

방화구획 틈새의 충전구조

1. 충전구조의 의미

내화충전재는 유해가스로 인한 인명피해를 방지하고 인접한 방화구획으로의 화재확산을 방지하는데 그 의미가 있다.

유해가스 확산은 재실자가 피난방향을 확보하는데 어려움을 줄 수 있으며, 유해가스 중독으로 인하여 재실자가 피난하고자 하는 의욕을 상실하게 될 수 있다. 따라서, 화재초기에 발생하는 연기나 유해가스는 인명피해에 주요 원인이 되기 때문에 이를 방지하기 위한 대책이 필요하다.

‘방화구획 부재간 접합부위’와 ‘설비관통 부위’는 화재시 취약한 부분이다. 화재발생시 이러한 접합부위 틈새로 많은 연기, 가스, 열기가 집중하게 되므로 이러한 부분은 구조부재의 변형·파괴 발생 및 인접 방화구획으로의 화재확산 가능성이 높아지게 된다. 화재가 방화구획을 넘어 확산되면 유해가

스와 연기가 확산, 화재 확산, 인명 및 재산피해로 이어지게 된다.

내화충전재는 이러한 접합부나 관통부위의 틈새는 내화성, 내구성, 밀폐성이 있는 구조로 시공되어야 유해가스, 연기, 화염이 상층부나 인접실로 확산되는 것을 방지할 수 있다.

2. 충전구조의 요구성능

- ① 내화특성 : 자체 발화되지 않으며 일정시간 내화능력
- ② 내구성능 : 건축수명과 함께 할 수 있는 수축 팽창이나 진동 외부압력에 견딜 수 있는 탄성 및 진동흡수력 등의 내구성능
- ③ 밀폐 및 방음성능 : 방화구획을 확실히 메꾸어 화재시 유해가스 차단할 수 있는 밀폐성능 및 확실한 방음성
- ④ 작업성, 개보수의 편리성 : 각종 건물 구조에 따라 작업성이 용이하며 개보수하고자 할 경우에는 필요부위에 추가시공이 편리하고 작은 파이프나 케이

블인 경우에는 그대로 재시공이 가능하여야 함.

3. 충전구조의 종류

3.1 실링(Sealing) 재료 형상에 따른 분류

(1) 탄성 실링 재료

가. 종류

- 1성분형 실링 : 제품이 포장되어 있어 그대로 사용할 수 있게 된 실링 재료
- 2성분형 실링 : 시공직전에 정해진 양을 혼합하여 사용

나. 유동성 상태이나 시간이 지나면서 탄성의 고무상태로 되는 실링 재료

다. 재료구성은 실리콘, 폴리우레탄 등의 액상고무에 광물질 충전재를 혼합한 것

라. 용도 : 유리주위, 실내 줄눈, 금속제 C/W, PC, 모멘트가 생기는 working joint에 주로 사용

(2) 비탄성 실링 재료

가. 유성 코킹재나 아스팔트 코팅재로 페이스트 형태로 굳어지고 나면 딱딱한 재질 형태로 됨

나. 충전부나 단면치수가 고

기술동향

르지 않아도 시공이 가능하며, 방수기능 발휘 가능하다. 재료구성은 광물질 충전재와 수지재를 혼합한 것라. 칼이나 주걱으로 밀어 넣는다.

(3) 정형 실링 재료

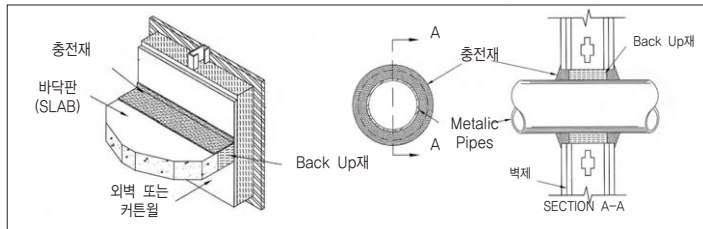
가. 가스켓이나 퍼티와 같이 미리 공장에서 성형 제작된 기성 실링 제품
나. 충전부 단면이 일정한 경우에 사용되며, 피착제를 눌러서 밀착시킨다.

3.2. 신축율에 따른 구분

- (1) 실란트(Sealant) : 신축허용율 $\pm 10\%$ 이상 조인트에 사용되어지는 제품으로 실리콘계, 변성실리콘계, 폴리설파이드계, 폴리우레탄계 등이 있음.
- (2) 코킹제(Caulking) : 신축허용율 $\pm 10\%$ 이하 조인트에 사용되어지는 제품으로 오일(OIL), 부틸(BUTYL), 아크릴(ACRYL) 등이 있음

3.3. 사용부위에 따른 구분

- (1) 방화구획 접합부위 : 벽체상부 접합(Head of Wall), 바닥간 접합(Floor to Floor),



벽체간 접합 (Wall to Wall), 바닥-벽체 접합(Floor to Wall)

- (2) 방화구획 관통부위 : 케이블 트레이 관통(Cable Tray), 덕트 관통(Dusts), 비금속 파이프 관통(Non-Metallic Pipes), 금속 파이프 관통(Metallic Pipes)

4. 현장시공방법

현장에서 실제 사용되는 불연재료로는 대부분 몰탈이나 암면으로 시공하고 있는데, 이러한 시공방법은 가격이 저렴하고 시공에 별도의 전문성이 필요하지 않는 장점을 가지고는 있으나, 틈새를 밀실하게 메우기 어려우며 화재시 인명피해 주범인 연소가스가 확산될 우려가 많은 단점을 지니고 있다.

5. 틈새관련 규정 및 시공방법

건축물의피난방화구조등에

관한규칙 제14조(방화구획의 설치기준) 제2조제2항에 따라 방화구획 관통부위는 불연재료로 메우도록 규정되어 있다.

■ 제14조(방화구획이 설치기준) 제2조제2항
금수관·배전관 기타의 관이 방화구획으로 되어 있는 부분을 관통하는 경우에는 그 관과 방화구획과의 틈을 시멘트모르타르 기타 불연재료로 메울 것

상기 규칙에는 케이블트레이(Cable Tray)관통 등의 방화구획 관통부위에 대하여만 규정하고 있으나 바닥-벽체 접합(Floor to Wall) 등의 방화구획 접합부위에 대하여도 틈새를 메울 수 있는 규정이 필요하며, 내화성·내구성·밀폐성 등의 성능이 확인된 충전구조가 시공될 수 있도록 규정이 필요하다.☞

■ 자료 제공 : 박진오(건설품질정책본부 선임연구원)
■ doyle@kictre.kr

초고성능 콘크리트의
개발 및 활용

1. 개요

초고성능 콘크리트는 프랑스, 일본, 호주, 캐나다, 미국 등 선진국에서 1990년대부터 연구가 시작되고 있으며, 초고강도와 고내구성 및 고인성 개념이 복합적으로 융합된 콘크리트를 일반적으로 의미한다.

지금까지의 연구를 살펴보면, 프랑스에서는 1992년 Bouygues가 중심이 되고 Larfaz와 Choida가 합류한 컨소시엄을 구성하여 설계압축강도 180MPa인 RPC(Reactive Powder Concrete)로 명명된 초고성능 콘크리트 실용화 기술을 개발하였으며, 일본은 건설성에서 1988년에 New RC Project를 실시하여 고성능 콘크리트 연구를 본격적으로 시작하였으며, 1988년 Tagaki는 보옥사이트를 곱은골재로 사용하고 혼화제로 실리카퓌름을 사용하여 160MPa의 초고성능을 얻었으며, 1991년 Kitamura는 구형 시멘트 콘크리트로서

140MPa의 압축강도를 실현하였다. 이후에도 지속적인 연구가 이루어져, 최근 Tanaka 등은 PC교량에 사용하는 200MPa의 초고성능 섬유보강 콘크리트를 개발하고 있다. 호주에서는 New South Wales 대학의 Gowripalan 교수팀을 중심으로 RPC를 활용하여 2004년 세계 최초의 RPC 도로교량인 Shepherd Gulley Creek Bridge를 준공한 바 있다. 이외에도 최근 미국과 유럽 여러 나라에서 초고성능 콘크리트에 관한 연구의 필요성을 인식하고 본격적인 연구를 진행하고 있다.

초고성능 콘크리트는 21세기 첨단형 시설물을 건설하기 위한 콘크리트 기술의 세계적인 흐름이고, 선진국과 다소 기술적 격차가 있지만, 우리나라에서도 초고성능 콘크리트 기술이 건설산업의 경쟁력 제고를 위하여 연구되고 있다.

2. 초고성능 콘크리트의 구성재료 및 제조기술 개발




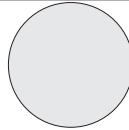
초고성능 콘크리트는 시멘트, 모래, 실리카퓌름, 충전재, 강

섬유, 고성능감수제 및 배합수로 배합 구성된다. 제조하는데 있어 가장 큰 어려움은 낮은 물결합재비 때문에 균질한 재료 구성의 확보와 원활한 작업성을 얻는데 있다. 비빔은 믹서기에 시멘트, 실리카퓌름, 충전재 그리고 골재를 넣고 10분간 건비빔을 한 다음, 배합수에 고성능 감수제를 혼합하여 넣고 10분간 비빔을 하는 과정으로 실시된다. 강섬유 혼입 시는 앞선 믹싱과정을 거친 후 페이스트의 분산을 확인하고 자동 분산기로 투입하면서 5분간 비빔을 실시한다. 양생방법은 포졸란 재료의 반응성을 높여 강도 등의 성능을 보다 향상시키기 위해서 콘크리트 타설 직후 약 24시간 정도 충분한 수분공급을 통한 초기양생을 수행한 후 약 24~48시간 정도 90℃ 고온증기 양생을 실시한다.

국내산 재료를 적극적으로 활용한 초고성능 콘크리트의 재료 및 배합구성을 토대로 각각의 구성인자가 콘크리트의 강도에 미치는 영향을 검토하여 초고성능 콘크리트의 최적

기술동향

표1. 구성재료의 평균입경

구분				
평균입경 (d50, μm)	실리카푼 0.2~0.3	충전재 10	시멘트 15~25	모래 200~300

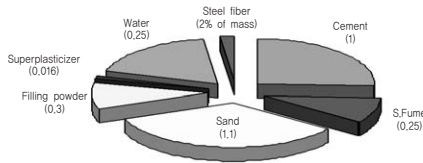


그림1. 체적구성비로 나타난 초고성능 콘크리트 재료구성

표2. 초고성능 콘크리트의 역학적 특성

특성	일반 콘크리트	섬유보강 콘크리트	초고성능 콘크리트
일축압축강도	21~28 MPa	30~50 MPa	150~200 MPa
할렬인장강도	2~3 MPa	4~8 MPa	19~26 MPa
탄성계수	21~35 GPa	30~40 GPa	43~50 GPa
포와송비	0.17~0.22	0.17~0.20	0.13~0.15
휨강도	1~3 MPa	5~15 MPa	15~60 MPa
거동특성	Brittle	Quasi-Brittle	Ductility
균열형상	Partial	Partial + Multiple	Multiple

표3. 초고성능 콘크리트의 종합적인 내구성 평가 결과

평가항목	종류	평가항목			비고
		일반 콘크리트	고강도 콘크리트	초고성능 콘크리트	
압축강도 (MPa)		30.3	58.7	168.5	KS F 2405
염해 저항성(충전하량: Coulombs)		2,445	178	2	ASTM C 1202
중성화(중성화 계수: mm/√days)		1,588	0.495	0.025	CO ₂ :10%
동결융해 저항성(내구성 지수: DF)		88.2	97.5	100	ASTM C 666
수밀성	투기성 (×10 ¹⁶ m ²)	0.1335	0.0475	0.01	직접가압장치
	투수성 (mm ³ /sec · Bar)	0.00362	0.00259	0.000472	
	투과성 (Coulombs)	776	135	1.1	
MIP(총공극량: ml/g)		0.1605	0.0874	0.0515	Auto Pore

매트릭스 구성인자를 도출하였다. 표1은 공극을 최소화하고 가장 밀실하게 재료를 충전할 수 있는 구성재료의 평균입경의 구성을 나타낸 것이며, 그림 1은 체적구성비로 나타난 초고성능 콘크리트의 배합구성을 나타낸다.

3. 초고성능 콘크리트의 강도 특성

초고성능 콘크리트의 압축강도, 인장강도 및 탄성계수, 그리고 휨강도 등의 역학적 특성을 규명하고, 응력-변형률 거동특성과 인장경화 및 연화구간의 특성을 실험을 통해 규명하였다. 개발한 초고성능 고성능 콘크리트는 약 200MPa의 압축강도를 가지고 일반적인 보통강도 콘크리트에 비해서 약 8배, 섬유보강 콘크리트에 대해서는 약 4배의 강도특성을 가진다. 표2는 초고성능 콘크리트의 역학적 특성을 정리한 것이다.

4. 초고성능 콘크리트 내구특성

종합적인 내구성 실험을 통해 초고성능 콘크리트의 탁월

기술동향

한 내구수명을 규명하였다. 초고성능 콘크리트는 압축강도, 염해저항성, 탄산화, 동결융해 및 수밀성 측면에서 고성능 콘크리트 및 보통강도 콘크리트에 비해 훨씬 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 초고성능 콘크리트가 시멘트 경화체의 조직이 매우 밀실하여 열화인자의 침입이 어렵기 때문이다. 따라서 초고성능 콘크리트를 실제 구조물에 적용할 경우 강도, 인성 등 역학적 성능 향상뿐만 아니라 염해, 탄산화 및 동결융해 저항성 등 내구성능이 매우 향상되며 단순 내구성 평가 측면에서는 200년 이상의 내구수명을 가질 수 있을 것이다. 표3은 초고성능 콘크리트의 종합적인 내구성 평가 결과를 나타낸 것이다.

5. 초고성능 콘크리트 활용

이와 같은 초고성능 콘크리트는 장대교량의 상부구조 콘크리트 부재, 내충격성 구조부재, 연성거동 특성을 활용한 내진 구조부재, 대구경 관로, 건축물의 부재 단면을 대폭 감소한 기둥,

보 및 슬래브 부재와 특수 구조(shell, pannel) 부재등으로 활용이 가능하다. 초고성능 콘크리트의 활용은 구조물의 단면 및 중량을 획기적으로 줄일 수 있고, 구조물의 수명향상에 큰 효과가 있으며 유지관리 비용의 절감을 기대할 수 있다.☞

- 자료 제공 : 콘크리트 교량의 내구성 향상 기술 개발, 2002-2005
초고성능 시멘트 복합재료를 활용한 교량 거더 개발, 2005
- 자료 제공 : 강수태(구조연구부 연구원)
■ alphard@kict.re.kr

실시간 도로 재난관리를 위한 지능형교통체계

1. 배경 및 필요성

자연재해는 피할 수 없지만, 도로 교통대란은 막을 수 있다. 그런데도, 우리나라 도로 관리청의 대응 능력은 다소 부족한 실정이다.

2004년 3월에는 고속도로 위에서 20시간 이상 수만 명의 차량 운전자와 가족들이 허기와 추위 속에 밤을 지새워야 한 적도 있었다. 이 폭설대란으로 장시간 고립됐던 피해자들에게 한



국도로공사는 1인당 30~50만원을 배상하라는 판결이 나왔다.

긴급 상황시 부적절한 도로관리에 대한 공공의 보상책임이 보다 명백해지고 있는 것이다.

따라서, 도로관리청은 재해 대처능력향상에 의해 인명과 재산 피해를 경감시킬 수 있는 방안을 강구하여야 한다. 이를 위해서는 신속한 재해정보수집과 의사결정이 필수적이다.

2. 해외사례

먼저, 실시간 재난 관리를 위해서는 검지체계가 필수적이다. 미국과 영국, 프랑스, 독일, 네덜란드, 일본 등에서는 도로

기술동향



그림1. 실시간 도로 재난 관리를 위한 도로 환경 감시 시스템(일본)

조건의 악화(비, 눈, 노면 결빙, 안개 등)로 인한 사고의 예방을 위해 각종 환경센서와 관리시스템을 365일 24시간 실시간으로 운영하고 있다.

태풍, 폭설, 국지적 강우에 의한 홍수 등의 재해는 신속한 의사결정을 하지 않으면 상당한 인명, 재산 피해를 낼 수 있다. 따라서, 재해 발생 지역으로부터 의사결정자에게 실시간으로 상황 정보가 제공되어야 한다.

3. 우리나라 현황 및 문제점

그러나 우리나라는 도로 재난 정보수집부터, 관리와 의사결정, 제공에 이르기까지 ‘수치화된 실시간 자료’가 부족하다. 현장의 영상 검지 화면과 함께 노면결빙, 폭설, 폭우 등을 검지한 환경 센서 자료가 확인되어야 한다. 또한, 교통정보와 기상정보의 정보통합기술 및 신속한 의사결정기술이 부족하다. 또한, 매체측면에서도 팩스, 전

화 등에 의한 의사결정으로 상황 발생 후 상당 시간이 흐른 뒤 의사결정이 이루어지고 있다. 단적으로, 우리나라는 도로 재해에 대한 신속 정확한 의사결정을 지원할 수 있는 도로환경 및 교통정보 인프라가 턱없이 부족한 실정이다.

4. 실시간 도로 재난관리 시스템의 기본 구성

기존의 CCTV, 팩스, 전화 등에 의한 도로재난 정보수집과

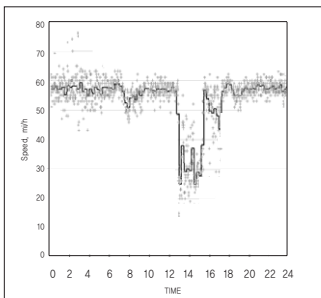


그림2. 재난 발생으로 인한 속도저하를 실시간으로 검지

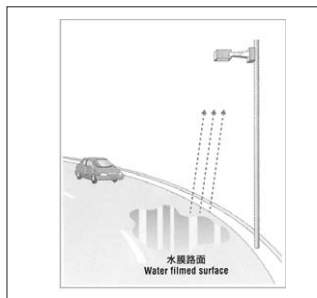


그림3. 노면 결빙에 의한 사고위험을 검지



그림4. 도로 재난관리를 위한 화상회의

기술동향

표1. 실시간 재난관리의 주요 기능 및 사고 감소 효과

실시간 재난관리의 주요 기능	사례 국가	사고 감소 효과(%)
노면결빙, 악천후 등 기상검지와 정보제공 (Weather monitoring and VMS)	유럽	30-40
전방 차량 등과의 충돌위험에 대한 경고 (Collision warning)	미국	33-40
재난 발생 이후 경찰차, 119, 도로관리청의 긴급 상황 대응(Emergency responses)	유럽	7-12
재난 발생 이후 진입 차량, 고립 차량 등의 경로우회(Dynamic route guidance)	미국	1
재난 발생 이후 기타 돌발 상황 관리 (Incident management)	미국	15

의사결정을 실시간 의사결정 지원 시스템으로 개편하여야 '실시간 재해관리'가 가능하다.

즉, 그림2와 같은 구간별 실시간 속도검지 시스템, 그림3과 같은 실시간 도로 환경 센서(노면결빙, 강우, 강설, 안개 센서 등), 그림4와 같은 화상회의 시스템을 구축하여야 도로재해에 긴급하게 대처할 수 있다.

5. 기대효과

표1은 실시간 재난관리의 주요 기능 및 사고감소 효과에 대해 유럽, 미국 등에서 시범사업을 통해 얻은 결과다. 사고감소로만 30~40%의 효과를 발생시키는 것으로 나타났다.

이들 국가에서는 그림5와 같이 1개 지점(point)이 아니라, 구

간(Route), 면(Network) 단위에서 실시간 재난관리 시스템을 구축하고 정보를 제공하고 있다. 도로는 속성상 연속성을 가지게 되므로 한 지점의 환경 개선이나 정보 제공은 타 지점으로 사고가 전이(migration)되는 현상을 발생시킬 수 있기 때문이다.

실시간 도로 재난관리 시스템은 운전자들에게 교통/기후 상황에 대해 적절한 정보를 제공하고 교통류를 관리함으로써 교통사고를 줄이고 도로 시설을 효율적으로 활용하며, 대규모 재난 시에 막대한 인명과 재산 피해를 경감시킬 수 있을 것이다.☞

- 자료 제공 : 1. Milliken G. M., et al., Managing Speed: Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limit, Special Report 254, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1998년
- 2. Robinson, M., Safety Applications of ITS in Rural Areas, Science Applications International Corporation, United States Department of Transportation, Washington, D.C., 2001년

■ 자료 제공 : 백남철(첨단도로시스템연구센터 선임연구원)

■ nc100@kict.re.kr

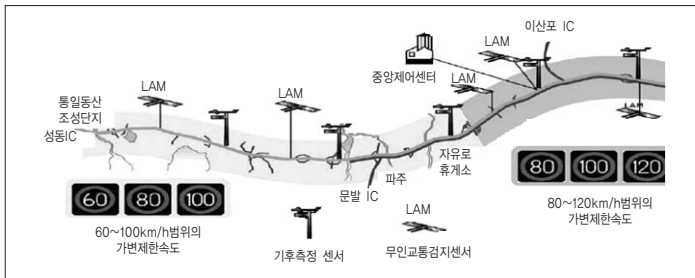


그림5. 구간 단위의 실시간 도로 재난관리 시스템 구성 개념도

비접촉식 하상 측정 시스템과 LIF기법의 하천수리실험에의 적용

1. 개요

하천수리실험은 하상의 실험 조건에 따라 고정상 실험과 이동상 실험으로 나눌 수 있다. 고정상 실험은 일반적으로 조도계수가 0.012 정도인 시멘트 모르타르로 하상을 제작하여 실제 하천의 조도계수와 일치하기 위해 표면에 자갈이나 인조 조도블록 또는 모르타르 블록을 붙여 조도계수를 조정한다. 그러나 이동상 실험은 모형의 축척에 따른 하상재료를 적절히 선정 후 하천 구조물이나 수리학적 조건 변화에 따른 하천 바닥의 세굴이나 퇴적 등의 수리현상을 예측하기 위해 실시한다. 이러한 이동상 실험에서 가장 중요한 점은 실험 전·후 하상을 측정하기 전까지 하상 교란 요인을 제거하는 것이다. 즉, 실험 초기단계에서 실험 공급유량을 공급하기까지 적절한 유량 조절을 하지 않을 경우 과도 세굴이 발생할 가능성이 있으며

실험 종료 후 급격한 유량 배제 또한 실제 퇴적과 세굴 현상을 왜곡시킨다. 이러한 하상교란요인 중 유량 배제에 의한 영향을 막기위해 실시간으로 하상의 세굴, 퇴적 및 유사이동 현상을 관측할 수 있는 측정방법들이 제시되어지고 있으며, 최근 실험 연구에서 적용되고 있는 비접촉식 하상 측정 시스템과 LIF 기법에 대해 소개하고자 한다.

2. 비접촉식 하상 측정 시스템

이동상 실험시 하상에 영향을 주지 않고 실시간으로 측정

하기위해 다양한 측정방법들이 많은 연구자들의 관심이 되었으며 특히 레이저를 이용한 실험기들이 정확성을 높이면서 여러 한계를 극복하여 왔다. 비접촉식 하상 측정시스템은 실험 중 초음파 센서를 통한 수위 측정과 동시에 레이저를 통한 하상 표고를 측정할 수 있다. 이는 서로 간섭현상을 주지 않는 초음파와 레이저를 이용하였기 때문에 그림1과 같이 근접한 센서 배치도 가능하다. 그림2와 같이 빛이 level C에서 반사되면 optical E에 의해 전향장치의 F지



그림1. 측정 센서

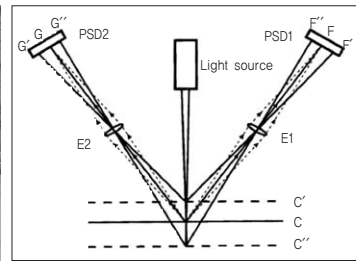


그림2. 측정 원리

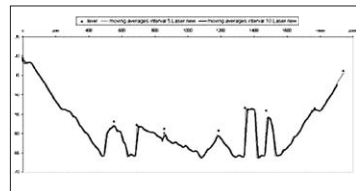
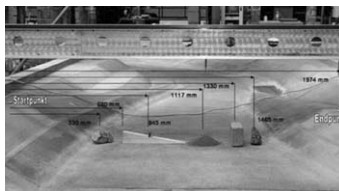


그림3. 다양한 물체가 존재하는 하상 측정

기술동향

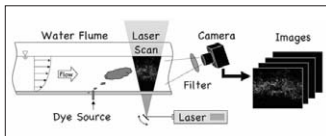


그림4. LIF system 개략도

점으로 초점이 맞춰지며 level C' 또는 C''에 물체가 존재하게 되면 F' 또는 F''에서 초점이 형성되는 삼각망을 형성하여 하상의 높이를 측정하게 된다. 따라서 실험수로에 적절한 대차를 제작한다면 실험 중에 하상의 변동을 실시간으로 측정할 수 있어 보다 정확한 하상 세굴 및 퇴적 현상을 분석할 수 있을 것이다.

3. LIF 기법

LIF(Laser Induced Fluorescence) 기법은 형광 염료를 통과하는 레이저의 에너지가 염료에 의해 흡수되어 재방출 될 때 다른 진동수를 나타내는 현상을 이용하여 CCD(Charged Coupled Device) 카메라를 통해 농도장 및 흐름장 등을 시각화하는 기법이다. 그림4는 LIF system의 장치 개략도를 나타내며 그림5는 LIF 기법을 이용하여 획득한 이미지로 부력류의 물리적 구

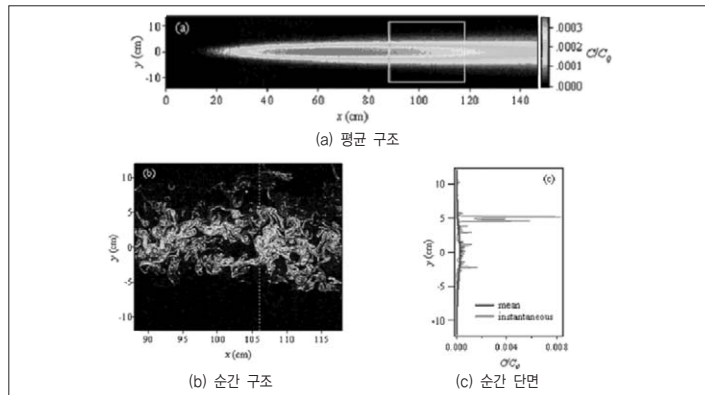


그림5. LIF 기법을 이용한 흐름 구조 시각화

조를 나타내는 농도장을 공간적으로 나타낸 것이다. 이러한 이미지 프레임들을 평균할 경우 부력류의 평균 농도가 가우스 분포형임을 알 수 있으며, 순간 이미지를 통해서도 난류의 공간적이고 순간적인 규모의 특성을 확인할 수 있다.

4. 맺음말

하천수리실험에서 정확한 자연현상을 예측하기 위해 실시간으로 하상 변동 및 영역별 수리특성을 계측할 수 있는 새로운 장비들이 지속적으로 개발되고 있다. 특히 비접촉식 하상 측정 시스템과 LIF 기법은 하상 계측과 흐름장 분석에 유용한 기법들이며, 기

존의 PIV기법과 탐침형 측정 장비들과 함께 사용할 수 있어 계측 정확도를 더욱 향상시킬 수 있다. 현재 이러한 장비들은 비용 및 기타 보조 시설들이 필요하여 대규모 실험에서는 적용하기 어려운 점이 있다. 그러나 이러한 기법의 사용으로 실험의 정확성을 제고하여 수리현상의 정밀분석을 가능하게 하므로 이동상에서 흐름특성(난류)을 연구하는데 기여할 것으로 예상된다.

- 자료 제공 : 다기능 하천 설계기준 실험검증사업, 2004-2005
윤용남(2002), 수리학
Dept. of Civil, Environmental, and Architectural Eng., University of Colorado at Boulder (John P. Omalid)
- 자료 제공 : 정상화(수자원연구부 연구원)
- kikirorah@kict.re.kr