토목 합성 제품(6) – 차수 재료 및 공법의 개발 사례(1)

1. 서언

지난 호는 최근의 재료 및 공법의 개발 사례를 소개하였고, 금후의 기술 개발에 있어서 방향성의 하나로서 토목 건설 공사의 총비용 절감을 가져오는 재료 및 공법의 개발이 요구되고 있다는 것을 보여주었다. 현재 토목 합성 제품 공학이 목표로 하는 방향성으로서 안전, 안심 토목 구조물의 구축을 가져오는 기술 개발도 극히 중요하다.

그러한 관점에서 개발 사례로서 안전, 안심 폐기물 최종 처리장을 목표로 한 차수 재료에 관해서 2가지 개발 공법을 소개한다. 이들은 특히 해상 처리장에 착안한 고분자계 차수 재료와 토질계 차수 재료를 이용한 2종류의 차수 공법이다.

일본은 대도시권을 중심으로 종래의 육상 처리장으로부터 금후는 해상 처리장이 주류가 될 것으로 전망되고 있다. 더구나 해상 처리장은 지반 조건 및 시공 조건이 육상과는 다르며, 파랑, 고조, 내외 수위차의 영향에 대한 대책, 해상, 해중 시공 정도의 확보 등, 육상 처리장에 비해 고려할 과제가 많다. 더구나 안전, 안심 해상 처리장의 구축에는 압밀 침하 및 지진 시를 상정한 지반 변형 추수성이 요구된다. 소개하는 2가지의 공법은 이러한 해결을 의도한 것이다.

본 호에서는 또한 고분자계 차수 재료를 이용한 일체형 복합 차수 시트 공법에 대해 설명한다.

2. 일체형 복합 차수 시트의 특성

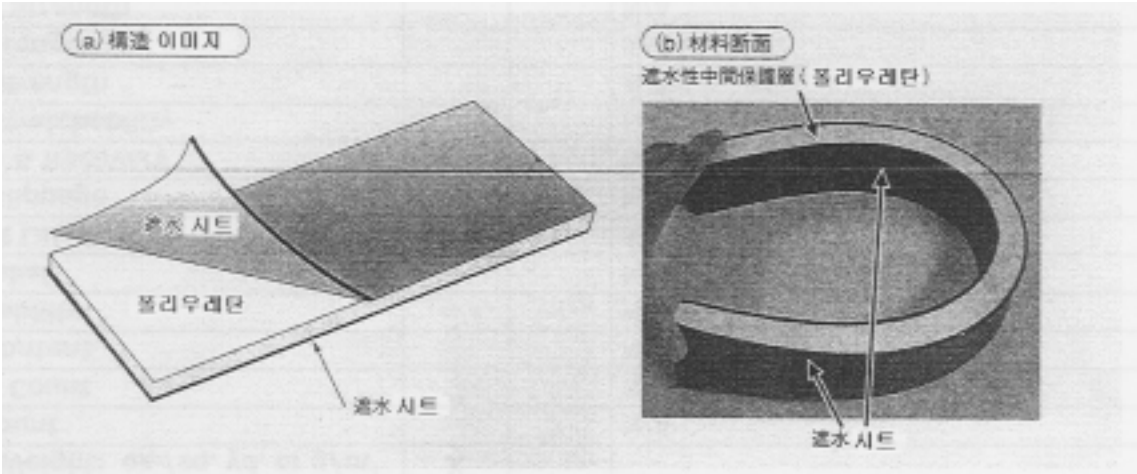
차수 구조로서는 종래의 ①이중으로 차수 시트(지오멤브레인)를 부설하는

방법, ②조여서 다진 점토 및 아스팔트콘크리트 등의 차수층을 구축하여 그 위에 한겹의 차수 시트를 부설하는 방법이 많이 적용되고 있다. 더구나 ①의 경우, 차수 시트 자체로 제조, 운반, 시공의 과정에서 흠결이 생길 가능성이 걱정되는데도 불구하고 두께가 얇은 차수 시트로 차수성을 확보하게 된다. 또한 ②에 관해서는 하부의 차수층이 평평하지 않으면 차수 시트의 변형에 의해 차수 시트가 파손되기 쉽기 때문에 평평하지 않은 부분이 없도록 균일하게 차수층을 형성할 필요가 있다. 일체형 복합 차수 시트 공법은 이러한 종래 공법의 과제를 해결하여 고도의 차수 구조를 제공하는 것이다.

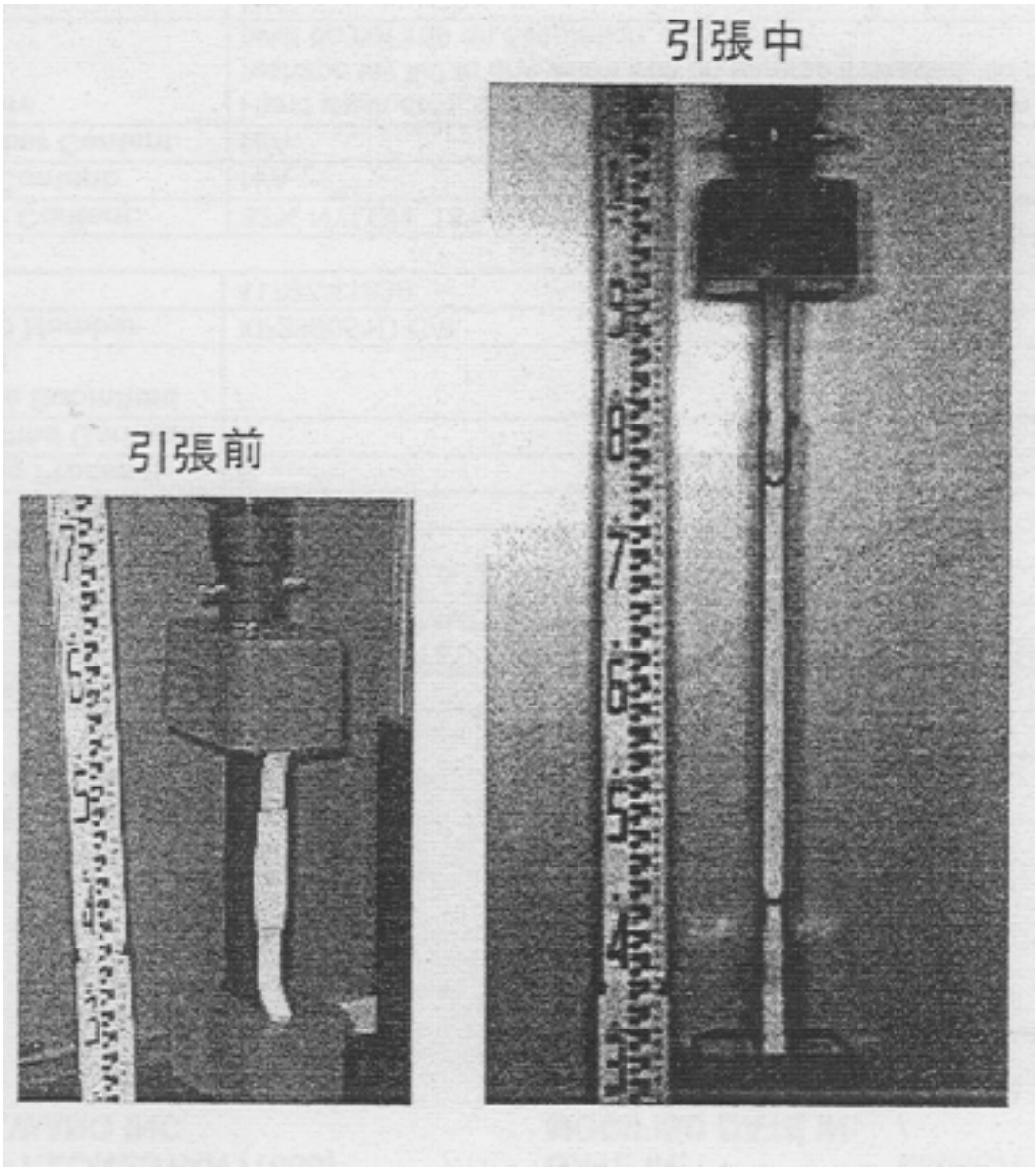
일본의 이중 차수공의 실적은 다른 나라와 비교하면 차수 시트를 이용한 사례가 압도적으로 많다. 또한 육상 처리장에서는 이중의 차수 시트 사이의 중간 보호층에는 주로 부직포가 많이 사용되고 있다. 일체형 복합 차수 시트(이하, 복합 시트라 칭함.)는 이중 차수 시트 사이에 2액 상온 경화형 폴리우레탄을 주입하여 차수성 중간 보호층을 형성하는 것이다. 재료의 양호한 충진성보다 폴리우레탄 경화 후, 공극이 없는 차수성 중간 보호층을 형성할 수 있다. 그 결과, 양측의 이중 차수 시트와 차수성 중간 보호층으로 된 삼중 차수 구조의 재료가 된다. 우레탄 경화 후의 복합 시트는 <그림 1>에 나타낸다. 차수성 중간 보호층은 우수한 차수성(투수계수 : $k=10^{-12}$cm/s 이하)을 보유하고 있어서 예측하지 못한 사태에서 만에 하나 차수 시트가 파손되더라도 충분한 차수성을 유지할 수 있다고 하는 Fail-safe의 차수 설계 이념에 의거하고 있다. 또한 반대로 차수 시트의 결합에 있어도 액상 폴리우레탄이 주입시에 결함 부분에도 충진되므로 차수 시트가 불가피하게 지니고 있는 결함을 수복할 수 있는 이점이 있다. 더구나 <그림 1>과 같이 지반 변형 추수성(가효성)이 우수하여 물성 평가 결과, 본체부는 처음부터, 후술하는 접합부도 100% 이상의 신도가 있으며, 높은 변형 속도하에 있어서도 충분한 인장강력

과 신도를 가지므로 압밀 침하 및 지진 시의 대변형, 급격한 지반 변형에도 추수할 수 있다. 복합 시트의 본체부는 미리 공장에서 제작하여 현장에 반입된다. 각 복합 시트 사이는 현장에 있어서 액상 폴리우레탄을 주입, 충진하여 접합되므로 접합부에 있어서도 이중 차수 시트와 차수성 중간 보호층의 삼중 차수 구조가 확보되어 있어, <그림 2>에 나타낸 것처럼 접합부도 우수한 지반 변형 추수성을 가지고 있다. 또한 해상 처리장의 기초 지반은 쇄석 등에서 정형된 평평하지 않은 지반이다. 복합 시트는 그와 같은 평평하지 않아서 생기는 국소적인 하중을 분산시키는 효과가 있으며, 파손 내구성이 우수하다.

일반적인 제품 사양은 양측의 차수 시트가 폴리염화비닐(PVC)의 타입, 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)의 타입의 2종류가 있으며, 차수성 중간 보호층의 두께는 10~20mm이다. 또한 예를 들면, PVC 차수 시트 3mm 두께, 차수성 중간 보호층 20mm 두께 타입의 경우, 본체부의 기본 성능으로서 인장강도 50kN/m 이상, 신도 100% 이상의 자체 기준치가 정해져 있다.



<그림 1> 일체형 복합 차수 시트

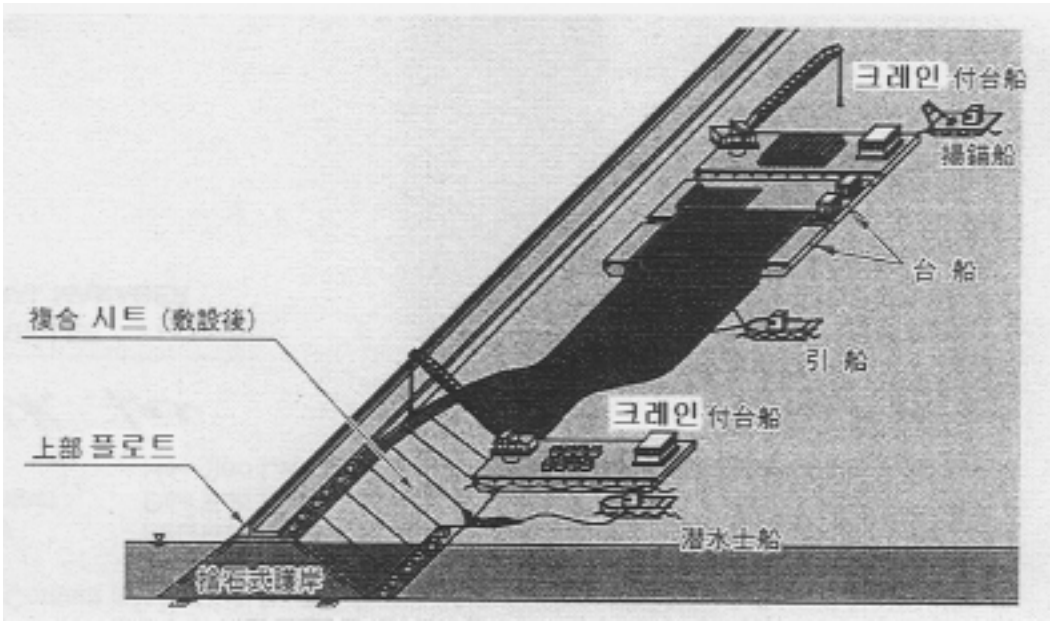


<그림 2> 접합부의 인장 시험 상황

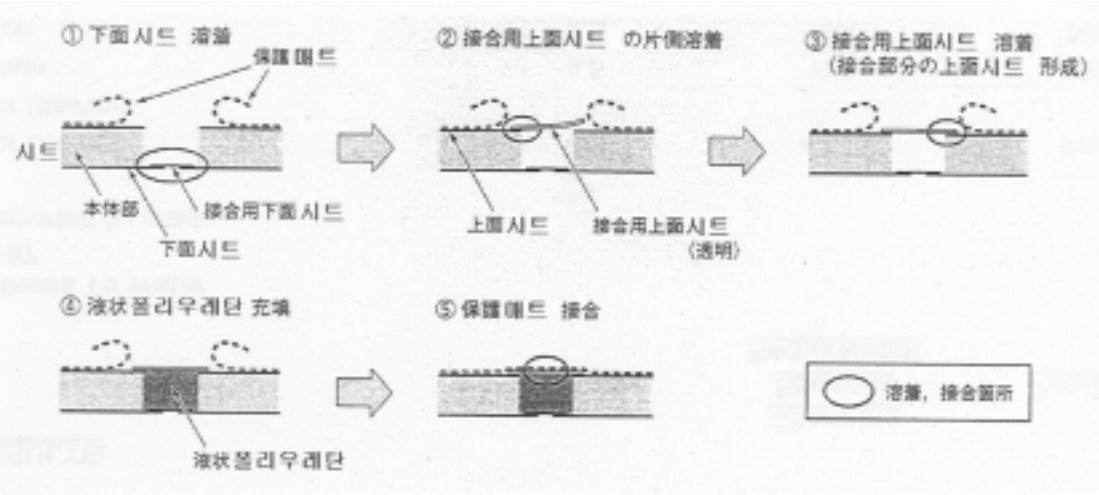
3. 일체형 복합 차수 시트의 시공 방법

일체형 복합 차수 시트 공법의 해상 처리장 사면 차수공에 있어서 시공에서는 복합 시트의 접합 및 양생이 전부 대선상에서 행해진다. <그림 3>에 그 시공 모식도를 나타낸다. 시공은 ①복합 시트 반입과 대선상에서의 전장, ②대선상에서의 복합 시트 접합 및 양생, ③해상으로의 복합 시트 인출, ④호

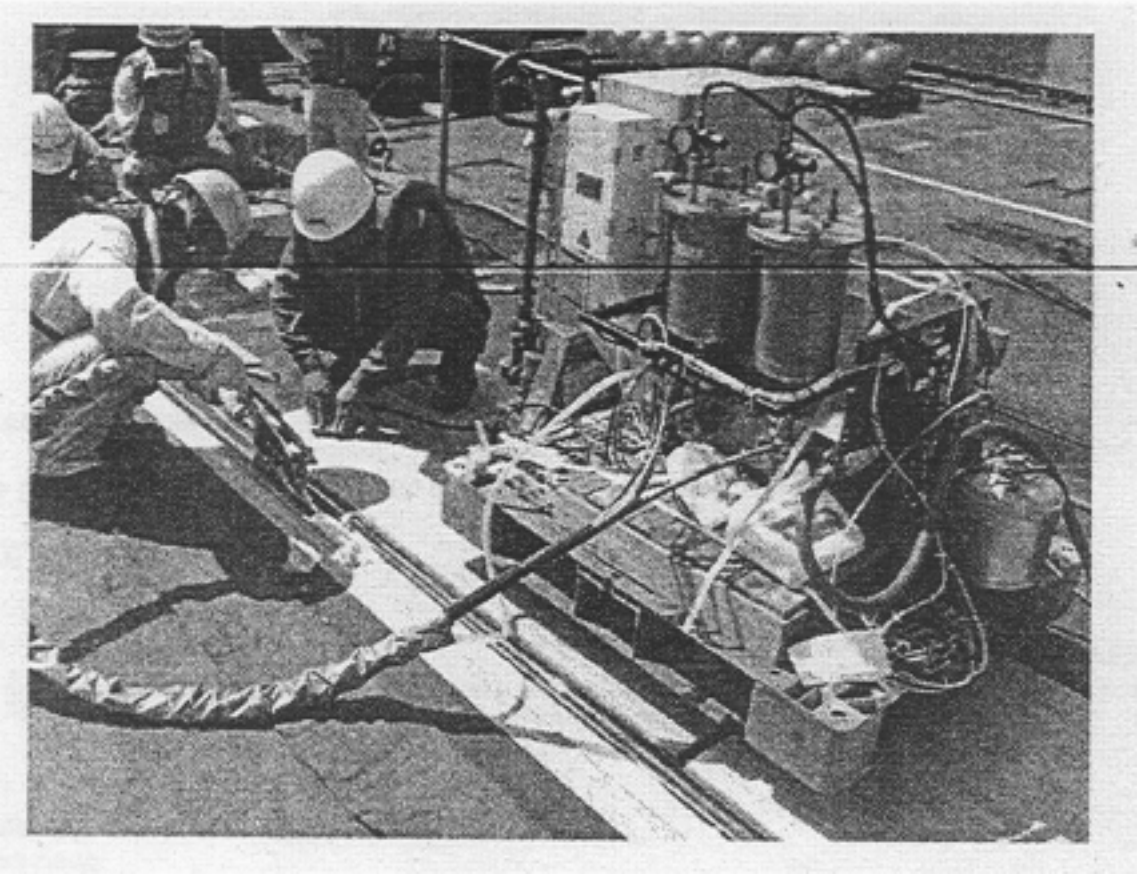
안으로의부설의 수순으로 행한다. 특히, 대선상에서의 복합 시트 접합이 이 공법에 있어서 가장 중요한 공정이 된다. <그림 4>에 접합 공정 절차를 나타낸다. 복합 시트의 접합은 ①하면의 차수 시트끼리 접합용 하면 시트를 이용하여 용착하고, ②상면의 차수 시트에 접합용 상면 시트의 편측을 용착한다. ③다음에 접합용 상면 시트의 또 한쪽을 용착하여 접합 부분의 상면 시트를 형성한다. ④접합 부분의 하면 시트와 상면 시트의 사이에 형성된 폐공간 내에 순차로, 액상 폴리우레탄을 주입, 충진하고, ⑤최후에 복합 시트 상층의 보호 매트(부직포)끼리를 접합하는 순서로 행한다. 또한 접합용 상면 시트에는 투명한 차수 시트를 사용하고 있으므로 눈으로 보더라도 충진 상황을 확인할 수 있다. 대선상에서의 액상 폴리우레탄의 충진 상황을 <그림 5>에 나타낸다.



<그림 3> 해상 처리장 사면 차수공의 시공 모식도

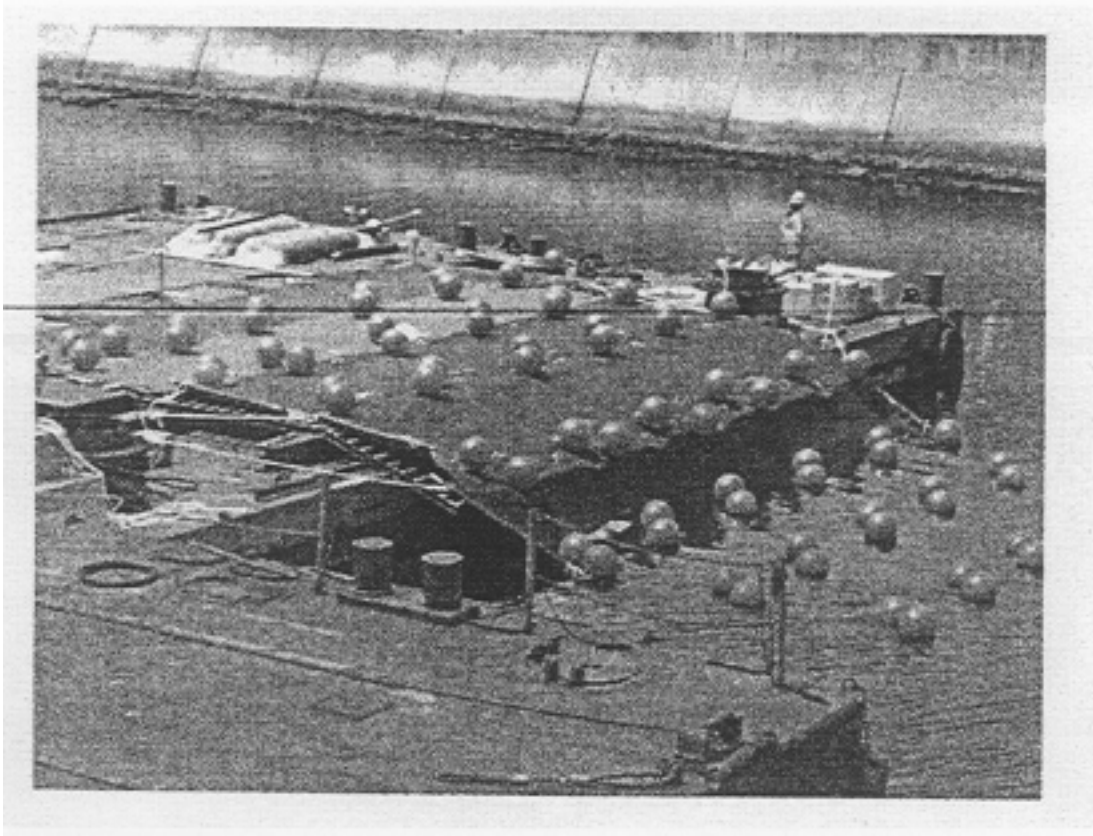


<그림 4> 접합 공정의 절차 모식도



<그림 5> 대선상에서의 복합 시트 접합(액상 폴리우레탄 충진)

접합을 마친 복합 시트는 표면에 프로트를 달아 충진한 액상 폴리우레탄이 경화하여 취급할 수 있을 때까지 양생 후(고무 탄성은 양생 후에 발현), 순차로, 해상에 인출된다. 그 위 끝단을 호안 사면의 견부에 고정한 후 잠수부가 플로트를 끊어 분리하여 복합 시트를 침강시키고, 호안에 부설한다. <그림 6>에 해상 인출 상황을 나타낸다.



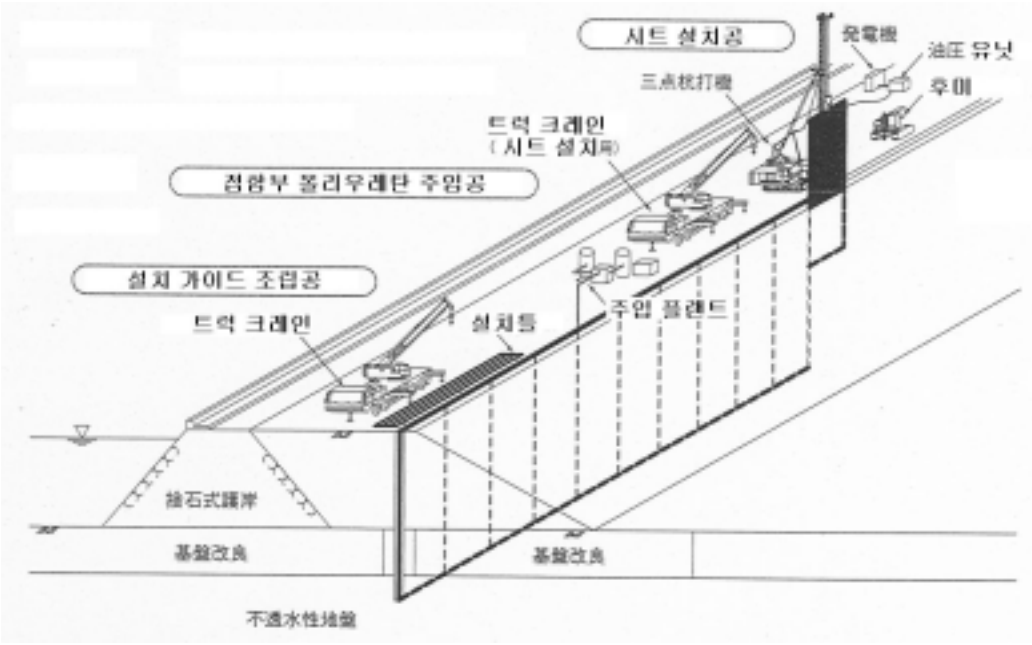
<그림 6> 접합 후의 복합 시트의 해상 인출

또한 복합 시트는 그 양측에 특수한 접합 기구를 부속시킨 것으로, 연직 차수공에도 적용 가능하다. 연직 차수공의 시공 모식도를 <그림 7>에 나타낸다. 시공은 ①공장 제작한 복합 시트와 복합 시트 설치 시에 사용하는 설치 가이드를 현지에 반입, ②지반 상황 등에 의해 필요에 따라 선행 굴삭하고,

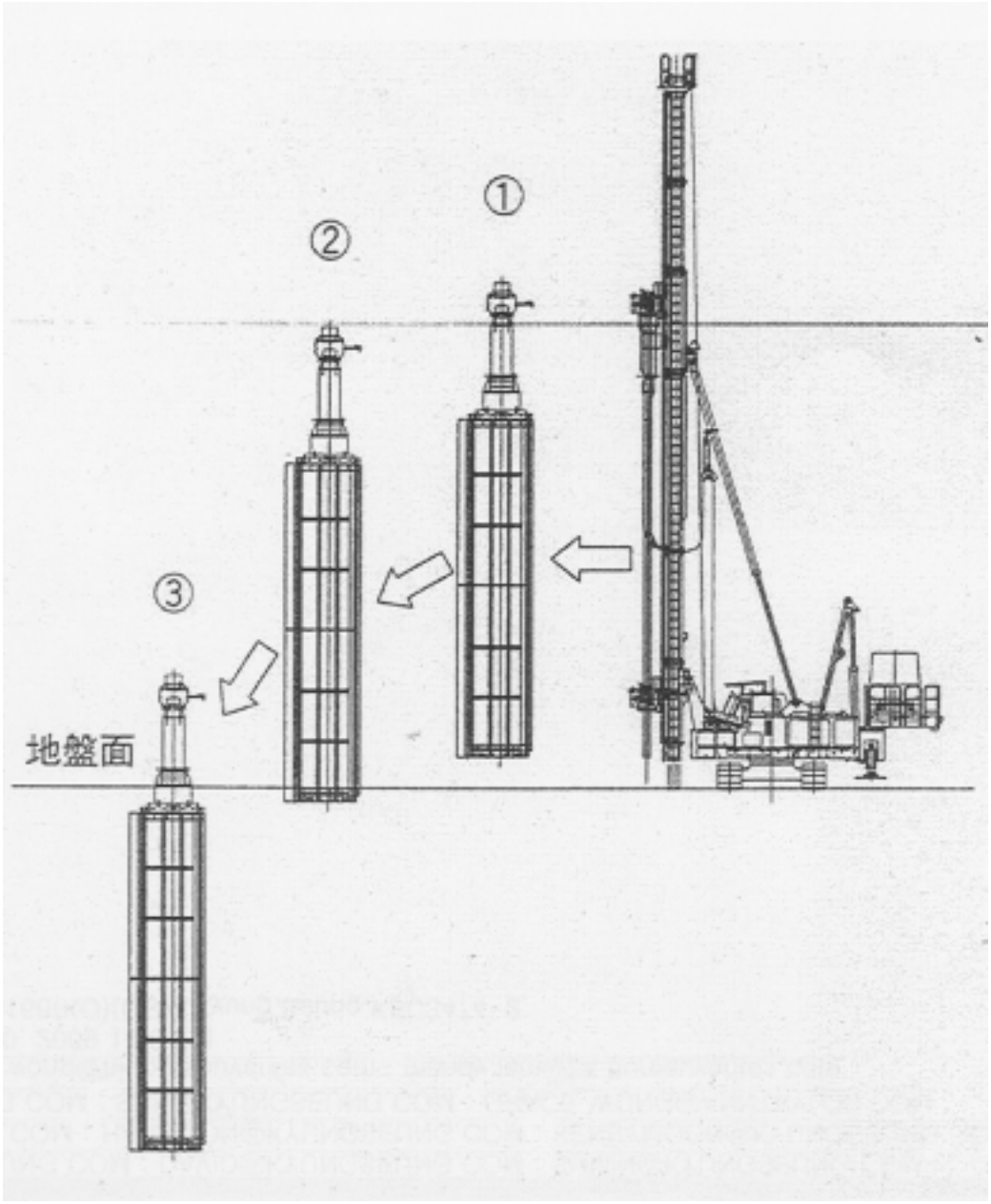
③설치 가이드를 장착한 시트 설치기를 이용하여 복합 시트 끼리를 순차로, 접합시키면서 설치(설치 가이드를 사용한 압입), 연속 차수벽을 축조한다고 하는 순서이다. 접합부는 설치 시에 2액 상온 경화형 폴리우레탄을 주입, 충진하는 것에 의해 접합부에 있어서도 2중 차수 시트와 차수성 중간 보호층의 3중 차수 구조를 형성할 수 있는 기구가 되고 있다. 설치 가이드의 압입 요령을 <그림 8>에, 시공 상황을 <그림 9>에 나타낸다.

4. 결언

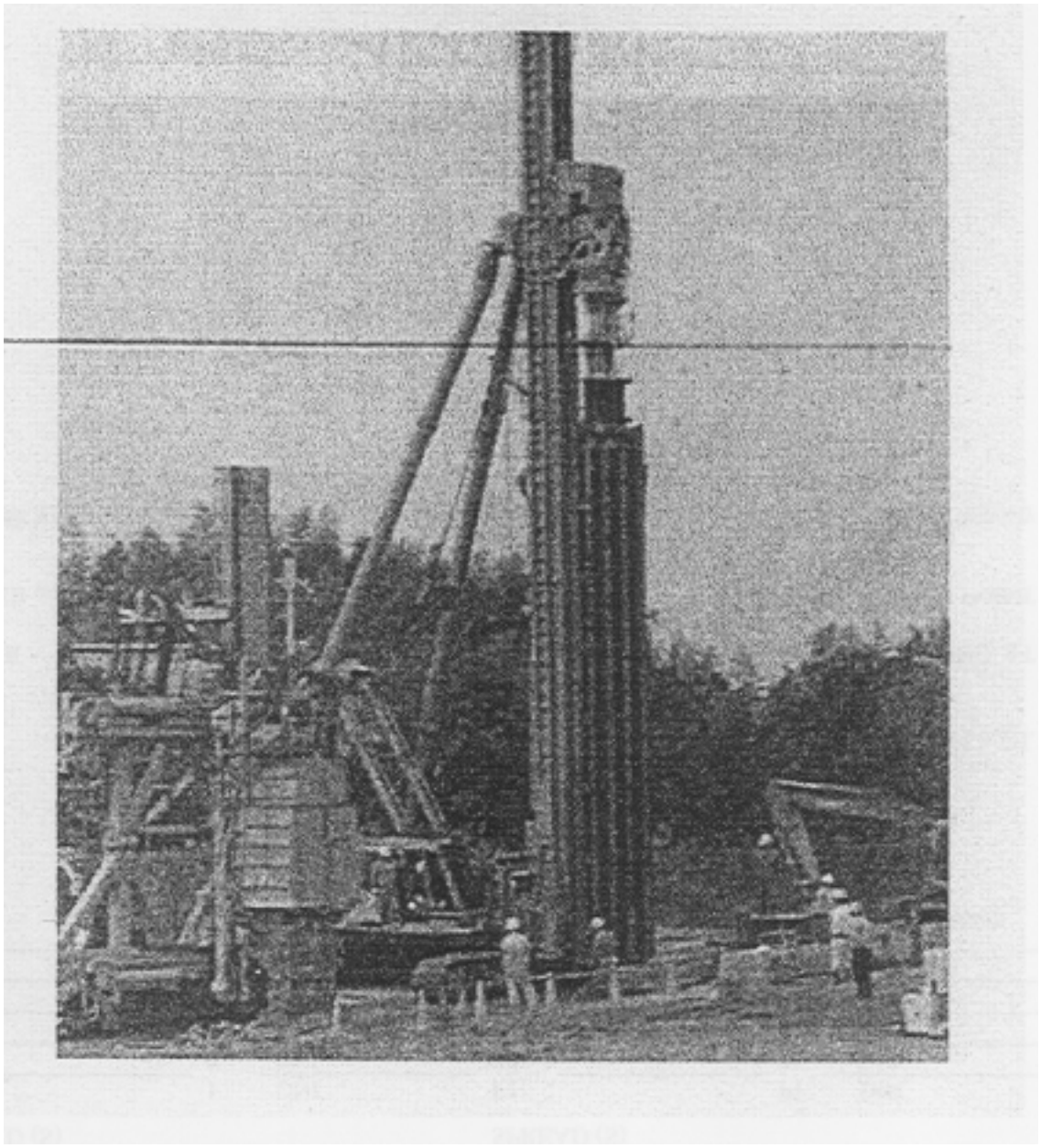
Fail-safe의 차수 설계 이념에 부합한 고분자계 차수 재료를 이용한 일체형 복합 차수 시트 공법에 대해서 소개했다. 다음 호에서는 토질계 차수 재료를 이용한 하이브리드 점토 차수재 공법을 소개한다.



<그림 7> 연직 차수공의 시공 모식도



<그림 8> 설치 가이드의 압입 요령



<그림 9> 연직 차수공의 시공 상황