

연약지반 보강용 토목합성재료 팩의 봉합특성

전한용, 주용수, 정진교*, 변성원**

전남대학교 응용화학공학부, *부산정보대학 건설계열, **한국생산기술연구원 산업용섬유팀

Seam Properties of Geosynthetic Packs for Weak Ground Reinforcement

Han-Yong Jeon, Yong-Su Joo, Chin-Gyo Chung*, Sung-Weon Byun**

Faculty of Applied Chemical Eng., Chonnam National University, Gwangju, Korea

*Group-Dept. of Architecture and Civil Eng., Busan College of Information Tech., Busan, Korea

**Technical Textile Research Team, Korea Institute of Industrial Technology, Chonan, Korea

1. 서론

국내 해안지역의 표층에는 두께 약 5~60m의 연약한 해성 층적 점성토층이 형성되어 있어 상부에 구조물을 축조할 경우 목적에 부합되게 다양한 말뚝시공에 의한 연약지반 개량공법을 적용하고 있는 실정이다. 따라서 매우 연약한 지반특성을 나타내는 경우에는 설계에서 정해진 단면이상으로 콘크리트 재료가 지반 중으로 투입되어 콘크리트 재료의 손실이 많이 발생하여 합리적인 시공을 수행하여도 비경제적인 공사가 될 우려가 크다.

토목합성재료 팩은 지반에 말뚝 중심을 세팅한 뒤 강관을 삽입하고 강관 내의 흙을 굴삭한 후 토목합성재료 팩으로 씌워진 철근조립조를 삽입하여 콘크리트 타설 말뚝을 시공할 경우 사용되며 지오신세틱 팩을 사용하면 설계대로의 합리적인 말뚝의 원주체 단면형성이 용이하게 되고 콘크리트 재료의 유실을 방지할 수 있으며 원활하면서도 경제적인 말뚝시공을 도모할 수 있어 효과적이다.

본 연구에서는 설계대로의 합리적인 말뚝의 원주체 단면 형성 및 콘크리트재료의 유실을 방지하기 위하여 현장 콘크리트 타설 말뚝시공에 사용되는 토목합성재료 팩(Geosynthetics Pack)의 봉합특성에 대한 영향을 살펴보기로 한다.

2. 토목합성재료 팩의 재질특성

2.1. 시료의 준비

각각 5, 15, 25, 30 ton/m의 설계강도를 가진 woven type PET 직포매트와, 15 ton/m인 Basalt 직포매트를 사용하였으며, 해당 규격을 표 1에 나타내었다.

표 1. 지오신세틱 팩 제조용 PET 및 Basalt 직포매트의 규격

구분 \ 강도	PET 매트				Basalt 매트	
	5T/m		15T/m		15T/m	
	경사	위사	경사	위사	경사	위사
섬도(Denier)	1,000	1,000	5,000	3,000	500	500
조직	평직					

2.2. 토목합성재료 팩의 제조 및 특성시험

선단구근의 형태를 각각 타원형, 사다리꼴(말굽형, 내부각도 45°), 반원형, 다구근형, 강봉부착형으로 토목합성재료 팩을 제조하였다.

토목합성재료 팩의 선단부는 3,000 denier 폴리에스테르 봉합사를 이용하여 3~6선 직렬 봉합하였으

며, KS F 0753에 의거하여 인장특성을, KS K ISO 10321에 의거하여, 광폭 스트립 상태의 직포매트의 봉합부에서의 인장강도를 각각 측정하였다. 봉합 효율은 봉합되지 않은 시료의 인장강도와 봉합 인장강도를 비교하여 계산하였다.

한편, EPA 9090 Test Method를 이용하여 각각 25, 50℃ 및 pH 4와 10에서 시험한 후 인장강도 보유율을 측정된 다음 이로부터 직포매트의 화학적 내구성을 평가하였다.

2.3. 토목합성재료 팩과 케이싱의 마찰력 측정시험

각 층을 30cm로 콘크리트를 타설하는 조건에서 각 층마다 다짐횟수를 달리하였을 때 토목합성재료 팩을 콘크리트로 부터 인발 시 케이싱 공벽과의 마찰특성을 시험하였다.

2.4. 말뚝모형 실내시험

3개의 토조에 각각 점토, 실트질 점토, 실트질 모래를 사용하여 현장에서 타설하는 말뚝과 동일한 형상으로 실내에서 토목합성재료 팩 콘크리트 말뚝의 적용성을 검토하기 위하여 모형시험을 실시하였다. 그리고 말뚝 길이 1.5m로 하여 7종류의 팩을 이용한 팩콘크리트말뚝 7본에 대해 인발시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 광폭인장특성

PET 및 Basalt 직포매트의 광폭인장특성을 표 2에 나타내었다. 여기서, PET 직포매트의 경우 설계강도와 관계없이 인장신율은 16~19% 정도이지만, 중량이 비슷한 PET 5T/m와 Basalt 매트 의 경우에는 Basalt 매트의 인장특성이 훨씬 우수함을 알 수 있었다.

표 2. 지오신세틱 팩 제조용 직포매트의 광폭인장특성

구분	PET 매트		Basalt 매트
	5T/m	15T/m	15T/m
인장강도(kg)	124	376	145
인장신도(%)	18.5	17.6	5.4

3.2. 봉합특성

PET 및 Basalt 직포매트의 봉합강도 및 봉합효율을 표 3에 각각 나타내었다.

여기서, PET 직포매트의 경우 봉합선이 많을수록 봉합강도와 봉합효율이 향상됨을 알 수 있었지만, Basalt 매트의 경우에는 오히려 봉합선이 많을수록 봉합강도와 봉합효율이 저하됨을 나타내었다.

이와 같은 현상은 Basalt 섬유 특유의 표면 매끄러움으로 인하여 봉합이 매우 어렵고 즉, 봉합 시 바늘 위입 시 경위사의 slippage가 발생하여 봉합이 어렵고 봉합이 되더라도 하중부가 시 신율이 작기 때문에 쉽게 절단되기 때문이라고 생각되며, 봉합선이 많을수록 더 심하게 나타나게 된다.

이로부터, 3선 직렬봉합보다는 6선 직렬봉합이 더 효과적일 것으로 생각된다.

표 3. 지오신세틱 팩 제조용 직포매트의 봉합강도 및 봉합효율

구분		PET 매트		Basalt 매트
		5T/m	15T/m	15T/m
봉합강도(kg)	3선	286.9	997.5	125.4
	6선	320.5	1,042.6	117.9
봉합효율(%)	3선	231.4	265.3	86.5
	6선	258.4	277.3	81.3

3.3. 화학적 내구성

PET 및 Basalt 직포매트의 화학적 내구성인 인장강도 보유율을 표 4에 나타내었다. 여기서, Basalt 매트의 경우 인장강도 변화가 없어 화학적 내구성이 매우 우수함을 알 수 있다. 그러나 PET 매트의 경우 산성인 pH 4에서는 거의 변화가 없지만, 알칼리성인 pH 10에서는 강도저하가 발생함을 보이고 있으며, 50℃의 경우 강도저하가 커짐을 알 수 있다.

이로부터 고온의 알칼리성 시공조건은 PET 매트의 강도저하를 유발시키기 때문에 매우 신중하게 고려되어야만 한다.

표 4. 지오신세틱 팩 제조용 직포매트의 인장강도 보유율(%)

구분		PET 매트		Basalt 매트
		5T/m	15T/m	15T/m
pH 4	25℃	99.4	99.6	100
	50℃	99.5	99.5	
pH 10	25℃	94.3	95.2	
	50℃	88.6	89.1	

3.4. 토목합성재료 팩과 케이싱의 마찰력

각 층을 30cm로 콘크리트를 타설하는 조건에서 각 층마다 다짐횟수를 달리하였을 때 팩콘크리트의 인발시 케이싱 공벽과의 마찰특성을 알아보기 위해 철망을 삽입하지 않은 상태에 대해 시험하였다. 각 층의 다짐횟수가 10회였을 때 최대인발하중은 40kg으로 가장 큰 값이 나타났으며, 다짐횟수 5회와 20회일때는 최대인발하중이 30kg으로 나타났다(표 5).

타설된 콘크리트의 중량이 24kg임을 감안하면 실제 인발을 위해 소요된 인발하중은 6kg과 16kg으로 아주 작기 때문에 현장시공시 케이싱을 인발할 경우 케이싱과 팩이 동시에 인발될 우려는 없을 것으로 판단된다.

철망을 삽입한 상태에서 콘크리트의 단위중량을 달리한 조건으로 PET(15T/m)에 대하여 시험한 결과 콘크리트 단위중량이 2.63ton/m³일 때 최대인발하중 158kg에서 PET팩의 찢어짐이 발생하였다. 이는 PET 매트의 인장시험 결과치에는 훨씬 못미치는 값이나, 대형모형시험에서는 PET 팩 단부를 실내 시험과 같이 밀착하여 넓은 면적을 고정할 수 있는 방법의 제약때문으로 사료된다.

또한, 콘크리트 단위중량이 2.3ton/m³에서는 최대인발하중이 130kg으로 나타나 실제 소요된 인발하중은 104.5kg으로 측정되었다. 토목합성재료 팩 콘크리트 인발 시 케이싱 공벽과의 마찰력측정시험에서 실제 소요된 인발하중은 말뚝의 직경이 증가하더라도 같은 값을 가지므로 PET 매트를 현장에 적용함에 문제가 없을 것으로 판단되지만, 안전성을 고려해 PET(30T/m) 정도를 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

토목합성재료 팩의 인장시험에서 PET(15T/m)에 비해 높은 인장강도를 가진 Basalt mat의 경우 현장에서 사용되는 콘크리트 단위중량 2.3ton/m³에 근접하기도 전인 2.1ton/m³에서 찢어짐이 발생하는 것으로 나타나 Basalt mat를 실제현장에 적용하기는 다소 무리가 있을 것으로 사료된다(그림 1).

인발 시 발생한 토목합성재료 팩과 콘크리트의 분리 현상은 실제 현장에서 급속한 인발이 일어날 가능성이 거의 없으므로 큰 문제는 되지 않을 것으로 판단되지만, 구근부의 팩의 봉합부가 불량할 때는 재하될 경우 끊어질 우려가 있으므로 박음질 이음부에 충분한 강도가 요구된다.

급속인발시험 완료 후 타설한 말뚝은 계획한 바와 같이 원형단면을 형성했으며, 토목합성재료 팩과 콘크리트 분리나 콘크리트의 인장파괴 현상은 발생되지 않았다.

토목합성재료 팩의 제작 시 단부를 사다리꼴의 형태로 제작하는 것은 다소 무리가 있는 것으로 사료되며, 팩의 구근형상이 반원형인 제품이 사다리꼴구근형성에 직사각형보다 유리하고, 박음질 이음부 분에 발생하는 인장력도 적게 발생할 것으로 사료된다.

표 5. 각종 말뚝 인발시험결과(인발속도 0.75mm/min)

	토조2		토조3	
	하중(ton)	인발길이(mm)	하중(ton)	인발길이(mm)
기성강관말뚝	0.58	14.0	0.49	19.5
Basalt(반원형)	1.85	13.5	0.91	6.7
PET(5t, 반원형)	1.09	22.9	1.38	12.8
PET(5t, 직사각형)	1.32	12.2	0.47	5.0
PET(15t, 반원형)	1.64	20.2	1.62	14.3
PET(15t, 직사각형)	0.81	16.4	0.6	6.4
PET(15t, 다구근형)	1.8	20.2	2.1	17.6
무팩콘크리트(RCD)	0.89	6.4	1.7	8.5

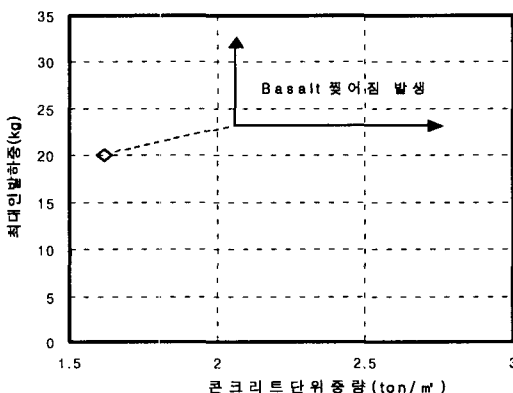


그림 1. 최대인발하중-콘크리트단위중량 관계(철망, Basalt)

5. 결 론

토목합성재료 팩을 이용한 현장 타설 콘크리트 말뚝은 실트질 모래지반에서는 기존 현장 타설 콘크리트말뚝과 대등한 마찰저항값을 나타냈고, 점토지반에서는 특히, PET 15T/m(다구근형, 반원형)은 기존 현장 타설 콘크리트말뚝보다 2배 이상의 높은 마찰저항값을 나타내어 고품수비의 연약한 점성토 지반에서 현장적용성이 뛰어날 것으로 판단된다. 콘크리트를 양생시킨 후 완전하게 인발한 토목합성재료 팩 콘크리트 말뚝의 구근의 형상은 철망직경을 밀변으로 하는 사다리꼴형태를 나타내어 본 연구에 적용된 팩의 구근형상 중 반원형의 적용성이 가장 높을 것으로 사료된다. Basalt 15T/m는 실제 현장 콘크리트 단위중량 2.3t/m³의 조건으로 콘크리트를 타설하여 케이싱을 인발할 경우 찢어짐이 발생하는 것으로 나타나 실제현장 적용은 어려울 것으로 판단된다.

참고문헌

1. ASTM D 1143-81. Standard test method for piles under static axial compressive load.
2. Bowles, J. E. (1997). Foundation Analysis and Design, 5th de., McGraw-Hill, New York.
3. Craig, R. F. (1983). Soil Mechanics, 3rd ed., Van Nostrad Reinhold Co. Ltd.
4. Das, B. M. (1995). Principles of Foundation Engineering, Brooks Cole Engineering Division, California.