번호			연약지반 기성 콘크리트 말뚝 항타 시 지지력 감소 원인 및 대책
4			2026년 제139회 제2교시 1번
			1. 개요
			- 말뚝 지지력: 선단지지력 + 주면마찰력
			- 연약지반: 압축성 지층 침하에 의한 부주면마찰력, 항타 시 지반 교란이 두드러짐
			- 감소 시 영향: 기초 침하·부등침하, 구조물 균열, 보강 공사 발생
			2. 지지력 감소 원인(지반 측)
			- 부주면마찰력: 말뚝보다 큰 지반 침하 구간의 하향 마찰력(KDS 11 50 15 1.4)
			- 고려 조건: 압축성 지반, 인접 성토, 지하수위 저하, 액상화(4.1.1.7(1))
			- 항타 진동에 의한 점토 교란·간극수압 상승 → 항타 직후 주면마찰력 변동
			- 시간경과효과: 시간 경과에 따른 지지력 증가·감소(KCS 11 50 15 1.3 정의)
			- 인접 말뚝 항타 시 말뚝 융기 → 선단 들뜸 우려
			- 지지층 기복 → 목표 깊이 도달 후에도 지지력 미달(KCS 11 50 15 3.3.2(4))
			3. 지지력 감소 원인(말뚝·시공 측)
			- 해머 과대·낙하고 과다, 쿠션재 마모 → 두부 파손
			- 이음 축선 어긋남·용접 불량 → 이음부 휨·균열
			- 연직도 불량·편심 타격 → 본체 균열, 편심 하중
			- 장애물 충돌 → 선단 파손, 지지층 미도달
			- 균열·굽음 말뚝 반입 사용(1.5.1(1) 사용 금지 대상)

번호			4. 대책(조사·설계·시험시공)
4			- 부주면마찰력: 중립면·침하 지반 특성 고려 산정(KDS 4.1.1.7(2))
			- 하중전이시험 포함 압축재하시험으로 허용지지력 결정 가능(4.1.1.7(4))
			- 부주면마찰력 과대 시 감소방법 적용(4.1.1.7(5)), 설계도서 공법 준수
			- 시험시공말뚝: 기초마다 1개 이상(1% 기준), 소요 길이 + 2 m 이상(KCS
			3.1.5)
			- 설계심도까지 동재하시험, 일정 기간 후 재항타 동재하시험 권장(3.1.5(9))
			5. 대책(항타 관리·이음)
			- 해머: 시험시공·PDA 동재하시험 후 감독자 승인(3.1.4(2))
			- 해머쿠션: 국부 손상·두께 25% 이상 감소 시 교체(2.4.2(4))
			- 말뚝쿠션: 50 mm 이상 합판 등, 1/2 초과 압축·연소 시 교체(2.4.3(1))
			- 연직도 1/50 이내, 위치 D/4와 100 mm 중 큰 값 이내(3.2.4)
			- 종료 관입량·총 타격 횟수: 말뚝·해머 무손상 범위 설정(3.3.2(2))
			- 이음: 아크용접 원칙, 상하 축선 일치(3.2.5(1)·(3))
			- PSC말뚝 용접부 20개소마다 1회 이상 자분탐상, 기록 유지(3.2.5(4)·(5))
			6. 품질 확인 및 손상 말뚝 조치
			- 깊이 미도달·지지력 미달·경사·파손 예상 시 즉시 보고(3.6(1))
			- 지층 변화 심한 경우 KCS 11 50 40 재하시험(3.6(3))
			- 융기 말뚝: 재항타 또는 재하시험으로 내력 확인(KDS 41 19 00 4.5.4.6)
			- 동적 공식 추정 지지력은 시공관리용으로만 사용(3.3.2(3))
			- 손상·위치 이탈 말뚝: 보강말뚝 추가, 기초 확대 등(3.7(3))
			- 설계도서·특기시방서 우선 적용 끝