

組立鉄板 溶接時の 비틀림 (STRAIN) 防止와 矯正法

金昌瑞

차 례

1. 머리말
2. BUTT JOINT의 収縮變形
3. 角變形과 세로구부림(縱曲) 變形
4. 角變形과 세로구부림 變形의 防止 對策
5. 挫屈變形
6. 뒤틀림(捩) 變形
7. 비틀 防止에 대한 施工上注意
8. 비틀 矯正法
9. 結論
10. 參考文獻

1. 머리말

最近 우리 周圍에 高層建物과 重工場等의 鉄骨構造 建物이 活潑하게 建設되고 있는것은 우리들 建築하는 사람으로서 대단히 반가운 일이다. 그러나 아직 H型鋼等의 鋼材가 国内生産이 되지 않고 있는 現時點에서는 不得已 H型鋼 대신 鉄板 組立溶接 構造를 擇할수 밖에 없다. 이 鉄板 組立 溶接 構造體를 溶接 施工할 때 母材 또는 組立材에 發生하는 重要한 問題로서는 材質의 變質, 溶接의 欠陷 檢査方法 殘留応力 비틀等 여러가지가 있지만 그 中에서 가장 시끄러운 問題는 역시 비틀의 防止와 矯正이 아닌가 생각된다. 비틀의 量을 事前에 알수 없는가 하고 누구나가 생각하는 일이지만 이 問題는 現在까지 여러 學說이 있고 또 數式도 있지만 實際로는 잘 使用되지 못하고 있다. 이것은 數式自体보다 비틀의 發生狀態가 製品의 形狀, 鉄板두께 溶接條件, 溶接順序 拘束度等 많은 施工條件에 左右되기 때문이다.

따라서 여기에서는 現場의 立場에서 비틀의 防止와 矯正法에 對하여 論하기로 한다.

또한 비틀은 그의 變形狀態로 다음과 같이 分類된다.

A. 面內収縮變形

1. 橫収縮
2. 回轉變形
3. 縱収縮

B. 面外비틀變形

1. 구부림形式의 變形
2. 挫屈形式의 變形
3. 뒤틀림(捩) 形式의 變形

2. BUTT JOINT의 収縮變形

2-1 橫収縮 回轉變形

BUTT JOINT 溶接을 하였을 때 그림 1 과 같이 溶接線에 直角方向으로 収縮한다.

이것을 橫収縮이라고 부르며 그림과 같이 똑같은 量으로 収縮하지는 않는다.

溶接하기 前에 자(RULER) 또는 기준尺로써 正確하게 中心을 定하고 組立한 後 溶接하여 보면 그림 2 와 같이 구부러진다. 이것은 이음(JOINT) 를 一時에 溶接하기가 不可能하고 점차 ARC를 移動시키면서 溶接하기 때문에 發生하는 現象이며 이것을 回轉變形이라 한다.

그러면 溶接할 때 橫収縮量은 어느 程度가 될 것인가? 이 궁금증을 例를 들어가면서 SPRARAGEN 式을 紹介하고자 한다.

$$S = 0.2 \frac{AW}{6} + 0.05d$$

- S : 収縮量 (mm)
 AW : 溶着断面積 (mm²)
 t : 鉄板두께 (mm)
 d : 底部間隙 (mm)

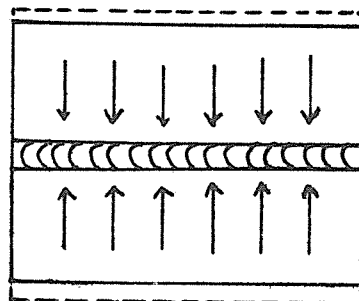


그림 1. 橫収縮

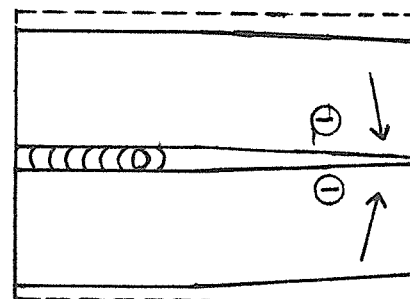


그림 2. 回轉變形

條 件

1. 上式은 鐵板두께 25%以上일 때에 適用하며, 25%以下일 때에는 0.18이 適當하다.
2. 鐵板폭은 75%以上에 適用하며 75%以下일 때에는 20% 減한다.
3. 溶接長이 鐵板 두께의 10倍 以上이 되며 適當한 位置에서 假溶接된 狀態로 假定한다.
溶接長이 鐵板 두께의 10倍以下일 때에는 10~15% 減한다.
4. GROOVE 形態는 一般的으로 使用되는 形態에 適用된다.
5. 溶接安勢는 下向 水平溶接 일 때에는 20% 減한다.
上式은 FREE JOINT일 때이지만 拘束할 때에는 收縮量은 어떻게 될 것인가 라는 問題에 對하여서는 數 많은 實測의 結果 單簡한 다음과 같은 式이 있다.

$$S : 0.1t + 0.2d + 0.5$$

- S : 收縮量 (mm)
- t : 鐵板두께 (mm)
- d : ROOT 間隙 (mm)

以上 두개의 式을 使用하여 自由 JOINT와 拘束된 JOINT의 收縮量을 比較하여 보면 그 間에 커다란 差는 없다.

即, 收縮應力은 大端히 強力하며 애써서 拘束하여 보았자, 그 效果는 적고 거꾸로 拘束에 依한 커다란 殘留應力을 誘發하는 結果가 된다.

그러면 과연 收縮應力은 어느 程度가 될 것인가. 實驗으로서는 完全 拘束일 때 20kg/mm²가 될 때도 있으나 어찌하였든 너무 拘束하는 것은 避하고 그보다도 回轉變形과 角變形의 防止에 힘써야 할 것이다. 回轉變形은 그림 2와 같이 手溶接일 때에는 (一) 方向 即 內側으로 UNIONMELT 溶接일 때에는 (+) 方向 即 外側으로 GROOVE가 벌어지며 때에 따라서는 假溶接한 것이 切斷될 때도 있다.

이것은 鐵板 두께에 對한 入熱量의 差異에 依한 것으로서 手溶接일 때에는 鐵板두께 3.2% 程度가 +-의 境界가 된다.

回轉變形은 溶着順序 또는 溶接方向에 影響됨으로 初層의 溶接은 特히 注意하고 行해야 한다. 2層以上의 變化量은 大體的으로 적다.

또한 橫收縮, 回轉變形은 다음과 같이 溶接施工方法에 따라서 變化한다.

- 1) 拘束은 橫收縮을 減少시키지만 效果는 적다.
- 2) 溶接棒의 消耗量이 클수록 收縮量은 增大하지만 GROOVE 角度에는 그다지 關係가 없다.
- 3) 直徑이 작은 溶接棒, 또는 鐵粉系 溶接棒의 使用은 收縮量을 적게 한다.
- 4) 層間溫度 溶接棒의 種類 運棒法 溶接方向等의 影響은 적다.

回轉變形防止에 效果좋은 對策은

- 1) 假溶接을 完全하게 할 것. 必要에 따라서는 溶接終端部를 拘束한다.
- 2) 길이가 긴 이음일 때에는 그림 3과 같이 이음을 区分하여 多點同時 START方式을 取할 것.
- 3) 對稱法 後退法 또는 뒤임法을 使用할 것.
예를 들면 그림 4와 같이 두꺼운 鐵板에 짧은 이음일 때에는 第1層은 兩側으로 第2層以上은 變形의 狀況에 따라 矯正하면서 溶接方向을 選擇할 것.

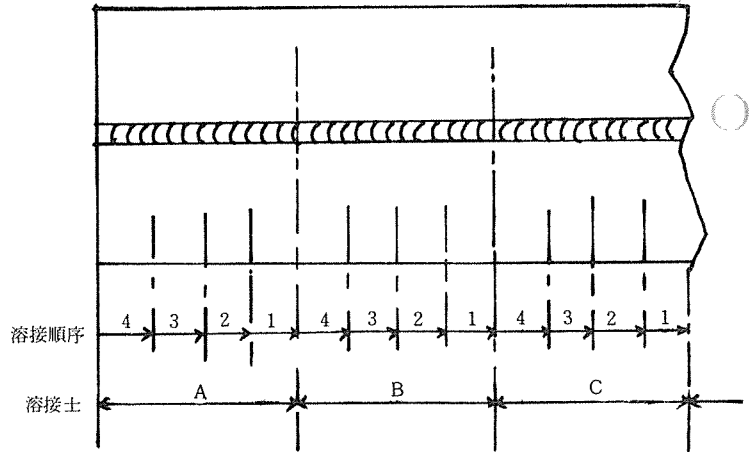


그림 3. 多點同時 START

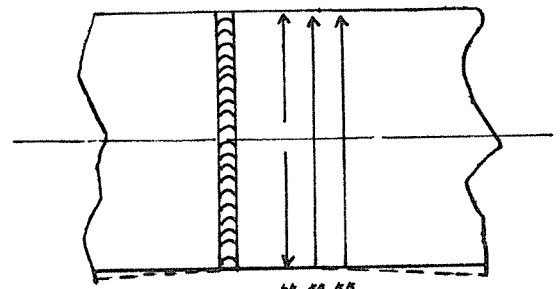


그림 4. 溶接方向選定

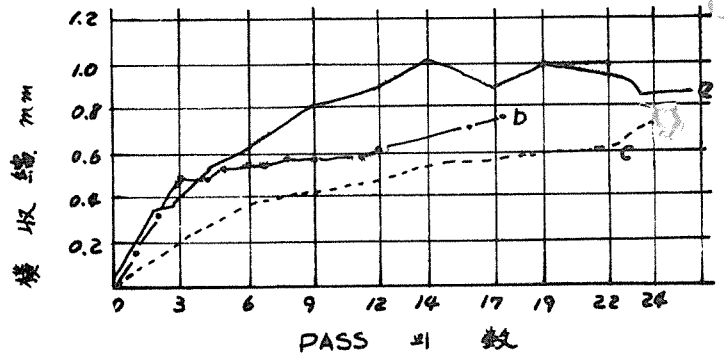


그림 5 PASS數와 橫收縮과의 關係 (注) 1. 板厚 30mm
2. a) 開先 U形 PASS 開冷却
b) 開先 X形 PASS 冷却 없음
c) 開先 U形 PASS 冷却 없음

그림 5는 橫收縮과 PASS數와의 關係를 表示한 것이다. PASS間에 冷却된 것과 連續的으로 溶接하였을 때의 收縮量은 大端히 差異가 많으며 또 第3層程度까지는 收縮量이 많으나 그 以上은 大體的으로 적다는 것을 表示하고 있다.

變形의 防止에는 맞대기이음만이 아니고 最初의 溶接이 가장 重要하며 적어도 3層까지는 左右 똑같이 또는 對稱的으로 溶接하는 것이 비틈 (STRAIN)을 적게하는 最良의 方法이다

2-2 FILLET 溶接의 橫收縮

맞대기 溶接에 比하면 複雜하지 않으며 大體的으로 溶着量에 比例하여 增加한다.

다음과 같은 實驗式 (SPRARAGEN) 이 있다.

$$\text{連續 FILLET 溶接의 橫收縮} = \frac{\text{溶接다리길이mm}}{\text{鐵板두께mm}}$$

斷續 FILLET 溶接의 橫收縮

$$= \frac{\text{溶接다리길이}}{\text{鐵板두께}} \times \frac{\text{溶接길이}}{\text{이음全長}} \text{mm}$$

2-3 縱收縮

縱收縮은 母材의 抵抗이 크기 때문에 量的으로는 적으나 溶接線이 길 때에는 無視할 수 없는 量이 됨으로 施工 精度上 考慮하지 않으면 안된다.

縱收縮은 橫收縮과 같이 溶着量이 클수록 크게 나타나며 一般的으로 X GROOVE보다 V GROOVE가 크다.

次式은 GUYOT의 十字形이음에 대한 實驗式으로서 抵抗部材의 斷面積이 溶着金屬의 斷面積의 20倍以下일 때의 近似式이다.

$$\delta = \frac{AW}{AP} \times 25$$

δ : 溶着金屬 1m 當 收縮量 mm

AW : 溶着金屬의 斷面積 mm^2

AP : 抵抗部材의 斷面積 mm^2

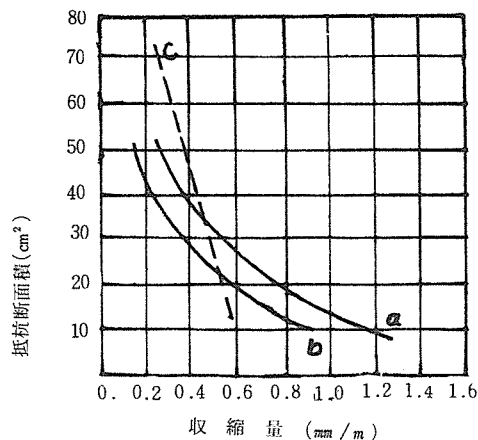


그림 6. 縱收縮과 FLANGE-PLATE 斷面積과의 關係

그림 6은 I形 GIRDER의 FLANGE PLATE를 抵抗 斷面積으로 생각하였을 때의 收縮量의 實測值를 表示한 것이다.

橫收縮, 縱收縮의 對策으로서는 事前에 收縮量만큼 部材를 길게 하거나 精度를 必要로 하는 것에 대하여서는 溶接後의 加工을 考慮하여서 材料手配를 하여야 한다.

注:

- a : 溶接다리길이 9% 手溶接
- b : " 6% "
- c : " 7% UNION-MELT

收縮量은 길이 1m에 對한 實測值

3. 角變形과 縱 구부림 變形

3-1 BUTT JOINT의 角變形

그림 7과 같이 BUTT JOINT 溶接에서는 下層 橫收縮보다도 上層溶接에 依한 橫收縮이 커짐으로서 角變形이 생긴다.

角變形에는 BUTT-溶接만이 아니고 FILLET 溶接에서도 發生한다. 이것을 橫구부림 變形이라고도 한다.

角變形은 初層과 두번째層 程度에서는 그다지 나타나지 않지만 3層程度부터 急激히 나타난다. 이것은 ROOT 部의 初層을 支點으로 하여 2層以下의 溶接에 依한 橫收縮이 鐵板을 回轉시키기 때문이다. 그러나 上層에 올라갈수록 剛性이 增加하기 때문에 增加率은 減少된다.

變形量은 V, X, U形 GROOVE中에서는 V形이 가장 크고 薄板일 때에는 表裏의 溫度差가 적기 때문에 角變化는 적고 거꾸로 縱收縮에 依한 挫屈變形이 問題가 된다. X GROOVE에서는 表裏側의 溶着 金屬量의 比率이 크게 影響을 준다.

이 比率이 6 : 4 程度가 가장 良好한 것 같다.

(그림 8 參照)

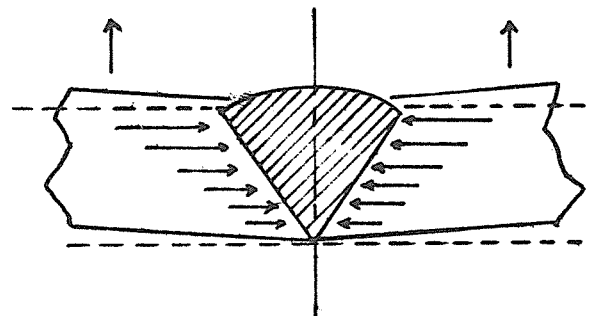


그림 7. BUTT 溶接의 角變形

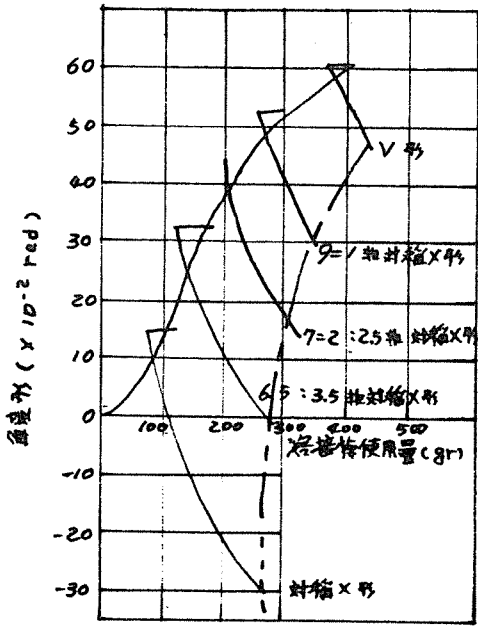


그림 8. BUTT-JOINT의 角變形

또한 X形의 表裏를 交替로 溶接할 수가 있으면 變形量은 아주 적게 된다.

커다란 部材에 對하여서는 그림 9 와 같이 STRONG-BACK를 使用拘束시키고 溶接하는 것이 効果的이다.

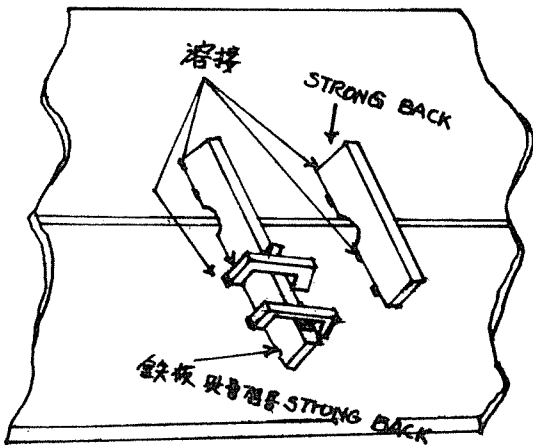


그림 9. STRONG-BACK에 依한 拘束法

厚板溶接할 때 注意하여야 할 것은 角變形에 따르는 初層 ROOT CRACK로서 自動溶接에서는 大體의로 溶接部 溫度가 300°C 以下로 冷却하였을 때에 發生하며 이 때의 溫度는 溶着量이 적을수록 危險溫度의 範圍가 넓어지며 그의 防止法으로서는 初層의 溶着量을 많이 할 것.

또는 VISE, STRONG-BACK 等의 方法으로 拘束하는 것이 必要하며 또한 自由이음일 때에는 단지 溶接部에서 拘束된 狀態에서는 그림 126 과 같이 溶接部の

角變形에 依하여 翹임變形이 發生한다. 또 角變形이라도 自由端의 變形量은 크기 때문에 逆비틀(歪) 道具를 使用하여 端部는 반드시 拘束하여 둘 必要가 있다.

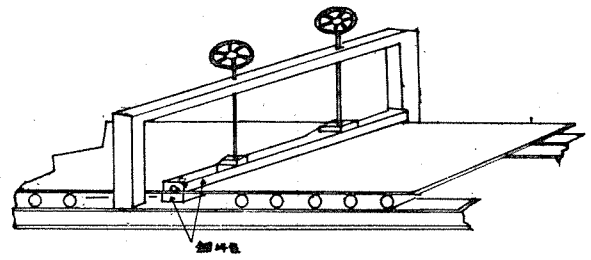


그림 10. 에린法을 活用한 薄板의 拘束溶接

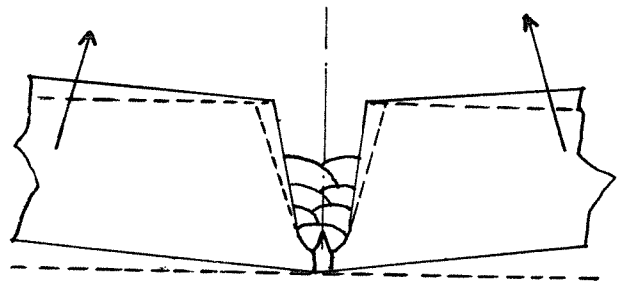


그림 11. 厚板接中の 角變化에 依한 ROOT CRACK

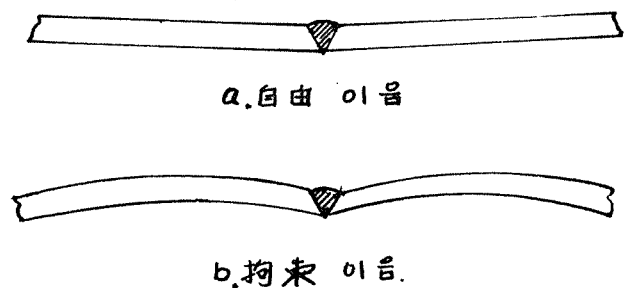


그림 12. 角變形에 依하여 發生하는 翹임 變形

角變形을 적게 하자면,

- 1) GROOVE 角度는 作業에 支障이 없는限 적게 한다.
- 2) 溶接速度가 빠른 溶接方法을 採用할 것.
- 3) 手溶接에서는 鐵粉系의 溶接棒이 良好하다.
- 4) 拘束道具의 活用을 잘하여야 한다.

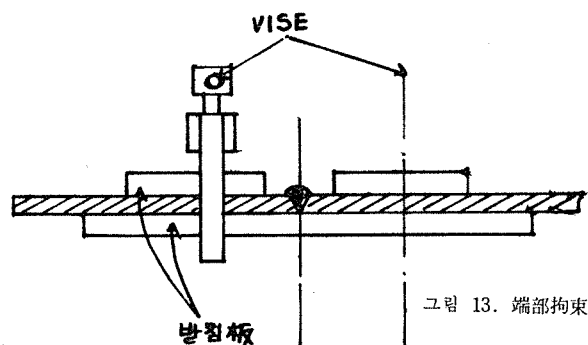


그림 13. 端部拘束의 1列

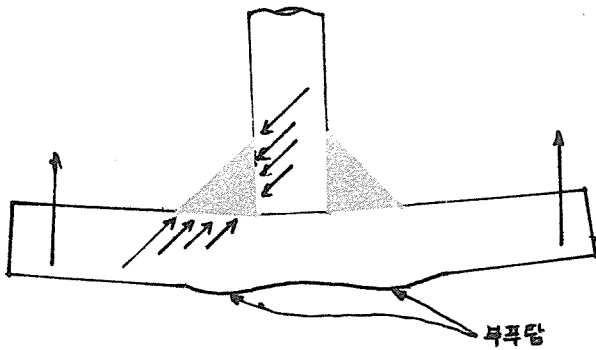


그림 14. FILLET 용접의 角变形



그림 15. WEB 板의 角变化

矯正方法은 加壓狀態에서 加熱하는가 突出側을 GOUGING하고 加壓한 後 溶接하면 좋다. 矯正에 있어서 만드 시 구부림變形을 考慮하여서 矯正할 것.

3-2 FILLET JOINT의 角变形

溶接構造物에 使用되고 있는 FILLET 용접은 矯染에서는 約 85%前後 建築에서는 構造에 따라서 相當한 差異가 있으나 重鐵骨物에서는 約 50~60% 造船에서는 約 75% 程展며 BUTT 용접에 比하면 圧倒的으로 많이 使用되고 있다.

變形이 크면 強度的으로 問題가 될 뿐만 아니라 製品精 度 外觀上 無視할 수 없는 커다란 問題로서 特히 美觀을 하는 製品으로서는 비틈의 防止와 矯正에는 相當한 工數가 必要한 것으로 알고 있다. 따라서 經濟的面에서도 適切한 비틈對策을 세우고 計劃的인 施工을 하여야 할 것이다. FILLET 용접時 發生하는 角變形은 그림14와 같이 BUTT 용접과 同一한 自由 JOINT에서는 溶接部부터 구부러져 있을 뿐이나 拘束되어 있는 狀態에서는 그림 15와 같이 彎曲形이 되기 쉽고 外觀上 보기 흉하게 된다.

溶接構造의 큰봉에서는 主로 美觀上 WEB의 中間補剛材는 그림15와 같이 한쪽만 非對稱으로 붙이고 있으며 自然角變形이 생기며 光線의 影響으로 相當히 눈에 띄우는 때가 있다. 角變形은 板두께와 발길이(脚長)에 따라서 發生量이 大端히 差異가 생긴다. 薄板에서는 表裏의 溫度差가 過히 없으므로 變形量은 적고 또 厚板은 剛性이 크기 때문에 角變形量은 적게 된다. 問題는 10%程度로서 實驗한 結果 가장 變形이 크게 나타난다.

그림16은 溶接條件을 一定하게 하였을 때 UNION-MELT와 手溶接이 角變形에 如何이 미치는가를 溶接棒直徑

別로 表示한 것이다. 또한 薄板일수록 溶接部의 뒷面에 그림14와 같이 부꾸림이 생긴다. 이것을 防止하자면 補助 鐵板을 붙이는 導熱法 水冷法等으로 熱影響을 減少 시킴으로서 相當히 輕減할 수 있다.

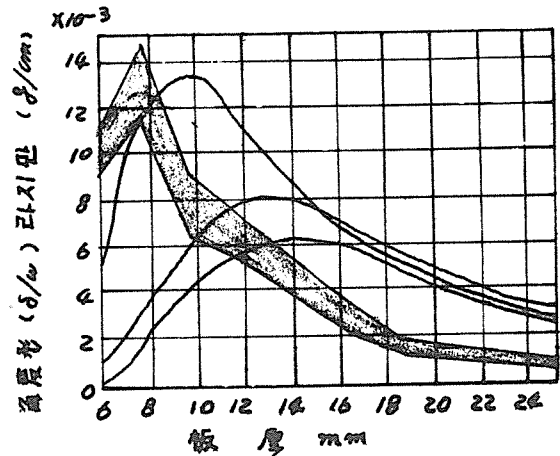


그림 16. 鐵板두께와 角变化와의 關係

- a : UNION-MELT
- b : 手溶接 8mm φ 340A 0.4cm/sec
- c : 手溶接 6mm φ 260A 0.4cm/sec
- d : 手溶接 4mm φ 150A 0.4cm/sec

溶接法, 溶接棒에 依한 影響

1) 溶接速度가 빠른 溶接法

例를 들면 UNION-MELT 용접은 一般的으로 手溶接에 比하여 角變化가 적다고 하나 10%以上の 鐵板 두께에 對하여서는 그렇게 되지만 薄板일 때에는 手溶接보다 角變化가 많아진다.

- 2) 굵은 溶接棒 鐵粉系의 溶接棒은 鐵板두께 (8~16mm)에 對하여 效果의이다.
- 3) 鐵板두께 16mm以上에서는 굵은 溶接棒과 가는 溶接棒과의 差異는 적다.
- 4) 斷續溶接은 角變形을 적게 한다. 斷續溶接과 같은 溶着量을 連續溶接과 比較하여 보면 斷續溶接側의 變形이 적다.

3-3 縱구부림 變形

큰보의 WEB材와 같이 兩端이 拘束되어 있는 構造일 때에는 角變化의 發生에 따라서 補剛材 自体에 縱구부림 變形이 發生한다. 또한 가느다란 T形部材 또는 上下 FLANGE PLATE의 鐵板 두께가 相違한 I形部材도 그림17과 같은 縱구부림 變形이 發生한다. 이것은 溶接部의 位置가 部材斷面의 中立軸...으로부터 멀리 떨어져 있기 때문이며 FILLET 용접의 縱收縮의 結果 BENDING MOMENT가 發生하기 때문이다.

그림17-과 같이 FLANGE의 鐵板 두께가 相違할 때에는 上下의 縱收縮量이 달라지며 이것도 縱구부림 變形에 크게 影響을 준다. 그렇다면 FLANGE PLATE의 두께

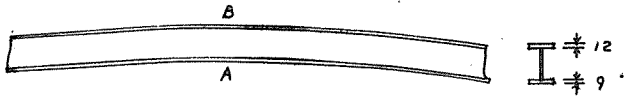


그림17. 縱구부림 變形

가 똑 같을 때에는 縱구부림 變形은 發生하지 않는가 하면 圖示와 같이 AB의 順序대로 溶接하였을 때 B 側은 A 側만큼 變形하지 않으며 原狀復旧가 되지 않는다.

이것은 拘束度가 틀리기 때문이며 이와같이 溶接順序 拘束度에 따라서 變形量이 틀려짐으로 精度를 必要로 하는 것은 假溶接 順序부터 注意하지 않으면 안된다. 對策으로서는 B 側의 溶接다리 길이를 A 側보다 若干 크게 溶接하며 均衡되도록 하는 것이 좋다.

그림 18과 같은 形態가 非對稱일 때에는 X, Y, 2方向의 비틀림이 合成되어서 斜方向의 縱구부림 變形이 發生한다.

變形量은 供給熱量에 比例하며 溶接速度가 빠른 UNIO-N-MELT 또는 鐵粉系의 溶接棒을 使用하였을 때에는 變形은 적어지는 것 같다.

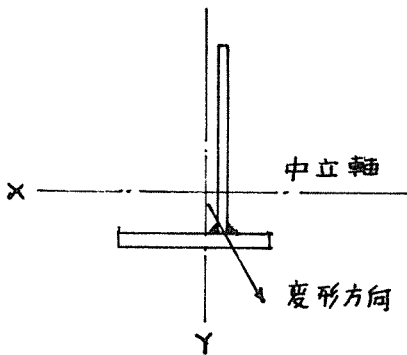


그림18. 非對稱形部材의 縱구부림 變形

4. 角變形과 縱구부림 變形의 防止對策

角變形과 縱구부림의 防止對策으로서는 事前에 予見되 는 變形量程度의 逆비틀을 하든가 VISE 또는 STRONG-BACK 其他 方法으로 拘束한 後에 溶接하는 方法 등이 一般적으로 使用되고 있다.

逆비틀法에는 塑性逆비틀法과 彈性逆비틀法이 있다. 큰 보의 FLANGE PLATE 등은 그림19와 같은 塑性逆비틀法을 採用하고 있다.

그렇게 하기 爲하여서는 비틀量과 同等한 逆비틀 量을 算出할 必要가 있다.

그림 21은 FILLET 溶接에 依한 角變形의 實測值이다. 塑性逆비틀을 할 때에는 實測值보다 좀 적은 數值가 適當한 것 같다.

또한 塑性逆비틀法은 最高鐵板두께 28mm 程度 까지이며 그 以上은 變形量이 적은 것과 鋼材의 彈性等으로 性逆

을 주는 것은 無意味하다. 또 위보기 자세 溶接과 비틀보기 자세 溶接에서는 變形量이 相違하다. 이것은 溶接 層數에 따르는 것으로서 大略1層 1° 程度로 생각하면 된다.

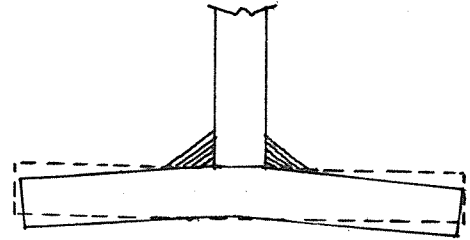


그림19. 塑性逆비틀法

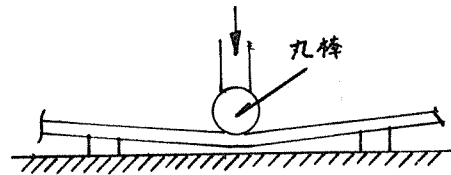


그림20. 塑性逆비틀의 加工

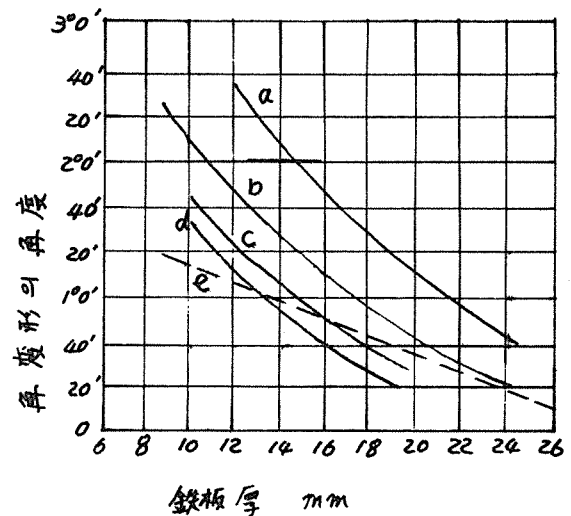


그림21. 角變形의 實測值

- a : 다리길이 9mm 手溶接
2層 ILLUMINITE 系
- b : 다리길이 6mm 手溶接
2層 ILLUMINITE 系
- c : 다리길이 6mm 手溶接
2層 ILLUMINITE 系
- d : 다리길이 6mm 手溶接
1層 深溶入 溶接棒 4mmφ
- e : 다리길이 6mm UNION MELT 1層

彈性逆비틀法이란 一種의 拘束法이다. 비틀은 拘束하는 것 만으로는 不充分하며 拘束을 解除하면 原狀으로 되돌아 간다.

따라서 變形을 하지 않을 程度로 逆으로 구부릴 必要가 있다. 그림 22 彈性逆비틀법의 例를 몇가지 紹介한다.

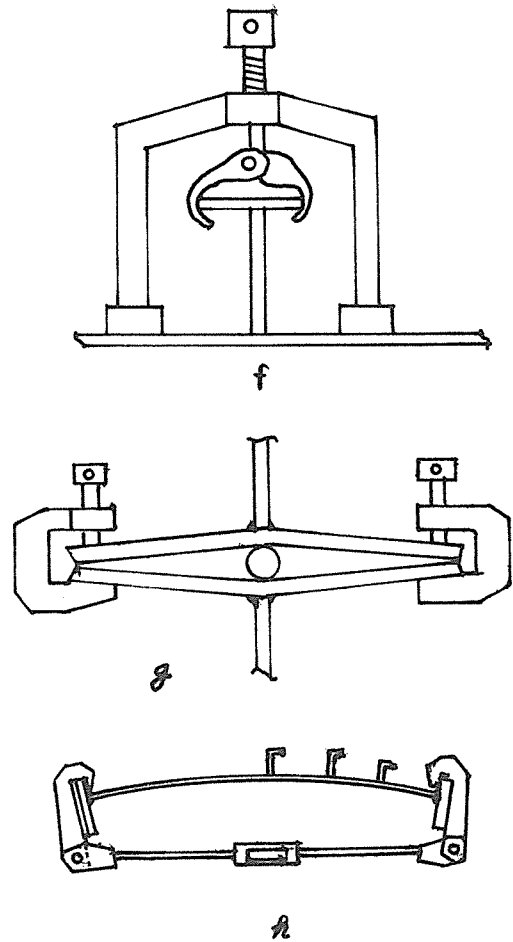
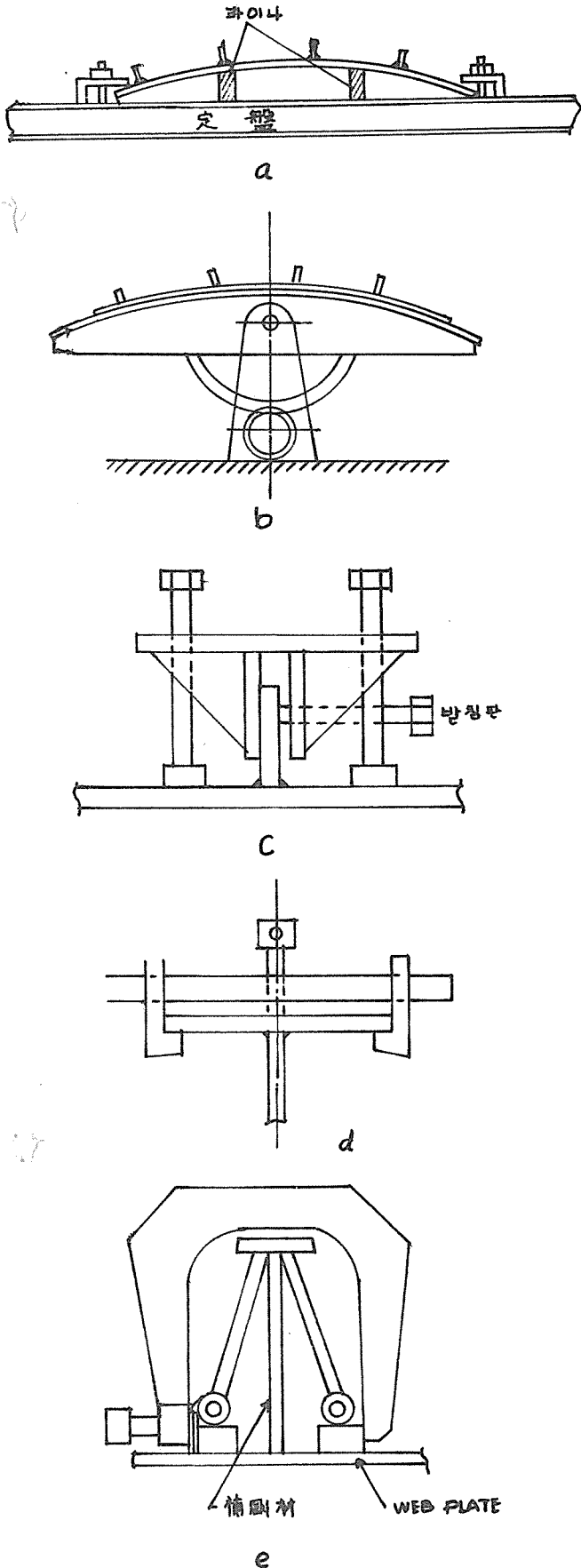


그림 22. 彈性逆비틀 實施例

以上과 같은 逆비틀법과 拘束法等 以外에 角變形의 輕減法으로서 溶接作業과 同時에 溶接面의 뒷면에 GAS 로 加熱시켜서 溫度分布를 均衡시키는 것으로서 아래보기 자세 溶接과 併用하는 것으로서 보다 能率的인 作業이 可能하다.

縱구부림變形的 逆비틀법도 그림 22의 “a, b” 등의 方法으로 防止가 可能하며 製品形狀에 適合한 治具를 使用함으로써 더욱 能率이 向上된다.

T形部材의 縱구부림變形 防止施工法으로서 그림 23과 같은 分割 工法이 있다.

이 工法은 WEB 材를 對稱形이 되도록 切斷計劃을 앞세우고 切斷하고 工形으로 組立 溶接後에 中央부터 GAS 로 切斷하는 것으로서 WEB 板을 加熱收縮시켜서 收縮量을 均衡하게 하고 縱구부림變形을 防止하는 方法이다. 切斷할 때에는 部材의 兩端部에서 約 50~100%를 두었다가 最後에 切斷하면 效果의이다.

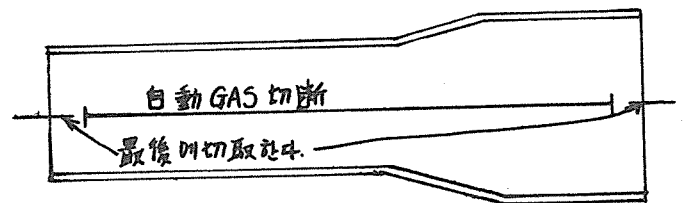


그림 23. 分割工法

5. 挫屈變形

薄板의 中央部를 溶接하면 縱收縮에 依한 壓縮力으로 鐵板의 모서리가 挫屈되며 그림 24와 같은 波狀形의 變化가 發生한다. 이것을 挫屈變形이라 부른다. 一般의 圖 15와 같은 큰보의 WEB PLATE의 角變形에 따르는 變形도 함께 挫屈變形이라 한다.

挫屈變形에는 一定한 形態는 없고 例를 들면 그림 24의 "a"部에 壓力을 加하면 點線과 같은 變形이 되는 大端히 不安定한 變形으로서 힘의 作用 如何에 따라서 變形은 여러가지로 變化한다. 溶接後 冷却中 갑자기 變形이 急變하는 現象은 가끔 經驗되는 것이다.

또 幅이 變化하면 曲率도 變化하고 幅이 커지면 變形은 적게 된다. 그림 24와 같이 角變形과 溶接部의 縱구부림 變形의 凹凸은 언제나 거꾸로 나타난다.

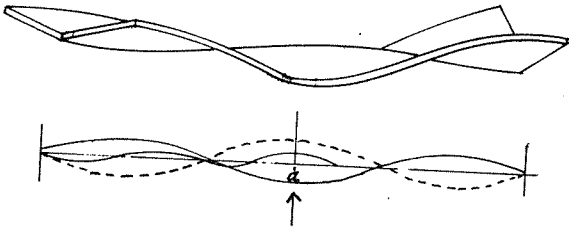


그림 24. 挫屈變形

그림 25는 큰보의 補剛材 溶接에서의 휘임變形의 方向은 溶接土의 位置와 溶接順序가 相當한 影響을 미친다.

例를 들면 그림 25에서 "a"의 狀態는 "b" 圖 "가"의 溶接 順序일 때 發生하기 쉽고 "나" 일때에는 連續하여 補強材 間에서 휘임狀態가 된다. 發生狀況을 보면 1個의 補剛材를 容接하면 兩側 PANEL에 拋物線狀의 휘임變形이 發生하지만 그보다 멀리 떨어진 PANEL에는 變形이 發生하지 않는다. 같은 條件下에서 溶接하였을 때 中間部材의 京임量은 大略 同等하지만 GIRDER 端部の 휘임量은 拘度가 相違함으로 中央部에서 約 2倍~2.5倍 程度의 挫屈量이 된다.

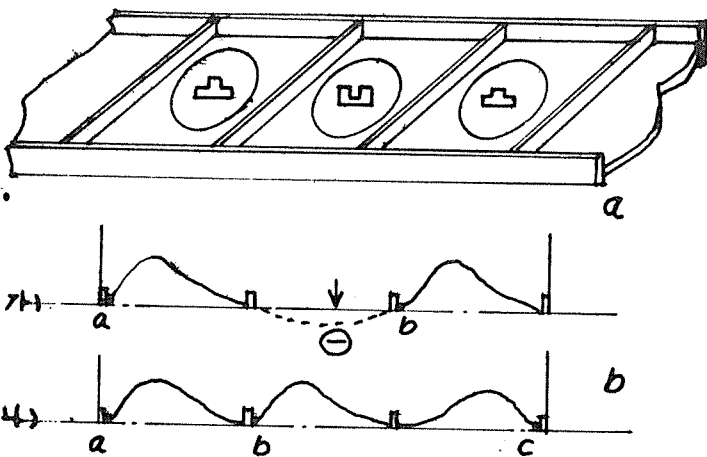


그림 25. 큰 보의 挫屈變形

그림 26은 鋼바닥版의 (鋼製 橋梁바닥, 格子 構造) 挫屈 變形으로서 中央部分에 溶接이 集中되고 있기 때문에 端部는 그림과 같이 波狀形의 휘임이 發生하여서 次後 施工인 구멍뚫기加工, 現場에서의 架設作業等에 커다란 影響을 준다.

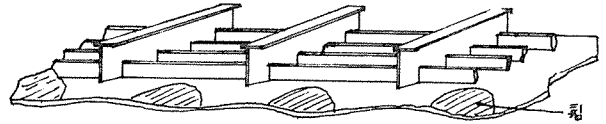


그림 26. 橋梁의 鋼床版의 挫屈變形

이것의 對策으로서는 그림 27과 같이 切斷余裕를 두었다가 溶接이 끝난 後 自動 GAS 切斷機로 切斷 함으로서 挫屈部分을 加熱, 收縮을 均衡하게 하며 矯正한다.

또한 切斷할 때 形鋼等으로 휘임을 拘束하면 效果의 이다.

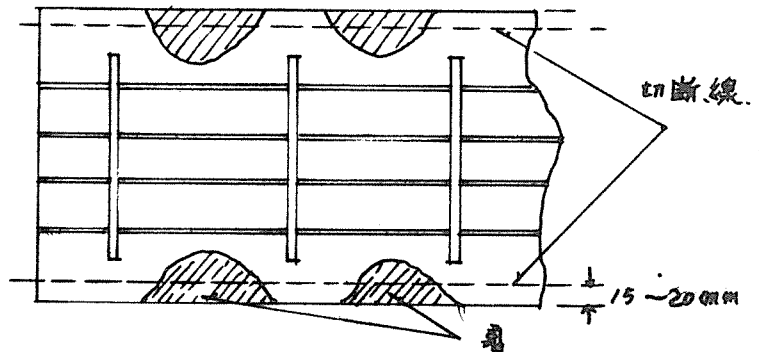


그림 27. 鋼床版의 挫屈變形의 矯正

簡單한 構造일 때에는 適當한 防撓材를 使用하든가 또는 荷重을 積載한 狀態로 溶接하는 方法等으로 部材를 拘束함으로서 變形量을 相當量 減少시킬 수 있다. 要컨데 變形量을 推測하고 矯正의 難易를 考慮하여 보다 經濟的 觀點으로 防止策을 講求하는 것이 必要하다.

6. 뒤틀림變形

十字形의 鐵骨柱 또는 補強材가 많은 構造의 GIRDER 等에는 뒤틀림變形이 發生한다.

뒤틀림變形은 材料 自體의 뒤틀림, 組立 溶接順序 設計 등이 原因이 되지만 收縮의 不均衡에 依한 때가 大端히 많다.

그림 28 "a"와 같은 十字形柱일 때 FLANGE側 보다도 中央部分에 溶接이 集中되고 있기 때문에 中央部分의 縱收縮量이 크고 그것으로 因하여 뒤틀림變形이 생기며, 그림 29의 狀態에서 安定을 維持한다.

工形 GIRDER "b" 일 때에는 FLANGE PLATE의 縱收縮量보다도 WEB의 補剛材의 FILLET 溶接에 依한

橫收縮側이 크기 때문이다. 또한 FLANGE PLATE 의 挫屈變形으로 나타나며 뒤틀림變形은 發生하지 않는다.

構造가 非對稱일 때에는 中央部의 收縮應力은 縱구부림變形으로 作用하고 뒤틀림變形은 發生하여도 적은 量이 된다.

對策으로서는 收縮을 均衡시킬 것. 即 FLANGE PLATE 側을 GAS 加熱로 收縮 시킬 것.

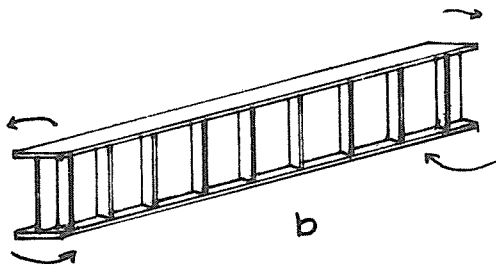
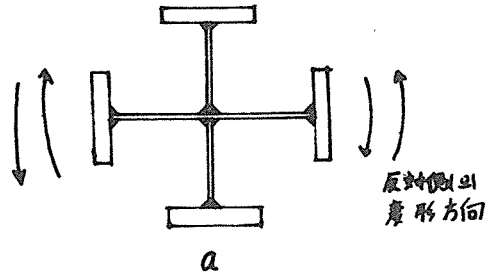


그림 28. 뒤틀림變形

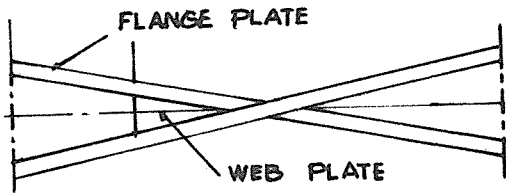


그림 29. 뒤틀림變形

BOX 構造일 때에는 뒤틀림 剛性이 크기 때문에 溶接의 說明圖에 依한 變形은 發生하기 힘들다. 그만큼 特別히 注意하며 組立하지 않으면 안된다. 例를 들면 그림 30과 같은 彎曲된 部材를 組立하였을 때에는 뒤틀림變形이 되고 溶接으로 因하여 發生한 變形 以上으로 矯正이 힘들다. 또 變形量에 따라서는 矯正이 不可能하다.

複雜한 形態인 것은 相對되는 2枚의 鐵板을 嚴密히 CHECK한 後 組立할 것.

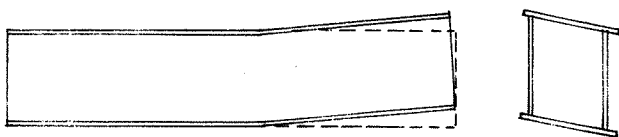


그림 30. BOX 構造의 뒤틀림變形

7. 비틀림 防止에 對한 施工上의 注意

溶接에 因한 殘留應力과 變形은 서로 關聯된다. 變形을 적게 하자고 拘束하면 殘留應力이 크게 되고, 反對로 自由狀態로서 溶接하면 殘留應力은 輕減되지만 變形이 크게 된다.

施工方針으로서는 厚板은 殘留應力의 輕減, 薄板은 變形防止에 留意하고 施工하는 것이 바람직하다.

施工者에 따라서는 비틀림은 後에 矯正함으로 防止策을 講求하지 않고 施工하는 것을 가끔 보지만 이것은 그리 좋은 施工方法은 아니다. 비틀림의 防止를 먼저 考慮하고 防止될 수 없는 것은 矯正한다는 態度가 바람직하다.

또 비틀림은 單純한 變形일 때 矯正할 것.

특히 많은 部材가 組立된 製品等에서는 個個의 비틀림을 除去한 後 組立할 必要가 있다.

비틀림問題는 溶接關係者의 責任이라고 생각되기 쉬우나 加工, 組立等 完全한 作業計劃과 施工을 함으로서 비로써 비틀림이 적은 精度가 높은 製作이 可能한 것이다.

비틀림을 輕減시키자면 어떠한 點에 注意하여야 되는가. 總括的으로 말하면,

- 1) 必要以上으로 溶着量을 크게 하지 말 것. 技量이 優秀한 溶接士는 쓸데없는 溶着은 하지 않으며 未熟한 者일수록 規定以上の 溶接을 하며 그 때문에 變形도 크게 된다.
- 2) 部材間 接觸을 完全히 할 것. 部材間 接觸面이 있으면 溶着量이 크게되며 따라서 變形도 크게 된다. 溶接方法에 따라서는 그림31과 같이 커다란 不溶着部가 생기며 強度上 危險하다.
- 3) 集中溶接을 避하며 될수록 均一하게 溶接할 것.
- 4) 溶接은 比較的 拘束度가 큰 部分부터 적은 自由端을 向하여 할 것.
- 5) 加工, 組立의 精度에 注意할 것.
- 6) 治具 POSITIONER 等の 活用에 努力할 것.

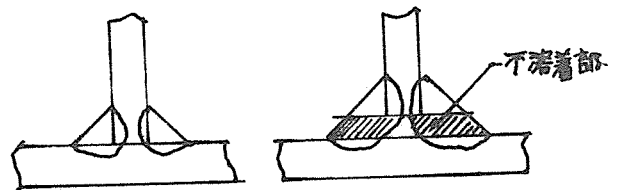


그림31. 部材間의 接觸關係와 溶着量의 增加

8. 비틀림 矯正法

비틀림矯正이란 端的으로 收縮된 個所는 피어지게 하며 피어진 部分은 收縮되게 하는 것이다.

矯正方法에는 PRESS 또는 矯正機等에 依한 機械的方法和 GAS 炎等에 依한 局部 加熱法이 있다. 矯正機를 使

用할 때에는 製品의 形態에 따라서는 使用하기가 매우 困難할 때가 있으며 따라서 範圍가 限定되는 것이다.

그러한 點에 對하여서는 GAS 炎을 使用하는 加熱法을 製品의 形狀 場所 設備等에 關係없이 簡便하게 施工할 수 있는 利點이 있다.

그림32와 같이 金屬은 加熱하면 膨脹하고 降伏點이 低下하고 多少한 拘束이나 外力에 因하여 熱塑性 變形이 發生한다. GAS 炎에 依한 局部加熱矯正法은 이 原理를 利用한 것으로서 加熱法에 따라서 다음과 같이 分類된다.

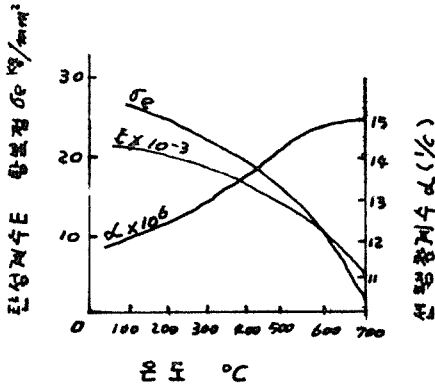


그림 32 高溫度에서의 軟鋼의 彈性係數, 降伏點, 線膨脹係數

- 1) 薄板의 휘임 挫屈變形의 矯正에 使用되는 點加熱法
- 2) 主로 角度形의 矯正에 使用되며 造船等에서도 많이 利用되는 線加熱法
- 3) 形鋼, 組立된 部材의 變形矯正 또는 加工等에 利用하는 榫(楔)形加熱法

8-1 點加熱法

薄板의 挫屈變形의 矯正에 많이 利用되고 있다. 橋梁等에서는 WEB 材의 矯正에도 使用된다.

加熱部에는 그림33과 같은 「부푸람」이 發生하며 外觀上 좋지 못함으로 火炎의 直徑을 될수록 적게 할 것이며 또 外觀上 支障이 없는 面부터 加熱할 것.

두께 9mm 程度의 鐵板을 例로 들면 그림 34와 같이 W EB 面에 點書하여 大略 25番 程度의 BURNER로서 불꽃의 直徑을 20~30mm 程度로 加熱시킨다.

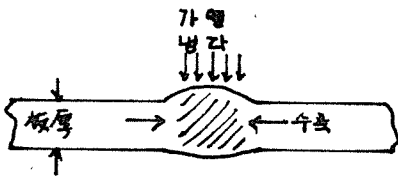


그림 33. 點加熱法

加熱順序는 그림과 같이 兩側에서 中央으로 進行시킨다.

PITCH는 너무 가깝거나 멀어도 效果가 적고 적어도 불꽃 直徑의 4倍~5倍 程度가 좋다. 挫屈量이 많든가 板두께가 두껍고 剛性이 클때에는 그림35와 같이 구멍을

뚫은 누름板을 凸面에 JACK等으로 密着시켜서 누름板子 面에서 加熱시키면 效果의이다. 이때 注意할 것은 BURNER를 그림과 같이 놓치지 않으면 BURNER가 加熱된다.

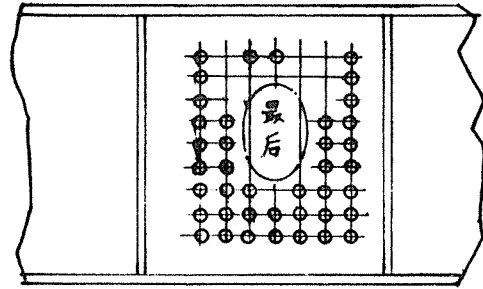


그림 34. 點加熱順序

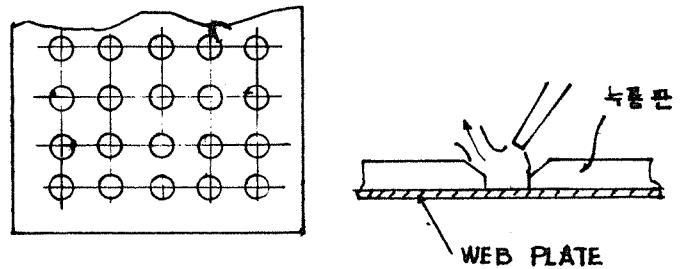


그림 35. 點加熱用 누름板

加熱溫度는 뒷面의 溫度가 600°C 程度되는 것이 좋다. 水冷을 避하여야 되는 材料에 對해서는 溫度가 높게 되지 않게 連續加熱을 避하고 다음 PANEL를 加熱시켜서 放冷效果를 높이도록 할 것.

「부푸람」의 量은 불꽃직경이 적을수록 적고 또 직경이 크게 되면 뒷면의 加熱部가 逆으로 凹入된다.

2~3% 程度의 薄板일 때에는 加熱하였을때 「부푸람」部分이 그대로 남아 있을 때가 있으며 赤熱되면 뒷面에 받침盤을 한後 나무 HAMMER等으로 두들겨서 퍼지게 하는 方法을 併用할 必要가 있다.

8-2 線加熱法

線加熱法이란 局部加熱에 依한 矯正法으로서 그림 36과 같은 變形部의 表層만을 線狀 또는 點狀으로 連續 加熱하여 板두께 方向의 溫度差를 利用하여 反對方向에 角變形을 發生시켜서 變形을 矯正하는 方法이다.

큰보의 補剛材의 FILLET 溶接에 依한 角變形은 板두께가 10mm 前後임으로 特히 눈에 띄고 따라서 美觀上 좋지 않다. 그러한 點을 考慮하여 溶接部의 뒷面을 線加熱하여 角變形을 矯正하고 있다. 挫屈量이 클 때, 또는 剛性이 클때에는 點加熱일 때와 마찬가지로 JACK等으로 補助할 必要가 있다. 또 그렇게 하는 것이 效果의이다.

큰 보 일 때 挫屈變形은 角變形만 發生하는 것이 아니고 補剛材든가 FLANGE PLATE의 FILLET 溶接에 依한

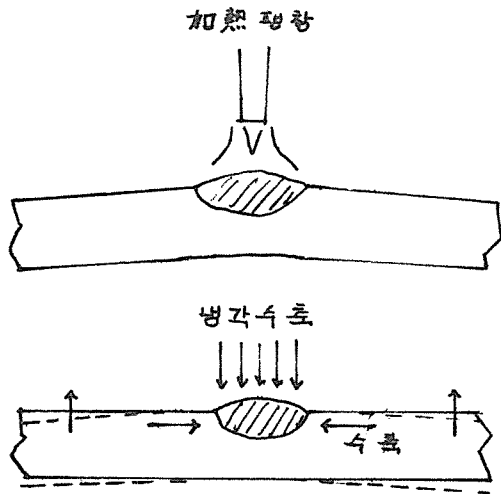


그림 36. 線加熱에 의한 角變形의 矯正

縱收縮의 影響도 있으며 線加熱만으로 完全한 矯正은 不可能하며 縱收縮을 적게하는 努力이 必要하다.

그림 37에서 工形 GIRDER의 端部가 挫屈하기 쉽고 또 矯正도 大端히 困難함으로 그림과 같이 內側과 外側으로 부터 누르는 治具로 잘 조이고 비틈을 水平補剛材 側으로 나가게 하고 그 部分과 挫屈部分을 點狀으로 加熱하게끔 하여야 한다. 但 FLANGE PLATE가 얇은 때에는 以上과 같은 方法만으로는 矯正이 完全치 못할 때가 있으나 그때에는 GIRDER의 端部에 JACK를 걸어서 FLANGE PLATE를 線加熱 시키면 더욱 效果의이다. (그림 38)

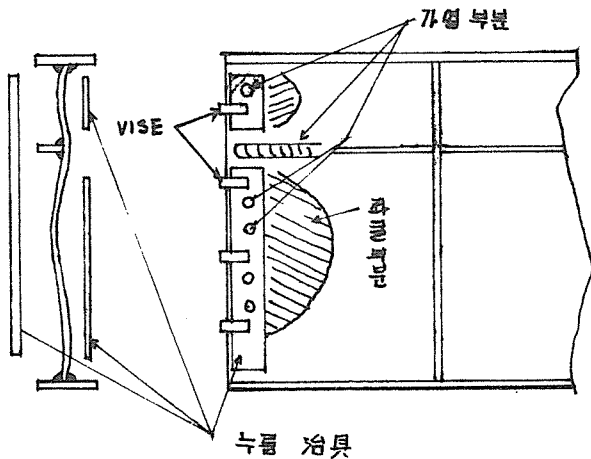


그림 37. GIRDER의 挫屈 變形의 矯正法

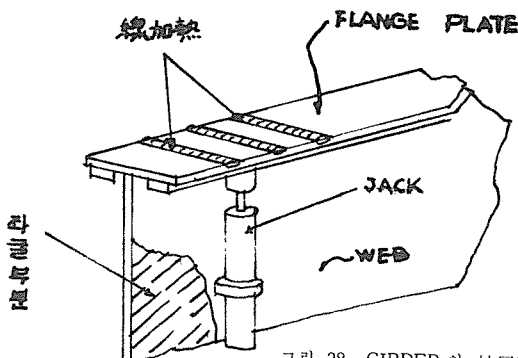


그림 38. GIRDER의 挫屈 變形의 矯正

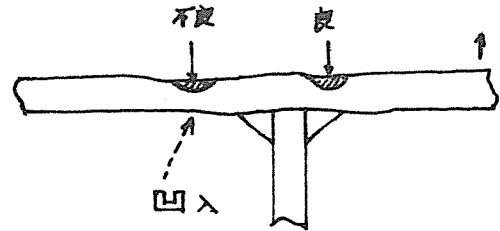
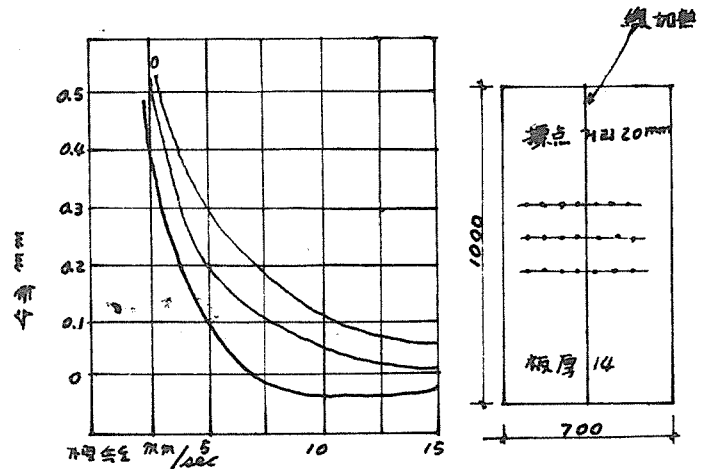


그림 39. 角變形의 加熱要領

또한 補剛材等의 角變形을 線加熱할 때 加熱個所가 不良하면 그림39와 같이 逆으로 凹入함으로 注意를 要한다.

線加熱의 구부림 效果에 影響을 미치는 크다란 因子는 加熱速度이며, 前에도 말한 것처럼 表裏의 溫度差 即 收縮差가 크면 角變形이 커진다. 加熱速度가 어떠한 限度以下가 되면 表裏의 溫度差가 적게 되는 것은 當然한 것이다.

그림 40은 日本 IHI의 實驗值로서 加熱速度과 收縮와의 關係를 表示한 것이다.



산소압력 및 流量	4.1 kg/cm ² 2200 l/h ^o C
ACETYLENE 및 流量	110mm Hg 1770 l/h ^o C
火口寸法	# 40 (3.35) mm φ
면적(坂)에 처한火口 의 높이 및 角度	16mm 90°
冷却方式 및 水流量	

그림 40. 加熱速度와 收縮와의 關係

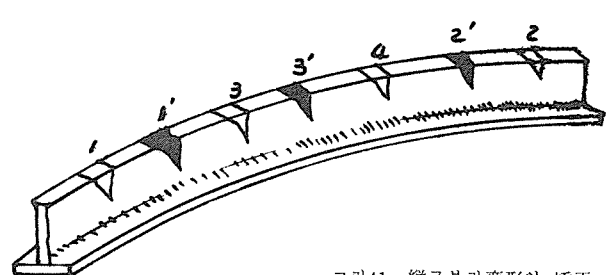


그림 41. 縱구부림 變形의 矯正

그림41, 42와 같은 局部的으로 變形한 形鋼, 其他 棒部材 等の 矯正에 利用된다.

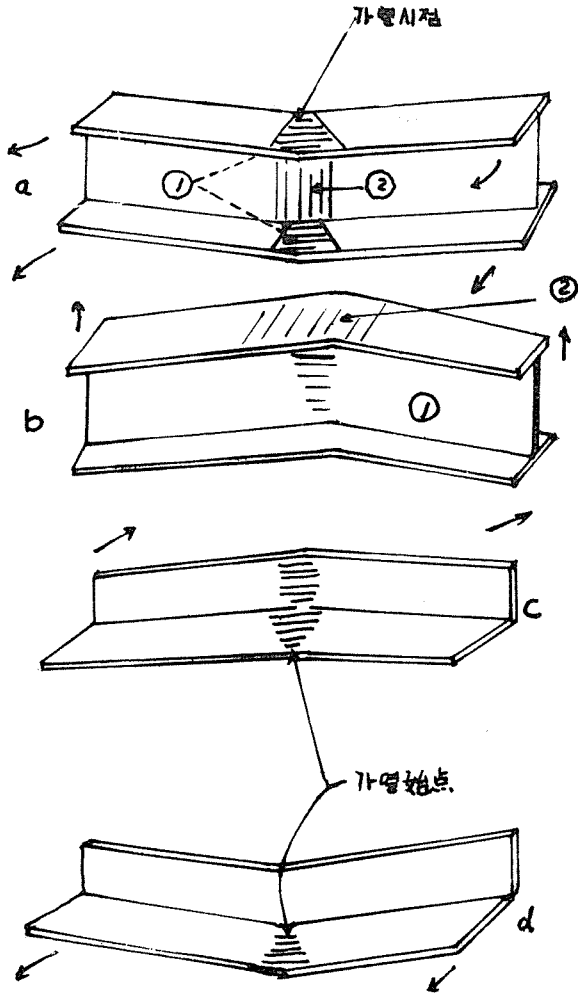


그림 42. 形鋼矯正法

加熱方法은 그림42 a일 때는 처음에 FLANGE側을 두개의 BURNER로 同時に 加熱하고 다음에 WEB側을 加熱시킨다.

b. 일 때에는 두개의 BURNER로 ①, ② 同時に 加熱하여도 좋으나 한개일 때에는 그림과 같이 처음에 WEB側을 다음에 FLANGE側을 加熱한다. 加熱順序는 썩기形의 尖端부터 始作하고 端部에서 끝나도록 한다. 커다란 變形 또는 剛性이 큰 것은 点加熱, 線加熱일 때와 같이 補助治具를 使用하여야 하며 또 두方向의 비틀은 처음에 비틀이 적은 것을 除去한 後 他面의 비틀을 除去한다.

그림 41은 커다란 縱구부림變形의 加熱順序이다. 變形의 狀況에 따라서 加熱位置를 野書하고 1. 2. 3.....의 順序대로 加熱한다. 矯正狀況을 보면서 처음 加熱位置의 中間 1` 2` 3`.....와 같이 加熱한다.

그림43은 그다지 많이 發生하는 비틀은 아니지만 그림과 같은 變形일 때에는 補剛材의 剛性이 크고 GIRDER의 外側부터의 加熱만으로는 矯正이 안될 때에는 補剛材의 下部 接合部分에 썩기形으로 또는 WEB PLATE의 外側

부터 線狀으로 加熱한다. 또한 加熱과 同時に TURN BACKLE 등으로 조이면 더욱 效果的이다.

그림44는 局部的인 變形이 矯正要領을 表示한 것이다.

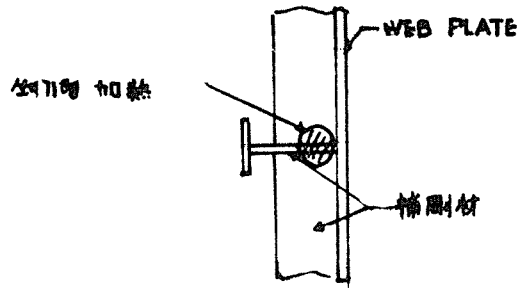
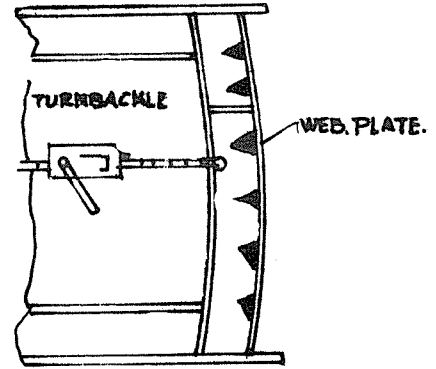


그림 43. 補剛材의 矯正

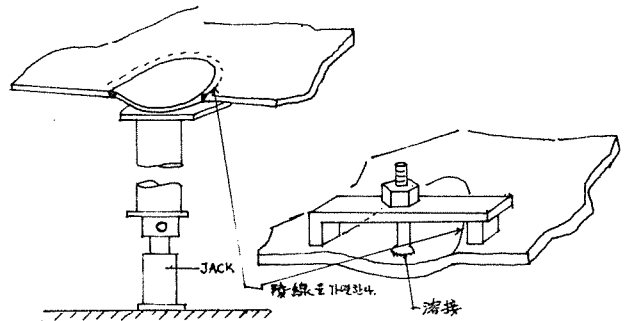


그림44. 局部變形의 矯正要領

8-4 加熱矯正 施工上の 注意点

GAS炎에 依한 加熱矯正法은 機械的矯正法과 달리 冷却시킴으로서 비로소 結果가 나타나는 것임으로 作業者는 冷却을 기다리지 못하고 過熱시킬 憂慮가 있다.

따라서 約 80% 程度의 矯正狀態로 加熱을 멈추는 것이 가장 無難하다.

마음가짐으로서 1회로 矯正할 생각은 버리고 2회, 3회 反復作業을 하는 慎重한 作業態度가 必要한 것이다.

加熱溫度는 軟鋼일 때에는 別問題가 없으나 高張力鋼, 高炭素鋼等 材質에 따라서는 過熱 急冷 등으로 結晶粒度

가 粗大化되든가 加熱部가 硬化할 念慮가 있다.

또 引張強度 降伏點이 높기 때문에 軟鋼하고는 달리 變形量이 적음으로 治具를 併用하는 것이 좋으며 加熱溫度도 變態點(721℃)를 超過하지 않도록 湿度 CHOKER로 檢査할 것.

어찌되었든 充分한 계획과 管理下에서 施工을 하여야 한다.

9. 結 論

비틀이란 以上 말한 것처럼 單純한 것만은 아니다. 여러가지 要因이 重復된 複雜한 形態로 發生할 때가 많으며 따라서 비틀의 防止와 矯正에는 莫大한 經費가 所要되는 것이다. 비틀은 溶接責任者의 일이라고 傍觀하지 말고 모든 關聯 作業担当者들은 비틀에 對하여서는 어디 까지나 研究的態度로 臨하여 주기 바란다.

参考文献

1. 田中五郎著, 鋼橋上部構造施工法
2. 木原増淵著 溶接變形と残留応力
3. 日本溶接学会誌 VOL. 25. NO. 3~6 VOL. 26 NO. 2~9
溶接継手の収縮に関する研究
4. 溶接技術 VOL. 13. NO. 10~12
溶接歪を少なくする法
5. 溶接技術 VOL. 9 NO. 8
局部加熱による 曲り矯正法
6. 進藤俊弥著 歪の防止と その矯正法について.