

시방서
(아크릴 방수 & 시공)

내용

1. 소개	3
2. 아크릴 설계.....	3
3. 자재요건	4
4. 치수허용오차.....	4
5. 광학성능	4
6. 잔류모노머.....	5
..	
7. 본딩부 이물질.....	5
8. 안장면 준비.....	6
9. 아크릴 준비.....	7
10. 실리콘 도포.....	7~8
11. 아크릴 유지 및 보수 권고사항.....	8~9
12. 담수 테스트 절차.....	9

1. 소개

아크릴 아쿠아리움, 수영장 및 잠수풀 창 시방서 (PVHO-1 및 국제기준 통합 반영)

1. 소개 본 시방서는 아쿠아리움, 수조, 워터파크, 수영장 등에서 사용되는 아크릴 창의 설계, 자재 요건, 시공 및 유지보수 기준을 포함한다. 본 시방서는 ASME PVHO-1 및 TYPICAL COMMERCIAL SPECIFICATION FOR ACRYLIC AQUARIUM WINDOWS 의 내용을 기반으로 하며, 국제적으로 공인된 안전성과 품질을 반영한다.
2. 아크릴 설계 기준 (Design Criteria) 2.1 사용 소재
 - 상업용 PMMA (Polymethyl Methacrylate)
 - ASME PVHO-1 기준 충족

2. 아크릴 설계

2.1 설계 응력 기준

항목	설계 응력	안전계수	기준
인장 응력 (Tension)	$\leq 800 \text{ psi (56 kg/cm}^2\text{)}$	11.25	PVHO-1
압축 응력 (Compression)	$\leq 1,875 \text{ psi (132 kg/cm}^2\text{)}$	8.0	PVHO-1
휨/인장 본딩부	평균 인장강도 $\div 11.25$	-	PVHO-1
단기 하중 (지진, 충격 등)	$\leq 3,000 \text{ psi (180 kg/cm}^2\text{)}$	3.0~3.6	참고 기준

2.2 크레이지 방지

- 장기 응력 800 psi 이하일 경우 10 년 이상 크레이지 없음 (US Navy NOSC #1303)
- 810 psi 이하에서는 장기 사용에 따른 crazing 없음 / 2240 psi 이상에서는 2 년 내 발생
- 후열처리(Annealing)로 응력 제거

2.3 아크릴 창의 구조 설계 기준 (ASME PVHO-1 2019 기준에 따른)

- 물을 담는 수조에 사용되는 모노리식 캐스팅 아크릴(Monolithic Cast Acrylic)의 설계 인장 응력은 800 psi (56 kg/cm²)를 초과하지 않아야 하며, 인장강도는 9,000 psi 이상이어야 한다.
- 산업계 기준에 따르면 일반적으로 고품질 캐스팅 아크릴의 인장강도는 9,600~10,400 psi 범위이며, 이에 해당하는 안전율은 12~13 수준이다.

- 본딩된 중합부 설계 응력: 압축력은 800 psi 이하, 휨/인장은 본딩부 평균 인장강도 ÷ 11.25 이하로 제한한다.
- 본딩부의 장기 설계 인장 응력은 700 psi (49 kg/cm²) 이하로 제한한다.

3. 자재 요건 (Material Acceptance)

3.1 기본 물성 기준

- ASTM 기준: D638, D695, D790 등
- 인장강도 $\geq 10,800$ psi, 압축강도 $\geq 17,500$ psi
- 광학 투명도 $\geq 91\%$ (ASTM D1003)

3.2 제조 및 시험 요건

- PVHO-1 Table 2-3.1 및 2-3.2 기준 만족
- 제조사 보증서 및 제 3 자 시험성적서 제출

3.3 이물질 기준 (Inclusion Criteria)

- 시야 내 이물질 제한: $\leq 3.2\text{mm}$, 1 개/1.67m² 이내
- 본딩부 이물질도 별도 기준 존재 (압축/인장 구분)

3.4 아크릴 창 자재의 기술 기준 및 인증 요건

- 아크릴은 ASME PVHO-1:2012 또는 이와 동등한 한국선급(KR)의 적용지침에 따라 최소 물성 기준 이상으로 제조되어야 하며, 인증서 및 제 3 자 시험성적서를 제출해야 한다.
- 아크릴 패널의 두께는 도면에 표시된 허용오차 내여야 하며, 도면과 동등 또는 상위 규격을 만족해야 한다.
- 모든 아크릴은 프로젝트 요구 최소 기준 이상으로 제조되어야 한다.

4. 치수허용오차 (Dimensional Tolerances)

- 모든 치수 허용오차는 도면에 명시된 기준을 따른다.

5. 광학성능 (Optical Performance)

- 건조면 기준, 610~915 mm 거리에서 왜곡, 요철, 스크래치 등 없어야 함
- 습면은 수면과 굴절률 차이로 보정 가능
- Flame Spread Index ≤ 200 (ASTM E-84 Class III)

5.1 광학 이상 검출 기준 (Optical Anomalies)

- 직선 격자 왜곡 (Optical distortion): 격자판 관찰
- 각도 편차 (Angular deviation): 시야 내 이미지 위치 어긋남 확인
- 경계 흐림 (Fuzziness): 선형 물체 윤곽 흐림 확인
- 해상력 저하 (Lack of resolution): 510mm 거리에서 신문 인쇄 식별 여부

6. 잔류모노머 (Residual Monomer)

- Methyl Methacrylate $\leq 1.6\%$
- Ethyl Acrylate $\leq 1.6\%$

7. 본딩부 이물질 기준

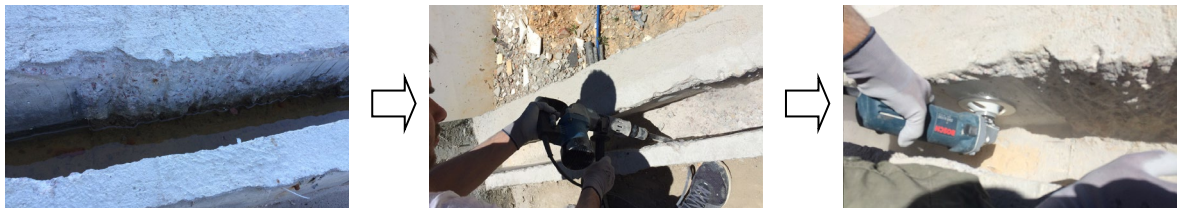
- $0.76\text{mm} < d < 1.52\text{mm}$: 2 개/6.45cm² 이하
- $1.52\text{mm} < d < 3.18\text{mm}$: 1 개/30.5cm 이하
- $3.18\text{mm} < d < 6.35\text{mm}$: 1 개/0.84m 이하
- 6.35mm 이상: 불허

ASME PVHO-1 2019 기준

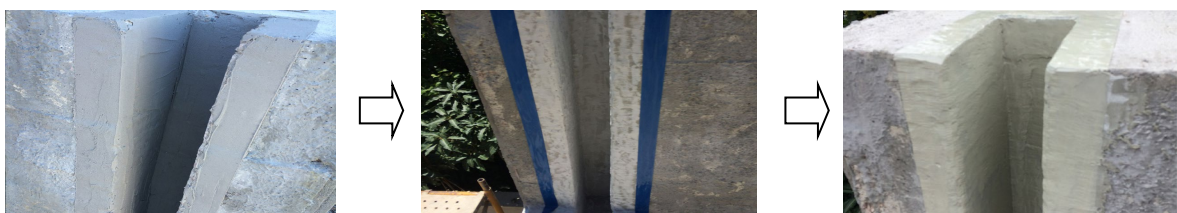
특성	제한값	시험방법 (ASTM)
최종인장강도 파괴시 신장률 탄성계수	$\geq 62 \text{ N/mm}^2$ $\geq 2 \%$ $\geq 2760 \text{ N/mm}^2$	$D 638^{1)}$
압축항복강도 탄성계수	$\geq 103 \text{ N/mm}^2$ $\geq 2760 \text{ N/mm}^2$	$D 695^{1)}$
50°C에서 24시간동안 27.7 N/mm ² 의 압축하에서의 압축변형	$\leq 1 \%$	$D 621^{1)}$
자외선 투과율	$\leq 5 \%$	$E 308$
시계	50 cm 거리 만큼 떨어진 글자를 아크릴창을 통해 읽을 수 있을 것.	$D 702$
총 잔여 단량체 메틸 메타크릴레이트 에틸 아크릴레이트	$\leq 1.6 \%$	
(비고) ¹⁾ 기계적 특성에 대하여는 최소 2개의 시험편에 의해 증명되어야 함.		

8. 안장면 준비

1. 콘크리트 구조체 공사 시 특히 아크릴이 고정되는 위치의 수직, 수평 평면이 매우 중요하므로 콘크리트 타설 시 일체 식으로 타설한다. 스테인레스 스틸 방수를 사용할 경우 타설전에 SUS형틀을 타설전에 매립하여야 한다.
2. 콘크리트 타설 시 콘크리트 사이에 공극이 생기지 않도록 바이브레이터를 사용하여 적정 깊이와 간격을 두고 다짐 작업한다.
3. 타설이 완료된 안장면은 하기 사진과 같은 크랙이나 울퉁불퉁한 면이 있는지 확인해야한다. 울퉁불퉁한 면들은 그라인더를 사용하여 전체 표면을 부드럽게 만들어 주어야 한다.
4. 안장면의 방수는 아크릴이 안장되는 면의 양쪽으로 최소 300mm는 작업 되어야 하며 Sikagard 62 또는 FRP 등과 동등한 방수재의 작업이 용이 하도록 표면처리 하거나 스테인레스 스틸을 절곡 및 용접하여 아크릴 안장면의 방수로 사용할 수 있도록 한다.



5. 콘크리트 안장면의 경우 콘크리트 면 샌딩 작업 후에 콘크리트는 재 오염을 방지하기 위해 합판 등의 자재를 사용해 보양하며 스텔레스 스틸의 경우에도 오염방지를 위해 보양한다.
6. 진공청소기로 모든 잔여물을 청소하고 콘크리트 크랙이나 구멍에 있는 먼지들은 에어컴프레서를 사용하여 불어서 제거하여야 하며 스텔레스 스틸의 경우에는 안장면의 실리콘 도포 부분을 그라인더로 샌딩한다.
7. 상기 4항에 언급된 자재를 이용하여 방수를 진행한다 단, 이외의 다른 제품을 사용한다면 실리콘과의 적합성 시험을 진행해야 하며 수조 방수에 사용되는 방수제와 아크릴 안장 면에 사용되는 방수자재와의 결합 부분의 시험 또한 필히 진행하여 사용가능여부를 판단해야 한다.
8. FRP 방수의 경우 FRP 겔코트는 반드시 왁스타입 겔코트를 사용해야 하며 파라핀 왁스를 섞어 사용해서는 안된다.
9. 아크릴 안장 면은 오 손실을 방지하기 위해 보호 패널로 보양하고 접근 제한을 통해 보호한다.



9. 아크릴 준비

아크릴 세팅 블록들이 정확한 사이즈 및 모양인지 확인하여야 하며 시공도면에 표시된 바닥 안장면을 따라서 정확한 위치에 아크릴 세팅블록을 위치시킨다. 블록들의 높낮이를 확인하고 필요하다면 높이를 조정한 후 장비등을 이용해 아크릴을 안장면으로 이동시킨다. 판넬들이 안장된 모든 면에서 확실히 고정되었는지 확인한다. 만약 확실히 고정이 안된 부분이 있다면 아크릴 패커를 이용해 확실하게 고정한다.

아크릴의 고정이 완료되면 무수축 시멘트를 사용하여 하부 부분부터 시공한다. 측면의 경우 무수축 시멘트가 새어나오지 않도록 단단히 밀봉한 후 위에서 무수축 시멘트를 붓는다.

무수축 시멘트가 완전 히 굳은 후 담수면(Water Side)쪽의 아크릴에 백업제를 끼우고 실리콘을 균일하게 채운다. 만약 확실하게 시공되었다면 아크릴 블록은 백업제와 동일선상에 위치한다. 아크릴 블록 및 백업제들은 붙음 방지테잎으로 감싸 시공해야 한다. 아크릴 모든 면의 머스킹 테잎을 잘 제거하여 실리콘 면으로 잔여물이 들어가지 않도록 한다.



10. 실리콘 도포

1. 실리콘 작업이 진행되어야 하는 면에 크랙, 구멍 또는 날카로운 면이 없는지 확인하고 있다면 수정한다. 실리콘 작업이 진행되는 동안 작업공간이 건조하고, 깨끗하며 먼지가 날리지 않도록 확실히 한다. 실리콘 작업이 되는 모든 면은 적절한 세척제를 이용해 세척 후 보푸라기가 없는 천 등을 사용하여 닦아낸다.
2. 일단 모든 작업 면이 깨끗하게 청소되고 건조되었다면 주의를 기울여 이 면들을 적절하게 덮는다. **이러한 작업 면은 청소가 된 후 다시 오염되어서는 안된다.**
3. 실란트는 다우실 795 실리콘 혹은 동등 품을 사용한다. 실리콘 두께는 20mm 이상으로 균등하게 도포하며 최소 30일 이상 양생하여야 한다.

4. 만약 아크릴 안쪽에서 빈 공간이 보인다면 이 부분은 실리콘이 제대로 시공되지 않은 부분이므로 퍼티 나이프(Putty knife)를 이용해 잘 눌러준다.
5. 세로 면 작업 시는 실리콘을 아래에서 위로 채우며 시공한다.
6. 다른 인원은 머스킹 테이프를 제거하고 만약 실리콘이 거칠게 시공된 부분이 있다면 세제를 푼 물을 이용해 정리해 준다. 이는 라텍스 장갑에 세제를 푼 물을 적시고 실리콘 표면 위를 부드럽게 문질러 주면 된다. 실리콘에 너무 많은 물이 묻지 않도록 적당량을 조절해 작업한다.
7. 실리콘이 묻으면 안되는 부분까지 작업되지 않도록 주의하고 만약 깨끗하게 정리되어야 할 부분이 있다면 실리콘 작업이 완료된 후에 한다. 실리콘 작업 시 아크릴 고정용 앙카 부분에 특히 주의해서 시공하여야 하며 27-28℃ 상온을 유지하여 최소 30일간 양생한다.



11. 아크릴 유지 및 보수 권고사항

1. 아크릴을 깨끗하게 유지하려면 순한 비눗물 혹은 중성세제에 미온수(되도록이면 증류수)를 사용해야 한다. 부드러운 극세사 타월이나 스폰지를 사용해야 한다. 씻을 때는 모든 비누나 세제를 사용하고, 깨끗한 극세사 타월로 건조 시킨다.
2. 아크릴 판넬의 담수면(Water side)을 청소할 때에는 면천 재질이 적합하다.
3. 연마용 크리너, 가정 세제, 연마 합성제, 유리 크리너, 연마용 천 혹은 아세톤이나 탄소 염화물, 메틸 에틸 케톤, 페인트 시너 혹은 알코올이 5% 이상 함유된 용액등과 같이 강한 솔벤트를 **아크릴에 절대 사용해서는 안 된다.**
4. 아크릴의 상태를 유지하기 위해서는 주기적으로 폴리싱 작업을 해야 한다. 폴리싱은 표면의 스크래치를 줄임으로써, 아크릴의 광학적 선명도를 향상시킨다. 폴리싱 할 때에는 극세사 타월을 사용하고, 표면에 코팅 처리된 타월로 문질러야 한다. 재질을 건조한 상태로 유지시키고,

깨끗한 극세사로 가볍게 닦아야 한다. 가정용 스프레이 왁스나 자동차용 왁스를 사용해서는 안 된다.

5. 정전기가 생성되는 것을 방지함으로써, 먼지가 아크릴에 부착되는 것을 방지하기 위해, 아크릴에 정전기 방지 코팅을 실시한다. 습성 정전기 방지 코팅은 극세사천에 코팅하는 것에도 적용이 된다. 재질을 건조한 상태로 유지시킨 후, 깨끗하고 부드러운 극세사 천으로 광택이 나게 한다.
6. 아크릴 표면에 미세한 스크래치를 제거하려면 수작업으로 폴리싱 해야 하며, 공급업체가 추천하는 아크릴용 폴리싱 액을 사용한다. 미세한 스크래치와 평행한 방향으로 폴리싱 한다. 한곳에 집중적인 폴리싱 작업은 광학적 일그러짐(Distortion)의 원인이 될 수 있으므로, 하지 말아야 한다.
7. 담수 테스트 중 혹은 그 이상 (최대 3 개월까지)의 기간 동안 보호 비닐이 제거되지 않으면 보호 비닐의 접착제가 점착되어 제거가 어려울 수 있기 때문에 직사광선 하에서는 아크릴 창 판넬에 붙어있는 보호 비닐을 방지해서는 안 된다. 따라서 아크릴을 감싸고 있는 보호 비닐은 되도록이면 빨리 제거하는 것이 바람직하다.
8. 과도한 열이나 높은 온도의 빛은 항상 피하여야 한다. 아크릴은 열가소성의 물질로써, 아크릴 표면의 온도가 110°C 를 초과하면 쉽게 변형되거나 탈 수 있다.

12. 담수 테스트 절차

1. 담수 테스트 전에 수조 내부를 청소한다.
2. 보호용 클램프(Clamp)는 최종 담수 시까지 유지 시켜야 한다.
담수 테스트 이전에 클램프(Clamp)의 안전성 및 누수 여부를 확인을 해야 한다.
3. 아크릴 판넬의 담수면(Water side)쪽 모든 보양재 들을 제거한다.
담수 테스트 중에 보양재를 방지하지 않는다.
4. 모든 아크릴 창 의 실리콘 접합부위를 점검하여 결함이나 박리 현상이 없는지 확인한다.
5. 수조에 물을 너무 빨리 채우지 않는다. 가득 채울 때에는 구조/기계 엔지니어와 상의를 할 것. 수조에 물을 넣을 때에는 가능한 한 연속적으로 담수하는 것이 좋다.
6. 수조에서 물 배수 후 아크릴 판넬을 물과 연성 세제로 세척한다.
7. 연마용의 클리너, 가정용 클리너, 연마 합성제, 윈도우 클리닝 용액, 연마 천 혹은 아세톤, 톨루엔, 메틸 에틸 케톤, 페인트 시너나 알콜등과 같이 알코올 성분이 강한 용액 등은 절대 사용해서는 안 된다.
8. 담수 테스트 이후에 항상 아크릴 판넬의 관상면(Dry Side)쪽 부분을 보호해야 한다.