

인공어초 시설사업 견실시공 방안

황 철 민 / 해양수산부 어촌어항과

인공어초 시설의 역사는 1800년대 중반부터 시작되었으나 1950년대 초반 일본에서 본격적으로 시작되었다. 우리나라는 1971년에 최초로 인공어초시설 사업비 3,000만원을 투입, 1990년에는 129억원으로 증가되었고, 그 후 계속 증가되어 1997년에는 627억원에 이르게 되었다. 이와같이 시설예산이 늘어남에 따라 부실시공 방지 및 사후관리 등을 강구하기 위하여 1998년 1월에 '인공어초시설사업집행 및 관리요령'을 제정·시행하고 있다.

이를 토대로 전국 시·도의 사업추진 실태를 종합점검·평가결과 인공어초 제작의 부실률이 1997년에는 0.92%이었으나, 1998년에는 0.75%로서 품질이 향상되고 있는 실정

이다.

현재 인공어초 제작에 사용되고 있는 재료는 철근 콘크리트이며, 어초종류는 사각형, 반구형, 잠보형, 빨삼각형, 요철형 등 8종을 제작하여 해역별, 어종의 특성에 적합한 어초를 바다속에 설치하여 수산생물의 산란·서식장을 조성하여 연안어장의 생산성을 향상시키는데 크게 기여하고 있다.

어초제작의 주요 수행사항

어초제작前 주요 수행사항

인공어초 제작 전 즉 거푸집과 철근조립이 완료된 후에 검사할 사항으로서 먼저 거푸집과 관련해서는 △최초의 계획대로 선형 및 치수가 일치하는지 여부 △박리제 도포 및 건

조상태 △청소 및 조임상태 △틈새방지 등이고, 철근과 관련해서는 △이음부위의 위치 및 길이 △철근의 순간격 △철근의 Spacer의 간격, 고정상태 △철근의 표면의 청결도, 부식상태 등이다.

그리고 확인할 사항은 △타설장비 및 다짐장비의 가동상태 △시험용(슬럼프, 압축강도 등) 기자재 △어초양생용 현장담수원 확보상태 △양생포 확보 상태 등이다.

어초제작時 주요 수행사항

콘크리트 공급 공장의 선정

우선 KS표시 허가가 있는 공장이어야 한다. KS표시 허가가 없을 경우는 KSF4009 또는 기타 시방서가 요구하는 품질을 만족하는 콘크리트 생산품질관리 능력이 있는 공장

을 선정하여야 한다.

특히, 계량기 검정상태 및 계량기의 작동상태를 적어도 한번은 눈으로 확인하는 것이 안전하다. 선정전에 반드시 생산공장까지 최소 1회 이상 방문하여야 하며, 운반거리 및 운반소요시간, 그리고 운반구간내의 교통량 변화 및 운반저해요소의 존재여부 확인과 필요한 조치를 하여 사전에 대비할 수 있도록 하여야 한다. 운반소요시간을 계산할 때는 콘크리트 배합이후 타설완료까지

의 허용한계시간을 감안하여 각 믹서트럭 대당 타설소요시간과 사이클 타임을 계산한다.

- 시료채취

타설개시 직전 믹서트럭을 고속으로 30초간 회전시킨후 1/4과 3/4배출시점에 시료를 채취하며 양쪽의 슬럼프 차이는 3cm이하가 되어야 한다. 시료채취는 콘크리트를 믹서트럭으로부터 최초의 0.5m³를 배출시킨 후 채취하며, 그 양은 위의 시험외에도 강도시험을 위한 몰드제작에 필요한 총

분한 량을 채취하여야 한다.

- 공기량 측정

① 공기량 시험기에 약 1/3 깊이까지 콘크리트를 넣고 다짐대로 고른 다음 바닥을 찢지 않도록 주의하여 25회 다진다. ② 다짐대로 인한 빈틈이 없어지고 표면에 큰 기포가 보이지 않도록 나무망치로 시험기측면을 두들긴다. ③ 3회에 걸쳐 다 채운다음 금속성의 자로 콘크리트 표면을 긁어내어 고르게 주위를 깨끗이 닦아낸 다음 뚜껑을 덮고 공기가 새지 않도록 힘껏 잠근다. ④ 모든 밸브를 잠그고 공기펌프로 공기실의 압력을 처음 압력보다 약간 높게 한다. ⑤ 약 5초후에 조절 밸브를 서서히 열어 압력계의 바늘을 처음 압력의 눈금에 정확히 일치시킨다. ⑥ 작동밸브를 충분히 열어 콘크리트의 각 부분에 압력이 잘 전달되도록 용기의 측면을 나무망치로 두들긴다. ⑦ 다시 작동밸브를 충분히 열어 바늘이 안정되었을 때 눈금을 읽는다. ⑧ 눈금의 값으로부터 골재의 수중계수를 뺀 것이 콘크리트의 공기량이다.

- 슬럼프시험(반죽질기 측정)

채취한 콘크리트시료를 몰드용적의 1/3씩 되게끔 3층(① 6cm, ② 9cm, ③ 15cm)으로 나누어 각층을 다짐대로 25회

콘크리트에 물을 배합한 후 타설완료시 까지의 시간

대기의 온도	25°C 초과	25°C 이하
허용한계	1.5시간	2.0시간

※ 단, 덤프트럭 운반시는 1시간 이내

콘크리트 반입시의 검사사항

- 공기량 : 대기시간이 길어지면 공기량이 감소하므로 장기대기를 피할 것

콘크리트 종류	공기량	허용오차
보통 콘크리트	4.5%	±1.5%
경량 콘크리트	5.0%	

※ 운반중 공기량은 1시간당 약 0.5~1.0%비율로 감소

- 슬럼프 : 대기시간이 길어지면 슬럼프량이 감소하므로 장기대기를 피할 것

슬럼프(cm)	슬럼프 허용오차(cm)
2.5	±1.0
5 및 6.5	±1.5
8이상 18이하	±2.5
21	±3.0

씩 다진후 작업을 1분30초내로 끝나야 한다. 슬럼프콘을 들어올린 후 슬럼프 높이를 측정하고, 측면을 다짐봉으로 가볍게 두들겨서 그 모양으로 반죽질기를 측정한다.

- 압축강도 시험용(공사체 제작)

채취한 콘크리트 시료를 몰드용적 1/3씩 되게끔 3층(각 10cm)으로 나누어 각 층을 다짐대로 25회씩 다진후 2~6시간 또는 그 이상의 시간이 경과되면 응결하므로 레이탄스를 제거하고 순시멘트풀로 공사체의 윗면을 바른다. 그리고 콘크리트 공사체는 24~48시간이 지난후 거푸집을 제거하고 20±3°C의 수조에서 양생하며, 양생 28일후 압축강도를 시험한다. (레미콘사용시 150m³마다 공사체 1조당 3개 제작)

콘크리트 타설

콘크리트 타설은 타설순서, 속도, 거푸집 변형, 시멘트누출 등을 확인하고 시공이음이 최소화 되도록 하며, 변위가 큰 부위부터 시작한다. 그리고 재료분리, 물곰보 등의 방지를 위하여 콘크리트 다짐을 30~50cm마다 각각 나무망치 및 진동기 등을 사용해야 하며, 상부면 블리딩수가 증발한 후

콘크리트 표면을 손가락으로 눌러도 들어가지 않을 때 최종 마무리를 실시한다.

※ 레이탄스 : 블리딩(콘크리트 타설후 15~30분후 물상승) 현상으로 표면에 떠올라서 가라앉은 물질.

그리고 침하 균열은 최종마무리 후에도 계속 발생하는 경우가 많으므로 계속 관찰을 하여 필요한 조치를 취한다.

어초제작 완료後 주요 수행 사항

△ 양생은 초기 24시간 지속적 습윤양생을 실시

△ 최소 5일간 연속 습윤양생(양생포 사용)

△ 거푸집 해체(옆24시간, 밑48시간)

△ 전치시기는 7일이후 실시

△ 압축강도 시험

공사체의 압축강도는 시험중에 공사체가 받는 최대하중을 유효숫자 3위까지 기록하고 또 이것을 공사체의 단면적으로 나눈 값을 압축강도로 하고 1kg/cm²의 정밀도까지 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{※ (압축강도, kg/cm}^2\text{)} &= \\ & \frac{P(\text{최대하중, kg})}{A(\text{공사체단면적, cm}^2)} \end{aligned}$$

시험한 공사체중에 1개가 평균치보다 10%이상의 편차를

나타낼 때는 그 공사체는 압축강도 계산에 넣지 않는다.

시험한 공사체중에서 2개가 10%이상의 편차를 나타낼 때는 평균치로 표시할 수 없으며 압축강도는 개개의 값으로 표시하며 그 사실을 명기한다.

△ 콘크리트 구조체의 조사 (비파괴시험)

콘크리트를 햄머로 타격하여 얻어진 콘크리트의 반발경도로써 강도를 추정하는 방법으로 이 햄머타격법은 1948년 스위스의 슈밋트가 개발한 이래 흔히 현장에서는 슈밋트 햄머시험이라고 칭하기도 한다.

당초 개발시 슈밋트는 수많은 정육면체의 공사체를 만들어 햄머로 타격한 반발 치와 공사체가 압축강도 치에서 나온 수치를 비교하여 확정 반발 치로 만들었으며 그 공식은 전 세계적으로 널리 사용되고 있다.

- 햄머의 종류와 특성

N형은 충격에너지 2.207 Nm(0.075kgm)의 시험은 보통 소형콘크리트 구조물의 테스트에 사용하고, M형은 충격에너지 29.43Nm(3kgm)로서 콘크리트층이 두꺼운 댐, 비행장의 활주로 등에 사용하며, 기타 NR형, L형, LB형, P형 등이 있다.

- 햄머사용법

· 콘크리트 타설 후 28일의

양생기간이 지난 후 실시해야 한다.

· 콘크리트 타설 후 상당기간이 경과되면 표면이 탄질석 회암으로 변하게 되므로 표면을 모두 제거하고 30번 정도의 연마지로 조금 거칠게 한 후 타격하여야 한다.

· 조사체에 마킹한 후 보통 1~20번까지 20회 타격한 후 그중 가장 높은 치 1개와 가장 낮은 치 1개를 버린 후 나머지 18개의 리바운드 치로서 그 평균을 환산하여 사용한다.

· 햄머테스트 리바운드 기록 표시는 모두 수평적인 충격 방향의 표면에 대한 표시이기 때문에 경사면, 상향, 하향(수직 아래보기) 등의 반발 치를 조사할 때 리바운드 수치 Ra는 아래와 같은 눈금표시를 정정하여야 한다.

· 콘크리트의 강도계산법

구 분	강도계산법
- 일본 건축학회식	FC(압축강도) = 215vc-620
- 김무한, 윤석천, 오상근 추정식	FC = 366vc-1194
- 오창희의 추정식	기중양생 FC = 280vc-980 수중양생 FC = 510vc-2010
- 기타	

· 콘크리트가 물에 젖어 있을 때 테스트용 햄머로서 타격을 가하면 리바운드 수치는 아주 낮게 나타난다. 따라서 가능한 건조상태에서 조사함이 타당함

98인공어초시설사업 추진 실태 점검시 지적사례

98년도 인공어초 시설사업 추진실태 점검시 점검사항은 다음과 같다.

△사각어초 파괴 후 철근피복두께를 검측한 결과 2~3cm

로서 철근 피복두께 부족으로 해수와 같은 염화물에 의하여 철근산화 우려 ⇒ 콘크리트 타설시 철근 간격재(콘크리트재)를 사용하여 피복두께 유지 및 철근노출 방지 △잠보형어초 조립시 패널과 링을 연결하는 볼트의 부식방지를 위한 보호 조치 없이 제작 △콘크리트 타설시 레미콘 배출기간 단축 및 다짐을 하지 않고 제작함으로 썬블룸(기포발생) 및 재료 분리현상 발생 △양생이 되기 전에 전치운반 등으로 모서리 파손 ⇒ 습윤양생(5일이상)후 전치운반(7일이상) 조치 △거푸집 해체후 양생포 미사용으로 직사광선이나 바람에 의해 수분증발 등으로 균열발생 △건설(어초)공사 감독자업무 서류의 종류 및 서식과 기록상태 미흡 ⇒ 건설기술관리법 제35조(시행령 제56조) 규정에 의거 동법 시행규칙 제43조(건설공사 감독자 업무지침) 서식으로 작성비치 하여야 한다.

리바운드 수치(Ra)	경사각도 a의 수정			
	상단(Over Head)		하단(수직 아래보기)	
	+90°	+45°	-45°	-90°
10			+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

△품질시험계획 미수립 ⇒ 건설기술관리법 제24조(시행령 제41조제2항) 규정에 의거 동법 시행규칙 제15조2에 있는 품질시험계획의 내용으로 작성 비치하여야 한다. 작성자는 건설업자, 주택건설업자. 대상은 총공사비가 5억원 이상인 토목공사, 연면적 660㎡이상인 건축공사, 총공사비가 2억원 이상인 전문공사. 확인은 발주자이다. △부실어초 유형 ⇒ 철근노출(17%), 재료분리(18%), 모서리파손(5%), 균열(5%), 기타 부분적 재료분리 및 조잡시공(60%)이 반 이상을 차지하고 있다.

시공 체크리스트

철근가공 및 조립의 점검내용

△철근과 거푸집간의 간격은 스페이서를 이용하여 정확하게 유지시키는가 △철근을 조립하기 전에 들떠있는 녹과 유분점토 등 부착을 해칠 우려가 있는 것을 제거하였는가 △콘크리트 타설 전의 철근배근상태는 양호한가(규격, 수량, 간격, 이음부, 유효고, 겹이음길이) △철근의 겹이음은 소정의 길이로 겹쳐서 0.9mm이상의 연한 철선으로 견고하게 동여매는가 △철근은 설계서 및 도면에 표시된 형상과 치수에 잘 맞도록 재질을 해치지 않는 방

법으로 가공하였는가.

※ 해수를 철근 콘크리트에 사용하지 않았는가.

거푸집 설치

△모르터가 새어나올 염려는 없는가 △거푸집 안쪽에 Form oil 도포상태는 확인하였는가 △거푸집을 조이는데 강재볼트나 봉을 사용하였는가 △모서리부분에 모따기는 실시하였는가.

콘크리트 타설

△콘크리트타설시 아지테이터 및 펌프카에 가수(加水)하는 일은 없는가 △한 작업구역내의 콘크리트는 치기를 완료할 때까지 연속으로 치는가 △콘크리트를 치는 도중 또는 치기직후에 붓다지기 또는 진동으로 충분히 다지는가 △진동은 충분히 실시하고 뿔을 때는 천천히 뿔아내는가 △타설이 끝난후 남은 콘크리트를 버리는 곳을 미리 계획하였는가.

양생

△승인된 섬유거적으로(양생포) 덮어 계속 습윤상태로 유지하였는가 △타설후 초기강도가 생기는 최초 5일간은 무거운 짐을 올리거나 유해한 충격을 주지 않았는가 △타설후 초기강도가 생기는 동안의 보호대책은 되었는가.

레미콘 공장선정

△KS허가공장으로 지정된 레미콘공장인가(비 KS허가공장 선정시 별도 품질관리 대책 강구) △품질관리를 실시할 수 있는 시험실은 구비되었는가 △품질관리를 할 수 있는 현장 시험실 요원이 고정 배치되었는가 △현장 도착 운반시간, 혼합시간, 생산능력, 운반차 보유 대수 등 제반사항을 확인하였는가.

레미콘 현장검수

△제 기준대로 품질시험을 실시하고 있는가 - 압축강도(공시체제작) : 배합이 다를 때마다, 150㎡마다 △슬럼프, 공기량 : 배합이 다를 때마다, 1일1회 이상.

<슬럼프>

슬럼프(cm)	허용차(cm)
2.5	±1
5~6.5	±1.5
8~18	±2.5
21	±3.0

<공기량>: 허용치 ±1.5이내

△현장 도착시 트럭 아지테이터의 드럼속의 콘크리트 슬럼프차이는 허용범위 이내인가 - 1/4과 3/4지점의 슬럼프의 차이 : 3cm이내 △현장 도착 콘크리트 슬럼프 저하로 시공 불가능시 별도의 방안이 강구되었는가(운반시간 지체 등 슬럼프손실로 시공곤란시 가수된 레미콘은 폐기처분). 