손상을 방지하기 위해 섬유복합보강 패널을 구조체에 부착시키는 앵커볼트의 축에 길이 방향 홈을 만들어 물을 배출하고, 앵커볼트 캡을 개조하여 화장실 트랩처럼 물을 흐르게 함으로써, 바닷물로부터 상승하는 염기의 침투를 막을 수 있도록

고안되었다.

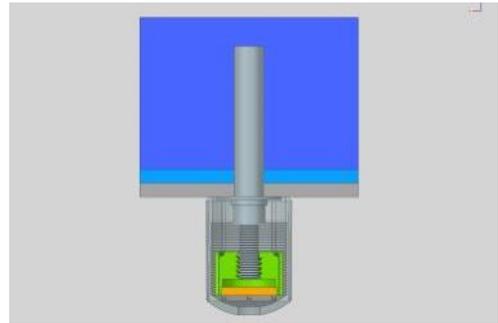


Fig. 4. Structure fall-off due to permeability [1]

개발된 트랩볼트를 인천 00 부두에 약 100m² 시험시공한 후, 6개월에 걸쳐 물배출 여부를 관찰한 결과 73% (200 개 앵커설치, 145개 앵커에서 물배출)의 앵커에서 물이 배출되었으며 설치 부위 주위 코어를 1미터 간격으로 6공 천공하여 본 결과 습기가 거의 없는 것으로 확인되었다[2].

하지만 개발된 앵커볼트는 Fig. 5의 (a)와 같이 수분 배출 홈이 앵커볼트의 길이 방향으로 천공되어 있어 앵커설치 후 앵커의 매입높이보다 낮은 부위의 수분은 배출하지 못하는 문제가 있었다. 이 문제는 Fig. 5의 (b)와 같이 앵커의 측면에 홈을 천공함으로써 해결이 가능한 것을 확인하였으나 앵커의 구조적 안정성과 배출효율을 고려한 홈의 개수, 위치, 크기 등은 선행연구에서 제시하지 못하였다.

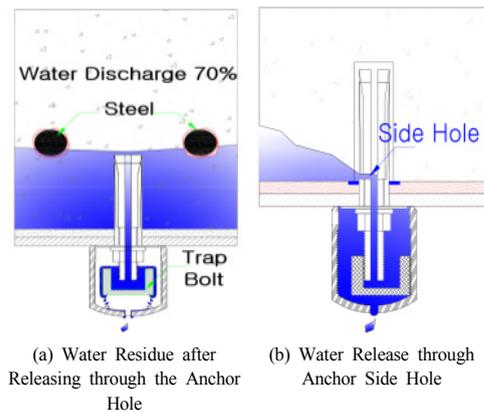


Fig. 5. Water Residue & Solution

3. 성능개선 물배출 앵커 및 트랩볼트

본 연구는 기 개발된 물배출 앵커 및 트랩볼트에 추가적인 홀을 천공함으로써 발생할 수 있는 구조적 성능저하, 물배출 성능의 향상 정도를 실험을 통해 제시하고자 한다. 실험은 예비실험과 본실험으로 구성되는데 예비실험에서는 홀 천공의 다양한 대안을 제시하고 3D 프린터로 제작한 플라스틱 실험체를 대상으로 물배출 성능 실험을 실시하여 실험제작 대상 대안을 선정한다. 본 실험에서는 선정된 대안을 대상으로 강재 실험체를 제작하여 실험체의 구조적 안정성과, 물배출 성능 등을 실험한다.

3.1 예비 실험

3.1.1 개요

관류수분 문제를 해결하기 위해 물배출 앵커의 측면에 설치될 홀의 위치와 크기, 갯수에 따라 물배출 앵커의 모델 타입을 달리 하였으며 Table 2와 같이 5개의 모델을 설정하였으며 종류는 다음과 같다.

- ① T-S: 기존의 물배출 앵커 및 트랩볼트
- ② T-1: 앵커 하단에 하나의 홀 가공
- ③ T-2: 앵커 하단에 두 개의 홀 가공
- ④ T-3: 앵커 하단에 세 개의 홀 가공
- ⑤ T-L: 앵커 측면에 긴 홀 가공

Table 2. 3D Printing of Water Discharge Anchor

Water Discharge Anchor Type	Photo	Characteristic
T-S (Water Discharge Anchor)		· Water Discharge Anchor
T-1 (Hole 1)		· Hole 1
T-2 (Hole 2)		· Hole 2
T-3 (Hole 3)		· Hole 3
T-L (Long Hole)		· Long Hole

예비실험은 5개의 실험 대안 중 배수성능이 우수한 대안을 선정하기 위한 실험으로, 예비실험에 사용할 각 모델별 모형을 제작하기 위해 3차원 그래픽 도구인 라이노 (Rhino)을 이용해 각 모델을 모델링하고 3D 프린터를 이용해 플라스틱으로 제작하여 보완사항을 검토하였다.

측면 홀의 가공 위치는 Table 3과 같이 볼트 캡의 설치와 콘크리트에 매입되는 길이를 고려하여 앵커하부로부터 처음 홀의 위치를 20mm로 설정하였다. 홀의 간격이 너무 인접할 경우 앵커가 찢어질 수 있기 때문에 7.5mm의 간격을 두었다. 물배출 앵커의 크기는 Ø8mm, 홀의 크기는 Ø5mm로 설정하였으며, T-L의 경우 앵커 측면의 홀을 2x60mm 크기의 직사각형으로 설정하였다.

Table 3. Specification of Water Discharge Anchor

Mock-up Sat	Specification
Distance form Bottom of Anchor to First Hole	20mm
Distance between Holes	7.5mm
Hole Size	Ø 5mm
T-L Hole Size	2x60mm

3.1.2 예비 실험 방법

물배출 앵커 모델 자체의 배수성능을 측정하기 위해 Fig. 6과 같이 200(가로)x200(세로)x400(높이)mm의 아크릴 실험체를 제작하여 시험을 실시하였다. 시험은 Fig. 7의 실험순서에서 설명한 바와 같이 모델별 시험체에 물배출 앵커를 설치하고 6 리터의 물을 채운 후 10분간 배출량을 측정하는 순서로 진행하였다. 물배출 앵커가 콘크리트 구조물에 취부되는 상황을 고려하여 충전재로 스펀지를 사용하였다.

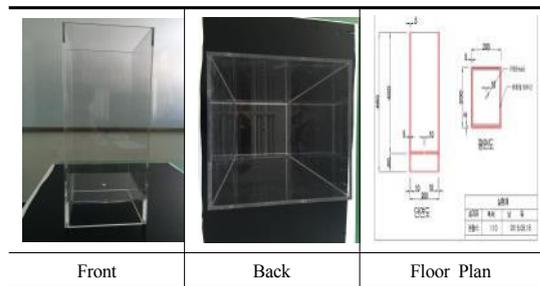
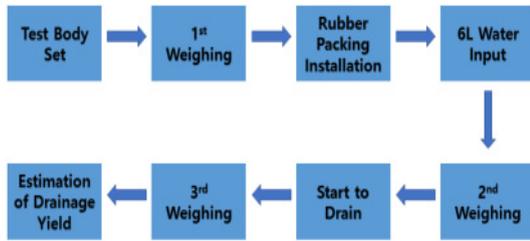


Fig. 6. Floor Plan and Production of Acrylic Test Body



※ Water input = Volume of Test Body X 3/4 (=6L)
 ※ Measuring Time = 10min

Fig. 7. Preliminary Test Method

3.1.3 실험결과

예비실험 결과, Table 4에서 보는 바와 같이 T-S 모델의 평균배수율이 44.2%로 가장 낮았으며, T-1, T-2, T-3, T-L은 각각 62.7%, 58.5%, 56.9%, 54.7%로 나타났다. T-S의 배수성능이 가장 낮은 이유는 측면에 홀이 없어 앵커의 길이방향 홀을 통해서만 배수가 되기 때문에 앵커볼트의 길이 만큼의 수압이 전달되지 않기 때문인 것으로 분석되었다.

Table 4. Preliminary Test Result (Filling : Sponge)

Anchor TYPE	Before experiment		After experiment			
	Initial Weight (kg)	Weight after water input (kg)	Drain (L)	Weight after Drain (kg)	Drain (%)	
T-S	1	3.08	9.04	2.62	6.42	44.2
	2	3.08	9.04	2.64	6.4	
	3	3.08	9.04	2.64	6.4	
T-1	1	3.04	9.08	3.86	5.22	62.7
	2	3.04	9.08	3.68	5.4	
	3	3.04	9.08	3.82	5.26	
T-2	1	3.12	9.02	3.50	5.52	58.5
	2	3.12	9.02	3.42	5.6	
	3	3.12	9.02	3.44	5.58	
T-3	1	3.06	8.96	3.34	5.62	56.9
	2	3.06	9.02	3.32	5.7	
	3	3.06	8.96	3.38	5.58	
T-L	1	3.1	9.0	3.24	5.76	54.7
	2	3.1	9.0	3.2	5.8	
	3	3.1	9.0	3.24	5.76	

홀의 막힘을 고려하지 않고 이상적인 시험조건에서 시간제한 없이 장시간 시험을 진행하게 되면 T-S를 제외 한 나머지 실험체는 모두 동일한 배수 용량을 가지게

된다. 하지만 단기간의 성능을 측정 한 예비실험에서는 T-1의 배수성능이 가장 우수한 것으로 나타났다.

홀의 개수가 T-1 보다 더 많은 T-2, T-3, T-L의 배수량이 더 작은 이유는, 수분이 앵커의 길이 방향(중력방향) 홀을 통해 배출될 때 측면 여러 홀에서 유입되는 수분이 오히려 물의 흐름을 방해하여 유속의 손실을 유발하기 때문인 것으로 분석되었다.

3.2 성능실험

3.2.1 개요

예비 실험을 진행하여 얻은 배수성능 데이터를 비교해 실물 제작에 적합한 모델을 선정하였다. 가장 배수 성능이 좋았던 T-1모델과 성능비교를 위해 T-3모델, T-S 모델을 선정하고 실물로 제작하였다. T-L 모델을 고려하지 않은 이유는 강제외의 경우 앵커길이방향으로 길게 홀을 가공하는 것이 기술적으로 불가능하였기 때문이다.

선정된 모델은 인장강도, 인발강도, 배수성능에 대한 성능시험을 진행하였다. 항만 구조물의 보수보강시 적용되는 앵커는 중력방향으로 전달되는 하중을 지지해야 하므로 물배출 성능뿐만 아니라 인장과 인발에 대한 성능을 고려할 필요가 있는 것으로 분석하였다.

3.2.2 인장강도시험

인장강도시험은 국공립품질시험기관에서 KS B 0802 규격을 따라 진행하였으며 모델별 5개 시편의 인장강도를 측정하여 최대값과 최소값을 제외한 시편 3개의 평균 인장강도를 사용하였으며 기존 물배출 앵커 모델인 T-S의 인장강도 대비 T-1과 T-3의 인장강도를 비교하였다.

Table 5. Tensile & Pullout Strength Test Result

Anchor TYPE	Tensile			Pullout		
	Load (KN)	Load Mean (KN)	Comparison	Load (KN)	Load Mean (KN)	Comparison
T-S	28.83	26.30	100%	25.86	26.00	100%
	26.18			20.26		
	23.90			31.88		
T-1	20.89	21.27	81%	20.56	18.17	70%
	21.74			17.67		
	21.18			16.29		
T-3	19.56	19.15	73%	14.94	17.36	67%
	21.50			19.74		
	16.40			17.40		

시험결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 T-1의 평균

인장하중이 21.27 KN로 19.15 KN인 T-3보다 강도가 높았으며 T-S와 비교하면 81%의 강도를 지니 앵커볼트 설계 시 이 강도를 고려하여 앵커볼트의 개수를 결정하면 될 것이다.

3.2.3 인발강도시험

인발강도시험은 국가공인시험기관에 의뢰하여 진행하였으며, 얻고자 하는 성능에 적합한 KS규격이 없어 의뢰자 제시 시험방법으로 진행하였다. Fig. 8은 인발강도시험방법에 대해 설명한 것이다. 콘크리트에 앵커를 설치하여 시험을 진행하였으며 모델별 5개 시편의 인발강도를 측정하여 최대값과 최소값을 제외한 시편 3개의 평균 인발하중을 측정하였다. T-S의 인발강도 대비 T-1과 T-3의 인발강도를 비교하였다. 시험결과는 Table 5 우측에서 보는 바와 같이 T-1의 평균인발하중이 18.17KN으로 17.36KN인 T-3보다 강도가 높으며 T-S에 대비해 70%의 강도를 지니 보수보강재 고정을 위한 앵커볼트 설계 시 이 강도 값을 적용하여 앵커볼트의 개수를 결정하면 될 것이다.

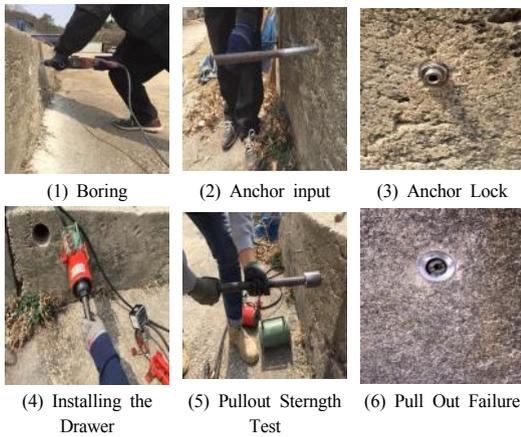


Fig. 8. Pullout Test Sequence

3.2.4 배수성능시험

배수성능시험은 국가공인시험기관의 참관으로 진행하였다. 배수성능검증을 위한 적절한 KS규격의 시험이 없어 의뢰자 제시 시험방법을 사용하였다. 노후화된 콘크리트의 조건과 부합한 공시체를 제작하기 위해 전문가의 자문을 얻고 시험을 진행하였다. 배수성능검증을 위한 공시체 제작 시 물/시멘트비 (Water/Cement Ratio 이

하 W/C)를 0.5로 할 경우 노후화된 콘크리트의 조건을 충족한다고 설정하였다. 제작된 공시체는 Fig. 9과 같은 순서에 따라 배수성능시험을 진행하였으며 모델별 3개 시편의 배수성능시험을 단기적인 배수성능과 장기적인 배수성능으로 나누어 배수량을 측정하였다.

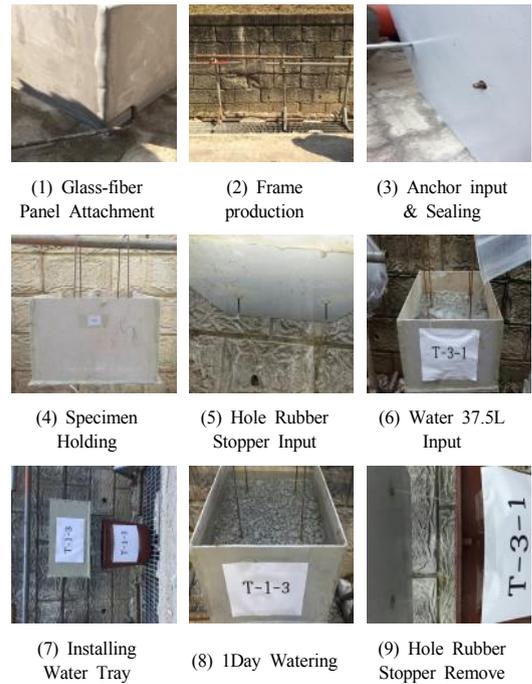


Fig. 9. Drain Performance Test Sequence

Table 6. Drain Performance Test Result

	Water Input (L)	Short Time(16min)			Long Time(24hour)		
		Drain (L)	Drain (%)	Mean Drain (%)	Drain (L)	Drain (%)	Mean Drain (%)
T-S	1	37.5	26.20	70%	33.21	89%	88%
	2	37.5	24.36	65%	33.4	89%	
	3	37.5	21.80	58%	32.36	86%	
T-1	1	37.5	31.56	84%	34.56	92%	94%
	2	37.5	30.40	81%	35.84	96%	
	3	37.5	24.38	65%	35.80	95%	
T-3	1	37.5	34.52	92%	34.88	93%	94%
	2	37.5	35.66	95%	35.86	96%	
	3	37.5	30.96	83%	35.02	93%	

시험결과는 Table 6과 같다. 16분 진행한 단기적인 배수성능의 경우 T-3가 90%의 수분 배출성능을 지니 T-1, T-S에 비해 우수한 성능을 보였다. 이는 콘크리트

구조물의 내부에서 잔골재, 페이스트 등이 앵커볼트의 홀을 막아 배수에 영향을 주게 되어, 홀의 개수가 많은 T-3가 상대적으로 유리하기 때문인 것으로 분석되었다. 하지만 24시간 진행한 장기적인 배수성능은 T-1과 T-3의 배수성능이 94%로 동일하였으며 T-S의 88%에 보다 나은 배수성능을 보였다.

인장강도시험, 인발강도시험, 배수성능시험 결과, T-1과 T-3 모델 모두 T-S 모델에 비해 강도는 낮으나 배수성능은 향상되었음을 볼 수 있었다. 하지만 T-1과 T-3를 비교하였을 때 T-1의 인장강도와 인발강도가 T-3보다 높으며 장기적인 배수성능은 두 모델의 차이가 매우 근소한 것을 알 수 있었다.

결론적으로 물배출 앵커의 측면에 홀을 천공하였을 때 배수성능과 구조적인 안정성 측면에서 보다 우수한 모델은 T-1모델인 것으로 확인되었으며 현장시공 시 적절한 앵커볼트의 개수는 인장강도 시험과 인발강도 시험 결과를 반영하여 산정하면 될 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구는 기 개발된 물배출 앵커 및 트랩볼트 사용 시 콘크리트 내부에 남아있는 잔류수분 배출을 위해 배수성능이 개선된 물배출 앵커 및 트랩볼트 모델을 제시하는 것을 목적으로 한다. 앵커 측면에 홀을 천공하여 잔류수분 문제를 해결하기 위해 홀의 크기, 위치, 개수 변화에 따른 구조적 안정성과 배수성능을 검토하는 실험을 진행하였다. 실험은 항만 구조물에 설치되는 앵커임을 고려하여 배수성능, 인장강도, 인발강도시험을 진행하였다.

실험 결과 기존 물배출 앵커의 하부에서 20mm떨어진 부분에 Ø5mm의 홀을 하나 천공한 T-1모델이 인장강도 21.27KN, 인발강도 18.17KN, 배수성능 94%로 가장 우수한 것으로 나타났다.

보수/보강이 필요한 구조물은 손상정도, 기후상태, 경과년수등 다양한 조건을 가지고 있으나 본 연구에서는 이를 고려하지 못한 한계가 있다. 추후 보수/보강이 필요한 항만 구조물에 성능개선형 물배출 앵커를 적용하여 실증데이터를 확보하는 연구를 진행할 예정이다.

Reference

- [1] Lee, Hwa-Sun, "The Introduction of a Water Discharge Anchor & Trap Bolt," An Undergraduate Graduation Report, Seoul National University of Science & Technology, 2014
- [2] Yonsei University, "Development of Aqua Advanced FRP for Repair & Rehabilitation and Evaluation of Applicability the Concrete Structure," A Research Report, Yonsei University, 2013.
- [3] K. J. Kim, M. H. Lee, K. M. Moon, "Principle and Application of Cathodic Protection for Concrete Structure," Korea Concrete Institute, vol. 18, no. 5 23-33, 2006.
- [4] Frederick T. Wallenberger, James C. Watson, Hong Li, PPG Industries, "Glass Fibers" ASM Handbook, Vol 21: Composite, pp. 27-34, 2001.
- [5] Xiaosong Huang, "Fabrication and Properties of Carbon Fibers", Materials, vol. 2, pp. 2369-2403, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma2042369>
- [6] Karl K. Chang, E.I. Du Pont de Nemours & Company, "Aramid Fibers" ASM Handbook, vol. 21: Composite, pp. 41-45, 2001.
- [7] Kunal Singha, "A short Review on Basalt Fiber", International Journal of Textile Science , pp. 19-28, 2012.
- [8] Research Institute for Gangwon, " Basalt and fiber industry of Chelwon", Government policy report, 2011.
- [9] Mail Construction co., LTD, "Method for repairing and reinforcing concrete structure", Korea Patent, 10-1051761, 2011.
- [10] Conclinic Home page, <http://www.conclinic.co.kr> (January 8, 2018), Publication
- [11] K. H. Kim, M. W. Kim, J. G. Lee, " Repair of Aqueduct using GFRC Panel Method", Korea Concrete Institute, vol. 24, no. 1, pp. 797-798, 2012.
- [12] S. O. Lee, " Transparency Composite Panel Reinforced with Grid and Reinforcement Structure of Construction using the Same", Korea Patent, 2004310410000, 2006.
- [13] Reeco E&C co., LTD, " Fiber Reinforced Panel, Manufacturing method, and Concrete structure Reinforcing method using thereof", Korea Patent, 1007176230000, 2007.
- [14] Hankook Laboratory System, "Panel of Reinforced Fiber and Construction Method of Using the Same", Korea Patent, 1010612480000, 2011.

옥 종 호(Jong-Ho Ock)

[정회원]



- 1984년 2월 : 서울시립대학교 건축공학과, (공학사)
- 1994년 7월 : University of Nebraska-Lincoln, USA (공학석사)
- 1998년 5월 : University of Colorado-Boulder, USA (공학박사)
- 2004년 2월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 건축학부, 교수

<관심분야>

초고층/비정형 Facade Engineering, Public Private Partnership 프로젝트 리스크관리, SOC 유지관리

신 경 수(Kyung-Soo Shin)

[준회원]



- 2013년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 건축학부 건축공학과 재학

<관심분야>

시설물 유지관리, BIM

문 상 덕(Sang-Deok Moon)

[정회원]



- 2003년 2월 : 서울과학기술대학교 건축공학과(공학석사)
- 2016년 2월 : 서울과학기술대학교 건축프로그램(박사수료)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 U-건설관리공학연구소 연구실장

<관심분야>

초고층/비정형 Facade Engineering, Public Private Partnership Negotiation

이 화 선 (Wha-Seon Lee)

[정회원]



- 2005년 1월 ~ 현재 : 주식회사 엠티마스타 대표
- 2016년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 주택도시대학원 SOC유지관리공학과 석사과정 재학

<관심분야>

사회간접시설물 유지관리