

SCP시공에 따른 용기토 형상과 체적의 예측기법 제안

Suggestion of the Prediction Method about Upheaval Shape and Volume for SCP Construction

정경환¹⁾, Gyeong-Hwan Jeong, 박찬우²⁾, Chan-Woo Park, 신민식³⁾, Min-Sik Shin
坪井英夫⁴⁾, Hideo-Tsuboi, 野津光夫⁵⁾, Mitsuo-Nozu, 이상재⁶⁾, Sang-Jae Lee

- 1) (주)동아지질 대표이사/공학박사, CEO, Dong-A Geological Engineering Co., Ltd.
- 2) (주)동아지질 차장, Deputy General Manager, Construction Dept., Dong-A Geological Eng. Co., Ltd.
- 3) (주)동아지질 차장, Deputy General Manager, Engineering Dept., Dong-A Geological Eng. Co., Ltd.
- 4) (주)부동건설 부장/공학박사, General Manager of International Div., Fudo Construction Co., Ltd.
- 5) (주)부동건설 차장/공학박사, Deputy General Manager of International Div., Fudo Const. Co., Ltd.
- 6) (주)부동건설 사원 Construction Planing Group of International Div., Fudo Construction Co., Ltd.

SYNOPSIS : Busan-Geoje Fixed Link, total length of 8.2km, consist of bridge and immersed tunnel connects Gaduk island, Busan and Jangmokmyon, Geoje, in extension of the 58th local road.

The immersed tunnel, a total length of 3.7km within Busan-Geoje Fixed Link, was planed first time in domestic but the deep water depth like maximum of 50m with offshore conditions and the 35m thickness of soft clay layer under the immersed tunnel, might be some problems like the differential settlement during or after works. So it was designed to install SCP(Sand Compaction Pile) column partially to improve the soft ground under the immersed tunnel.

In this paper, it is presented to illustrate the design including ground condition under the immersed tunnel, improvement design, upheaval shape and ratio due to SCP test construction.

1. 서 론

부산-거제간 연결도로는 부산광역시 가덕도와 경상남도 거제시 장목면을 연결하는 지방도 58호선의 연장선상에 위치하는 총연장 8.2km의 해상도로로서, 교량구간과 침매터널 구간으로 구성된다. 이 중 국내 최초로 계획·조성되는 침매터널은 총연장이 3.7km이고, 최대 50m의 깊은 수심과 외해조건 그리고, 35m두께의 연약한 점성토 상에 조성되므로 부등침하가 예상된다.

따라서, 성토구간에 하부기초 지반을 개량하기 위해 SCP(Sand Compaction Pile)공법이 계획되었다. 본 논문에서는 침매터널 주변지역의 연약지반 특성 비교와 SCP공법으로 계획된 지반개량의 설계내용 및 시험시공에 따른 용기토형상과 용기토량을 기존의 예측방법과 비교하고 새로운 방법을 제안한다.

2. SCP공법의 역사와 최근동향

2.1 SCP공법의 원리

SCP공법은 50여년 전 일본의 부동산설이 개발한 연약지반개량공법으로써, 연약한 점성토지반에 강제적으로 대구경의 다짐모래말뚝을 조성하여 전단저항력을 증가시키며, 배수효과를 발휘하여 점성토의 압

밀에 의한 점착력 증가를 촉진한다. 이러한 효과로 지지력 증대와 원호활동방지, 측방변형억제 등 지반의 안정성을 향상시킬 수 있다. 또한, 모래말뚝의 응력분담효과에 의하여 지반의 압밀침하량을 저감하는 효과도 기대 할 수 있고 모래지반에서는 밀도증가로 지반의 강도를 증가시킴으로 액상화 방지 효과도 기대할 수 있다. 이와 같이 SCP공법의 적용지반이 도로·항만·건축 등 많은 분야에서 적용되고 있는 보편적인 공법으로 정착되었다. 그 결과, 지금까지의 일본국내에서의 총 시공실적이 약 1억3000만m를 상회하고 있다.

2.2 SCP공법의 변천

1955년 무렵까지 일본의 연약지반대책으로 지중에 소나무 말뚝을 조밀하게 타설하여 구조물의 기초로 사용하는 경우가 많았다. 1956년 6월, "압밀 모래기둥 공법" 에서 힌트를 얻어 진동방식으로 점성토지반에 모래기둥을 타설하는 시험시공이 실시되었는데, 이것이 SCP공법의 시초라고 할 수 있다.

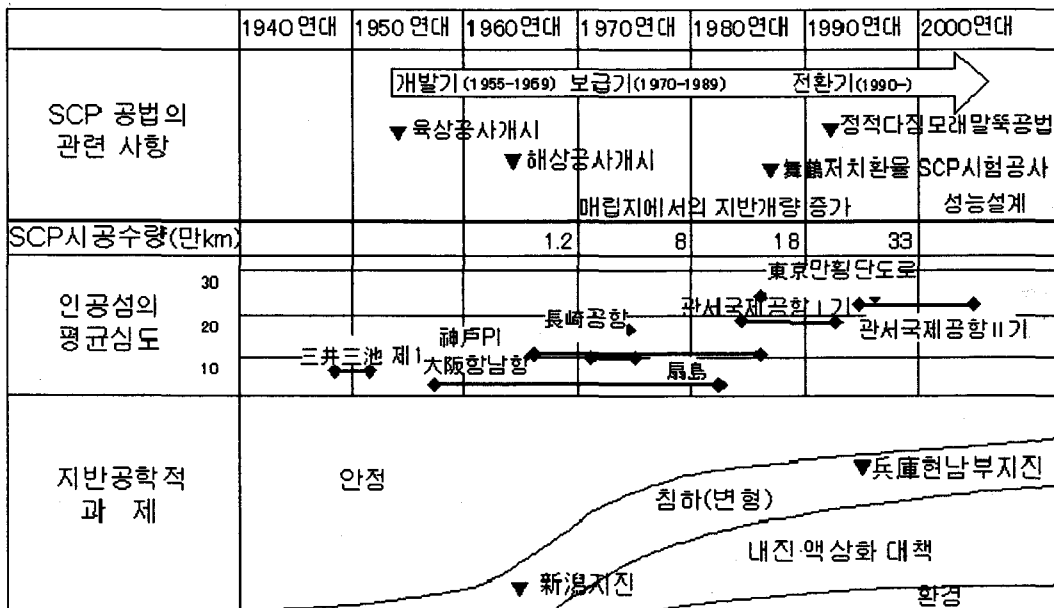


그림 1. SCP공법의 지반공학적 과제와 변천

1964년에 발생한 「新潟(Niigata)지진」에 의하여 지반의 액상화 현상이 사회적인 문제로 대두되었고, 대책으로서 SCP공법이 이용되었다. 1970년에서 1990까지는 일본경제의 급성장으로 인하여 매립지역의 연약지반 개량공사에서 육상과 해상 SCP공법이 많이 적용되었다. 1995년 부동산건설은 무진동 SCP공법(SAVE공법(Silent, Advanced Vibration - Erasing))을 개발하여, 진동의 영향을 받기 쉬운 도심지 공사의 액상화 대책공법으로 이용하고 있다.

2.3 도심도 SCP시공과 최근동향

최근 토목구조물의 대형화와 침매터널·방파제·항만·인공섬 축조 등과 같은 많은 해상구조물의 시공으로 인하여, SCP시공심도가 깊어지고 있다. 그림 2는 1989년부터 2005년까지 부동산건설이 시공한 시공심도 55m(수심포함) 이상의 실적이다. 그 중에서 2005년 5월에 시공된 부산-거제간 연결도로 침매터널 시험시공구간이 세계최대의 개량심도 69.9m로 기록되었다.

SCP공법은 건축분야의 적용에도 많은 연구가 진행되어, SCP 타설지반을 건물의 직접기초로 이용하는 사례가 증가하고 있다. 타설에 따른 강도증가와 개량체 사이 점토의 강도변화를 파악할 수 있게 되었고,

그 결과 SCP 타설만으로 압밀효과에 의한 원지반 점토의 강도가 최초의 강도 이상으로 증가하는 것을 알게 되어, 최근에 이것을 적극적으로 이용하는 사례가 늘고 있다. 그리고, 성능설계화의 움직임에서도, SCP에 의한 항만시설의 신뢰성 설계의 연구(SCP 개량체 중심강도의 품질평가와 부분계수의 산정)도 진행되고 있다.

또, 국제화의 움직임에 의하여 일본의 SCP설계에 개량체 중심 강도의 평가가 작다는 지적을 받고 있는데 이것은 SCP에 의한 침하 저감계수 등에 개량체의 ϕ , E의 효과를 포함시키지 않았기 때문으로 알려져 앞으로 설계법 수정시 이들에 대한 충분한 고려가 필요하다.

3. 토질특성

침매터널 구간(E)의 지반조사 결과와 인접지역인 부산 신항만건설공사 주변지역(A,B,C,D)의 지반조사결과를 비교 분석한다.

그림 3은 5개의 지반조사지역을 나타낸 것으로서, A는 부산신항 북컨테이너, B는 부산신항 남컨테이너, C는 부산신항 투기장, D는 부산신항 방파제 주변지역이다. 그림 4는 액성한계(w_L)와 압밀시험에 의한 압축지수(C_c)의 관계를 나타낸 것이다. A,B,C,D지역에 비해 E지역의 액성한계가 높으며, 최대 $w_L = 110 \sim 120\%$ 의 값을 갖는다. 액성한계가 크면 침하량과 직접 관련있는 압축지수도 증가하는 경향을 보이므로, E지역은 주변지역보다 고압축성 지반으로 판단된다.

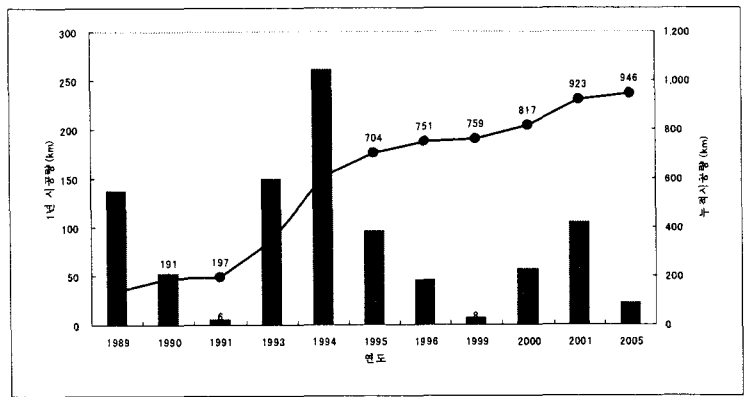


그림 2. 시공심도 55m 이상의 실적(일본)

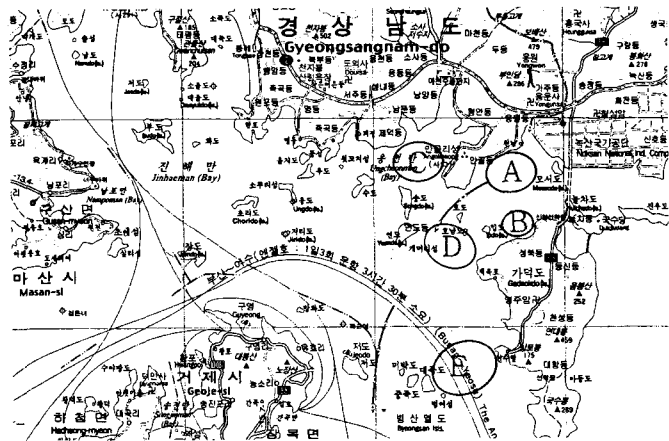


그림 3. 지반조사 지역

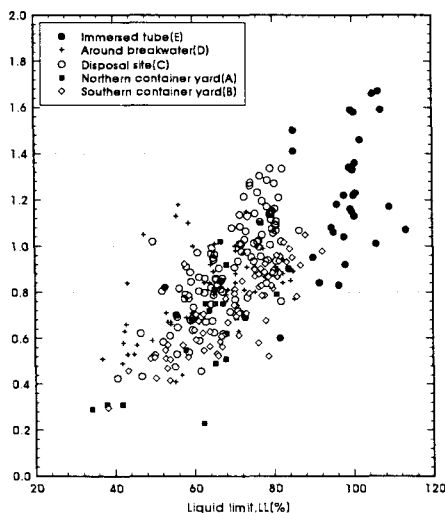


그림 4. 액성한계와 압축지수

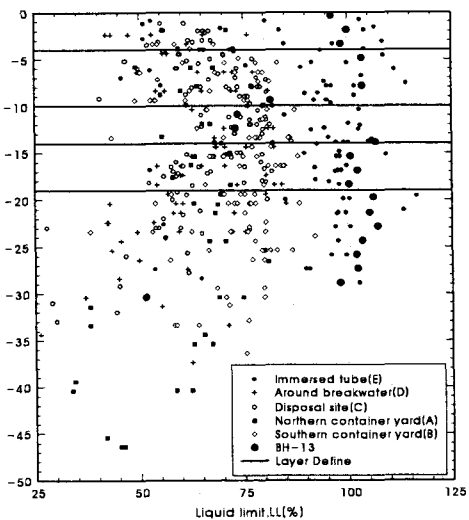


그림 5. 심도별 액성한계

그림 5는 심도별 액성한계의 분포이다. E지역의 액성한계는 점성토 전반에 걸쳐 큰 범위를 나타내며 심도에 관계없이 거의 일정하다. 그림 중의 BH-13(●)은 침매터널 시험공사구간내의 조사결과를 나타낸 것으로, 표층에서는 심도방향으로 액성한계가 다소 증가하는 경향을 나타내고 있지만, G.L.10~15m에서는 감소하고, G.L.15m보다 깊은 구간은 높은 액성한계를 보인다. 위의 결과에서부터 침매터널 구간인 E지역의 점성토는 침하량 평가시 신중을 기해야 하는 고압축성 임을 알 수 있다.

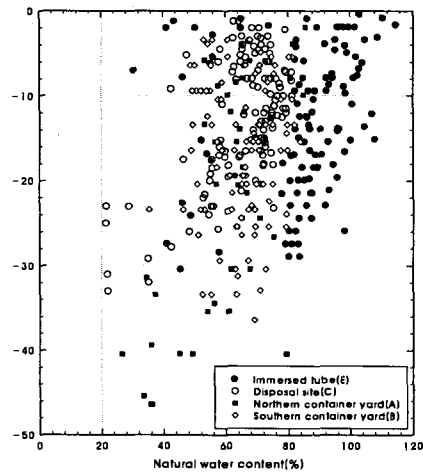


그림 6. 심도별 자연함수비

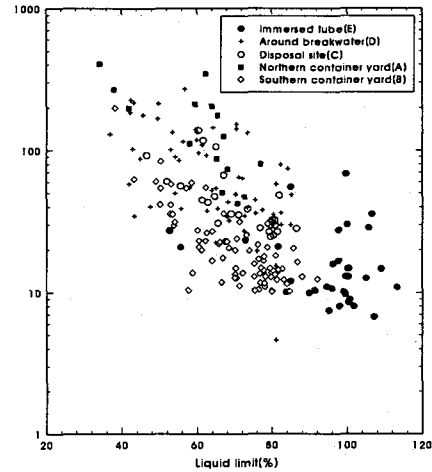


그림 7. 압밀계수와 액성한계

그림 6은 심도별 자연함수비(W_n)의 분포로서, E지역은 80~100%의 범위로 인접지역에 비하여 상대적으로 크게 나타난다.

그림 7은 압밀계수와 액성한계의 상관관계를 나타낸다. 액성한계가 증가하면 압밀계수(C_v)는 감소하는 경향이며, E지역의 압밀계수는 10~90cm²/day(1.16~1.04e⁻³cm²/sec)의 범위이고, 특히 10~40cm²/day(1.16~4.63e⁻³cm²/sec)의 범위에 많이 분포한다. 각 지역의 최소값 부근의 압밀계수를 비교하면, (A≃D>C>B>E)의 순서로서 E지역이 액성한계가 가장 크고, 압밀계수가 가장 작은 열악한 지반으로 평가된다.

그림 8은 각 지역의 일축압축강도와 삼축압축(UU) 시험 결과를 나타낸다. E지역 점성토의 비배수 전단강도는 인접지역의 특성과 심도별로 유사한 분포를 나타내고 있지만, 세분하면 (D≃C>B>E>A)의 순서로, E지역이 다른 지역에 비하여 상대적으로 낮은 전단강도를 나타낸다.

침매터널의 인접지역인 A,B,C,D에 비하여 상대적으로 E지역은 액성한계, 압축지수, 자연함수비가 크게 나타나며, 압밀계수와 심도별 전단강도가 작게 나타난다. 이러한 특성을 가진 지반은 고압축성, 고소성의 성질을 가지고 있는 것으로 알려져 있으므로 E지역에서 시행되는 SCP 시공에는 침하평가와 관리에 신중을 기해야 함을 의미한다.

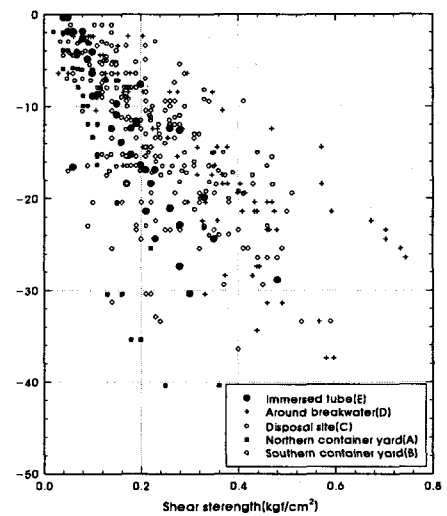


그림 8. 심도별 전단강도

4. SCP 시험시공

4.1 시험시공 개요

침매터널 구간의 총연장 3.7km 중, 시험시공 구간은 침매터널이 교량부로 연결되는 부분으로 침매터

널의 급경사로 인하여 최대 15m의 성토구간이 계획되었다. 이 부분의 최대 수심이 약 33m, 연약지반 두께가 약 36m정도로서, 침하량이 크고 원호활동이 우려되는 지역이므로 SCP + Preloading 공법으로 설계되었으며, 성토에 의한 침하량과 원호활동의 안정성, 압밀도 90%의 침하 소요시간 등의 검토를 목적으로 시험시공을 실시하였다. 그림 9와 그림10은 시험시공의 위치와 지층단면을 나타낸다.

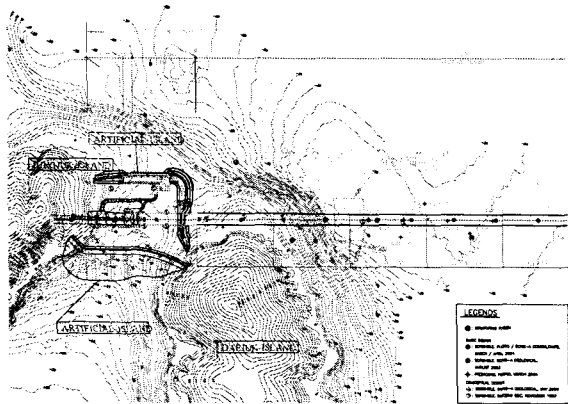


그림 9. SCP 시험시공 구간

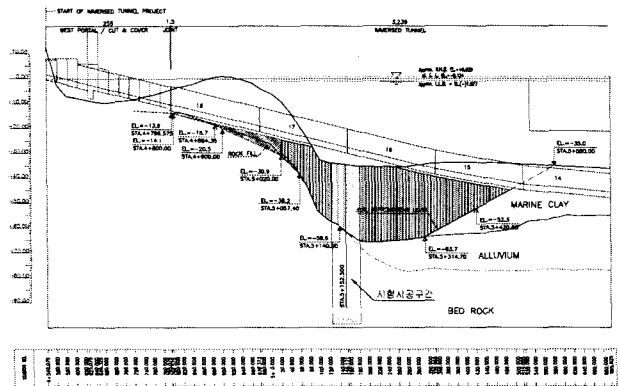


그림 10. 시험시공 지층단면

시험시공은 해저면에서 -15m까지는 SCP직경 2000mm로서 개량을 40%, -15m하부는 직경 1600mm로 개량을 25.6%로 설계되었다. 그림 11은 안정검토와 침하검토에 사용된 SCP 개량표준단면도를 나타낸다.

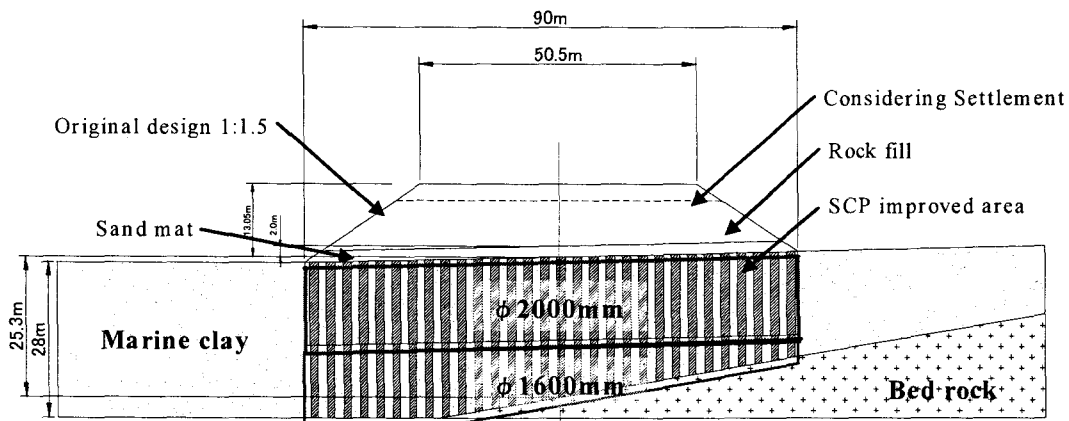


그림 11. SCP 개량 단면도

4.2 설계기준과 검토결과

4.2.1 원호활동의 안정성 기준과 검토결과

원호활동에 대한 안정성은 수정 Fellenius방법으로 평가하였으며, 허용안전율 F_s 는 일본과 국내 지방서를 만족하는 1.3으로 하였다. 그리고, 30cm/day의 속도로 성토시 성토사면의 원호활동에 대한 안정성 검토결과인 F_s 는 최소 개량을 40%일 때 1.3이상을 만족하였다. 검토에서 SCP(모래)의 전단 저항각은 30° 를 적용하였고, 표 1은 계산에 사용한 지반 및 재료의 특성을 나타낸다.

4.2.2 허용잔류침하기준과 검토결과

SCP시공 후 재하성토에 따른 원호활동의 안정성($F_s=1.3$ 이상)을 만족하는 경우, 압밀도 90%에 대한

소요압밀시간을 산정하고 침매함과 성토하중에 의해 발생하는 잔류침하가 10cm 이하가 되도록 한다. SCP 개량지반의 압밀침하는 SCP 시공 후 점성토층의 압밀속도가 지연되는 경향이 있으므로, 원지반의 C_v 를 일반적으로 C_v / C_{v0} 와 개량율 a_s 의 관계로 환산하는 일본의 시공사례를 정리한 그림 12를 이용하여 산출하였으며, 그 결과 압밀계수 C_v 는 $35 \text{ cm}^2/\text{day} \times a_s$ 로 나타났다.

표 1. 지반 및 재료의 특성

구분	단위중량 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	압축지수	압밀계수 $C_v(\text{cm}^2/\text{day})$	점착력 $C(\text{kN/m}^2)$		내부마찰각($^\circ$)	초기간극비(e_0)
Clay layer 1	4.7	1.30	35	1.4*Z 여기서 Z: 심도(m)		0	2.75
Clay layer 2	4.7	0.70				0	2.40
Clay layer 3	4.7	1.20				0	2.30
Clay layer 4	4.7	1.15				0	2.45
Clay layer 5	4.7	1.45				0	2.30
Bed rock	10	비압밀층		1000	0	0	
Rock fill	10			20	0	35	
침매터널	총중량 : $P't = 34.631(\text{kN/m}^2)$						

침하검토는 원호활동의 안정성을 만족하는 SCP 40% 개량에 대하여 그림 13과 같은 단면을 검토하였으며, 검토위치는 침매함의 중앙과 양 끝단으로 하였다.

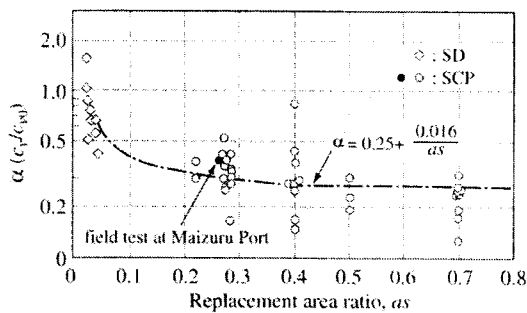


그림 12. SCP개량율(a_s)과 압밀감소계수
 C_v : SCP 설치후의 압밀계수(압밀 지연을 고려)
 C_{v0} : 실내시험에 의한 압밀계수

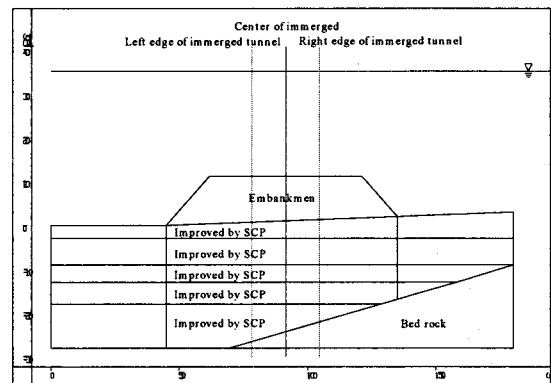


그림 13. 잔류침하 검토단면

표 2는 성토 후 압밀도 90%까지의 소요시간을 계산한 결과인데, 압밀도 90%까지는 347일(약 11.6개월)이 소요되는 것으로 나타났다.

표 2. 시간경과에 따른 압밀도와 침하량

압밀도(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
경과 시간(day)	35	52	69	90	114	144	184	242	347	-
침하량(cm)	32.7	65.3	98.0	130.6	163.3	196.0	228.6	261.3	293.9	326.6

성토재의 준설 후 침매함과 성토재에 의한 허용 잔류침하량이 10cm 이하인 조건의 만족여부와 부등침하에 대하여 검토를 하였다. 그 결과 잔류침하는 3점 모두 발생하지 않으므로 부등침하도 발생하지 않는다.

4.3 시험시공

시험시공은 2005년 5월 06일부터 6월 16일까지 총 38일중 32일간 시행되었으며, 앞에서 설명한 것과 같이 G.L.부터 -15m까지는 직경2000mm으로, -15m 하부는 직경1600mm으로 시공하였다. 개량 간격은 그림 14와 같이 밀변이 3m, 높이가 2.6m인 이등변 삼각형으로, 직경2000mm 부분의 개량율은 40%이고 직경1600mm 부분의 개량율은 25.6%이다. 개량 총본수는 878개로 직경2000mm의 연장은 13,898m이고, 직경1600mm의 연장은 9,508.2m이며, 직경2000mm의 평균 개량심도가 15.8m, 직경1600mm의 평균개량심도가 11.7m이다. 그림 14는 시험시공 순서를 나타내는데 A지점에서 B지점으로 갈수록 깊어져 최대심도는 B지점에서 69.9m(세계최대 SCP시공심도)로 기록 되었다. 그림과 같은 순서로 시공한 것은 용기토가 옆으로 퍼져나가게 하여, 발생하는 용기고를 줄이기 위함이다.

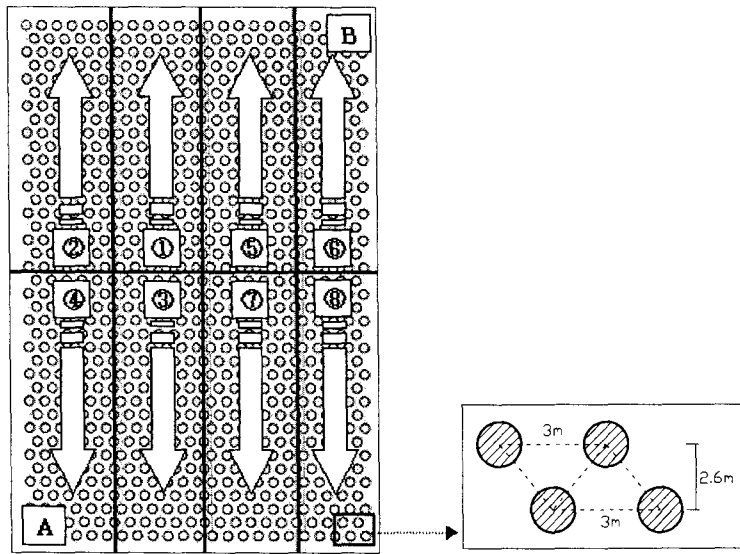


그림 14. SCP 시험시공순서와 파일 배치도

5. SCP개량지반의 용기형상과 용기량 예측

5.1 검토목적

연약지반에 SCP를 타설하면 모래의 강제압입으로 원지반이 용기한다. SCP 시험시공 후의 용기지반의 자료를 토대로 지반개량에서의 특성인 용기형상과 용기율을 고찰하고자 한다. 또한, 개발한 3차원 용기 지반형상의 예측 시스템을 이용하여 용기토의 형상을 예측하고 실측결과와 비교함으로써, 시스템의 타당성을 검증하고자 한다.

5.2 용기지반의 형상과 용기량 예측방법

용기지반의 형상과 용기량은 원지반의 토질조건, 개량심도, 개량폭, 치환율, 개량체 직경 등의 지반개량조건과 타설순서 등의 시공조건, 그리고 기설구조물이나 주변의 구속조건 등에 의하여 복잡한 영향을 받는다. 용기지반의 예측은 일반적으로 용기형상과 용기량의 예측으로 구분하며, 용기율은 원지반에 강제압입한 모래양과 용기량의 비로서 나타낸다.

5.2.1 용기형상의 예측

용기형상의 예측은 曾我部(Sogabe) 예측법, 塩見(Siomi) 예측법, 平尾(Hirao) 예측법, 福手(Fukute) 예측법 등이 있으나, 여기서는 시험시공의 용기율 예측에 이용한 福手(Fukute) 예측법을 소개한다. 福手는 대규모 SCP 타설에 의한 용기형상을 좌우하는 조건으로 SCP 타설 방향, SCP 타설지반의 주변 구속조건으로 가정하여 선행 시공구역에서 용기율을 관측하고, 그 지역의 용기형상을 대상으로 3차원적 형상예측 방법을 제안하였다. 즉, SCP 시공방향과 구속조건에 따라 그림 22와 같이 6개의 기본 모델을 작성하였으며, 이 조건들을 모델에 응용하여 SCP 타설지역 전체의 용기형상을 추정하는 방법을 제안하였다. 그림 15는 SCP 시공후의 실제 용기지반의 등고선과 福手(Fukute)의 방법으로 예측한 용기형상 사례를 나타낸 것이다.

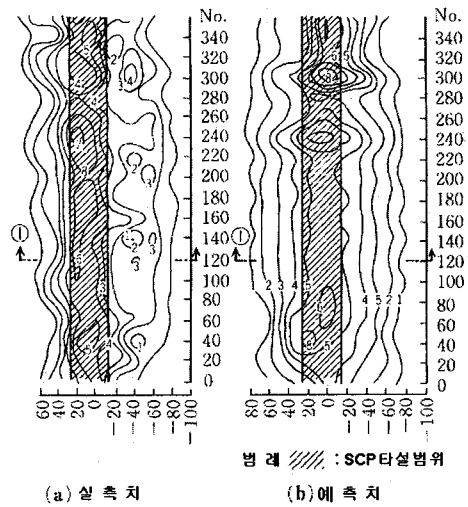


그림 15. 용기지반형상의 비교

5.2.2 용기율(μ) 예측

용기율의 예측방법으로 塩見(Siomi)방법이 이용되어 왔지만, 1986년 이후의 실측용기율에 의하면 추정 용기율을 상회하는 경향으로 알려져 있다. 長田(Nagata)는 저치환 SCP 시공자료로부터 실측용기율을 계산하여 塩見(Siomi)의 용기형상 제안식과 비교한 결과, 실측용기율이 1.5배 정도 크게 나타난다고 보고하고 있다(그림 16). 또, 平尾(Hirao)는 SCP 시공에 의한 모래말뚝의 직경이 용기율에 미치는 영향을 착안하여 SCP 직경을 새로운 인자로 추가하고 직경과 실측용기율의 관계를 조사하여 그림 17과 같은 결과를 얻었고 개량직경 2,000mm의 용기율 예측식도 제안하였다.

표 3 용기형상과 용기율의 예측방법

구분	제안자	제안식 내용	비고
용기형상	曾我部(Sogabe)	$\mu = 0.316as - 0.028L + 0.0037qu + 0.70$	
	塩見(Siomi)	$\mu = 2.803/L - 0.356sa + 0.112$	
	平尾(Hirao)	$\mu = 0.302 + 0.187\phi$ (ϕ : 개량체의 직경)	개량체의 평균치
		$\mu = 2.117/L + 0.718as + 0.056$	$\phi 2000\text{mm}$ 의 용기율
	長田(Nagata)	塩見식을 이용하여 실제용기율과 비교	塩見보다 1.5배 크게 평가
	福手(Fukute)	3차원 용기형상 예측	

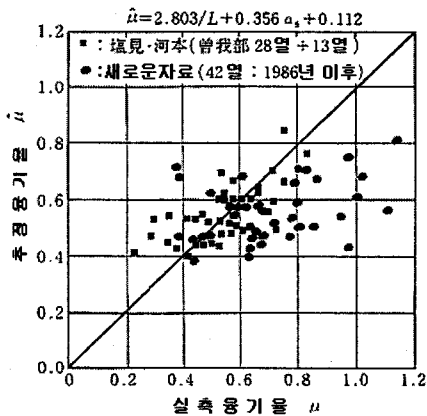


그림 16. 용기율의 예측치와 실측치

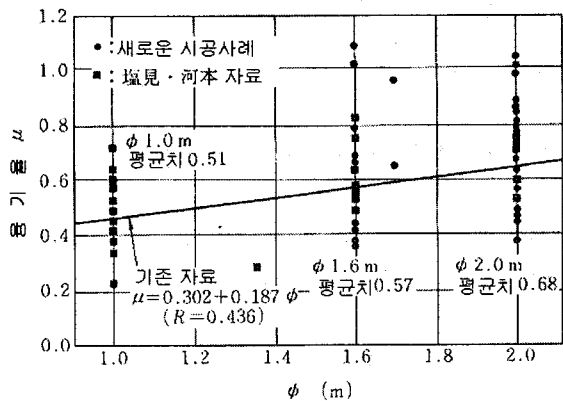
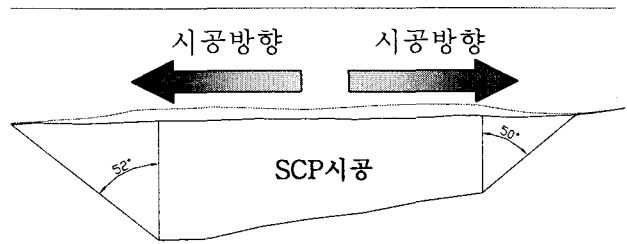


그림 17. SCP 직경과 용기율

5.3 SCP타설에 의한 용기형상과 용기량 비교

5.3.1 용기량의 예측치와 실측치 비교

그림 18은 J단면의 용기형상과 SCP 시공방향을 나타내고, 그림 19는 시험시공 후 음파탐사로 계측한 결과이며, 점선은 SCP 시험시공 영역을 나타낸다. 가로방향 165.264m를 7.512m 간격으로 A~V의 22개로 나누고, 세로방향 165.264m를 7.482m 간격으로 No.1~No.26의 26개로 나누어 572개소의 지점에 대한 원지반고와 SCP 시공후



의 지반고를 측정하였다. 용기량은 가로A~V의 22개 단면에 시험시공 전의 원지반고와 시험시공 후의 지반고를 함께 표시하여 각 단면의 용기면적을 계산하고, 입체적으로 용기량을 계산하였다(표 3). 그림 20은 도로 진행방향을 기준으로 하면, 좌측이 거제도의 대죽도 방향이고 우측이 부산시의 가덕도 방향이며, 위쪽이 부산신항 방향이다. 개발한 용기형상 예측 프로그램으로 분석한 결과인데 시험시공 후의 지반고와 원지반고를 함께 표시하여 SCP 시공에 의한 용기형상을 등고선으로 표기하였다. A~V의 22개 단면을 그림 20과 조합하여 검토하면 최초로 타설한 영역(No.13)의 용기량이 적고, 양방향으로 나누어 타설하였기 때문에 최대 용기고가 상하의 두 곳에서 나타나며, 각 단면의 조사 결과 용기각이 50-60°로 분포하는 것을 알 수 있다.

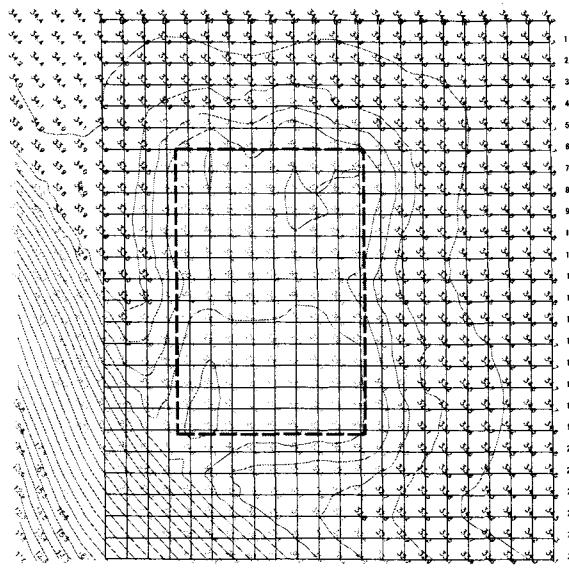


그림 19. SCP 시험시공 후의 지반고

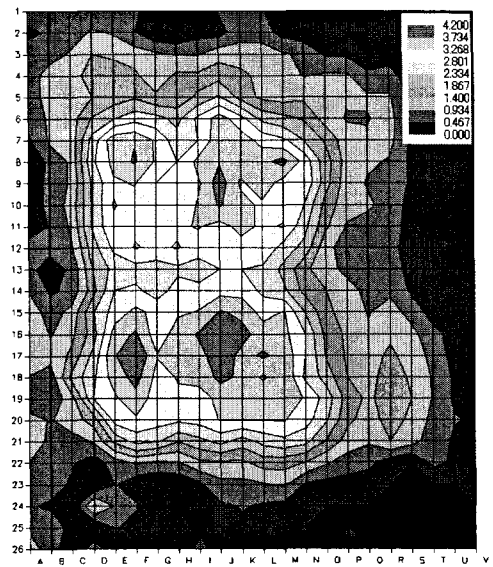


그림 20. 용기지반의 형상 등고선

단면별 용기토 형상과 용기율을 계산하면, 실제 용기율(μ)은 0.69로, 塩見(Siomi)에 의하여 구한 용기율 예측치인 0.42를 크게 상회하는 것을 알 수 있다. 단면 D~M까지의 평균용기고는 약 2.2m이고 평균용기각은 $\theta_1 = 54.5^\circ$, $\theta_2 = 54.0^\circ$ 로 그림 22의 70° , 75° 조건보다 과소평가됨을 알 수 있다. 그림 21은 일본의 SCP시공에 의한 실제용기율과 추정용기율의 실적에 비하여 금번 시험시공 측정치가 실측치와 차이가 많은 것은 그림 21의 자료가 대체로 치환율이 높은 일본사례인 것에 대하여 개량율이 낮고 시험시공 위치가 대심도이며 연약지반의 급경사로 인한 용기토 방향성 및 토질특성 등에 기인한다고 생각된다. 따라서 우리나라 토질특성을 반영하고 저치환율에 합당한 용기토양 예측 방법과 자료축적이 필요하다.

5.3.2 용기형상의 예측과 실제 용기형상

그림 22는, SCP 타설의 현장조건에 의한 블록의 형상각도 파라미터를 표시하고 있다. 본 검토에서는, 3차원 용기 기반 형상예측 시스템을 이용하여 용기형상을 예측하고, 그 결과를 실측형상과 비교하였다. 주변구속이 없는 경우의 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 를 각각 $60^\circ, 45^\circ, 30^\circ, 30^\circ$ 로 하였으며, 주변구속이 있는 경우의 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 는 각각 $30^\circ, 15^\circ, 15^\circ, 15^\circ$ 로 하여 그림 23의 결과를 얻었다. 이것을 그림 20과 비교한 결과, 용기형상은 실측치와 예측치가 유사한 경향이고 용기토량의 오차는 전체 용기량 $43,373\text{m}^3$ 보다 $1,000\text{m}^3$ (2.3%) 정도로 작지만 상당히 양호한 결과로 평가되었다.

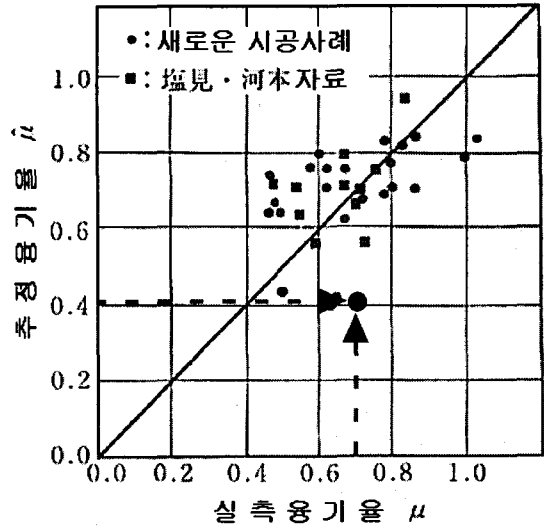


그림 21. 시험시공의 용기율

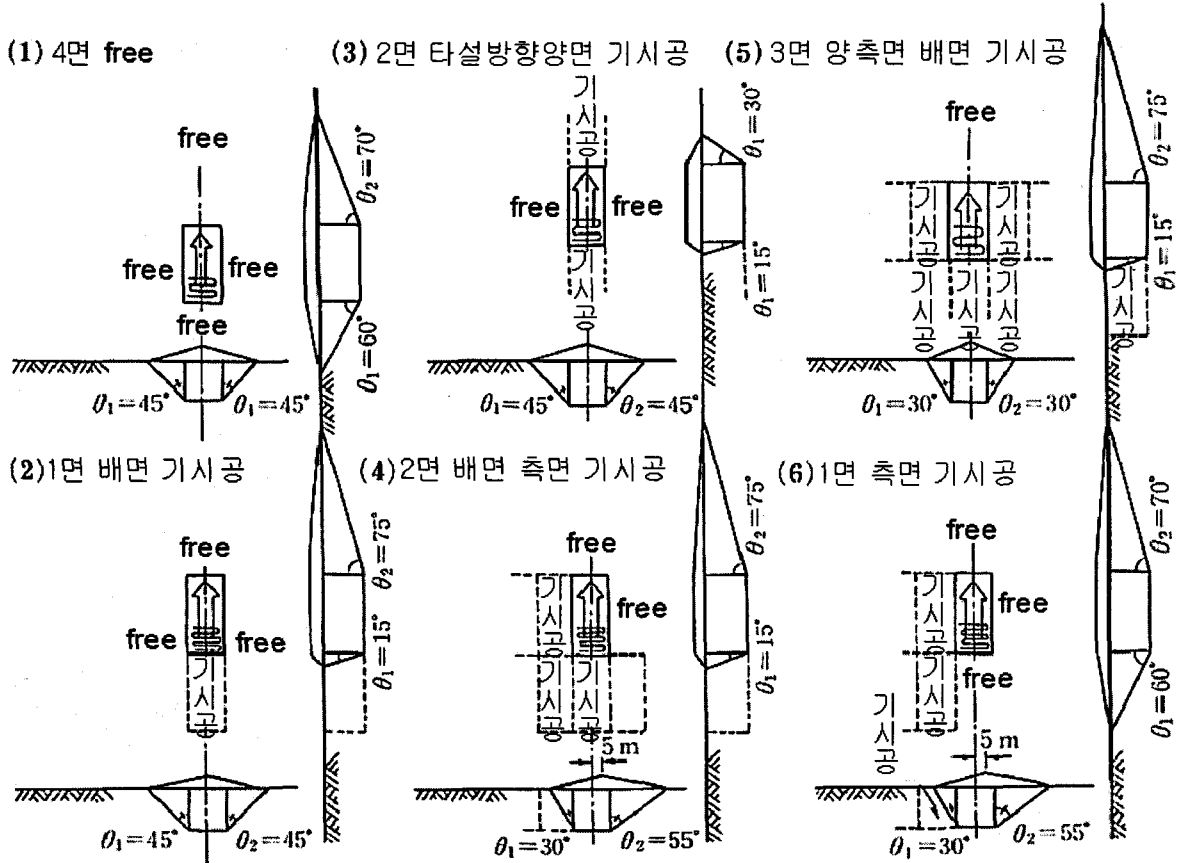


그림 22. 타설 블록의 형상각도의 파라미터

그림 24는 단면 No.2, No.8, No.13, No.17, No.25에 대한 용기토 형상의 예측치와 실측치를 비교한 것이다. 단면No.2는 도로진행방향을 기준으로 시공시험 외지역의 우측, No.25는 시험시공 외지역의 좌측, No.8은 시공지역의 우측 최대용기고가 발생한 지역, No.17은 시공지역의 좌측 최대용기고가 발생한 지역 그리고 No.13은 시공지역의 중심을 나타낸 것이다. 용기토 형상은 모두 예측치와 실측치가 유사하며, 3차원 예측 시스템의 타당성과 실용성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

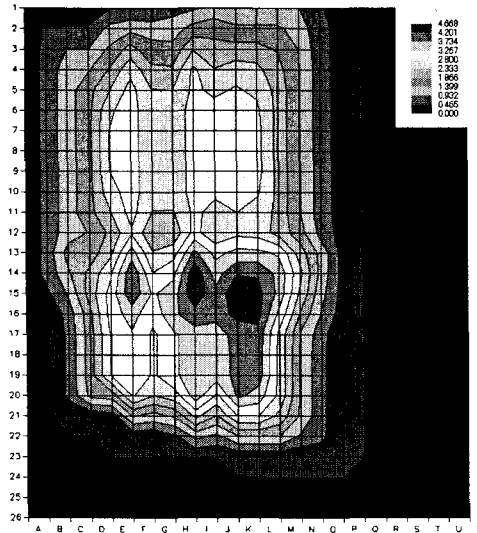


그림 23. 예측 용기지의반의 형상 등고선

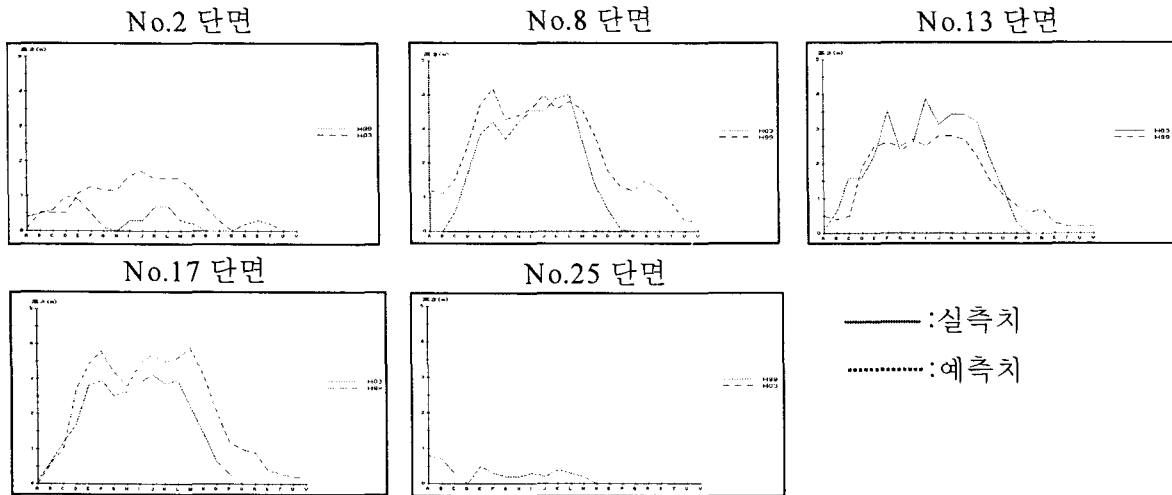


그림 24. 3차원 용기도 예측형상과 실제형상의 비교

6. 결 론

부산-거제간 연결도로 중 국내 최초로 계획·조성되는 침매터널은 총연장은 3.7km이고, 최대 50m의 깊이는 수심과 외해조건 그리고 최대 35m 두께의 연약한 점성토 상부에 조성되며 시험시공결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 현장의 토질은 액성한계가 80~100%의 범위에 있는 매우 고압축성의 점성토이므로, 침하계산에 각별한 유의를 필요로 하는 지반이다.
2. 본 논문을 통하여 일본의 SCP공법의 개발과 변천 및 최근 동향을 고찰하였다.
3. 시험시공의 주어진 조건에 대하여 원호활동 검토와 잔류침하(부등침하)를 검토한 결과, SCP 40% 개량시, 원호활동 안전율 1.30을 확보하고 잔류침하가 허용치 이내에 든다. SCP타설 후 압밀침하 90%에 도달하는 시간은 347일이다. 대심도 해저지반에서의 성토는 극히 드문 사례에 속하므로 시공과정과 계측관리 결과가 주목된다.
4. 용기형상과 용기량 평가방법을 고찰하고 시험시공 지역의 SCP시공에 대하여 평가한 결과, 용기율은 0.69로서 예측식에 의한 결과인 0.42보다 크게 상회한다. 따라서 추후 우리나라 여건과 저치환율

에 합당한 용기형상과 용기율의 예측을 위한 자료축적과 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 福手 勤·樋口 嘉章·古市 正彦·坪井 英夫：サンドコンパクションパイルの大規模な打設に伴う海底隆起地盤の形状予測、第33回土質工学シンポジウム、pp.23~28、1988
2. 塩見 光男·河本 憲二：SCP打設に伴う隆起土の予測、第21回土質工学研究発表会、pp.1861~1862、1986
3. 長田正人：低置換サンドコンパクションパイル工法における盛上り土、土質学会中部支部、第2回調査・設計・施工技術報告会、pp.70~83、1989
4. 前田 進·高井 俊郎·福手 勤：サンドコンパクションパイルの大規模施工に伴う隆起形状と物性、土木学会論文集No.403/VI-10、pp.55~63、1989
5. 曾我部 隆久：サンドコンパクションパイル工法の設計・技術上の課題、土木学会第36回年次学術講演会、pp.39~50、1981
6. 平尾寿雄·松尾稔：地盤改良に伴う粘性土地盤の隆起部分の特性に関する研究、土木学会論文集、第376号/III-6、pp.277~285、1986.12
7. 平尾寿雄·坪井 英夫·松尾 稔：締固め砂杭の打設に伴う海底隆起地盤の形状予測、地盤工学会、第8回地盤工学会シンポジウム、pp.55~60、1996
8. 坪井 英夫、東 祥二、野津 光夫：締固め砂杭(サンドコンパクションパイル)工法の変遷、土と基礎2006年8月号、pp.7~9