

# 친환경 저수조를 위한 고밀도 폴리에틸렌과 저열성 콘크리트 합성재료 개발

## Material Development of Eco Water Tank with High Density Polyethylene and Low-temperature Concrete

장 준 호<sup>1)\*</sup>

Chang, Chun Ho

### Abstract

The purpose of this study is to evaluate the new eco water tank which is made of high density polyethylene and concrete with low temperature cement. The strength and failure mode of eco water tank was examined through tensile test with mixture of concrete and HDPE, temperature monitoring for various kind of concrete, admixture contains etc. The strength and failure mode were examined through tensile test with mixture of concrete and HDPE, temperature monitoring for different kinds of concrete, strength test with different admixtures etc. It was found that shear connector between concrete and HDPE effects significantly contributed to the combined structures.  $\Gamma$  type shear connector results in tensile strength of up to 40% compared to that of V type shear connector. Based on test result, the new eco composite tank improved the stability and safety the old one and demonstrated the applicability and capability.

**Keywords** : High density polyethylene, Low temperature concrete, Eco water tank, Shear connector

### 1. 서론

국내에서 수돗물 수질악화와 불신을 유발하는 가장 큰 원인중의 하나가 수도꼭지에서 나오는 이물질과 적수 등의 발생이다. 이러한 이유는 수돗물 오염으로 인한 집단 민원을 제기하는 사례를 증가시키는 대표적인 원인으로 작용<sup>1,2)</sup>하고 있다. 최근에 제기되고 있는 수돗물에서의 병원성미생물 발생에 대한 논쟁과 언론을 통한 직접적인 저수조의 노후에 대한 보도는 이러한 환경문제의 불신을 더욱 가중시키고 있다. 정부는 지금까지 상수원 관리, 고도정수처리시설 도입과 운영, 노후 상수도관 개량 등에 많은 비용과 노력을 하고 있으나 투자에 비해 큰 효과를 거두지 못하고 있는 실정이다. 이는 수돗물 수질악화의 가장 큰 원인의 하나인 급수설비인 저수조로부터 야기<sup>3,4)</sup>되고 있기 때문이다. 전체 급수과정 중 저수조는 수도꼭지 이전의 급수라인 단계에서 수돗물을 공급하는 최종단계로서 건축물 내에 위치하고 있다. 이러한 수돗물 공급과정의 구조상, 상수원수가 아무리 깨끗하고 정수처리단계에서 안전한 수질이 생산된다 하더라도 수도꼭지까지 수질적으로 안전한 물의 공급은 어렵게 된다. 그러나 이

와 같은 건축물 내 저수조가 수돗물의 안정적인 공급을 위한 필수불가결한 시설물임에도 불구하고, 대부분 저수조 설치 시 수질안정성을 확보할 수 있는 저수조의 재질 선정, 구조적 특성, 위생적인 설치공간의 조성 등의 설계 조건이 적용되지 않고 있다. 비위생적 재질 또는 위생적 안전성에 대한 각종 조사결과에 의하면 저수조에 담수하고 있는 기간에도 오염이 될 수 있는 위험에 노출되어 있다고 보고<sup>5)</sup> 있다.

그래서 환경적으로 안전하면서도 구조적으로 안정한 저수조 개발을 위해 많은 노력을 기울어 왔고, 지금까지 콘크리트 저수조, FRP 저수조, SMC 저수조, 스테인레스 저수조 등이 개발, 시공<sup>6,7)</sup>되어 왔으나 많이 쓰인 콘크리트는 육각크롬 배출문제, 스테인레스 물탱크는 용접부위의 부식문제 등 환경적인 문제점을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다. 이에 구조적 안정성을 가지면서 친환경적인 저수조 개발을 필요성<sup>8,9)</sup>을 가지게 되었으며, 그 중에서도 고밀도 폴리에틸렌과 콘크리트를 합성시킨 친환경 저수조를 개발하게 되었다. 이 때 고밀도 폴리에틸렌과 콘크리트 구조의 일체화를 시키기 위해 콘크리트의 건조수축과 연결재의 부착강도<sup>14)</sup>를 파악하는 것이 중요하다고

1) 정회원, 계명대학교 토목공학과 조교수

\* Corresponding author : chunho@kmu.ac.kr 053-580-6702

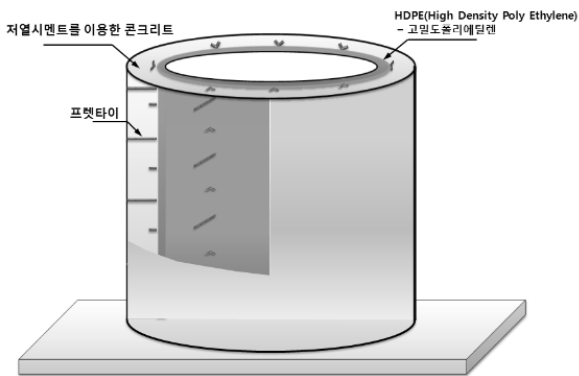
• 본 논문에 대한 토의를 2010년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2010년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

판단된다. 따라서, 연결부위의 다양한 형태의 전단키 (Shear key)를 시험하고 최적의 키 간격과 저항력을 알아보고자 한다.

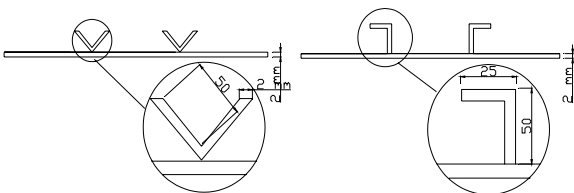
## 2. 실험개요

본 연구에서는 기존 콘크리트 저수조에서 발생할 수 있는 물질(육각크롬 등) 및 콘크리트 부식 등에 의한 오염을 방지하기 위하여, 고밀도 폴리에틸렌 재질(이하 HDPE)을 이용한 특수한 방수막을 형성하여 위생적이며 친환경적인 저수조 제조를 위한 저수조 내벽 시공법을 개발하고자 하였다. 개발공법은 기 타설된 콘크리트 면에 재료의 도포 및 접착이 가장 좋은 시공법<sup>10)</sup>으로 사료되나, 콘크리트와의 접착이 용이하지 않으므로 이탈방지부를 갖는 HDPE를 이용하여 콘크리트와 일체화되도록 하였다. 본 개발 공법의 성능 검토를 위하여 다양한 형태의 HDPE판넬과 콘크리트를 합성하여 일체화시킨 저수조에 대하여 성능을 평가하고자 한다.

이를 위하여 이탈방지부 형상과 프렛타이 모델에 따른 부착강도의 특성을 검토하였다. Fig. 1에서는 전체 저수조의 일반도와 HDPE판넬의 이탈방지부의 형상(V형, ㄱ형)을, Fig. 2에는 프렛타이 모델(단독, 결합)을 나타내었다. 여기서 프렛타이는 HDPE와 콘크리트의 결합력을 높이기 위한 연결장치로 구성되어 있다. 또한 HDPE와 콘크리트의 상호 열팽창계수 차이에 의해 탈락을 검토하기 위하여 온도를 20°C, 30°C, 40°C, 50°C로 변화시켜 콘크리트와 HDPE의 부착면 탈락여부를 평가하였다.



(a) Design of overall structure



(b) Reservoir The Detailed Connection Between Concrete and HDPE

Fig. 1 Configuration of The Proposed Reservoir

## 2.1 사용재료의 특성

기존의 콘크리트 저수조에서 발생 되는 오염을 방지하기 위하여 고밀도 합성수지 재질인 HDPE를 사용하였는데, 본 연구에 사용된 HDPE의 인체와 관련된 시험결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1과 같이 인체에 해를 미치는 물질의 기준치 시험결과 사용재료인 HDPE는 납, 카드뮴 등의 중금속은 검출되지 않았으며, 과망산 칼륨소비량, 증발잔류물 등은 허용기준치 이하로 나타나 인체에는 무해한 것으로 나타났다. 또한 저수조의 구조체로 형성되는 콘크리트의 건조수축을 억제하기 위하여 혼화재료로 플라이애쉬를 선택<sup>11)</sup>하였다. 실험에서 사용한 플라이애쉬는 충남 보령산으로 정제한 것을 사용하였으며 물리·화학적 성질을 Table 2에 나타내었다.

또한 콘크리트의 건조수축 균열 저감을 위하여 유기계 수축저감제를 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 3과 같다.

타설 콘크리트는 일반 콘크리트 구조물에 많이 쓰이는 규격인 재령 28일 압축강도 27MPa, 최대치수 25mm,

신규출원 제품 검증용 모델 단면도

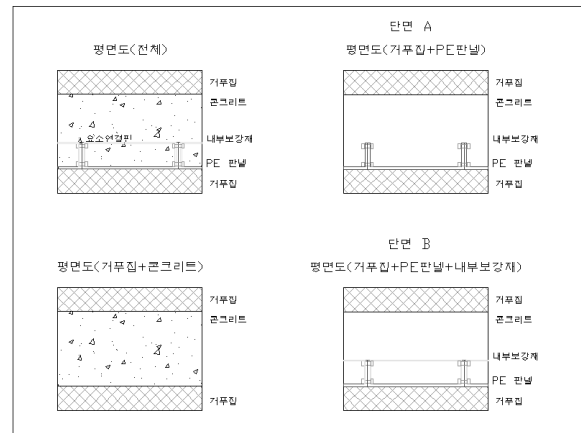


Fig. 2 The Fabrication of Test Specimen for Bonding Connection

Table 1 Test results of the harmful materials reference values<sup>1)</sup>

Test items	Unit	Sample classification	HDPE	Reference values
Lead	mg/kg	1	No detected	< 1.0
Cadmium	mg/kg	1	No detected	< 1.0
Heavy metal	mg/kg	1	Less than 1.0	< 1.0
Consumption of Potassium permanganate	mg/L	1	0.6	< 3.0
Evaporation residue	mg/L	1	4.5	< 5.0
State			Good	

Table 2 Physicochemical properties of the fly ash

Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Specific gravity	Ignition loss (Ig.loss)	Chemical components						
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Basicity
3,024	2.67	4.36	58.5	23.4	-	-	-	-	-

Table 3 Physical Property of the shrinkage-reducing agent

Material	Density	Components & Forms	pH
Shrinkage-reducing agent	0.990	White powder	6~7

Table 4 Concrete design of mix proportion

Standard	W/C (%)	S/a (%)	Unit contents (kg/m <sup>3</sup> )				
			W	C	S	G	AD
25-27-150	46.7	45.6	177	379	793	959	1.9

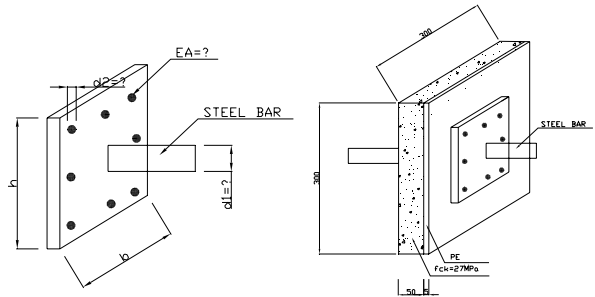


Fig. 3 Test plate of bond strength

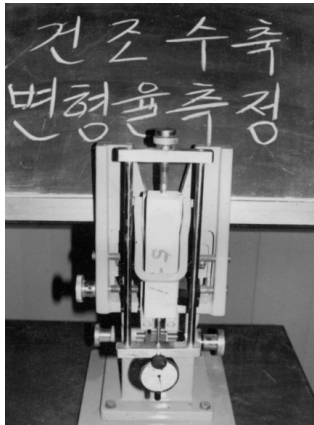


Photo 1 Measurement of Free shrinkage strain



Photo 2 Test set-up of bond strength

슬럼프 150mm의 규격을 사용하였다. 콘크리트의 배합설계표를 Table 4에 나타내었다.

## 2.2 측정항목

콘크리트의 건조수축량을 측정하기 위하여 본 연구에서 개발한 저수조 구조체의 측정은 첫 번째로 길이변화 시험을 실시하였으며, 길이변화 시험은 콘크리트의 자유수축 변형률 측정공시체를 재령 1일 후 탈형 직후에 Photo 1과 같이 Dial Indicator 0.01×10mm Comparator로 1회 측정을 행하고, 6일간 수중양생을 하여 재령 7일째 2회 측정을 행하여 이 시점을 기준으로 하였다. 2회 측정 후 공시체를 온도 20±1℃, 습도 60±5%의 항온항습조에 저장하였으며 소정의 재령에 있어서 길이 변화를 측정<sup>12)</sup>하여 아래 식(1)로 계산하였다.

$$\text{길이변화율} = \frac{(x_{01} - x_{02}) - (x_{i1} - x_{i2})}{L_0} \quad (1)$$

여기서,  $L_0$ 는 기준장,  $x_{01}$ ,  $x_{02}$ 는 기준 시점에서의 표준척과 공시체의 측정치,  $x_{i1}$ ,  $x_{i2}$ 는 각 시점  $i$ 에서의 표준척과 공시체의 측정치이다.

두 번째로 콘크리트와 HDPE 구조체의 부착강도를 측정해 보았다. 실험은 KS F2441 규정에 의해 하중재하를 분당 1mm 속도로 재하하였다. 이질적인 두 재료의 부착강도를 측정하기 위하여 Fig. 3과 같은 강재 플레이트를 제작하였으며, 시험체는 인장시험이 가능하게 하기 위하여 콘크리트 속에 D29의 이형철근을 매입하였다. HDPE와 강재플레이트의 결합을 위하여 볼트로 체결하여 2MN UTM으로 부착강도를 측정하였다. 콘크리트와 HDPE 시험체를 UTM(Universal Testing Machine)에 삽입한 전경을 Photo 2에 나타내었다.

또한 개발된 저수조에서 필히 점검해야할 사항으로써 우리나라 하절기 고온에서 재료의 팽창계수가 서로 다른 물질계면에 이격이 많이 발생할 경우, 그 간격사이로 물이 침투한다든지 단일구조체로써의 거동문제 등이 발생할 소지<sup>12)</sup>가 있다. 그래서 일체화 된 콘크리트와 HDPE 구조체를 온도에 의한 선팽창계수의 차이로 인한 탈락에



Photo 3 Test set-up of bond properties according to thermal conditions

대한 사용성 평가를 위하여 건조로에 넣고 온도를 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C로 변화시켜 24시간 적치한 후 부착특성을 검토하였다. 건조로에 넣은 시험전경은 Photo 3에 나타내었다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 사용콘크리트의 특성 고찰

HDPE가 강성과 구속력을 가질 경우 구속력과 수화열 등에 의한 건조수축 균열이 발생되며 이로 인한 HDPE와 콘크리트 부착면의 탈락 위험성을 줄이기 위해 사용콘크리트의 건조수축 저감방안을 검토하였다. 건조수축 저감방안으로써 첫 번째로 4종 저열포틀랜드시멘트와 두 번째로 시멘트일정량을 플라이애쉬를 치환 사용하였으며, 또한 혼화제로서 수축저감제 등의 사용도 검토하였다. 이들 각 재료 사용 시 콘크리트의 건조수축 특성은 다음과 같다.

일반적으로 콘크리트 제조 시 사용되는 시멘트는 보통 포틀랜드시멘트(OPC)이다. 그러나 수리구조물과 같이 수화열 등에 의한 건조수축 균열을 제어하기 위해서는 중용열 포틀랜드시멘트와 4종 저열포틀랜드시멘트 등<sup>13)</sup>도 사용되고 있다. 본 연구에서는 사용 시멘트의 종류에 따른 콘크리트의 건조수축특성을 검토하기 위하여 보통포틀랜드시멘트와 조강포틀랜드시멘트 및 저열포틀랜드시멘트를 비교검토 하였다.

Fig. 4와 같이 보통포틀랜드시멘트 사용 시 재령 8주에서 건조수축량은 약 1000 $\mu\text{m}$ 로 나타났으며, 조강포틀랜드시멘트의 경우에는 약 1200 $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 또한 저열포틀랜드시멘트의 경우에는 약 800 $\mu\text{m}$ 로 나타나 보통시멘트 사용 시 보다 약 20%정도의 건조수축량을 감소시키는 것으로 나타났다. 위 실험결과에 나타난 바와 같이 건조수축 균열 등의 저감이 요구되는 구조물에서는 보통시멘트의 사용보다는 저열시멘트를 사용하는 것이 건조수축을 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서

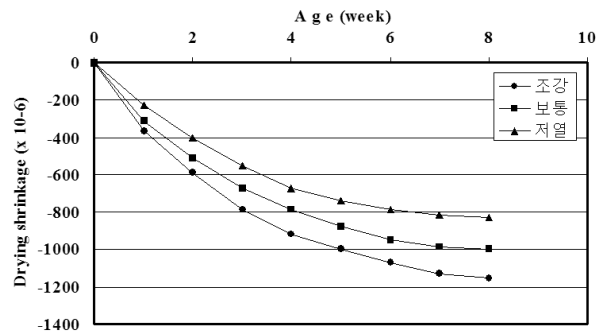


Fig. 4 Properties of drying shrinkage according to cement types

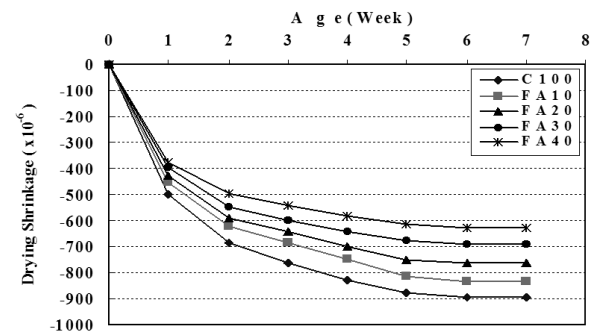


Fig. 5 Properties of drying shrinkage according to replacement ratios of fly ash

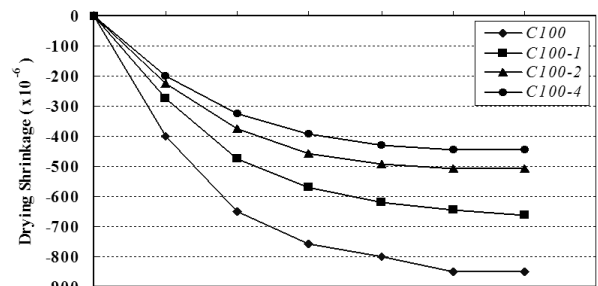


Fig. 6 Properties of drying shrinkage according to shrinkage-reducing agent substitution

의 HDPE와의 일체화를 위해서는 콘크리트의 건조수축을 저감시킴으로써 HDPE와의 일체화에 효과적일 것으로 판단된다.

플라이애쉬는 수화열 저감 및 건조수축 저감을 위해서 사용되는 혼화재료이다. 본 연구에서는 플라이애쉬 치환율에 따른 건조수축 특성을 알아보고자 플라이애쉬 치환율을 0, 10, 20, 30, 40%로 변화시켜 길이변화를 측정하였다. Fig. 5에 플라이애쉬 치환율에 따른 콘크리트의 길이변화 특성을 나타내었다.

Fig. 5에서 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 건조수축량은 감소함을 알 수 있다. 또한 플라이애쉬 무치환시 재령 7주에서 약 900 $\mu\text{m}$ 의 길이변화율을 나타내었으나 플라이애쉬 40%치환시 약 620 $\mu\text{m}$ 의 길이변화율을 나타

내어 콘크리트의 건조수축량을 약 30%정도 줄일 수 있었다.

마지막으로 가장 간편한 콘크리트의 건조수축 저감방안인 유기계 혼화제 수축저감제를 사용하였다. 수축저감제는 시멘트사용량의 0, 1.0, 2.0, 4.0% 변화시켜 사용량에 따른 콘크리트의 길이변화 특성을 조사하였다.

Fig. 6은 유기계 수축저감제를 사용하여 치환율에 따른 콘크리트의 건조수축 특성을 나타낸 것으로 수축저감제 치환량이 증가할수록 건조수축량은 감소하고 있다. 이 그림에서 수축저감제 1% 사용 시 25%, 2% 사용 시 40%, 4% 사용 시 50%정도의 수축저감 효과를 나타내어 수축저감제의 사용은 건조수축량을 줄이는데 효과적인 것으로 나타났다.

### 3.2 콘크리트와 HDPE의 부착강도

Table 5와 같이 이탈방지부의 형상에 따른 부착 탈락 시까지의 최대하중은  $\Gamma$ 형의 경우 24.3kN으로 V형의 14.1kN보다 높게 나타났으며, 프렛타이의 경우 결합형의 최대하중이 25.2kN으로 단독형의 12.3kN보다 높게 나타났다. 인장시험 후 부착 탈락면의 형상은  $\Gamma$ 형과 V형 모두 용접부에서 끊어졌다. 이것은 이탈방지부 용접 시 용접부의 응력감소 또는 용접 불량 등에 기인한 것으로 향후 HDPE의 이탈방지부 제작 시에는 용접불량을 최소화하고, 용접부위의 응력이 감소되지 않는 방법을 검토할 필요가 있다. Fig. 7에 이탈방지부 형상에 따른 하중-변위 곡선을 나타내었다.

Fig. 7과 같이 이탈방지부 형상에 따른 부착특성은 이

탈방지부의 형상이  $\Gamma$ 형인 경우 최대하중 24.3kN에서 약 75mm의 변형 후 부착이 탈락되었으나, V형의 경우에는 최대하중 14.1kN, 변위 92mm에서 탈락되었다. 실험 결과에 의하면 이탈방지부의 형상은  $\Gamma$ 형이 V형 보다는 부착특성이 약 2배 정도 높은 것으로 나타났다. 프렛타이 모델의 종류에 따른 실험결과 부착면 탈락 시 최대하중은 결합형이 25.3kN으로 단독형 12.3kN보다 높게 나타났다. 또한 부착 탈락면의 형상은 두 가지를 고려하였는데 하나는 전체를 일체로 만든 단독형과 독립된 피스를 연결한 결합형 두가지를 테스트 하였다. 단독형과 결합형 모두 HDPE 절곡부분과 프렛타이 결합부에 끊어졌다. 이것은 HDPE의 절곡으로 인한 절곡부의 응력감소와 HDPE와 프렛타이의 볼트 결합을 위해 천공된 부분의 응력집중으로 인한 것으로 판단된다.

위 그래프에서 발생한 최대변위는 최대하중 25.2kN에서 약 120mm의 변형 후 부착이 탈락되었으나, 단독형의 경우에는 최대하중 12.3kN, 변위 61mm에서 탈락되었다. 이와 같이 프렛타이 모델 종류는 결합형이 단독형보다는 높은 부착특성을 나타내었다. 이탈방지부의 형상에 따른 콘크리트와 부착력 측정후의 파괴양상을 Photo 4에 나타내었다.

Photo 4에서 V형과  $\Gamma$ 형의 파괴형상은 이탈방지부의 용접부분이 파괴되어 이탈방지부의 형상보다는 용접부의 보강이 필요한 것으로 판단된다.

프렛타이 모델의 종류에 따른 콘크리트와 부착력 측정후의 파괴양상을 Photo 5에 나타내었다.

Photo 5에서 프렛타이 모델의 파괴형상은 HDPE의 절곡부분과 HDPE와 프렛타이의 연결부분에서 파괴되었다.

Table 5 Bond strength test results of the preventing separation and flat tie model

Type		Maximum strength (kN)	Bond strength (MPa)	Displacement at peak (mm)	Note [Bonding area]
Preventing separation	Type of V	14.1	0.16	92	300mm×300mm
	Type of $\Gamma$	24.3	0.27	75	300mm×300mm
Flat tie model	Stand-Alone	12.3	0.15	61	200mm×400mm
	Multiple	25.2	0.21	120	300mm×400mm

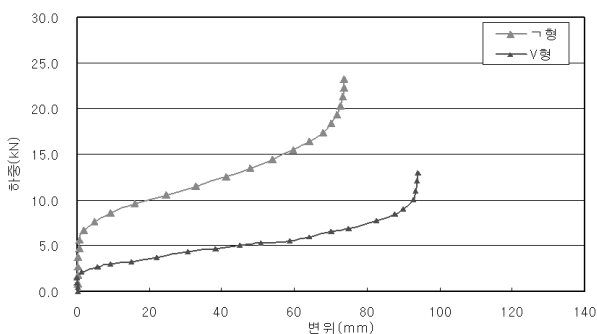


Fig. 7 Load-displacement curves according to shape of preventing separation

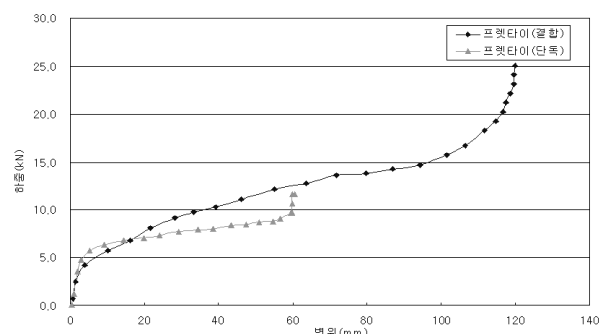
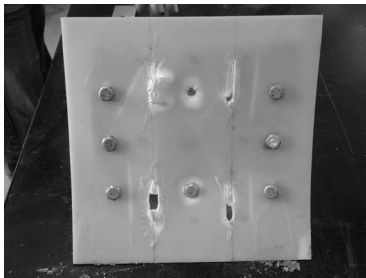
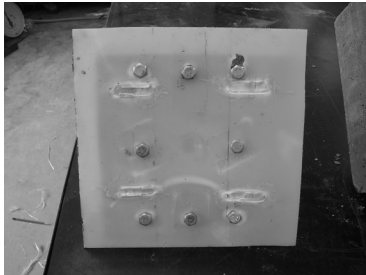


Fig. 8 Load-displacement curves according to shape of flat tie model



(a) Shape of V

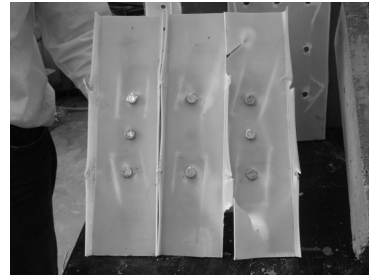


(b) Shape of ㄱ

Photo 4 Delamination shape of the preventing separation





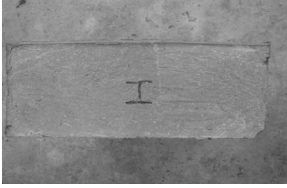


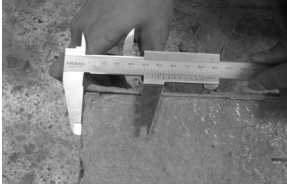




(a) Stand-Alone



(b) Multiple

Photo 5 Failure mode of the flat ties

Table 6 Bond Properties of concrete and HDPE according to thermal conditions

Temperature	View of delamination		Perent of delamination(Length)
20℃			0
30℃			0
40℃			14%(42mm)
50℃			20%(65mm)
60℃			27%(81mm)

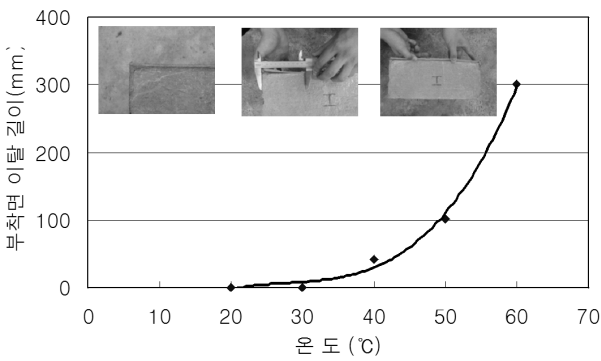


Fig. 9 Delamination Length of bond surface according to thermal conditions

이는 HDPE의 절곡으로 인한 절곡부의 응력감소와 HDPE와 프렛타이의 볼트 결합을 위해 천공된 부분의 응력집중으로 인한 것으로 판단된다.

### 3.3 온도조건에 따른 부착특성

본 연구에서는 HDPE와 콘크리트는 서로 다른 이질재료로 일체화 된 콘크리트와 HDPE의 사용성 평가를 위하여 온도환경은 외기온도 20°C를 기준으로 30°C, 40°C, 50°C, 60°C로 변화시켜 온도조건에 따른 부착부분 탈락 여부 특성을 측정하였다. Table 6에 온도변화에 따른 콘크리트와 HDPE의 부착 특성을 나타내었다.

Table 6에서 온도변화에 따른 HDPE의 부착 특성을 검토한 결과 30°C까지는 콘크리트와 HDPE의 부착면 탈락이 일어나지 않았으나 40°C에서부터 탈락되기 시작하여 온도조건 60°C에서는 콘크리트와 HDPE의 부착면이 완전한 탈락이 발생되었다. Fig. 9에 온도조건에 따른 부착면 탈락 길이를 나타내었다.

Fig. 9에서 부착면의 탈락은 온도조건 30°C까지는 발생되지 않았으나, 온도조건 40°C에서 42mm 탈락되어 온도조건 50°C에서 65mm 탈락되었으며, 온도조건 60°C에서는 콘크리트와 HDPE는 81mm 탈락되었다. 이것은 서로 다른 이질재인 콘크리트와 HDPE의 선폽창계수의 차이에 기인한 것으로 여름철 고온에 의한 콘크리트와 HDPE의 선폽창계수의 차이에 의한 부착면 탈락 가능성이 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에서의 이탈 방지부와 프렛타이 등을 만들 경우 고온에서 선폽창계수의 차이에 의한 부착면의 이격은 매우 미소할 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 인체에 무해한 고밀도 합성수지와 저열성 콘크리트의 합성 친환경 저수조 개발을 목적으로 하여

구조체로써의 강도, 사용성 테스트를 실시하였다. 본 논문에서 여러 시멘트의 건조수축 특성, 플라이애쉬 혼화제 사용에 따른 건조수축 특성, 수축저감제 치환량에 따른 건조수축 특성, 이탈방지부 형상과 프렛타이 모델의 부착 강도 성능을 검토하였다. 본 연구에서 수행된 친환경 저수조 제작을 위한 합성체에 대한 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 콘크리트와 고밀도 합성수지와와의 결합력을 높이기 위해 콘크리트의 혼화제로써 플라이애쉬를 사용하여 40% 치환 시 620 $\mu$ m의 길이변화율을 나타내어 무치환시 대비 30%의 건조수축 축소효과를 확인할 수 있었다. 다만 플라이애쉬 30%이상 치환 시에는 조기강도가 저하되는 경향이 있어 실제 시공 시에는 이에 대한 충분한 대비가 필요하다고 판단된다.
- 2) 유기계 수축저감제를 1%~4% 사용한 경우 4% 사용하였을 경우 50%정도의 수축저감 효과를 나타내어 기존 콘크리트 믹스 시 유기계 수축저감제를 이용한다면 보다 유용하게 수축저감을 통한 콘크리트와 고밀도 합성수지의 결합력을 높일 수 있게 되었다.
- 3) 고밀도 합성수지와 콘크리트 결합력을 높이기 위한 이탈방지부 형상  $\Gamma$ 형과 V형 중에서  $\Gamma$ 형이 최대 하중을 24.3kN을 지지함으로써 V형보다 40%이상 우수한 성능을 나타내었으며, 또한 HDPE 용접횟수도 줄일 수 있으므로  $\Gamma$ 형 이탈방지부를 활용하는 것이 유리하다고 판단되었다. 다만 인장시험에서 파단부위가 용접부이므로 용접 시 세밀한 주의가 필요하다.
- 4) 콘크리트와 고밀도 합성수지 재료의 선폽창계수 차이로 인해 이탈방지부가 없는 시험체가 건조로에서 40°C에서 42mm 이격이 발생되었지만 이탈방지부가 있는 구조체에서는 연결부위의 이격을 상당히 줄여 줄 수 있다고 판단된다.

### 참고문헌

1. 이현동, “수돗물 2차오염의 현황분석과 대응방안”, 대한환경위생공학회 심포지움, 2001, pp.41-116.
2. Cox C. R, “Operations and Control of Water Treatment Processes”, World Organization, Geneva.
3. 김수원, “배수계통에서의 수돗물 2차 오염실태와 저감방안”, 계명대학교 낙공강환경원, 제4권 제1호, 1999, pp.1-18.
4. 이현동, “소형저수조의 실태조사와 효율적 관리방안”, 대한환경공학회 추계학술연구발표회, 2006, pp.1264-1269.
5. 문광순, “환경친화적인 위생저수조 및 옥내배관 시스템의 유지관리기술 개발”, 한국계면공학연구소 보고서, 환경부, 2004.
6. 우달식, 김주환, 최명수, “국내 저수조와 옥내배수관 유지관리 현황 및 향후 개선 방안”, 한국상수도협회지, 제9권, 2005.
7. 이종진, 오창원, 여승의, “폴리에틸렌시트를 이용한 콘크리트 지하저수조 기계고정식 절연방수공법에 관한 연구”, 한국건축

- 시공학회 학술발표대회 논문집, Vol. 5 No. 2, 2005.
8. AMERICAL WATER WORKS ASSOCIATION, AWWA STANDARD for LIQUID EPOXY COATING SYSTEMS FOR THE INTERIOR OF STEEL WATER PIPELINES.
  9. Nieminski, E. C., et al., "The occurrence of DBPs in Utah drinking waters", AWWA, Vol. 85, No. 9, 1993, p. 98.
  10. 강문영, 편해완, "철근콘크리트 원통형 물탱크의 최적설계에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, Vol. 12 No. 1, 1992.
  11. 各種フライアッシュがコンクリートの諸物性に及ぼす影響, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996, pp.351-356.
  12. 한국표준협회, KS F 2595, 콘크리트 건조수축 균열 시험방법, 2009.
  13. 淺井あかね, 近藤吾郎, 森田司郎, "溫度依存性を考慮したセメントの水和發熱特性", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996, pp.231-236.
  14. 홍건호, 최동욱, 최완철, 홍기섭, "높은 마디면적 고상도 철근의 부착강도에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회 논문집, Vol. 17, No. 3, 2005. pp.375-384

(접수일자 : 2010년 3월 29일)  
(심사완료일자 : 2010년 4월 21일)

## 요 지

본 연구의 목적은 저열 시멘트를 활용한 콘크리트와 고밀도 폴리에틸렌을 활용한 친환경 저수조를 평가하는 것이다. 친환경 저수조의 강도와 파괴모드를 평가하기 위하여 콘크리트와 고밀도 폴리에틸렌 복합체의 인장강도 시험, 다양한 종류의 콘크리트 수화열 실험, 다양한 혼화재를 활용한 수화열 실험 등을 수행하였다. 수행결과 전단기가 콘크리트와 고밀도 폴리에틸렌의 복합체로 거동할 수 있는 중요한 역할을 한다는 것을 규명하였고, Ⅰ 타입의 전단기가 V 타입보다 40% 이상 인장강도를 증진시킨다는 것을 보여주었다. 연구결과 새로운 친환경 저수조는 기존의 콘크리트 저수조보다 안전성을 개선시키며, 보다 적용성과 활용성이 많은 것으로 기대된다.

**핵심 용어 :** 고밀도 폴리에틸렌, 저열성 콘크리트, 친환경 저수조, 전단기