

KCS 11 30 30 : 2021

연약지반 고결공

2021년 12월 16일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

또한 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2022년 1월 1일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 건축공사 표준시방서, 도로공사 표준시방서, 항만 및 어항공사 표준시방서의 고결공에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건축공사 표준시방서	• 건설부에서 대한건축학회에 의뢰하여 작성 제정함.	제정 (1967.12)
건축공사 표준시방서	• 신규 자재와 신공법의 반영으로 인한 보완, 개정	개정 (1978.12)
건축공사 표준시방서	• 신자재와 시공법 등에 대한 내용의 개정 보완	개정 (1985.12)
건축공사 표준시방서	• 신자재와 시공법 등에 대한 내용의 개정 보완	개정 (1989.8)
건축공사 표준시방서	• 축적된 경험과 지식을 종합하고 국내외의 관련문헌과 자료 분석, 정리, 신자재와 신기술을 국내 기술수준에 부합되게 체계화함.	전면개정 (1994.8)
건축공사 표준시방서	• 장, 절을 코드화하여 체계화, 건설교통부의 기존 운영체계에 일치하도록 분류변경, 시방내용을 현실성 있게 대폭적으로 개정.	개정 (1999.5)
건축공사 표준시방서	• 외국의 시방서 체계를 분석하여 기존 29개의 장에서 24개로 통폐합, 성능시방서 작성원칙에 따라 한국산업규격이나 기타 관련 규격을 인용하는 수준으로 기술함.	개정 (2006.4)
건축공사 표준시방서	• 건축분야의 녹색성장과 관련된 신기술과 신공법의 신속한 도입과 활용 등을 위해 개정	개정 (2013.7)
건축공사 표준시방서	• 방수공사 아스팔트 프라이머 품질기준 개정(KS 기준 상이한 문제에 대한 조치)	부분개정 (2015.12)
도로공사 표준시방서	• 건설부에서 대한토목학회에 의뢰하여 제정함.	제정 (1967.12)
도로공사 표준시방서	• 사용중에 있는 제 시방서 및 지침서 등의 관련성을 검토하고 이를 발전시켜 도로공사 전반에 대한 시방이 되도록 보완개정함.	개정 (1985.12)
도로공사 표준시방서	• 새로운 이론의 도입과 현재 사용중인 제 시방서 및 지침서 등에 부합되도록 발전시켜 보다 충실한 시방이 되도록 보완 개정함.	개정 (1990.5)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로공사 표준시방서	• WTO출범에 따른 건설시장 개방에 대응할 수 있도록 체제를 재정비하여 도로공사의 품질향상을 기하고 국제경쟁력 강화에 대비하고자 개정.	개정 (1996.7)
도로공사 표준시방서	• 한국산업규격 및 콘크리트 표준시방서 등 타 기준의 개정내용을 반영하고, 국가기준으로서의 체계를 확립하기 위하여 건설기준 정비지침에 따라 재구성 및 그간의 미비점 보완 개정.	개정 (2003.11)
도로공사 표준시방서	• 도로건설 과정에서 나타난 문제점을 개선하고, 한국산업규격 및 콘크리트 표준시방서, 터널 표준시방서 등 타 기준과의 조화, 부실시공 방지, 철저한 품질관리에 의한 견실 시공을 유도하기 위해 개정.	개정 (2009.3)
도로공사 표준시방서	• 표준시방서 및 전문시방서, 설계도면 등 순서 변경, 중심위 의견 반영 등 개정	개정 (2015.9)
도로공사 표준시방서	• 일반사항, 수목보호재료, 시공일반 등 부분개정	개정 (2016.5)
항만공사 표준시방서	• 항만공사 표준시방서 제정	제정 (1976.12)
항만공사 표준시방서	• 항만공사 표준시방서 개정	개정 (1977.12)
항만공사 표준시방서	• 항만공사를 위한 각종 설계조건을 망라하였으며, 수역시설, 외곽시설, 기타 항만공사에 관계되는 시설에 관한 설계의 일반방침과 기준을 수록함.	개정 (1986.12)
항만공사 표준시방서	• 연안정비시설물을 적용대상에 포함하고, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계풍속 및 하중 계수 상향, 재추산한 심해파의 적용근거 마련 등 대폭 보완.	개정 (1996.12)
항만 및 어항공사 표준시방서	• 변화된 항만건설여건을 반영하고 지구 온난화 등 기후변화에도 선제적으로 대비할 수 있도록 전면 개정.	개정 (2005.11)
항만 및 어항공사 표준시방서	• 상위기술기준 및 타 분야 기준의 변경내용 반영, 매스콘크리트, 상치콘크리트 등의 관련 시방과 필터매트, 함선, 안벽 기타부속시설의 관련 시방 보완, 마리나시설에 대한 시방 추가 등 대폭 개정.	개정 (2012.12)
KCS 11 30 30 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함.	제정 (2016.6)
KCS 11 30 30 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 11 30 30 : 2021	• 기준명 변경과 건설기준의 구체화 및 현실화 반영하고 건설기준 코드작성 지침에 따른 수정	개정 (2021.12)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 2021년 12월 16일

심 의 : 국토교통부 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 기술혁신과

관련단체 : 한국지반공학회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 제출물	1
1.5 시공환경요건	2
2. 자재	2
2.1 주입재료	2
2.2 혼합, 첨가재료	2
2.3 사용수	4
2.4 재료의 검수	4
3. 시공	4
3.1 일반사항	4
3.2 시공계획	4
3.3 시험시공	5
3.4 주입공 천공	6
3.5 시공준비	6
3.6 주입	6
3.7 혼합처리	7
3.8 안정처리	8
3.9 양생	9
3.10 허용오차	9
3.11 장비	9
3.12 시공조건	9

3.13 시공 및 현장품질관리	9
3.14 개량효과의 확인	10
3.15 환경오염방지대책	11
3.16 시공기록	11
3.17 시공 중, 시공 후의 처리	11
3.18 수정 및 보완대책수립	11



1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 연약지반 내에 약액의 주입, 혼합처리, 안정처리를 통한 응결, 경화, 고결 등의 방법으로 지반을 개량 또는 보강하는 목적으로 수행하는 공법에 대하여 적용한다.
- (2) (1) 외 다른 시공방법은 공사감독자의 승인을 받아 지반 및 시설물의 안정을 확보할 수 있는 경우 적용할 수 있다.

1.2 참고기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

- KCS 11 20 10 땅깁기(절토)
- KCS 11 20 25 되메우기 및 뒤채움
- KCS 11 30 05 연약지반개량공사 일반사항
- KS F 2303 흙의 액성 한계·소성 한계 시험 방법
- KS F 2324 흙의 공학적 분류 방법
- KS F 2328 흙 시멘트의 압축강도 시험 방법
- KS F 2331 흙 시멘트 혼합물의 함수량과 밀도 관계 시험 방법
- KS F 2528 비포장 도로용 흙·골재 재료
- KS L 5201 포틀랜드시멘트

1.3 용어의 정의

- 양생 : 모르타르 또는 콘크리트를 시공한 다음 소정의 품질이 확보되도록 경화기간 동안 보호 관리를 통해 보양하는 것 또는 시공 중 수장재 등의 재면이 손상되지 않게 하는 것
- 대수층 : 지하수로 포화된 투수성이 좋은 지층, 지층군 또는 지층의 일부를 말하며 자유지하수면을 가진 비피압대수층과 상하의 불투수층 사이에 위치한 피압대수층으로 구분

1.4 제출물

1.4.1 시공계획서

- (1) 해당 공사의 공사계획에 맞추어 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.4.2 배합설계서

- (1) 명시된 요건을 달성할 수 있는 배합설계와 배합비를 포함한 배합설계서를 작성하여 제출한다.

1.4.3 주입계획서

- (1) 약액주입 계획서
(2) 안정관리 계획서

1.4.4 시험시료

- (1) 시료는 밀폐된 용기에 넣어 시험실로 송달한다.

1.5 시공환경요건

- (1) 지반안정처리 시 혼합된 재료는 풍속 15 km/h 이상, 온도 4℃ 이하일 때는 설치해서는 안 되는 것을 원칙으로 하며, 적용 공법 및 장비 특성을 고려하여 공사감독자의 승인 하에 조정 할 수 있다.

2. 자재**2.1 주입재료****2.1.1 검토사항**

- (1) 주입재는 지반개량의 목적, 지반상태, 현장조건 외에도 안정성, 시공성, 경제성을 종합적으로 검토하여야 한다.

2.1.2 주입재 종류

- (1) 주입재의 종류는 공사시방서에 다르거나 공사시방서가 없는 경우 공사감독자의 승인을 받아 사용한다.

2.1.3 주입재 분류 및 선정

- (1) 지반주입재는 물-유리계 및 고분자계의 약액계, 시멘트 및 점토계의 비약액계 주입재로 크게 분류될 수 있으며, 그 종류가 많으므로 시험주입에 의하여 그 성능을 확인한 후 선정하여야 한다.

2.2 혼합, 첨가재료**2.2.1 혼합재료**

- (1) 혼합처리공법에 사용되는 첨가제로서 시멘트, 석회 등이 있으며, 기타 용액형 물유리계,

복합형 물유리계, 특수 실리카계에서 사용되는 첨가제(혼화제 등)는 공사시방서에서 규정하는 바에 따른다.

(2) 다음의 재료를 사용한다.

- ① 굵은골재
- ② 잔골재
- ③ 본바닥흙
- ④ 시멘트
- ⑤ 석회
- ⑥ 부대품
- ⑦ 기타

2.2.2 흙석회 혼합재

(1) 파낸 흙, 석회 및 골재를 혼합하여 사용한다.

(2) 파낸 흙은 다음의 것을 사용하여야 한다.

- ① 파내어 유용하는 재료와 순흙쌓기 재료
- ② 입도가 좋은 재료
- ③ 75 mm보다 큰 흙덩어리나 50 mm보다 큰 돌덩이, 돌부스러기가 없는 재료
- ④ KS F 2303에 따른 CL 분류에 해당하는 재료

(3) 석회는 흙의 안정처리에 적합하여야 한다.

(4) 굵은 골재는 KS F 2528에 합치되고 액성한계 25 미만, 소성지수 5 미만인 세립분이 섞인 굵은 흙재료

(5) 잔골재는 실트, 점토, 진흙, 부서지기 쉽거나 용해성의 재료 및 유기질 등이 없이 깨끗하고, KS F 2324에 의해 SW, SP로 분류되며 최대입경이 5 mm 미만이고 균등계수가 1.0이며 곡률계수가 2.0~2.5 범위 내에 들어야 한다.

(6) 각 재료의 혼합비율에 따른 실내배합시험을 실시하고, 사용목적에 맞는 배합비를 결정하여야 한다.

(7) 석회량은 무게로 마른 혼합재료의 10 %를 넘어서는 안 된다.

(8) 혼합에 사용하는 토사는 현장에서 유용할 수 있는 흙을 사용한다.

(9) 첨가재료로서 석회계(생석회, 소석회), 시멘트계, 석고계 등을 사용한다.

(10) 혼합재의 포설을 시작하기 전에 혼합재에 대한 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2.2.3 소일시멘트 혼합재

(1) 파낸 흙, 시멘트 및 골재를 혼합하여 사용한다.

(2) 파낸 흙은 다음 사항에 해당하는 것을 사용하여야 한다.

- ① 파내어 유용하는 재료와 순흙쌓기 재료
- ② 입도가 좋은 재료

- ③ 75 mm보다 큰 흙덩어리나 50 mm보다 큰 돌덩이, 돌 부스러기가 없는 재료
- ④ KS F 2303에 의한 CL 분류에 해당하는 재료
- (3) 시멘트는 KS L 5201 포틀랜드 시멘트, 보통시멘트 또는 내황산 시멘트를 사용한다.
- (4) 굵은 골재는 KS F 2528에 합치되고 액성한계 25 미만, 소성지수 5 미만인 세립분이 섞인 굵은 흙재료
- (5) 잔골재는 실트, 점토, 진흙, 부서지기 쉽거나 용해성의 재료 및 유기질 등이 없이 깨끗하고, KS F 2324에 의해 SW, SP로 분류되며 최대입경이 5 mm 미만이고 균등계수가 1.0이며 곡률계수가 2.0~2.5 범주 내에 들어야 한다.
- (6) 시멘트량은 무게로 마른 혼합재료의 10%를 넘어서는 안 된다.
- (7) 각 재료의 혼합비율에 따른 실내배합시험을 실시하여 사용목적에 맞는 배합비를 결정하여야 한다.
- (8) 혼합재의 압축강도는 설계도서에서 제시된 값을 확보하여야 하며, 사용목적에 따라 현장에서 공사감독자와 협의하여 결정하도록 한다.
- (9) 물을 혼합물에 넣고 균질하고 덩어리가 없는 젖은 혼합물이 되게 하고 젖은 소성재가 되지 않게 하여야 한다.
- (10) 혼합재료를 포설을 시작하기 전에 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2.3 사용수

- (1) 사용수는 신선하고 깨끗하며, 점토, 이탄토, 알칼리 등 품질에 유해한 물질이 포함되지 않은 것이어야 한다.

2.4 재료의 검수

- (1) 혼합재의 포설을 시작하기 전에 혼합재에 대한 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3. 시공

3.1 일반사항

- (1) 현장 및 토질조건에 따라 시공조건이 달라질 수 있으나, 일반 시공조건은 KCS 11 30 05를 따른다.

3.2 시공계획

3.2.1 주입계획

- (1) 주입공은 주입의 목적을 이해하고, 또 그 대상지반의 상태를 파악하고서 시공하여야 한다.
- (2) 주입공 실시 전에 공사감독자의 지시에 따라 시추조사를 시행하여 그 결과를 신속히 보고하여야 한다.
- (3) 약액주입계획

- ① 지반개량의 목적, 원지반의 상태 및 작업장비의 기능을 고려하여 위 (2)의 사항을 결정하여야 한다.
- (4) 장비운용계획
 - ① 작업장비의 운송 및 배치계획과 시공 중에 장비의 자중 또는 진동 등에 의하여 발생하는 지반침하에 대한 대책을 마련하여야 한다.

3.2.2 안정처리계획

- (1) 공사를 착수하기 전 최적의 혼합비율을 선정하여 배합시험을 실시하여야 하며, 경화재의 종류 및 배합계획에 대하여는 설계서나 별도 규정에 의하되, 사전에 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3.2.3 혼합처리계획

- (1) 공사를 착수하기 전에 설계도면과 공사시방서 또는 시험시공에서 얻은 결과를 토대로 혼합처리 시공계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하고 공사감독자의 승인을 받아야 하며, 시공계획서에 포함시킬 사항은 다음과 같다.
 - ① 토사와 첨가재의 혼합방법
 - ② 첨가재의 종류 및 혼합비율
 - ③ 장비운용계획
 - ④ 혼합용 회전날개의 축회전수
 - ⑤ 작업의 연속성
 - ⑥ 지하수 특히, 해수의 유입
 - ⑦ 안전 및 환경영향
 - ⑧ 공사감독자의 기타 지시사항

3.3 시험시공

- (1) 공사에 착수하기 전에 지반개량의 목적, 상부구조물의 중요도, 현장조건의 변화가 있으므로 공사감독자의 지시에 따라 시험시공을 하여야 한다.

3.3.1 주입시험시공

- (1) 공사를 착수하기 전에 약액의 고결화 효과 확인을 위한 실내시험과 약액의 주입효과 확인을 위한 현장시험을 실시하여야 하며, 시험방법은 관련 시험규정에 따른다.
- (2) 주입시험시공의 시험결과는 다음 사항을 제시해야 한다.
 - ① 약액의 종류 및 배합률
 - ② 침투효과
 - ③ 주입형식
 - ④ 주입관의 종류와 설치방안(간격, 길이, 주입공의 직경, 개수)
 - ⑤ 주입량, 주입속도, 주입압력

⑥ 그 밖의 사항은 공사감독자의 지시에 따른다.

3.3.2 배합시험시공

- (1) 공사를 착수하기 전에 배합시험을 실시하여야 하며, 배합시험은 3종 이상의 혼합비율을 선정하여 실시한다.
- (2) 배합시험의 방법은 공사감독자의 지시에 따르며, 배합시험결과는 다음 사항을 제시하여야 한다.
 - ① 시료의 함수비
 - ② 다짐
 - ③ 양생조건
 - ④ 시료의 강도

3.3.3 혼합처리 시험시공

- (1) 가장 유효한 첨가재의 종류와 첨가량에 대해서는 공사 착수 전에 배합시험을 하여 결정하여야 한다.
- (2) 공사에 착수하기 전에 지반개량의 목적, 상부구조물의 중요도, 현장조건의 변화 등으로 인하여 정밀시공이 요구될 때에는 공사감독자의 지시에 따라 시험시공을 하여야 하며, 시험시공결과에는 다음 사항이 제시되어야 한다.
 - ① 사용 첨가재의 종류
 - ② 토사와 첨가재의 혼합비율
 - ③ 사용장비(관입기, 혼합기, 주입기 등)의 성능

3.4 주입공 천공

- (1) 천공이 완료되면 원활한 주입작업이 이루어지도록 공 내의 슬라임 등을 청수의 순환으로서 세척하되 청수가 배출될 때까지 실시한다.

3.5 시공준비

- (1) 공사감독자는 고압분사주입공법의 기술과 시공법에 대하여 충분한 지식과 경험을 가지고 있는 사람이어야 한다.
- (2) 시공 준비에 있어서는 시공계획서에 따라 공사가 순조롭고 안전하게 수행될 수 있도록 기계기구, 기재 및 가설재의 준비를 하여야 한다.
- (3) 기계의 설치는 현장조건, 작업여건 등을 고려하여 안전을 유지하도록 하고 적정한 배치를 하여야 한다.
- (4) 주입재료는 시공목적에 맞고 관계규정을 만족시키는 것을 사용함을 원칙으로 한다.

3.6 주입

- (1) 주입량 및 주입압은 필히 장비를 사용하여 관리를 하여야 한다.

- (2) 주입 중 주입재의 역류를 방지하고 지반의 용기 및 인접 구조물에 피해를 주지 않도록 하여야 한다.
- (3) 주입량에 큰 변동이 발생할 경우는 공사감독자에게 신속히 보고하여야 한다.
- (4) 재료의 사용량과 주입량을 확인할 수 있는 자료를 제출하여야 한다.
- (5) 약액주입 작업 시에는 주입압력과 주입량을 연속하여 감시하고 예상치 못한 변화가 생기는 경우 즉시 주입을 중지하고 그 원인을 조사하여 필요한 조치를 취하여야 한다.
- (6) 주입은 대상지반의 토질 및 지하수의 특성에 따라 정량 주입보다는 정압 주입을 하여야 한다.
- (7) 대수층 또는 동수지반에서는 지하수류에 의해 약액이 희석되거나 유실되지 않도록 약액 주입설계 시 주입 모델시험을 하여 지하수의 유속정도에 따라 겔 타임(gel time), 주입량, 주입속도, 농도, 주입률 등을 조정하여야 한다.
- (8) 투수계수가 커서 주입 폭이 두꺼울 때는 주입공의 간격을 줄이고 주입율을 증대시켜야 한다.

3.7 혼합처리

- (1) 대상지역에서 풀이나 나무뿌리가 있는 경우 사전에 이를 제거하여야 하며, 시공 장소에 물이 고여 있는 경우 시공에 지장이 없도록 배수 처리한다.
- (2) 표층배수공은 시공할 지표면에 트렌치(trench)를 굴착하여 지표수를 배제하고 지반 표층부의 함수비를 저하시켜 시공기계의 주행성을 확보한다.
- (3) 개량지반은 계획한 깊이와 단면적을 가져야 한다.
- (4) 심층혼합처리공법에서는 시공기기가 기울어지지 않도록 작업지반을 정비 보강한다.
- (5) 응결재는 정해진 양을 소정의 흙과 혼합한다. 응결재는 물에 녹으면 강알칼리성이 되고, 열을 내기 때문에 인체나 그 주변에 영향을 미치지 않도록 주의하며, 응결재 등이 분진·발산되지 않도록 노력한다.
- (6) 시멘트 처리공법 또는 석회 처리공법에서 응결재와 지반을 혼합한 후 계획한 밀도를 얻을 수 있도록 압력을 가한다.
- (7) 개량지반이 설계 강도에 이를 때까지 그 위에 과도한 하중을 가해서는 안 되며, 적절한 온도와 습도를 유지한다.
- (8) 시멘트와 석회 등의 재료에는 수분이 스며들지 않도록 보관한다. 석회계(생석회 등) 첨가제 사용 시 발열 등에 의한 작업원의 안전을 확보하여야 한다.
- (9) 첨가제에 의한 안정처리는 가능한 깊고 균일하게 혼합하여 동일한 밀도로 개량하여야 한다.
- (10) 다짐이 필요한 경우에는 다음에 따라야 한다.
 - ① 일층 및 완성두께가 300 mm 이하가 되도록 고르게 깔고 충분히 다짐을 실시하여야 한다.
 - ② 다짐을 행하지 않을 때에는 안정처리토에 공동이 생기지 않도록 포설작업을 시행하여야 한다.

- (11) 다짐, 포설작업 완료 후에는 계획한 강도가 얻어질 때까지는 필요한 경우 양생을 하여야 한다.

3.8 안정처리

3.8.1 땅깍기

- (1) 인접한 구조물이 이 작업으로 손상되지 않도록 보호하여야 한다.
- (2) 본바닥 흙은 명시된 깊이까지 깎아내어야 한다.
- (3) 연약화된 구역을 확인하기 위해서는 시험전압을 하고 연약화된 구역은 깎아내어야 한다.
- (4) 기초구조물로부터 45°지지각을 침범해서 땅깍기를 해서는 안 된다.
- (5) 덩어리진 흙, 자갈, 부피가 0.25 m³ 미만인 암은 들어내어 제거하여야 하며, 이보다 큰 암은 철거작업의 해당요건에 따라 캐어내어야 한다.
- (6) 예상하지 못한 지반조건은 공사감독자에게 통지하고, 작업재개 지시가 있을 때까지는 그 구역에서 작업을 중단하여야 한다.
- (7) 과도하게 깎아낸 구역은 본바닥 흙과 동일 이상 또는 안정문제가 없도록 교정하여야 한다.
- (8) 깎아낸 흙은 지정된 장소에 임시 쌓기하고 유용하지 않은 남은 흙은 현장에서 반출, 제거하여야 한다.

3.8.2 흙의 처리 및 되메우기

- (1) 본바닥면에 부직포를 깔고 겹대기로 접합하여야 한다.
- (2) 파낸 흙을 현장에서 다지면서 되메우기 하여야 한다. 처리된 흙은 잘 섞어서 배합이 맞게 하고, 요구된 안정화가 되게 하여야 한다.
- (3) 혼합 시 혼합재는 200 mm 미만의 두께로 연속된 층이 되게 포설하여야 한다.
- (4) 심층혼합 시 혼합 후 16시간 이상 대기하고, 포설은 72시간 내에 실시하여야 한다.
- (5) 요구된 안정화가 되게 하기 위해서는 혼합재는 최적함수량을 유지하여야 한다.
- (6) 소일시멘트 안정처리 시 인접한 혼합재의 포설은 30분을 넘지 않아야 하며 석회 안정처리 시 인접한 혼합재의 포설은 60분 내에 시작하여야 한다.
- (7) 소일시멘트 안정처리 시 혼합재의 다짐기는 포설 후 30분 내에 시작하여야 하며 석회 안정처리 시 혼합재의 다짐은 포설 후 60분 내에 시작하여야 한다.
- (8) 석회 안정처리 시 혼합재는 KS F 2331에 따라 다져야 한다.
- (9) 경사는 달리 명시된 것이 없으면 건물이나 구조물로부터 **2%** 이상 되게 하여야 한다.
- (10) 다듬기는 요구된 측선, 기면 및 횡단면에 맞추어 하여야 한다.
- (11) 경사는 점차로 변화시켜 하며 수평면에 닿게 하여야 한다.
- (12) 하루 일의 종료 시에는 수직인 직선의 시공이음을 만들어 두어야 한다.
- (13) 손상된 부분의 메우기는 당초의 전 깊이까지 새로운 혼합재로 대체하여야 한다.
- (14) 남은 혼합재는 현장에서 반출, 제거하여야 한다.

3.9 양생

- (1) 양생할 때에는 급격한 건조에 주의하고, 중하중의 통과를 가능한 한 피하여야 한다.
- (2) 혼합재를 다지고 즉시 표면을 양생피막이나 섯으로 봉합하여야 한다.
- (3) 석회 안정처리 시 표면을 봉합하고 72시간 내에는 교통을 허용해서는 안 된다.

3.10 허용오차

- (1) 안정처리 시 메우기 한 표면은 예정 표고에서 ± 25 mm 이내라야 한다.

3.11 장비

- (1) 시공기계는 설계조건, 지질, 지하수의 상태, 시공조건, 경제성 등을 고려하여 적합한 것을 선정하여야 한다.
- (2) 안정처리 시 장비는 땅깍기, 혼합, 혼합재료포설, 살수, 집하, 다짐 등에 적합한 장비로서 공사감독자의 승인을 받은 것이라야 한다.
- (3) 주입장비는 주입압력, 주입량, 주입시간이 자동 기록될 수 있는 장비를 사용하여야 한다.

3.12 시공조건

- (1) 안정처리 시 얼었거나 연약화된 본바닥면 위에 되메우기를 해서는 안 된다.

3.13 시공 및 현장품질관리

3.13.1 주입 시공관리

- (1) 주입공법의 시공은 **공사** 목적과 주입작업 공정을 충분히 이해하고 시공계획에 따라 실시하여야 한다.
 - ① 주입 그라우트 플랜트는 주변에 영향을 주지 않는 장소를 선정하고 사용재료와 용수가 유출되지 않도록 설비하여야 한다.
 - ② 현장에 따라 주입재료의 보관은 관계규정에 의한 안전대책이 필요하다.
 - ③ 주입재는 계량기, 유량계, 기타 필요한 계측기에 의하여 충분한 관리를 하여야 한다.
 - ④ 현장에서 시공 시 여러 가지 필요한 자료를 수집하여 정식서류 작성에 이용하여야 한다.
 - ⑤ 표층표고를 측정해야한다.
 - ⑥ 시공에 있어 수직성, 시공심도 등을 신중히 관리하여야 한다. 특히 기존 시설물 손상 방지에 만전을 기하여야 한다.
 - ⑦ 그 밖의 사항은 공사감독자의 지시를 따라야 한다.

3.13.2 혼합처리 시공관리

- (1) 타설 전 타설 위치, 교반축의 연직도를 확인하여야 한다.

3.13.3 안정처리 현장품질관리

- (1) 현장시험은 품질관리의 해당요건에 따라 실시하여야 한다.
- (2) 경화된 재료의 압축강도시험과 분석은 KS F 2328의 요건에 따라야 한다.
- (3) 시험결과가 명시된 요건을 만족하지 못하면, 시공자의 부담으로 해당공사를 제거, 대체하고 재시험하여야 한다.

3.14 개량효과의 확인

3.14.1 주입효과의 판정

- (1) 현장투수시험에서 투수계수가 $K = a \times 10^{-4}$ mm/sec 이하이면 양호한 것으로 판정한다.
- (2) 표준관입시험은 주입 전후 지반의 N값을 비교하여 판정한다.
- (3) 육안관찰 확인(색소판별법)은 적색반응이면 양호하며, 주입재 침투상태를 육안으로 직접 확인한다.
- (4) 지반개량 결과의 검사는 초기검사, 중간검사, 최종검사로 구분하여 실시하는 것을 원칙으로 하여야 한다.
- (5) 합격판정의 기준은 공사시방서에서 제시한 기준에 따라야 한다.

3.14.2 개량효과 등의 조사측정

- (1) 공사에 앞서서 지정된 위치에 표시를 하고 공사 진행 상황을 판정하기 위해 지반의 침하변위의 측정 및 원위치시험 등을 실시하고, 더욱이 공사에 따르는 주변의 지반 및 시설 등에 대한 영향도 조사한다.
- (2) 공사가 끝날 때는 지반개량 효과를 확인하기 위하여 원위치시험 및 토질시험 등을 실시한다.
- (3) 웰 포인트를 사용하여 재하하는 경우에는 배출된 수량을 측정함과 동시에 관측용 우물을 설치하여 지하수위를 측정하며, 그 효과가 충분하지 않은 경우에 공사감독자와 협의한다.
- (4) 대기압을 사용하여 재하하는 경우에는 진공도의 유지상태를 측정하고, 충분하지 않을 경우에는 공사감독자와 협의한다.

3.14.3 시공 후 확인시험

- (1) 시공 후 확인시험을 수행하여 주입에 의한 소기의 목적이 달성되었는지 여부를 확인하여야 한다.
- (2) 확인은 보강지역을 일정하게 구획하여 보강대상 지역에 대해 균등하게 확인될 수 있도록 실시하고, 다음의 방법을 참고하여 복합적으로 확인함으로써 주입재가 지반에 양호하게 분포되었는지 여부에 대해 공사감독자의 검사를 받아야 한다.
 - ① 굴착 후 육안에 의한 확인
 - ② 지반조사 및 시험을 통한 확인

- ③ 물리탐사에 의한 비파괴 확인
- ④ 주입상황이나 기록에 의한 간접 확인

3.15 환경오염방지대책

- (1) 지하수오염방지를 위하여 약액을 주입한 지반으로부터 발생한 잔토의 처리는 지하수 및 공공용수 등을 오염시키지 않도록 하여야 한다.
- (2) 슬라임의 운반처리는 폐기물 관리법 등 환경관련 법령에 따라 적법하게 처리하여야 한다.

3.16 시공기록

- (1) 공사의 시공기록을 작성하여 공사감독자에게 제출한다.

3.17 시공 중, 시공 후의 처리

- (1) 지반 개량 중에 개량지역, 주변지역에 이상이 나타났을 때에는 원인을 조사하여 공사 감독자와 협의하여 대책을 수립하고 시행하여야 한다.
- (2) 개량지반으로부터 배출된 물, 강우로 인한 지표면수 또한 공사용 배수는 배수구로 처리하여 작업장 내외에는 손상이 없도록 한다.
- (3) 고압분사주입은 초고압 분사공법이므로 인접대지의 이완 및 용기 여부를 검토하고 이에 대한 대책을 강구하여, 공사감독자의 승인을 받은 후 시행하여야 한다.
- (4) 지하매설물에 근접하여 약액의 주입을 시공할 경우에는 약액이 해당 지하매설물에 유입되지 않도록 필요한 조치를 취하여야 한다.

3.18 수정 및 보완대책수립

- (1) 개량 중 또는 개량 후의 지반압밀효과의 조사에 있어서는 설계로 정해진 조건을 만족하지 못할 때에는 공사감독자와 협의하여 개량기간, 재하중량, 재하방법의 변경 또는 재압밀 등 대책을 강구하여야 한다.
- (2) 다음의 경우에는 수정 및 보완대책을 수립하여 이를 공사감독자에게 보고하고 승인을 받아 시행하여야 한다.
 - ① 도면 및 공사시방서에서 정한 개량강도에 못 미치는 경우
 - ② 심각한 환경문제가 발생한 경우
 - ③ 시공이 중단되어 주입작업이 연속적으로 이루어지지 않은 경우
 - ④ 지표면의 표고차가 공사시방서에서 정한 허용한계를 초과한 경우

집필위원

성명	소속	성명	소속
강인규	(주)브니엘컨설팅	백승철	안동대학교
김병일	명지대학교	윤찬영	강릉원주대학교
김하영	삼성물산		

자문위원

성명	소속	성명	소속
장용채	목포해양대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	정충기	서울대학교
구재동	한국건설기술연구원	김동민	(주)한국종합기술
김기현	한국건설기술연구원	김범주	동국대학교
김나은	한국건설기술연구원	김운형	(주)다산컨설팅
김태송	한국건설기술연구원	남문석	한국도로공사
김희석	한국건설기술연구원	박이근	(주)지오알앤디
류상훈	한국건설기술연구원	박종호	평화지오텍(주)
원훈일	한국건설기술연구원	여규권	(주)삼부토건
이승환	한국건설기술연구원	오정호	한국교통대학교
이용수	한국건설기술연구원	이규환	건양대학교
이여경	한국건설기술연구원	이선복	동부건설
주영경	한국건설기술연구원	최재희	(주)이산
최봉혁	한국건설기술연구원	최창호	한국건설기술연구원
허원호	한국건설기술연구원	한상재	(주)지구환경전문가그룹

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
권석현	(주)디엠씨엠	김영근	(주)건화
권순철	SK건설(주)	김회룡	(주)천마기술단
김사한	(주)건화	류은영	(주)태암엔지니어링

국토교통부

성명	소속	성명	소속
유병수	기술혁신과	양성모	기술혁신과
백세영	기술혁신과		



KCS 11 30 30 : 2021 연약지반 고결공

2021년 12월 16일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
<http://www.kgshome.org>

작성기관 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
<http://www.kgshome.org>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>