

## CSR 적용에 따른 Corrugated BHD 와 Lower Stool Joint 의 Full Penetration Welding 적용에 관한 연구

박찬규<sup>†</sup>\*, 양종수\*, 김호경\*

STX 조선 조선해양연구소\*

The Study of Full Penetration Welding between Corrugated BHD and Lower  
Stool Joint by Application of CSR

Chan-Kyu Park\*, Jong-Soo Yang\* and Ho-Kyung Kim\*\*

Shipbuilding & Ocean Research Institute, STX Shipbuilding Co., LTD.\*

### Abstract

CSR(Common Structure Rules) enter into force on 1<sup>st</sup> April 2006. Generally for double hull tankers of less than 150m in length, the Rules of the individual Classification Society are to be applied.

Where high tensile stresses act through an intermediate plate, increased fillet welds or penetration welds are to be used longitudinal/transverse bulkhead primary support member end connections to the double bottom.

If workers have begun to make used of established procedures between corrugated BHD and lower stool joint, first to welding on groove of face and then it has to gouging to blow on groove of root. So amount of man-hour increased, productivity seceased.

※Keywords : Common structure rules(공통 구조 규칙), Full penetration welding(완전 용입 용접), Bulkhead(격벽)

### 1. 서론

2006년 4월부터 새로운 공통구조규칙(CSR)이 적용되어 앞으로 건조되는 PC 선의 선체구조 강화를 위해 Tank 내부의 Corrugated Bulkhead 와 Lower Stool 사이의 용접 Joint 에 대해 Deep (Partial) Penetration 에서 Full Penetration 으로

설계 변경됨에 따라 새로운 용접 방법 또는 공정이 요구 되어 진다. 기존의 Corrugated BHD 와 Stool 사이의 용접은 Fillet 형상 및 Partial 용접 Joint 이므로 취부 후 전면에서 FCAW 용접을 실시하고 Gouging 작업 없이 이면에서 Overhead 자세로 용접을 완료한 후, 비파괴 검사를 통한 용접부의 건전성은 판단하지 않았다.

하지만, CSR 이 적용되게 되면 Corrugated BHD Joint 가 Full Penetration Joint 로 변경되어 용접강도와 건전성을 유지하기 위해 전면에서

†교신저자: lily0love@stxship.co.kr, 055-548-1592

용접 실시 후, 이면 용접을 위해 Gouging 으로 용접 Joint 를 풀어내고 용접을 실시해야 하므로 용접 시수 증가 및 생산성 저하가 예상된다.

이에 따라 용접부의 건전성 확보와 생산성 향상을 위해 Root Gap 의 정도에 따라 Ceramic Backing Material 을 사용한 새로운 용접 방법을 제시하고자 본 연구를 실시하였다.

2. 본론

2.1 Test 목적

본 Test 는 Corrugated BHD 와 Lower Stool 사이의 Full Penetration 용접 적용 시, 생산성 향상을 위해 최적의 용접 조건을 선택하고자 다음과 같은 사항을 검토하였다.

- 1) Gap 의 유무에 따른 CBM(Ceramic Backing Material)의 사용 유무 판단
- 2) CBM 사용에 따른 Back Bead 형상 검토 및 Gouging 수행 여부 판단
- 3) CBM 사용 시, Penetration 정도 및 현장 적용 가능 여부 판단

2.2 Test 방법

Fig. 1 은 CSR 적용 전·후의 Corrugated BHD 와 Lower Stool 의 개략적인 단면도이며, 그림에서 보는 바와 같이 CSR 적용 후의 용접 Joint 는 Full Penetration 용접 Joint 로 이면부의 Root Gap 에 따라 CBM 을 사용하여 용접을 실시하였다. 그리고 Fig. 2 는 본 연구에 사용한 시험편의 개략도로

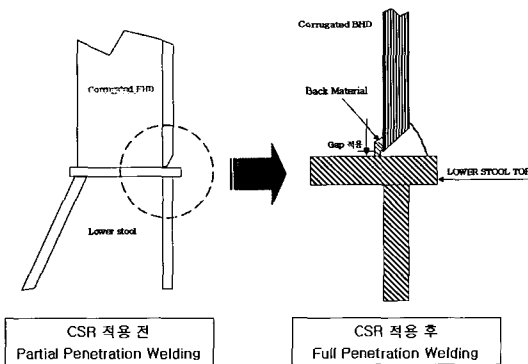


Fig. 1 Schematic of CSR welding joint

사용한 시험편의 크기는 600\*300\*19t mm AH-36 재질을 사용하였고, 용접 Joint 의 개선각도 40° 는 현업에 사용하고 있는 개선각도를 적용하였다.

Fig. 3 은 본 Test 에서 Root Gap 이 있는 경우 이면부에 사용한 CBM 의 형태로, 이면 Bead 의 형태를 비교하기 위하여 오목한 모양과 평평한 모양의 2 가지 Type 을 사용하여 실험을 수행하였다.

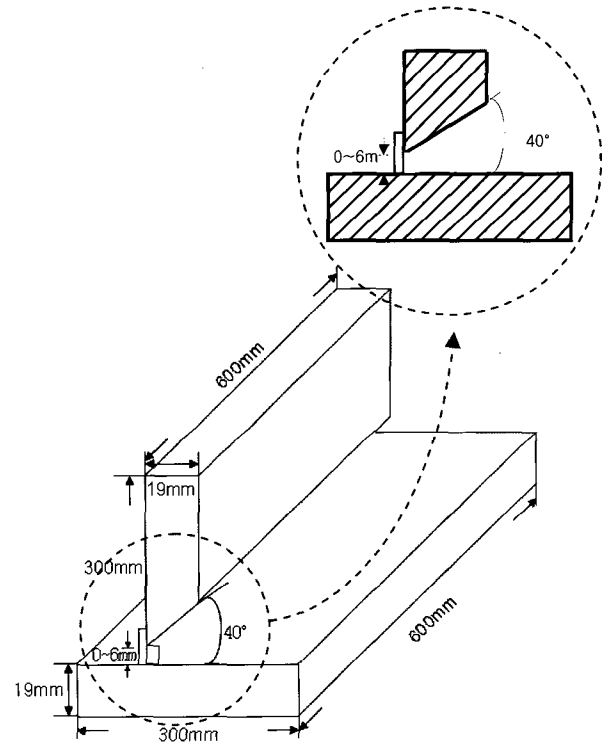


Fig. 2 Schematic of test specimen

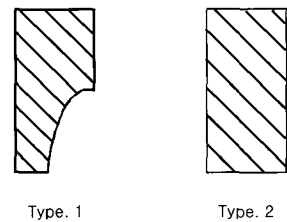


Fig 3. Shape of CBM

Fig. 4 는 현재 제작되고 있는 BHD 조립공장의 Corrugated BHD 의 개선면을 나타낸 것으로, Stool 과 수직으로 만나는 부분은 4~5mm 정도의 Root Face 를 가진다.

Fig. 5 는 Lower Stool 과 용접되는 부분에 적용하는 각각의 용접자세를 나타내었으며, 그림에서 보는 바와 같이 용접되는 부위에 따라 용접자세가 달라지므로 본 Test 는 각각의 자세와 Gap 의 유무에 따른 용접성을 평가하기 위해 Table. 1 과 같이 총 12 개의 시험편을 제작하여 Test 를 실시하였다.

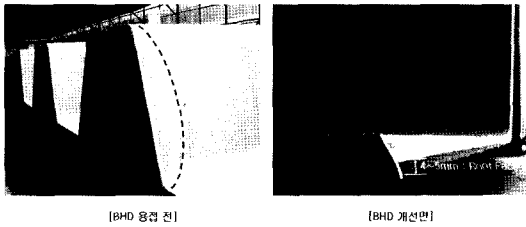


Fig. 4 Corrugated BHD & Groove

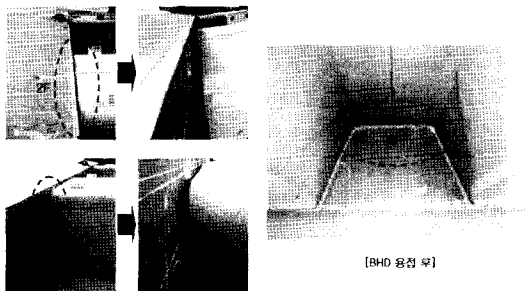


Fig. 5 Welding position of corrugated BHD & stool

Table 1 List of test specimen

Specimen NO.	Position	Gap Range	Backing material	Base Metal / Consumable	Remark
1	2F	0 mm	N / A	19 0mm AH-35 / AWS E 71T-1	Back Gouging 후 이면관류 실시
2	3F				
3	4F				
4	2F	2+1 mm			이면관류 실시 (Back Bead 형성 시)
5	3F				
6	4F	6 mm	Type 1		(CBM8071)
7	2F				
8	3F				
9	4F		Type 2		(CBM9095w)
10	2F				
11	3F				
12	4F				

■ 2F HORIZONTAL POSITION ■ 3F VERTICAL POSITION ■ 4F OVERHEAD POSITION

각 시험편에 대해 Corrugated BHD 와 Stool 의 형상에 맞게 Fillet 형상으로 취부를 실시(Fig. 6)하여 Gap 을 각각 0, 3, 6mm 로 유지하였으며, 용접 전에 가스토치를 이용하여 예열을 실시(Fig. 7)한 후 각 자세별 용접을 실시하였다.

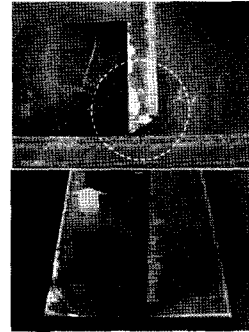


Fig. 6 Fit-up of test specimen

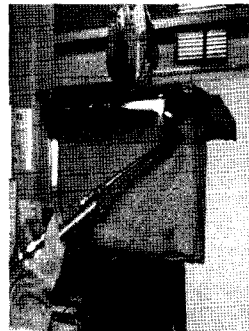


Fig. 7 Pre-heating of Specimen

### 2.3 Test 결과

#### 2.3.1 Gap 0mm without CBM

Gap 을 0mm 로 하여 현업에서 적용하고 있는 용접조건으로 각각의 용접자세 2F, 3F, 4F 로 용접을 하였다. 하지만 Gap 이 없는 경우에는 이면까지 용입이 충분이 이루어지지 않으므로 Full Penetration 용접을 위해 Gouging 으로 불어내고 이면 용접을 실시하였다. Fig. 8(a)는 Face 부의 Bead 적층 형상을, (b)는 이면에

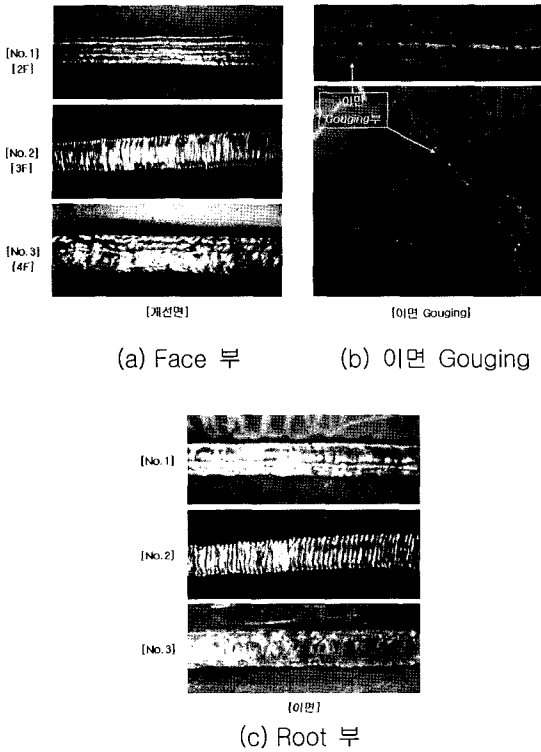


Fig. 8 Gap 0mm without CBM  
(개선면 용접 > Back Gouging > 이면 용접)

Gouging 을 실시한 후 모재의 형상을, (c)는 이면 용접 후의 Bead 적층 형상을 나타내었다.

Fig. 9 는 용접부의 건전성 확인을 위해 Macro Etching 을 통해 단면부를 확인한 결과를 나타내었다. 완전 용입이 이루어짐을 확인할 수 있었고 용접 결함이 검출되지는 않았으나, Gouging 및 이면 용접 실시로 인해 생산성 향상은 기대할 수 없었다.

2.3.2 Gap 3mm without CBM

Gap 을 3mm 로 하여 Gap 0mm 와 동일한 용접조건으로 CBM 은 사용하지 않고 용접을 실시하였다. Fig. 10 (a)는 Face 부의 Bead 적층 형상을 보여주고 있으며, (b)에서는 Face 부 용접 후에 이면 Bead 가 불균일하나 일부 형성된 것을 확인할 수 있다.

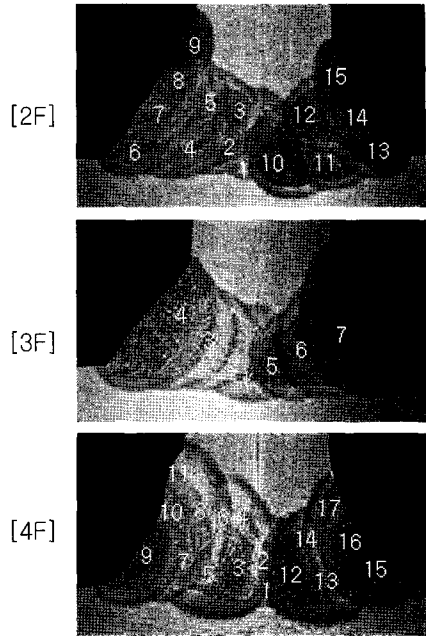


Fig. 9 Gap 0mm (Macro Photographe)

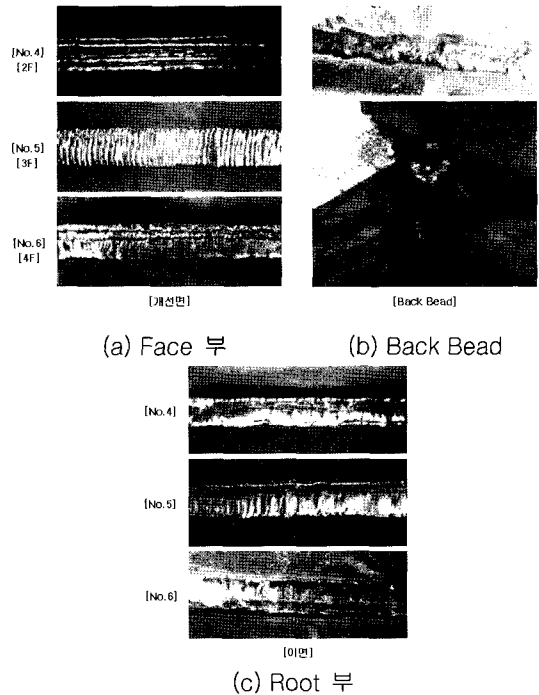


Fig. 10 Gap 3mm without CBM  
(개선면 용접 > 이면 용접)

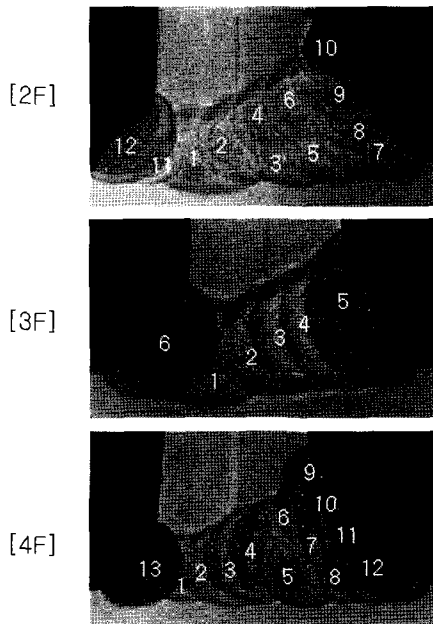
Fig. 10 (c)는 1~2 Pass 의 이면 용접을 추가적으로 실시한 후의 Root 부 Bead 적층 형상을 나타낸 것으로, Gouging 공정을 생략할 수 있으므로 생산성 향상을 기대할 수 있다.

Fig. 11 은 Macro Etching 을 통해 단면부를 확인한 것을 나타낸 결과로, 1~2 Pass 의 이면 용접을 추가적으로 실시함으로써 완전 용입이 이루어 짐을 확인할 수 있다.

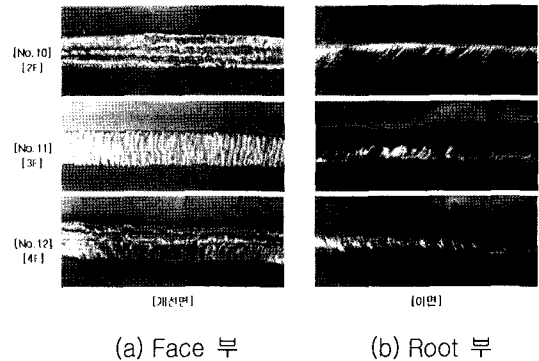
**2.3.3 Gap 6mm with CBM (Type. 2)**

Gap 을 6mm 로 하여 각 시험편에 대해 다음과 같이 표면이 평평한 형태의 CBM (Type 2)과 오목한 형태의 CBM (Type 1)을 사용하여 이상과 동일한 용접 조건으로 용접을 실시함으로써, CBM Type 에 따른 최적의 용접 조건을 설정하고자 하였다.

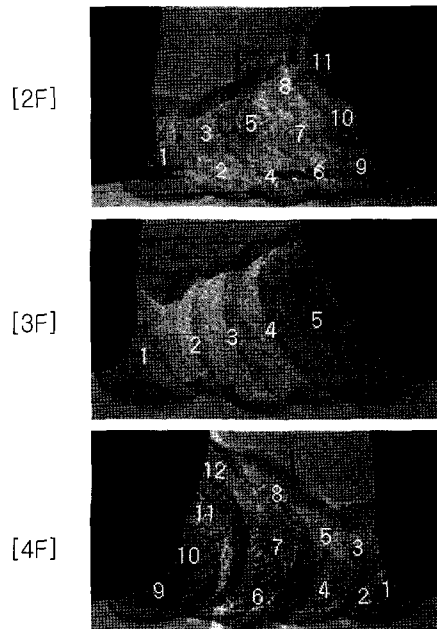
Fig. 12 의 (a), (b)는 Gap 을 6mm 로 두고 표면이 평평한 형태의 CBM(Type 2)을 사용하여 용접 하였을 때, 표면 Bead 와 이면 Bead 의 적층 형상을 나타낸 것이다.



**Fig. 11** Gap 3mm  
(Macro Photographe)



**Fig. 12** Gap 6mm with CBM (Type. 2)  
(일면 개선 용접)



**Fig. 13** Gap 6mm (Type.2)  
(Macro Photographe)

Gap 을 6mm 로 두고 평평한 형태의 CBM 을 사용하면 Fig. 13 에서 확인되는 것과 같이, 이면 Bead 가 볼록하게 형성되지 않고 오히려 평평하거나 오목한 Underfill 현상이 나타난다.

**2.3.4 Gap 6mm with CBM (Type. 1)**

Fig. 14 (a), (b)는 표면이 오목한 형태의

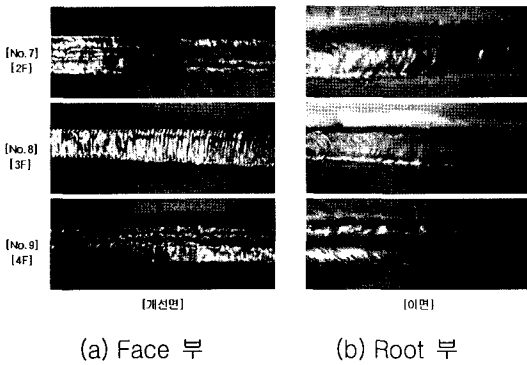


Fig. 14 Gap 6mm with CBM (Type. 1)  
(일면 개선 용접)

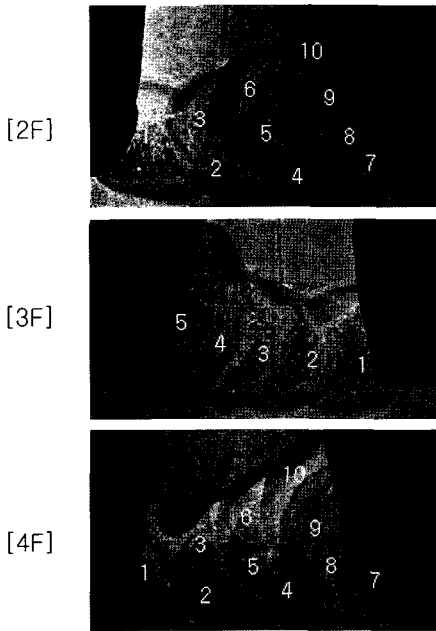


Fig. 15 Gap 6mm (Type.1)  
(Macro Photographe)

CBM (Type 1)을 사용하여 용접하였을 때의 표면 Bead 와 이면 Bead 의 적층 형상을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 일면 개선 용접만으로도 충분한 이면 Bead 가 형성되었다.

Fig. 15 의 Macro Etching 단면에서는 이면부에 Gouging 이나 추가적인 이면 용접 없이 일면 개선 용접만으로 Full Penetration 용접을 완

료할 수 있다.

Fig. 13 의 Macro Etching 단면과 비교해보면 Fig. 13 의 단면 사진에서는 Underfill 현상이 심하게 발생하는 것을 확인할 수 있으나, Fig. 15 의 단면 사진에서는 부등각장은 확인되나 Underfill 은 거의 발생하지 않음을 볼 수 있다.

따라서 Gap 을 6mm 로 두고, 표면이 오목한 형태의 CBM (Type 1)을 사용하여 적절한 전류·전압 조건으로 작업을 수행한다면 Pass 수를 획기적으로 줄여 Full Penetration 용접을 수행할 수 있게 되므로 생산성 향상을 기대할 수 있다.

### 3. 결론

Corrugated BHD 와 Lower Stool 사이의 Deep(Partial) Penetration 용접에서 Full Penetration 용접 Joint 로의 적용 방안에 대해 Test 를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) Corrugated BHD 와 Lower Stool 사이의 Full Penetration 용접 시, Gap 을 0mm 로 했을 때 Back Gouging 과 이면 용접이 필요함.

2) Gap 을 3mm 로 하였을 때, Back Bead 가 불균일하지만 일부 형성되므로 Back Gouging 은 필요없음.

충분한 용접 강도를 얻기 위해 이면 용접은 수행되어야 하지만, Gouging 에 대한 시수 절감 효과는 기대됨.

3) Gap 을 6mm 로 하고 표면이 평평한 형태의 CBM (Type 2)을 사용할 경우, 이면 Bead 에 Underfill 이 발생하므로 충분한 용접 강도를 확보하기 어려울 것으로 판단됨.

4) Gap 을 6mm 로 하고 표면이 오목한 형태의 CBM (Type 1)을 사용할 경우, 일면 개선 용접만으로 Full Penetration 용접이 가능하며 표면 및 이면 Bead 가 양호하게 형성되므로 최적의 조건으로 판단됨.



< 박 찬 규 >

< 양 종 수 >

< 김 호 경 >