

대한건축학회 기술표준
STANDARD of Architectural Institute of Korea

갠트리형 3D콘크리트 프린팅 시공 지침

Construction Guidelines for Gantry Type 3D Concrete Printing

2022.01

갠트리형 3D 콘크리트 프린팅 시공 지침

Construction Guidelines for Gantry Type 3D Concrete Printing

2022. 1.

집필위원

구분	성명	소속	직위
(위원장)	조창빈	한국건설기술연구원	선임연구위원
(부위원장)	홍성걸	서울대학교	교수
(위원)	주기범	한국건설기술연구원	선임연구위원
	이정우	한국건설기술연구원	수석연구원
	이호재	한국건설기술연구원	수석연구원
	박형진	한국건설기술연구원	수석연구원
	서명배	한국건설기술연구원	연구위원
	양인환	군산대학교	교수
	백효선	(주)제이에이치건설	이사

심의위원

구분	성명	소속	직위
(위원장)	이영도	경동대학교	교수
(부위원장)	이기학	세종대학교	교수
(위원)	강수민	승실대학교	교수
	강주원	영남대학교	교수
	김남희	서울대학교	객원교수
	오상근	서울과학기술대학교	교수
	최창식	한양대학교	교수
	홍건호	호서대학교	교수

제정자 : 대한건축학회회장

제 정 : 2019년 12월 30일

개 정 : 2022년 01월 28일

고 시 : 제2022-02호

심 의 : 대한건축학회 기술표준심의위원회

비 고 :

본 기준 또는 표준에 대한 문의는 대한건축학회 건축기준센터로 하실 수 있습니다.

차 례

제1장 일반사항	01
1.1 목적	01
1.2 적용범위	01
1.3 공통사항	01
1.4 참고기준	01
1.5 용어 정의	02
제2장 재료	03
2.1 배합 및 이송 준비	03
2.2 시공 물성	04
2.3 역학적 성능	05
2.4 양생 방법	06
제3장 시공	07
3.1 전처리 작업	07
3.2 3D 콘크리트 프린터 설치	07
3.3 3D 콘크리트 프린팅	08
3.4 후처리	10

갠트리형 3D 콘크리트 프린팅 시공 지침

제1장 일반사항

1.1 목적

이 지침은 갠트리형 3D 콘크리트 프린터를 사용한 적층식 콘크리트 구조물 시공에 있어서 필요한 조건과 기준을 규정하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

이 지침은 갠트리형 3D 콘크리트 프린터를 사용하여 시공되는 적층식 콘크리트 구조물에 전부 또는 부분적으로 적용할 수 있다.

1.3 공통 사항

이 지침에서는 갠트리형 3D 콘크리트 프린팅을 이용한 적층식 콘크리트 구조물 시공에 필요한 콘크리트재료, 프린팅 기계 설치 및 시공에 대해서 조건과 기준을 제시한다.

이 지침에서 규정하지 않은 사항은 건축물 콘크리트공사 일반 표준시방서(KCS 41 30 01)를 따른다.

이 지침은 국제 및 국가 표준의 재개정, 관련 기술의 발전 및 주변 환경의 변화에 따라 개정될 수 있다.

이 지침의 개정은 버전에 의하여 관리된다.

1.4 참고 기준

1.4.1 참고 표준

KS B 5533 압축 시험기
 KS F 2401 굳지 않은 콘크리트의 시료 채취방법
 KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법
 KS F 2405 콘크리트 압축강도 시험방법
 KS F 2407 콘크리트의 휨 강도 시험방법
 KS F 2425 시험실에서 콘크리트 시료를 만드는 방법
 KS F 2527 콘크리트용 골재
 KS F 2566 강섬유 보강 콘크리트의 휨성능 시험방법
 KS F 2567 콘크리트용 실리카 폼
 KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험방법
 KS L 5111 수경성 시멘트 시험용 플로 테이블
 KS L 5201 포틀랜드 시멘트
 KS L 5405 플라이애시

1.4.2 참고 시방서

KCS 11 20 00 토공사
 KCS 14 20 10 일반콘크리트

KCS 14 20 51 슷크리트

KCS 41 46 01 미장공사일반

1.4.3 참고 설계기준

KDS 14 20 52 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준

KDS 41 10 10 건축구조기준 구조검사 및 실험

1.5 용어 정의

- (1) "감독자"라 함은 감독 책임기술자로서 당해 공사의 공사관리 및 기술관리 등을 감독하는 자를 말한다..
- (2) "복합재료"라 함은 3D 프린팅용 콘크리트 복합재료를 의미한다.
- (3) "성능점검용 모델"이라 함은 설계에서 요구하는 3D 콘크리트 프린터의 성능을 확보하기 위해서 사전에 제작하는 성능검증용 간단한 출력물 모델을 의미한다.
- (4) "3D 콘크리트 프린팅 시스템"이라 함은 믹서, 압송장치, 배송관, 노즐 및 3D 콘크리트 프린터를 포함한 시스템을 의미한다.
- (5) "최대지연시간"이라 함은 3D 콘크리트 프린팅 시스템이 한 층을 출력 한 후 다음 층을 출력할 때, 이미 출력된 층과 새로 출력되는 층 사이에 시공조인트가 발생하지 않는 최대 시간을 의미한다.
- (6) "갠트리형 3D 콘크리트 프린터"라 함은 X, Y, Z로 표시되는 직교하는 축을 따라 노즐을 움직이며 콘크리트로 프린팅 작업을 수행하는 직각 좌표 프린터를 의미한다.

제2장 재료

2.1 배합 및 이송 준비

2.1.1 일반사항

배합 및 품질관리를 위해 감독자를 선임하여야 하며, 감독자는 배합 준비부터 성능평가, 보고서 작성에 이르는 전반적인 사항을 관리 감독하여야 한다.

2.1.2 자재

3D 콘크리트 프린팅용 배합을 위한 자재의 구비조건은 다음과 같다.

(1) 3D 프린팅용 복합재료

복합재료는 KS L 5201에 규정하는 1종 보통시멘트, KS L 5405에 규정하는 플라이애시 2종, KS F 2567에 규정하는 실리카 폼, KS F 2527에 규정하는 콘크리트용 굵은골재 및 잔골재, 유무기 강섬유가 포함되며, 제공된 배합비로 제작한 제품을 사용한다.

복합재료의 배합에 사용될 물량을 배합 전에 계획하여, 감독자와 협의 하에 조달계획을 세워야 한다.

(2) 배합수

배합수는 응결 및 강도에 악영향을 미치지 않고 불순물을 포함하지 않아야 한다. 수돗물을 사용 시 별도의 시험을 하지 않고 사용할 수 있다. 다만 감독자의 의견에 따라 수돗물이 수도법의 품질 기준에 적합한지 검토할 수 있다.

(3) 혼화제

혼화제의 범위는 고성능감수제, 수축저감제, 점도조절제, 응결시간조절제를 포함하며, 성능이 검증된 제품을 사용한다.

2.1.3 배합비

배합비는 시공환경, 시공조건에 따라 감독자와 협의를 통해 결정해야 한다.

2.1.4 장비

배합 및 이송을 위한 장비의 구비조건은 다음과 같다

(1) 믹서

믹서의 용량은 배합시간(가수(加水) 후 최소 5분 - 최대 10분), 모르타르이송장치의 재료이송속도를 고려하여 결정하여야 하며, 재료의 균질한 교반이 가능한 성능의 제품으로 결정하여야 한다.

(2) 급수장치

급수장치는 배합비에 따라 결정된 배합수량을 정량적으로 공급해야 한다. 급수장치의 성능은 교반 시작시간으로부터 3분 이내 가수가 완료되어야 하며, 계량오차 $\pm 0.5\%$ 이내로 공급이 가능해야 한다.

(3) 액상형 혼화제 공급장치

액상형 혼화제 공급장치는 배합비에 따라 결정된 액상형 혼화제량을 정량적으로 공급해야 한다. 액상형 혼화제 공급장치의 성능은 교반 시작시간으로부터 3분 이내 공급이 완료되어야 하며, 계량오차 $\pm 0.5\%$ 이내로 공급이 가능해야 한다.

(4) 모르타르 이송장치

모르타르 이송장치는 믹서로부터 교반된 재료를 공급받아 3D 프린터의 압출장치(또는 노즐)까지 정량적으로 정속이송이 가능해야 한다. 별도의 압출장치가 없는 경우, 이송과정 중에 맥동(脈動, Pulsatory motion)이 발생하지 않아야 한다. 모르타르 이송장치의 성능은 이송거리, 이송높이, 호스직경을 고려하여 감독자와 협의하여 결정하여야 한다.

(5) 노즐

모르타르를 시공위치에 압출시키기 위해 사용하는 짧은 관을 의미하며 노즐의 형상과 재료의 압출량은 적층성에 영향을 미치므로 시공 시 노즐의 직경과 형상을 감독자와 협의하여 결정하여야 한다.

2.1.5 전력공급계획

배합 및 이송 전 사용되는 장비의 최대 전력사용량을 고려하여 감독자와 협의를 통해 전력공급계획을 마련하여야 한다.

2.2 시공 물성

3D 프린팅용 콘크리트 복합재료의 시공물성은 시공성능, 유변학적 성능을 포함하며, 재료의 최종압출지점에서 적층성을 만족시켜야 한다.

2.2.1 시공 성능

시공물성을 확보를 위한 시공성능의 구비조건은 다음과 같다

(1) 시공 성능 평가방법

시공성능의 평가방법은 KS L 5111에 규정한 수경성 시멘트 시험용 플로 테이블을 이용하여 30초간 25회 타격한 후 재료의 퍼짐정도를 버니어캘리퍼스(또는 mm단위 측정이 가능한 자)로 120도 각도별 3회 측정하여 그 평균값을 사용한다.

(2) 시공 성능 기준

시공성능의 평가방법은 2.2.2 1)에 따라 평가한 결과가 최소 110 mm – 최대 130 mm를 범위에 포함되어야 하며, 본 범위를 벗어날 경우, 시공 전 감독자와 충분한 협의 후 시공해야 한다. 감독자는 시공시간 등을 고려하여, 시공 성능 기준을 제시할 수 있다.

2.2.2 유변학적 성능

시공물성을 위한 유변학적 성능에 대한 검토는 감독자의 의견에 따라 생략할 수 있다.

2.3 역학적 성능

2.3.1 일반사항

3D 콘크리트 프린팅 구조를 위한 역학적 성능은 재료 자체의 역학적 성능과 적층된 재료의 역학적 성능으로 나누어 측정한다.

2.3.2 사용 재료의 역학적 성능

(1) 시료의 채취 방법

역학적 성능을 평가하기 위한 시료의 채취는 프린팅 장비의 노즐에서 압출된 재료를 사용하며, 시료의 채취방법은 KS F 2401을 따른다.

(2) 콘크리트의 시험방법

굵은골재(골재 최대치수 4.75 mm 이상)가 사용되는 콘크리트는 KS F 2403 방법에 따라 시험체를 제작한다.

배합된 재료 자체의 압축강도, 휨강도, 쪼갬 인장강도는 기존 실험방법(KS F 2405, KS F 2408, KS F 2423)을 따른다.

(3) 모르타르의 시험방법

굵은골재(골재 최대치수 4.75 mm 미만)가 사용되지 않는 모르타르는 KS L ISO 679 방법에 따라 시험체를 제작하고 압축강도를 측정한다.

2.3.3 적층된 재료의 역학적 성능

1) 적층된 재료 시험체 제작

적층된 재료의 역학적 성능을 위한 시험체는 3D 콘크리트 프린팅으로 출력할 구조물과 동일한 방법으로 적층된 별도의 구조물 또는 구조물의 일부를 가공하여 제작한다.

공시체에 가하는 하중 가력방향은 적층면과 수직인 방향, 직교하는 방향 및 평행한 방향 등 3가지로 구분하며, 적층된 재료 제작방법 및 공시체 강도측정을 위한 가력방향은 감독자와 협의하여 결정한다.

2) 공시체의 강도평가

압축강도, 휨인장강도 측정용 시험체는 제작한 적층된 재료로부터 채취 또는 가공한 공시체를 이용하여 측정한다.

(1) 공시체의 치수 및 시험방법

공시체의 치수 및 시험방법은 사용되는 골재 최대치수가 4.75 mm 이상인 경우 콘크리트 시험방법에 따르며, 4.75 mm 미만인 경우 모르타르 시험방법에 따른다.

(2) 콘크리트의 압축강도와 휨인장강도 시험방법

일반적으로 압축강도용 공시체는 지름 100mm, 길이 200mm 원기둥형을, 휨인장용 공시체는 100mm x 100mm x 400mm 각주형을 사용한다. 단 공시체 단면의 최소길이가 골재 최대치수의 3배 이상이어야 한다.

① 압축강도 시험방법은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)를 따른다.

② 휨인장강도 시험방법은 KS F 2407(콘크리트의 인장강도 시험 방법)을 따른다.

(3) 모르타르의 압축강도와 휨인장강도 시험방법

일반적으로 공시체는 40mm x 40mm x 160mm 각주형 형태를 사용한다. 단, 적층 시험체의 치수는 출력되는 필라멘트의 폭에 따라 조정할 수 있다. 또한 수평으로 필라멘트를 겹쳐서 출력하는 경우, 겹쳐진 필라멘트의 총두께를 적층 시험체의 치수로 해야 한다.

① 휨강도 및 압축강도 시험방법은 KS L ISO 679에 따라 휨강도를 측정한 시험체를 이용하여 압축강도를 측정한다. 단, 적층 시험체의 치수는 출력되는 필라멘트의 폭에 따라 조정할 수 있다.

2.4 양생 방법

2.4.1 일반사항

복합재료는 타설한 후 소요기간까지 경화에 필요한 온도, 습도조건을 유지하며, 유해한 작용의 영향을 받지 않도록 충분히 양생하여야 한다. 구체적인 방법이나 필요한 일수는 각각 해당하는 조항에 따라 구조물의 종류, 시공 조건, 입지조건, 환경조건 등 각각의 상황에 따라 정하여야 한다.

2.4.2 세부사항

(1) 기중양생

KCS 14 20 10(3.4)(일반콘크리트 표준시방서)에 따른다.

(2) 습윤양생

KCS 14 20 10(3.4)(일반콘크리트 표준시방서)에 따른다.

(3) 피막양생

KCS 14 20 10(3.4)(일반콘크리트 표준시방서)에 따른다.

제3장 시공

이 장은 갠트리형 3D 콘크리트 프린터를 이용하여 시멘트 계열의 재료를 적층하는 방식으로 건설 시설물을 시공하는 방법에 대한 사항을 규정한 것이다. 시공을 위해 사용되는 시설물의 원활한 제작과 최종 목적물의 완성도를 높이기 위한 사전 작업 공정 및 완료 후 시설물의 보양 및 최종 완성을 위한 후처리 작업에 적용한다.

3.1 전처리 작업

3.1.1 일반사항

- (1) 전처리 작업은 3D 콘크리트 프린팅을 위한 장비·지원시설 공간 확보, 장비설치, 기초 시공 단계를 포함한다.
- (2) 기초는 시설물의 용도, 출력장비 규모, 기초에 재하되는 고정하중 및 활하중 등을 고려하여 기초 시설규모 및 재료를 결정한다.
- (3) 다만 장비가 설치되는 부분에 대해서는 기초 상부면의 시공 오차는 장비 설치 및 운영 시 문제가 없도록 정밀 시공 한다.
- (4) 기초시공은 토목 및 건축 관련 시방기준에 따라 시공을 실시한다.
- (5) 기초 설치관련 설계도서를 사전에 검토하여야 하며 지지력의 확보여부를 기초 콘크리트 타설 전 확인하여야 한다.

3.1.2 기초공사

- (1) 토공사는 KCS 11 20 00(토공사)를 따른다.
- (2) 콘크리트공사는 KCS 14 20 10(일반콘크리트)를 따른다.

3.1.3 배합시설 부지 및 기타 지원시설

- (1) 3D 콘크리트 프린터 사용을 위해서는 현장 배합이 필요하다.
- (2) 이에 따라 현장 배합을 위한 전처리 작업에서 시설규모 등을 고려하여 현장 내 부지조성이 완료되어야 한다.
- (3) 배합 및 3D 콘크리트 프린터 장비 운영을 위해서는 주기적인 청소, 전기시설, 수도시설, 비가림 시설 등이 필요하다.

3.2 3D 콘크리트 프린터 설치

3.2.1 일반사항

- (1) 3D 콘크리트 프린터 설치에 아래 사항들을 포함해서 작업계획서를 작성하고 이에 따라 작업을 수행한다.
 - 3D 프린터의 종류 및 형식
 - 설치, 조립 및 해체순서
 - 작업도구, 장비, 가설설비 및 방호설비
 - 작업인원의 구성 및 작업근로자의 역할범위
- (2) 감독자는 작업인원의 구성 및 작업근로자의 역할범위에 따른 작업을 지휘감독하며, 이때 감독자는 작업근로자의 자격여부를 확인하고 안전교육을 실시해야 한다.
- (3) 눈, 비 등 그 밖의 기상상태의 불안정으로 인하여 날씨가 몹시 나쁠 때에는 작업을 중단한다.
- (4) 작업장소는 장비의 운용이 원활하고 안전한 작업이 이루어 질 수 있도록 충분한 공간을 확보하고 장애물이 없도록 한다.
- (5) 3D 프린터의 사용조건에 따라 기초를 설치하고 침하 등이 발생하지 않도록 한다.

3.2.2 3D 콘크리트 프린터의 설치

- (1) 3D 콘크리트 프린터의 설치 는 제작회사에서 제공하는 설치지침을 따르는 것을 원칙으로 하되, 설치지침이 없는 경우는 (2) 항을 참고한다.
- (2) 3D 콘크리트 프린터 설치(제작회사 설치지침이 없는 경우)
 - 3D 콘크리트 프린터를 설치하기 위해 기초에 앵커를 설치한다.
 - 갠트리 프레임 을 조립 순서에 맞게 설치하고 시공 시 요구되는 작동 요건을 만족하는지 여부를 점검한다.
 - 갠트리 프레임에 부착될 이동식 모듈을 설치하고 시공 시 요구되는 작동 요건을 만족하는지 여부를 점검한다.
 - 이동식 모듈에 필요한 기어박스를 설치한다.
 - 갠트리 프레임 을 제어할 제어부를 설치한다.
 - 이동식 모듈의 단부 혹은 필요한 위치에 배합 이송용 파이프 및 노즐을 설치한다.
 - 배합을 투입하지 않은 상태에서 조립된 3D 콘크리트 프린터의 동작은 시운전을 통해 점검한다.
 - 배합을 투입하고 성능점검용 모델의 시험 출력을 통해 3D 콘크리트 프린터의 준비상태를 점검한다.
- (3) (1) 혹은 (2)에 따라 설치된 3D 콘크리트 프린터 설치 및 준비 상태의 적합 여부는 감독자가 최종적으로 판단한다.

3.3 3D 콘크리트 프린팅

3.3.1 사전계획

- (1) 3D 콘크리트 프린터 시스템 성능을 고려하여 출력 대상 설계를 검토하고 수립하여야 한다.
- (2) 출력 계획에는 연속출력시간, 출력 장소 및 출력 시 온도와 습도 변화에 대한 검토가 포함되어야 한다.
- (3) 이때 시공 중 구조적 안정성을 확보하기 위해서 제작시공도면을 토대로 변장비, 출력량, 출력높이, 노즐크기, 부착강도 등을 고려한 출력 및 적층 속도의 최적값과 적정 범위를 계산해서 구체적인 시간계획을 세워야 한다.
- (4) 출력 계획에는 장비의 배송, 설치, 출력, 마무리 등 모든 절차가 포함되어야 한다.
- (5) 출력 구조물이 설치될 방향이나 위치를 고려하여 사전위치표시와 이에 따라 3D 콘크리트 프린터 위치를 결정한다.
- (6) 이때, 3D 콘크리트 프린터뿐만 아니라 전원장치, 재료저장, 믹서, 압송장치 등의 위치도 고려해야 한다.
- (7) 출력과정에서 발생할 수 있는 배합/배송 지연으로 인한 출력 중단 및 구조적 불안전성 등 예상되는 상황을 고려하여 수립하여야 한다.

3.3.2 기초부 출력

- (1) 기초공사를 3D 콘크리트 프린팅으로 대신할 수 있다.

3.3.3 벽체과 파티션 출력

- (1) 기초부 양생 후 벽과 파티션의 출력을 수행한다.
- (2) 벽체 내부에 트러스형상으로 내부 보강을 수행할 수 있다.

3.3.4 출력 중 보수보강

- (1) 기초부
 - ① 3D 콘크리트를 이용하여 기초부 출력 시 추가적인 보강재(철근, 철근망 등)를 설치할 수 있다.
 - ② 보강재 설치, 배합/배송 지연에 따른 출력이 중단될 경우 3D 프린터의 배관이 막히지 않도록 작업시간을 최소화하여야 한다.

- ③ 기초부에 출력물 양생 후 설치할 수직보강재와의 연결을 위한 연결장치를 설치할 수 있다.
- ④ 이때 연결장치가 기초와 일체로 거동할 수 있도록 적절한 보강재를 기초에 배근하여야 한다.

(2) 벽과 파티션

- ① 벽체 보강을 위해 내부를 콘크리트 타설 또는 다른 부재와의 연결을 위한 보강재를 배치할 수 있다.
- ② 층간 보강재의 설치시 3D 프린터의 적층성을 확보하지 못하거나, 층간 부착력을 증가시킬 필요가 있을 경우에 설치한다.
- ③ 층간 보강용 보강재는 철근망(Steel Mesh), 핀(pin) 등을 이용할 수 있다.

(3) 출입문/창호

- ① 출입문/창호가 들어가는 위치에는 출력 후에 제거가 가능한 소재를 삽입하여 3D 콘크리트 프린터가 수평으로 출력이 진행되도록 하여야 한다.
- ② 필요에 따라 1개 층을 추가하여 전기장비, 단열재 등 설치에 활용이 가능하다.
- ③ 제거가 가능한 소재를 사용하지 않을 경우에는 일체로 출력한 후 제거할 수 있다.
- ④ 이를 위해서 출력 중 미리 필요한 조치를 취할 수 있다.

3.3.5 주의 사항

- (1) 배합이나 배송의 지연으로 출력을 중단할 시에도 3D 콘크리트 프린팅 시스템 성능에 따라 최대지연시간 내에 재출력을 해야한다.
- (2) 배합이나 출력된 필라멘트의 종류에 따라 최대지연시간은 변경될 수 있으며, 필요한 경우 사전 실험을 통해서 시간을 결정할 수 있다.
- (3) 최대지연시간을 넘을 경우 남은 배합을 모두 토출하도록 하는 프로세스를 구성하여 3D 콘크리트 프린터가 막히는 것을 자동적으로 방지할 필요도 있다.
- (4) 출력 중 발생할 수 있는 적층 불량/무너짐 등 돌발상황에 대응할 수 있는 사항을 미리 준비하여야 한다.
- (5) 출력이 중단된 후 재출력하는 경우에 대비한 시공조인트 최소화를 위한 공법에 필요한 사항을 미리 준비하여야 한다.

3.3.6 양생

- (1) 일반적으로 이 지침 '2.4 양생'을 적용한다.
- (2) 설계자 혹은 감독자가 필요하다고 판단한 경우, 양생 시 필요한 조치를 취할 수 있다.

3.3.7 3D 프린터 세척

- (1) 출력이 완료한 후에는 배송펌프, 노즐 등을 깨끗이 세척하여 다음 출력 시 막힘이 발생하지 않도록 하여야 한다.

3.4 후처리

3.4.1 경화 후 보수보강

- (1) 벽체, 기둥 등의 출력 구조물의 경화 후 또는 경화된 모듈 간의 연결 시, 구조적 거동을 보강하기 위해, 출력 구조물 내부를 철근으로 보강하고 보통 콘크리트로 채울 수 있다
- (2) 수직 보강 철근 간 또는 수직 보강 철근과 기초부에 기 설치된 연결장치와의 연결의 경우 KDS 14 20 52(콘크리트 구조설계기준, 정착 및 이음 설계기준)을 만족하여야 한다.

3.4.2 건축공사용 후처리

- (1) 3D 콘크리트 프린터로 출력된 구조물의 양생 전·후에 건축공사에 필요한 후처리를 할 수 있다.
- (2) 이때 KCS 41 46 01(미장공사 일반)과 KCS 14 20 51(숏크리트)을 적용할 수 있다.

3.4.3 적층 모듈 이동 및 설치

- (1) 적층된 모듈을 이동하는 경우, 적층면에 가해지는 충격을 완화할 수 있는 조치를 취해야 한다.
- (2) 이동된 모듈을 이용해 다른 모듈과 연결하거나 기초와 연결하는 경우, '3.4.1 경화 후 보수보강'을 적용할 수 있다.

대한건축학회 기술표준

STANDARD of Architectural Institute of Korea

 사단
법인 **대한건축학회**
ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA

 대한건축학회 한국건축기준센터
KOREAN BUILDING CODE CENTER