

# CLSM(Controlled Low-Strength Material)의 주요 현황과 적용범위

## CLSM(Controlled Low-Strength Material) Trends and Applications



이대영 Dae-Young Lee  
한국건설기술연구원 연구위원  
E-mail : dylee@kict.re.kr

### 1. 개요

CLSM은 Controlled Low Strength Material의 약어로서, ACI 229 Committee에서는 재령 28일의 압축강도가 8.3 MPa 이하가 되도록 제어된 시멘트계 슬러리 재료로 정의하고 있다. CLSM은 유동성 뒷채움재, 급결성 유동화 뒷채움재, 다짐조절 충전재(Controlled Density Fill, CDF), 강도조절 충전재(Controlled Strength Fill, CSF), 유동성 플라이애시(Flowable ash) 등으로 불리고 있다. CLSM은 자가수평능력, 자가다짐, 유동성, 강도조절이 가능하고, 시공 후 재굴착이 용이하여 다짐이 어려운 지중매설물의 상부 채움재, 좁은 트렌치(trench) 채움재, 배면 채움재(backfill) 등에 주로 활용 되고 있다(Puppala et al., 2014)

특히 지중매설물 뒤채움재로 활용되는 경우 매설물의 안정성을 확보할 수 있는 충분한 강도를 발휘하면서도 재굴착 가능한 소요강도를 유지하는 것이 중요하다. 최근들어 국내에서도 하수관로 뒤채움재, 도로하부 공동채움, 터널구조물 배면 뒤채움재로 적용 실적이 증가하고 있다(환경부, 2016). 미콘크리트협회(ACI, American Concrete Institute)에서는 굴착유무와 방법에 따라 CLSM의 강도와 범위를 제안하고 있으며 일본에서는 적용대상에 따른 CLSM의 품질기준과 시공방법을 제시하고 있다. 본고에서는 국내외 연구동향 조사를 통해 CLSM의 현황과 적용방안을 소개 한다.

### 2. CLSM 현황

#### 2.1 재료

CLSM는 물, 포틀랜드시멘트, 플라이애시, 조립 및 세립 골재, 현장토 등의 재료를 주로 첨가하여 제작하고 있는데, 일부 CLSM은 물과 포틀랜드시멘트 그리고 플라이애시만 사용하여 제작하기도 한다. CLSM에 사용되는 모든 재료는 ASTM 규정에 적합한 것을 사용해야 하며, 혼합물은 현장 특성에 적합한 유동성, 강도, 밀도 등을 가지도록 제작한다. 경우에 따라서

는 석탄회, 준설토, 건설폐기물 등과 같은 비표준화된 골재를 사용하여 CLSM을 제작할 수도 있다. 미국에서 사용하는 유동성채움재의 일반적인 배합비는 [표 1]과 같다(Bland, 2003)

## 2.2 시공

CLSM의 혼합은 레미콘트럭, 퍼그밀, 콘크리트 믹서 등을 사용한다. 일반적으로 레미콘트럭을 이용한 혼합방법을 많이 사용하고 있으나, 대량의 CLSM을 혼합하는 경우에는 <그림 1>과 같이 플랜트형의 혼합장치를 사용하기도 한다. CLSM 시공은 슈트, 컨베이어, 버킷, 펌프 등 현장 조건에 적합한 장비를 이용하여 시공한다.

CLSM 시공 초기에는 주변 구조물에 정수압이 가해지므로 구조물 설계 시 이를 반드시 고려해야 한다. 심도가 깊은 곳에 시공하는 경우에는 퀵샌드(quick sand) 현상이 발생할 수 있으므로 주의해야 하며, 지하매설관 시공시 부력을 고려하여 설치해야 한다.

## 2.3. 품질기준

유동성 채움재는 초기유동성과 자기강도발현에 의해 양생이 진행되며, 사용 용도에 따라 요구되는 품질기준에 차이가 있다. 요구품질의 설정에 있어서 시공조건이나 적용 시설물의 중요성등을 고려하여 압축강도, 플로우 값, 블리딩율을 결정할 필요가 있다. 일반적으로 사용되는 기준치로는 압축강도는 0.3~0.5MPa, 플로우 값은 200~220mm, 블리딩 율은 3% 미만으로 알려져 있다. 일축압축강도를 기준으로 인력굴착의 경우 약 0.3MPa, 기계굴착의 경우 0.7~1.4MPa, 굴착이 필요하지 않은 경우 8.3MPa 이하로 규정하고 있다. CLSM의 단위중량은 약 14.1 ~ 15.7 kN/m<sup>3</sup>로 제한하고 있다(ACI committee 229R, 2005).

일본은 유동화 처리토 이용기술 매뉴얼을 통해 지하구조물 되메움, 지하공간, 소규모 공동, 매설관 되메움 등의 용도에 따른 품질기준(안)을 제시하고 있다. 지하구조물 되메움시 강도는 0.3MPa 이상, 옹벽 등의 뒤채움시 0.1MPa 이상, 지하공동 충전 시 0.1MPa 이상으로 제시하였다([표 2] 참조)

[표 1] 유동성채움재 배합비

Construction Application	Cement (lb/cu.yd)	Type F Fly Ash (lb/cu.yd)	Fine Sand Aggregate (lb/cu.yd)	Water (lb/cu.yd)	28day unconfined compressive strength (psi)
Backfill	50	250~300	2,700~2,800	400~500	80
Structural	200	250~300	2,800	380	1,000
Floor	100	250~300	3,100	300	500
Backfill (No Fly Ash)	100	9oz AEA (oz/cu.yd)	2,800~2,900	500	80



그림 1. 플랜트 형태의 혼합 장치

[표 2] 일본의 CLSM 용도별 품질 기준(안)

용도	적용대상	품질항목	품질규정	
지하구조물의 되메움	지하공동구, 건축물 지하부, 지하철, 개착 터널, 박스 칼버트 등	플로우값(유동성)	110 mm 이상 (타설시)	
		블리딩률(재료분리성)	1% 미만	
		처리토의 습윤밀도	1.5 g/m <sup>3</sup> 이상	
		일축압축강도	0.3 MPa 이상	
토목구조물의 뒤채움	옹벽, 교대 등	플로우값(유동성)	110 mm 이상 (타설시)	
		블리딩률(재료분리성)	1% 미만	
		처리토의 습윤밀도	1.6 g/m <sup>3</sup> 이상	
		일축압축강도	0.1 MPa 이상	
지하공간의 충전	폐광 및 갱도의 충전	플로우값(유동성)	200 mm 이상 (타설시)	
		블리딩률(재료분리성)	3% 미만	
		처리토의 습윤밀도	1.4 g/m <sup>3</sup> 이상	
		일축압축강도	0.3 MPa 이상	
소규모 공동의 충전	노면 하부 공동, 구조물 배면공동, 폐관 내부 등	플로우값(유동성)	200 mm 이상 (타설시)	
		블리딩률(재료분리성)	3% 미만	
		처리토의 습윤밀도	1.4 g/m <sup>3</sup> 이상	
		일축압축강도	0.3 MPa 이상	
매설관의 되메움	가스관, 상하수도관 등	최대 입경	관 주위 : 13 mm 이하	
		플로우값(유동성)	140 mm 이상 (타설시)	
		블리딩률(재료분리성)	3% 미만	
		처리토의 습윤밀도	1.4 g/m <sup>3</sup> 이상	
		일축압축강도	차도하부	교통개방시 : 0.13 MPa 이상 28일 후 : 0.2~0.6 MPa
			보도하부	교통개방시 : 0.05 MPa 이상 28일 후 : 0.2~0.6 MPa

### 3. CLSM 적용분야

미국에서의 CLSM의 적용분야는 매우 다양하며, 지반 굴착 되메우기, 지반공동채움, 지반보강, 구조물 뒤채움 등 지반 굴착 후 흙으로 되메우거나 뒤채움을 수행할 때 적용되고 있다. CLSM을 이용하여 옹벽 뒤채움 시공을 하는 경우에는 시공시 유동체의 횡압에 대한 고려를 반드시 해야 하며, 횡압을 경감하기 위해 층별로 시공하는 방법도 사용할 수 있음을 제안하고 있다.

Swan 등(2007)은 CLSM의 용도를 뒷채움(backfill), 구조

용채움(structural fill), 기타(other uses) 등으로 구분하고 각 세부 용도를 [표 3]과 같이 제시하였다.

[표 3] CLSM의 용도 분류

Backfill	Structural Fill	Other Uses
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sewer trenches</li> <li>• Utility trenches</li> <li>• Building excavations</li> <li>• Bridge abutments</li> <li>• Conduit trenches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Road base</li> <li>• Mud jacking</li> <li>• Sub-footing</li> <li>• Floor slab base</li> <li>• Pipe-bedding</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Underground storage tanks</li> <li>• Slope stabilization</li> <li>• Soil erosion control</li> <li>• Mud mats</li> <li>• Abandoned sewers and mines</li> </ul>

### 3.1 구조물 뒤채움

구조물 기초, 하수관로, 옹벽 등을 시공하기 위해 터파기한 부분에 구조물 시공 후 원지반 표면까지 되메움 한 후 다짐하는 작업을 한다. 유동성 채움재를 사용하는 경우 다짐이 필요 없으므로 일정한 다짐밀도를 유지할 수 있다. 또한 다짐으로 인한 진동으로 구조물에 피해를 주는 것을 방지할 수 있다. <그림 2>와 같이 관로설치 후 굴착면 상부를 CLSM을 이용하여 되메움 할 수 있다. 옹벽구조물의 경우 옹벽구조물과 원지반 사이의 배면의 공간을 CLSM을 이용하여 되메움 한다.

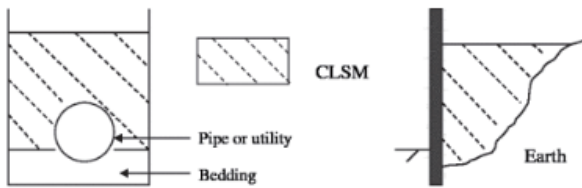


그림 2. 뒤채움 적용(TRB, 2008)

### 3.2 관로 베딩

관로 매설시 굴착면 하부에 관로 베딩재로 유동성 채움재를 사용한다. 베딩재로 사용되는 유동성 채움재는 하중으로부터 관로를 보호 할 수 있는 충분한 강도를 확보하여야 한다. 현장조건에 따라 <그림 3>과 같이 관로 전체를 유동성 되메움 하는 경우도 있다.

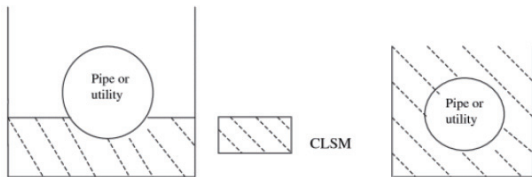


그림 3. 관로 뒤채움 적용(TRB, 2008)

### 3.3 공동채움

세굴로 인한 침식, 폐관, 공사로 인한 빈공간, 공동부분에 골재채움과 다짐이 불가능할 경우 CLSM을 채움재로 사용한다.

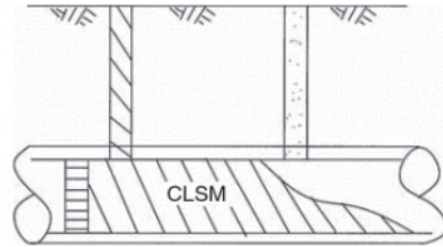


그림 4. 공동채움(TRB, 2008)

### 3.4 교대 뒤채움(Bridge Approaches)

교량의 교대 접속부와 제방작업시 되메움재로 유동성 채움재를 사용할 수 있다. 교대 뒤채움부의 되메움재는 교량의 침하기준과 반복하중을 고려한 기준치에 맞게 적용되어야 한다.

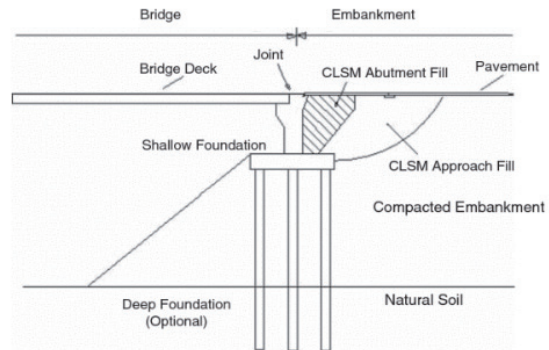


그림 5. 교대 뒤채움(TRB, 2008)

### 3.5 도로하부 공동 채움

도로함몰의 원인이 되는 도로하부 공동 채움공법으로 유동성 채움재를 이용한 복구방법이 적용되고 있다. 서울시에서는 도로하부 공동 조사를 통해 긴급복구가 필요한 공동에 대해 속경성 유동성 채움재를 이용하여 공동 복구를 수행하였다. 속경성 채움재는 조기강도 발현과 저강도로 인해 재굴착이 가능하다. 또한 도로굴착을 통한 토사다짐 복구방법에 비해 비개착시공으로 인해 시공시간 단축과 복구비용을 절감 할 수 있는 장점이 있다(이대영 등, 2016). 또한 보, 댐, 제방 등과



그림 6. 도로하부 공동 채움



그림 7. 수중구조물 공동 채움

같은 수중구조물의 균열 및 공동 보수에도 수중불분리 유동성 채움재가 사용되고 있다.

#### 4. 결론

1960년대 미국에서 사용되기 시작한 유동성채움재는 미국 콘크리트학회에서 CLSM의 용어로 통일되어 품질기준과 시공방법 등이 제시되어 다양한 용도에 사용되어 왔다. 특히 도심지 지하도나, 지하철 공동구 등과 같은 지하구조물과 지하 굴착부분의 뒤채움, 전력관 등의 뒤채움 시공사와 같이 다짐 시공이 불가능한 경우 적용이 증가하고 있다. 최근들어서는 도로함몰의 원인이 되는 도로하부 공동과 노후하수관로 뒤채움 재료로 활용되고 있다. 특히 도심지 공동복구시 속경성채움재를 사용함으로써 조기강도 확보와 비굴착으로 인한 시공 시간을 단축시켜 교통통제로 발생하는 시민의 불편을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 국내에서도 CLSM의 적용이 활성화 될 것이며 이를 위해서는 용도에 맞는 재료의 품질기준과 시공 방법이 제시되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 이대영, 김동민, 유용선, 최연우, 최현 (2016), "도로함몰 방지를 위한 유동성 채움재 공동충진 현장적용성 평가", 2016 대한토목학회 학술발표회, pp. 81-82.
2. 환경부 (2016), 하수관거등 환경시설의 누수방지 소재 및 적용기술 개발, 환경부 환경산업선진화기술개발사업 최종보고서.
3. American Concrete Institute(ACI) (2005), Controlled Low-Strength Materials Reported by ACI Committee 229.
4. Application of CLSM in Japan, Concrete Journal, vol.42, No. 10, 2004
5. Bland, A.E., Market Assessment and Demonstration of Lignite FBC Ash Flowable Fill Applications, Final Report(WRI-03-R014), North Dakota Industrial Commission, Montana-Dakota Utilities and U. S. Department of Energy, 1-76(2003).
6. Puppala, A. J., Chittoori, B. and Raavi, A. (2014), Flowability and density characteristics of controlled low-strength material using native high-plasticity clay, J. of Materials in Civil Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 1~6.
7. Swan, C., Topping, G., and Kashi, M.G.(2007), "Flowable Fills Developed with High Volumes of Fly Ash", 2007 World Coal Ash.
8. TRB (2008), Development of a Recommended Practice for Use of Controlled Low-Strength Material in Highway Construction, NCHRP Report 597, pp. 110-125.

담당 편집위원 : 고경택(한국건설기술연구원)