

# 호안조성용 거치식 강판셀공법의 실험적 연구

## An Experimental Study on the Placed Steel-Plate Cell Method for Construction of Seawall

박 용 명<sup>1)</sup> · 오 성 남<sup>2)</sup>  
*Park, Yong Myung Oh, Sung Nam*

요 약 : 본 연구에서는 호안의 안벽 및 방파제의 구성에 있어 기존의 타공법에 비해 경제성, 공사기간 및 시공장비 측면에서 유리한 거치식 강판셀 공법의 설계 기법 및 구조적 건전성 확보를 위해 실시한 실험 연구 결과를 제시하였다. 강판셀 구조는 다수의 보강재와 셀-아크 연결부 등이 존재하는 얇은 셀 구조로서 그 거동이 복잡할 뿐만 아니라 설계 기준에서 셀 및 아크 내부의 속채움 토압의 크기가 다소 모호하게 규정되어 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 실규모의 원통형 단면벽 강판셀 구조(D11.0<sup>m</sup>xH14.0<sup>m</sup>x12t)를 설계·제작하여 해상에 거치하고 속채움을 한 후 현장 응력계측을 수행하였으며, 그 결과를 상세 구조해석 결과와 비교·분석함으로써 당 공법의 설계 기술을 구축하고자 하였다.

ABSTRACT : This study will present the experimental research on the establishment of design considerations and structural integrity of the placed steel-plate cell methods for seawall and waterbreak, which have some benefits in the aspects of construction cost, time and equipments compared with the existing methods. The behavior of steel-plate cell structure is complicate due to stiffeners and cell-arc junction. There is also an ambiguity on lateral pressure by cell and arc filler. To resolve such problems, full scale cell (D11.0<sup>m</sup>xH14.0<sup>m</sup>x12t) has been designed and fabricated, then placed on the seabed and filled. The strain measurement has also been performed to build up the design technology together with numerical analysis.

핵심용어 : 강판셀, 셀구조 설계 기법, 속채움 토압계수, 실규모 현장실험, 응력계측

KEYWORDS : steel-plate cell, design technology for cell structure, pressure coefficient of filler, full scale field experiment, strain measurement

1) 정회원, 포스코개발(주)기술연구소, 책임연구원, 공학박사  
2) 포스코개발(주) 기술연구소, 주임연구원

본 논문에 대한 토의를 1997년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면, 토의회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

안벽이나 방파제 등과 같은 항만구조물 조성공사에 일반적으로 이용되는 공법에는 콘크리트 케이슨식 혼성제, 사석식 경사제, 콘크리트 블럭식 혼성제 등이 있다. 이 중에서도 호안 및 방파제 구조물의 조성에 흔히 사용되고 있는 구조 형식인 콘크리트 케이슨식 혼성제는 별도의 방식공이 필요 없어 유지관리 측면에서는 유리하나, 콘크리트 양생에 장기간이 소요되고 대수심(DL -10m 이상)에 소요되는 콘크리트 케이슨을 거치하기 위해서는 대형 해상장비가 필수적이다.

이에 비해 강판셀공법은 강판을 사용하여 제작한 원통형의 셀(cell)을 해상 기중기선으로 운반, 거치하고 셀과 셀은 아크로 연결한 후 셀과 아크의 내부를 토사 등으로 속채움하여 구조물을 완성하는 공법으로서 콘크리트 케이슨식에 비해 제작기간이 짧고 운반시 체체의 중량이 가볍기 때문에 소형 해상기중기선으로도 작업이 가능한 장점이 있다. 이러한 강판셀공법에 의한 항만구조물의 건설 예는 일본에서는 종종 찾아볼 수 있으나, 우리나라에서는 최근 포항 영일만내 호안조성공사에서 거치식 이중벽 강판셀공법이 처음으로 적용되었다.<sup>(1)</sup>

강판셀 구조물의 설계 절차는 항만시설물 설계기준서<sup>(2)</sup>에 명시되어 있다. 그러나 내부 속채움재의 토압계수 산정에 대한 규정이 다소 모호하고, 아울러 아크부 토압에 의한 영향에 대해서는 언급되어 있지 않다. 한편, 강판셀은 강판과 보강재로 구성되는 얇은 셀구조물임을 감안할 때 향후 항만 구조물로서 합당한 사용을 위해서는 속채움 토압계수 크기의 규명과 구조안전성의 확보를 위한 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 강판셀공법의 본격적인 실용화를 위해 거치식 단면벽 강판셀구조를 고안하고 슬래그 속채움재를 사용한 실험 규모의 시험 시공을 수행하였다. 강판셀의 각 부위별 용력의 점점과 슬래그 속채움재 토압의 크기를 파악하기

위해 구조해석과 용력계측 작업을 수행하였으며, 연구 결과를 토대로 향후 강판셀 공법의 설계시 고려 사항을 제안하였다.

## 2. 강판셀 공법의 설계법

### 2.1 셀공법 개요

셀공법이란 일정한 크기의 원통형의 구조물을 해상에 일렬로 거치 또는 근입하고 그 내부를 모래나 자갈 등으로 속채움하여 체체를 완성하는 공법으로서 셀구조와 속채움재가 일체로 외력에 대해 저항하게 된다. 셀은 대개의 경우 강재로 제작되며 강널말뚝셀 방식과 강판셀 방식이 있다.

먼저, 강널말뚝셀식 공법은 수십 개의 강널말뚝을 세워서 폐합한 후 햄머로 한개씩 타입하거나 또는 다수의 진동햄머를 사용하여 여러 개씩 동시에 근입하고 셀 내부를 속채움하여 체체를 완성하는 공법이다.<sup>(3)</sup> 그러나, 이 공법은 속채움 완료까지 비교적 장기간이 소요되어 시공기간 중에 큰 파랑하중이 발생하는 경우 매우 불안한 공법이다. 또한, 타설 도중에 널말뚝 간에 탈락이 발생하거나 속채움재 토압에 의해 셀이 파괴될 우려도 있으며, 셀 전체가 비틀어질 가능성이 많아 현재는 가시설물에 가끔 사용된다.

강판셀공법은 거치식과 근입식이 있는데, 전자는 해저에 사석마운드를 조성하고 육상에서 미리 제작한 원통형의 강판셀을 사석마운드 위에 거치하는 방식이고, 후자는 동기진동햄머(synchronized vibratory hammer)를 사용하여 원통형 강판셀을 지중에 근입하는 방법이다.<sup>(4,5)</sup> 즉, 거치식 셀공법은 지반지력이 양호한 곳에서, 근입식 셀공법은 연약지반에서 상대적으로 유리하다. 본 강판셀 공법은 급속시공이 가능하고 강널말뚝셀공법과 비교하여 전단변형 및 비틀림변형이 작아 구조적으로 안정한 장점이 있어 장기 호안구조물에 적용된다.

그림 1은 호안조성을 위한 거치식 강판셀공법의 단면도를 나타내는 것이다.

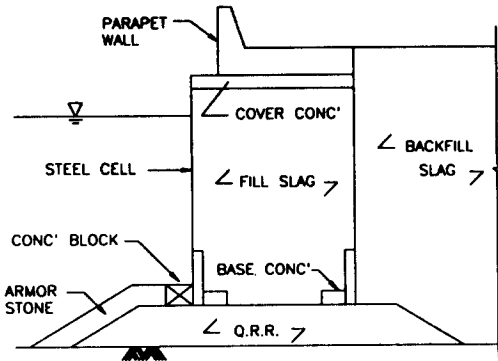


그림 1. 거치식 강판셀공법 단면도

## 2.2 설계 절차

### 2.2.1 설계하중

셀구조물의 설계시 고려해야 하는 하중은 토압 (속채움재에 의한 토압 및 벽체 배면에 작용하는 토압), 잔류수압, 벽체중량, 상재하중, 파랑하중 및 부력 등이 있다.

### 2.2.2 검토 사항

셀공법의 설계시 검토 항목은 벽체 전체에 대한 검토와 벽체 자체에 대한 검토로 크게 분류되며, 전자는 보통의 중력식과 같으나 후자에 관해서는 셀식 구조물 특유의 속채움에 의한 전단저항과 원주방향인장력(hoop tension)에 대한 검토가 필요하다. 즉, 검토 내용은 다음과 같다.

#### 1) 벽전체로서 안정 검토

안정 검토는 셀거치시, 속채움 완료시 및 뒷채움 완료시의 세가지 시공단계별로 수행한다.

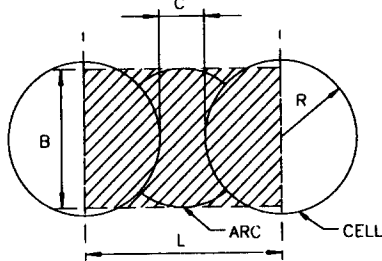


그림 2. 원통형 셀구조물의 환산단면

안정 계산시 원통형 셀 및 아크는 그림 2에 나타난 바와 같이 직사각형으로 환산한 단면을 사용한다.

먼저, 활동에 대한 안정 검토는 중력식 벽체로 간주하고 다음 식에 의한다.

$$F \leq \frac{f(W - P_u)}{P_h} \quad (1)$$

여기서,  $F$ =안전율,  $f$ =벽체와 저면의 마찰계수,  $W$ =총연직하중,  $P_h$ =총수평력,  $P_u$ =양압력이며, 안전율은 평상시 1.2로 한다.

호안구조물 완공시 셀체체의 전도 안정성은 다음 식의 저항모멘트가 뒷채움 토압, 잔류수압 등의 외력에 의한 전도모멘트에 대해 안전율 1.2를 확보하여야 한다.

$$M_m = \frac{1}{6} \gamma_o H_d'^3 R_t \quad (2)$$

식 (2)에서  $\gamma_o$ =속채움재의 환산단위 체적중량,  $H_d'$ =해저면 위의 환산벽체높이,  $R_t$ =전도저항계수이다. 전도저항계수는 셀의 환산폭높이비( $B/H_d'$ ), 속채움재의 내부마찰각 및 벽면마찰각 등을 고려하여 결정되며 0.5~5.0의 값을 갖는다.

#### 2) 강판셀의 장력계산

원통셀 및 아크셀에 발생하는 강판셀의 장력은 허용장력을 초과하지 않아야 하며, 장력 계산은 속채움재에 의한 토압이 최대인 저면에서 한다. 강판셀의 장력  $T$ 는 다음 식으로부터 구한다.

$$T = [(\gamma_o H_d' + q)K_i + \gamma_w h_w]R \quad (3)$$

여기서,  $K_i$  = 속채움 토압계수(=  $\tan \phi$ ),  $\gamma_o$  = 속채움재의 환산단위체적중량,  $\gamma_w$  = 해수의 단위 체적중량,  $H_d'$  = 해저면 위의 환산벽체 높이,  $h_w$  = 셀 내부와 전면의 수위차,  $R$  = 셀 반경,  $q$  = 상재하중이다.

#### 3) 사면활동 및 지반지지력 검토

지반이 견고하지 않은 경우에는 사면활동의 검토를 한다. 거치식 강판셀공법은 지반지지력이 양호한 곳에서 사용하여야 하기 때문에 사면활동 및

지반지지력을 미리 검토한 후 이러한 조건을 만족하는 부지에서 사용하여야 한다.

### 3. 거치식 단면벽 강판셀 시험체의 설계

#### 3.1 설계 조건

시험시공 대상 위치는 포항 영일만 앞바다로서 수심은 DL. -14.5 m이며 해저면 2.5 m는 사석 마운드로 조성한다. 파고조건, 재료특성 및 기타 설계요건은 표 1에서 표 3과 같다.

표 1. 파고조건

시공 상태	유리파고 $H_{1/3}(m)$	파랑주기 T(sec)
강판셀 거치시	1.0	8.0
속채움 완료시	3.0	10.0
구조물 완공시	5.5	12.0

표 2. 재료특성

재 료	강 도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	단위중량 (tonf/m <sup>3</sup> )	
		수상	수중
철근콘크리트	$\sigma_{ck} = 240$	2.45	1.45
무근콘크리트	$\sigma_{ck} = 180$	2.30	1.30
강판 및 형강 (SS41)	$\sigma_a = 1,400$ $\tau_a = 800$	7.85	6.85
슬래그	내부마찰각 $\phi = 35^\circ$	1.40	1.00

표 3. 기타 설계요건

항 목	내 용
허용지지력	사석마운드 : $q_a = 50.0 \text{ tonf/m}^2$
	해저 지반 : $q_a = 24.0 \text{ tonf/m}^2$
강판부식량	해수접촉부 : 전기방식시 0.01 mm/년 강판셀내면 : 0.03 mm/년
저면마찰계수	슬래그와 사석 : $\mu = 0.7$

#### 3.2 셀 단면 선정

그림 1과 같은 호안구조물 조성을 위해 본 연구의 거치식 단면벽 강판셀은 직경 11m, 높이

14m로서 상부 10m는 단면벽으로 하고 하부 4 m 부분은 폭 32cm의 이중벽으로 한 후 무근콘크리트로 채우고 저면에는 폭 100cm, 두께 50cm의 철근콘크리트 저판슬라브를 부착함으로써 사석마운드의 접지면적을 크게 하여 강판의 안정성을 확보하였다. 상부는 속채움 슬래그의 유실 방지를 위해 두께 50cm 덧개 콘크리트와 월파 방지를 위한 두께 1.2m, 전면 높이가 4.5m의 철근콘크리트 parapet wall이 시공된다.

식(3)으로부터  $\gamma_o = 1.0 \text{ tonf/m}^3$ ,  $H_d' = 17.912 \text{ m}$ ,  $K_i = \tan \phi = 0.7$ ,  $\gamma_w = 1.03 \text{ tonf/m}^3$ ,  $h_w = 0.165 \text{ m}$ ,  $R = 5.5 \text{ m}$  일 때 강판의 소요두께  $t = 5.6 \text{ mm}$ 가 되고 표 3으로부터 설계수명 50년시 부식량 2mm를 더하면 소요두께는 7.6mm가 되지만 설계여유를 고려하여 실제 제작시에는  $t = 12\text{mm}$  철판을 사용하였다.

강판의 보강은 H 형강에 의하여 수직 방향으로 H-300x150x6.5x9를 12개 사용하고 횡방향으로는 고주파벤딩을 하여 형성한 원호 형상의 H-250x250x9x14를 3군데 사용하였다. 고안한 거치식 단면벽 강판셀 시험체의 구조상세는 그림 3과 같다.

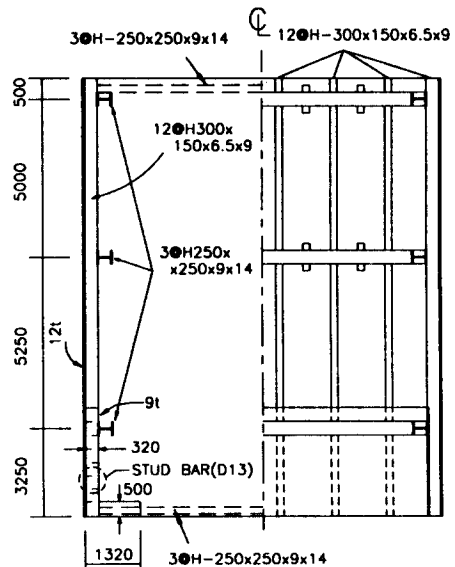


그림 3. 강판셀 시험체 구조 상세도

### 3.3 벽체 안정검토

셀 벽체의 안정검토는 먼저 뒷채움이 없는 거치시 및 속채움 완료시에는 표 1의 설계파고에 의한 파압에 대해 중력식 벽체의 활동 및 전도를 검토한다. 파압력 계산에는 여러가지 공식이 이용되고 있으나, 여기서는 호안 직립부에 걸쳐서 파압력이 사다리꼴 분포를 한다고 가정하는 고다가 제안한 방법을 이용하였으며,<sup>(2)</sup> 설계파고는 다음 식으로부터 구한 최대파고  $H_{max}$ 를 사용하였다.

$$H_{max} = 1.8 H_{1/3} \quad (4)$$

셀의 거치시 및 속채움 완료시에 표 1 및 식(4)의 파압력에 의한 벽체의 활동 및 전도안정성에 대한 계산 결과는 표 4와 같다.

표 4에서  $p_1, p_3, p_4$ 는 각각 해수면, 셀저면, 천단고에서의 고다 공식의 파압력이고,  $P_h, M_h$ 는 총 파압력 및 전도모멘트,  $P_u, M_u$ 는 양압력 및 전도모멘트이며  $W, M_r$ 은 자중 및 저항모멘트이다. 표 4에서 셀은 거치시 파랑하중에 대해 안전율 1.2를 만족하지 못하나 200 tonf의 임시재하중(counter-weight)을 사용하면 안정을 확보할 수 있어 문제는 되지 않는다.

한편, 그림 1과 같이 호안구조물의 최종완성시는 뒷채움토압, 잔류수압 및 상재하중에 의한 해측 방향으로의 활동 및 전도에 대한 안정 여부를 식 (1)과 식 (2)로 점검한다. 슬래그 뒷채움재의 토압계수는 슬래그와 강판의 벽면마찰각은  $15^\circ$ 이고 Coulomb 공식으로부터  $K_a = 0.25$ 가 된다. 이때,  $P_h=42.7$  tonf/m,  $M_h=245.2$  tonf·m/m,  $W=165.06$  tonf/m,  $M_r=478.9$  tonf·m/m이고, 따라서 활동 및 전도에 대한 안전율은 각각 2.7, 1.95가 되어 안전하다. 식 (2)에 의한 저항모멘트  $M_{ro}$ 의 계산시 그림 2의 환산벽체폭  $B=8.808$  m, 환산벽체길이  $2L=11.1$  m, 환산벽체높이  $H_d'=17.912$  m, 전도저항계수<sup>(2)</sup>  $R_t=0.5$ 가 사용되었다.

표 4. 거치시 및 속채움 완료시 셀의 안정성 (단위:tonf,m)

단 계	$p_1$	$p_3$	$p_4$	$p_u$	$P_h$	$M_h$	$P_u$	$M_u$	W	$M_r$	활동	전도
셀 거치시	1.31	0.84	0.46	0.84	14.69	106.4	1.50	3.43	12.61	55.52	0.53	0.49
속채움완료시	4.55	3.44	3.56	3.35	56.05	406.5	14.74	43.25	130.5	574.9	1.44	1.31

## 4. 구조해석

### 4.1 속채움 토압계수

본 연구의 단면벽 강판셀의 실용화를 위한 구조적 타당성과 항만시설물 설계기준서<sup>(2)</sup>에 따라 설계한 셀 단면의 각 부위별 응력 점검을 위한 구조해석을 수행하기에 앞서 속채움 토압계수의 고찰이 필요하다.

일본 및 우리나라 항만시설물 설계기준에서는 속채움재의 토압계수를 다소 보수적으로 여겨지는  $K_i = \tan \phi$ 로 정의하여 식 (3)으로부터 강판의 두께를 결정하도록 하고 있으며, 속채움재로 내부마찰각이 큰 사석( $\phi \approx 40^\circ$ )을 사용하여 다짐을 충분히 한 경우에  $K=0.6$ 을 사용하여도 좋다고 명시하고 있어 토압계수에 대한 기준이 모호한 실정이다. 한편, 中山種滿의 실험연구<sup>(6)</sup>에 의하면 모래( $\phi \approx 30^\circ$ )를 속채움재로 사용한 대형모형실험에서 토압계 측정에 의하면 토압계수는  $K_o=0.24 \sim 0.47$ (평균  $K_o=0.36$ ), 강판셀의 인장응력 측정에 의한 토압계수, 즉  $T = p_h \cdot R$ 로부터 역추정한 토압계수는  $K_o=0.3 \sim 0.8$ (평균  $K_o=0.54$ )로 구해졌으며, 실규모 현장 실험에서도 토압계수는  $T = p_h \cdot R$ 로부터  $K_o=0.5$  정도이어서 내부마찰각이  $30^\circ$ 인 모래채움시  $K_o=0.5 \sim 0.6$ 을 추천하고 있다.

더우기 본 연구의 거치식 단면벽 강판셀은 속채움재로서 고로 파쇄 슬래그( $\phi \approx 35^\circ$ )를 사용하였는데, 이 경우에 대한 실험적 연구는 이루어진 바가 없다. 따라서, 슬래그 속채움재에 의한 토압 크기의 평가와 강판의 거동 분석을 위해 현장 계측을 실시하고 계측치와의 비교를 위한 구조해석을 병행하였다.

## 4.2 덮개콘크리트 완성시에 대한 해석

슬래그 속채움재 토압계수의 추정과 셀거동의 분석을 위한 응력계측은 상부 parapet wall이 완공되기 전단계인 덮개콘크리트까지 완성된 상태를 기준으로 하였다. 계측 결과와의 비교를 위한 구조 해석은 다음의 두 가지 경우에 대해 수행하였다.

(1) 해석경우 A : 항만시설물 설계기준에 의한 경우

셀 내부 속채움 토압계수를  $K_f = \tan \phi = \tan 35^\circ = 0.7$ 을 사용하고 아크부의 속채움 토압 효과를 고려하지 않는다.

(2) 해석경우 B : 정지토압계수를 사용하고 아크부 속채움 토압효과를 고려하는 경우

슬래그 속채움에 의한 토압계수를 정지토압계수인  $K_o = 1 - \sin \phi = 0.4264$ 로 하고 아크부의 속채움에 의한 토압효과를 고려한다. 이 때, 셀 벽체에 작용하는 토압의 크기는 그림 4와 같고,

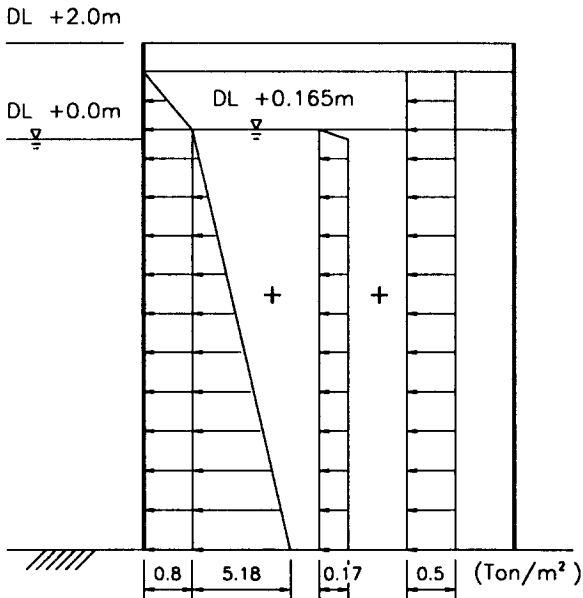


그림 4. 셀 벽체에 작용하는 압력 분포

아크부의 토압분포는 그림 5와 같이 가정하되 아크부의 제원이 셀 직경에 비해 작으므로(즉, 그

림 2에서  $C/2R \leq 0.5$ 를 만족) 中山種清<sup>(6)</sup>의 논문에서 제안한  $K_{arc} = 0.2$ 를 사용하였으며 셀과 아크 접합부의 interlock force T는 해당 표고에서의 아크부 속채움 토압으로 인한 아크의 원주방향인 장력을 셀의 법선방향 절점하중으로 적용시켰다.

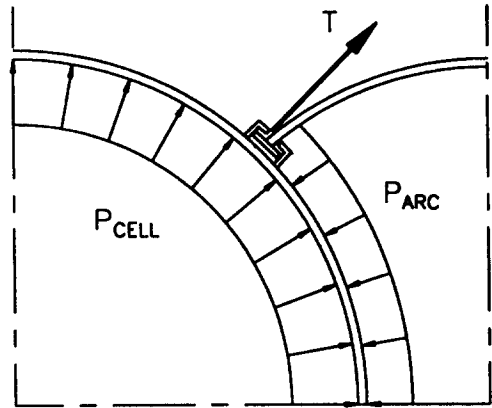


그림 5. 셀 및 아크부 토압 분포의 가정

상기 두가지 경우에 대한 구조해석은 셀의 대칭성을 이용하여 그림 6과 같이 셀의 1/4 부분만을 셀요소, 보요소 그리고 고체요소(하부 4m 벽체 콘크리트)로 모델링하였으며, 셀요소와 보요소간의 연결은 강체요소로 연결하였다. 해석 결과는 5.1절에서 응력 계측 결과와 비교, 도시하였다.

## 5. 응력계측 및 분석

### 5.1 응력 계측

본 연구에서 고안한 단면벽 강판셀공법의 구조적 타당성 검증을 위해 실시한 실험도 시험시공은 이중벽 강판셀공법으로 호안조성공사중이던 현장에서 이중벽 강판셀 1 함을 본 연구의 단면벽 강판셀로 대체하여 수행하였다. 계측에 사용한 변형률 게이지는 진동형 방식으로 변형률의 측정범위는  $3,300 \mu\text{strain}$ 이다. 게이지는 그림 7에 나타난

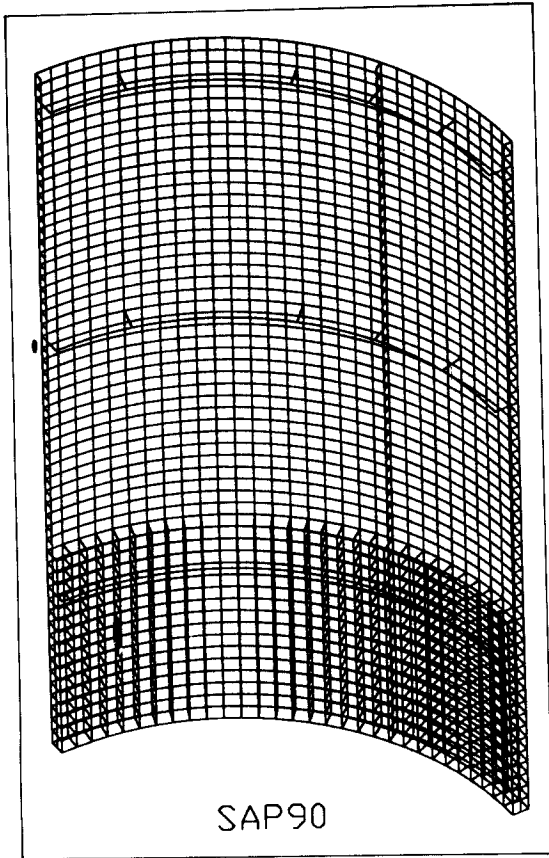


그림 6. 강판셀 구조해석 모델

바와 같이 해측부(Layer #1), 셀-아크 접합부(Layer #2), 그리고 배면매립부(Layer #3)의 세 군데에서 강판셀의 안쪽면에 부착하였으며, 각 Layer에는 수평방향 변형률 계측을 위해 7개의 게이지를 설치하였다. 그림 8은 게이지의 부착 직후 형상을 보여준다.

계측 작업은 파고가 잔잔한 상태에서 실시하였다. 4.2절의 해석경우 A 및 해석경우 B에 대한 수치 해석 결과와 현장계측으로부터 얻은 결과는 그림 9에 비교, 도시하였다. 그림 9에서 점선은 해석경우 A에 의한 응력분포이고, 실선은 해석경우 B에 의한 것이다. 그리고 계측치는 속채움 완료후 4개월이 경과한 시점의 측정치이다.

## 5.2 계측 결과 분석

강판셀의 거동을 파악하기 위해 수행한 구조해석과 계측 결과를 분석하면 다음과 같다.

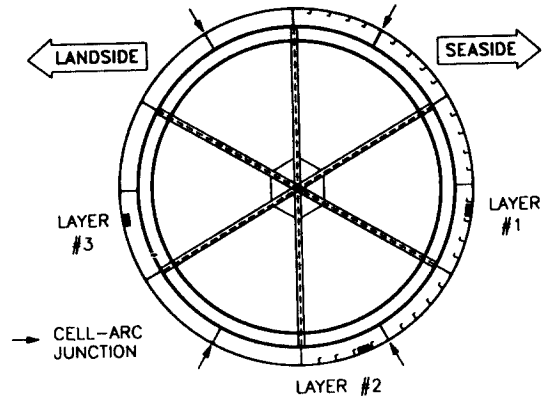


그림 7. 변형률 게이지 부착 위치

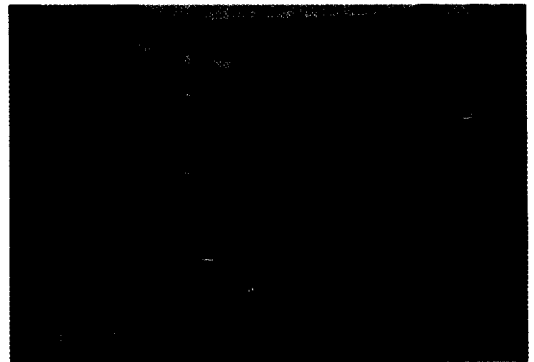


그림 8. 변형률 게이지 부착 광경

### 1) Layer #1 : 해측부

Layer #1에서는 H1-6 게이지가 기능을 상실하여 계측이 되지 않았다. H1-1의 응력은 해석치보다 크게 나왔는데, 해석에서는 하부벽체 콘크리트가 속채움 토압에 대한 인장응력을 저항하는 것으로 간주하였으나, 실제로는 콘크리트에 균열이 발생하였거나, 또는 강판셀 전면 하단의 근고블록(그림 1 참조)에 접촉되어 강판에 휨응력이 발생되었을 가능성도 있다. H1-4의 응력이 해석치보다 다

소 작게 나온 것을 제외하면 대체로 4.2절의 해석 경우 B의 해석치와 유사한 분포를 보이고 있으며, 해석경우 A의 응력값 범위 이내에 든다.

### 2) Layer #2 : 아크셀 접합부

아크셀 접합부는 아크부 속채움 토압에 의해 강판셀에 추가적인 하중이 작용하게 되어(그림 5) 그 거동이 다소 복잡할 것으로 예측되는 지역이다. H2-7 게이지는 기능을 상실하였다. 계측 결과는 아크부 토압효과를 고려하지 않는 해석경우 A와는 EL. 8m 이상의 지역에서 큰 차이를 보이고, 정지토압계수를 사용하고 아크부 토압 효과를 고려한 해석경우 B와는 비교적 잘 일치한다. 따라서 강판셀은 아크 접합부에서 다른 지역에 비해 큰 응력이 발생함을 알 수 있으며, 설계 단계에서 아크부 토압의 영향을 적절히 고려하여야 함을 알 수 있다.

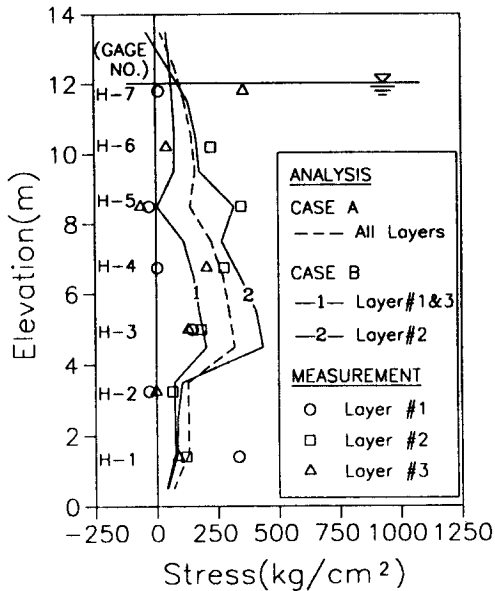


그림 9. 해석 및 계측에 의한 강판셀 응력 비교

### 3) Layer #3 : 배면부

이 위치는 속채움후 수일 내로 배면 뒷채움에 이루어졌다. 그러나 계측치가 불안한 H3-4와 H3-7을 제외하면 대부분 위치에서 Layer #3의 응

력이 Layer #1에서의 응력보다 조금 작게 나타남을 알 수 있다. 이는 셀의 속채움에 이은 뒷채움에 의한 변형의 복원에 의한 것으로 추정되지만 응력의 복원량은 매우 작아 이의 영향은 무시할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 강널말 특수 공법의 계측에서도 이미 밝혀진 바 있다.<sup>(7)</sup>

이상의 현장계측과 구조해석을 통해 고찰한 바와 같이 강판셀의 응력은 셀과 아크의 접합부에서 가장 크게 나타난다. 따라서 강판셀 구조물의 강판 두께는 식 (3)으로부터 결정되되 정지토압계수를 사용하고 아크부의 속채움에 의한 토압 및 접합부의 interlock force를 고려한 구조해석을 실시하여 강판셀과 아크의 접합부에서의 응력을 충분히 검토하여야 한다. 이 때 아크부 토압의 크기는 셀 속채움 토압계수의 1/2 정도로 가정하는 것이 타당함을 알 수 있었다.

## 6. 결 론

강판셀 공법은 기존의 콘크리트케이슨식 공법에 비해 소형해상장비로 시공이 가능하고 제작기간이 짧기 때문에 공기면에서도 유리한 공법으로서 방식공법의 발달과 더불어 향후 항만구조물 공사에 널리 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 호안조성용 거치식 단면벽 강판셀 공법의 실용화를 위해 구조해석 및 실규모 시험시공을 실시함으로써 구조적 타당성 및 설계시 속채움재에 의한 토압의 고려방법을 고찰하였으며, 연구의 수행으로 발견한 사항을 요약하면 다음과 같다.

(1) 단면벽 강판셀은 얇은 쉘구조이므로 수직 및 수평보강재의 형상과 부착 방식에 따라 응력 거동이 복잡하게 나타나므로 항만설계기준을 준수함은 물론 정확한 구조해석을 반드시 수행하여야 한다.

(2) 원통형 강판셀 내부 속채움 토압만이 아니라 아크부 속채움재의 압력에 의해 원통셀에 추가로 발생하는 응력이 작지 않다는 것이 구조해석



및 응력계측으로부터 밝혀져 강관셀의 설계를 지배하는 위치는 셀-아크 접합부로 밝혀졌다.

(3) 이 때 셀 속채움에 의한 토압계수는 정지토압계수를, 아크부 속채움 토압계수는 정지토압계수의 1/2 정도를 사용하고 아크 접합부의 interlock force를 고려한 해석이 계측치와 비교적 일치함을 알 수 있었다. 그러나 실제 설계시에는 정지토압계수에 조금 여유를 고려한 계수를 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

(4) 배면 뒷채움에 의한 수평응력의 복원은 미미하므로 셀 단면의 응력 변동은 무시하여도 좋다.

## 참 고 문 헌

- (1) 포항종합제철(주) : 1993, 포항제철소 제 4투기장 호안조성공사 실시설계보고서
- (2) 해운항만청 : 1993, 항만시설물 설계기준서
- (3) 石綿知治 : 1994, 프리패브 강널말뚝셀공법, 송준섭 譯, 圓技術
- (4) 伊藤義博 외 4인 : 1982, 根入式鋼板セルの施工について, 住友金廬, Vol. 34, No. 2, pp. 94-105.
- (5) 吉田道人 외 3인 : 1989, 關西國際空港鋼板セル製作工事概要, 住友金廬, Vol. 41, No. 4, pp. 133-144.
- (6) 中山種清 외 3인 : 1982, 根入式鋼板セルの靜的舉動と設計法, 住友金廬, Vol. 34, No. 2, pp. 67-92.
- (7) Hasi-Yang Fang: 1991, Foundation Engineering Handbook, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York.

(접수일자 : 1996. 7. 5)