

I - A237 地震により塑性変形を受けた鋼部材の疲労強度特性

三菱重工業広島研究所*	正会員	柳沢 栄一
兵庫県尼崎港管理事務所** (当時)	正会員	富士田 潔
中央復建コンサルタンツ***	正会員	柴田 洋
		小林 敏宏
三菱重工業広島製作所*	正会員	増田伊知郎

1. まえがき

西宮大橋は、先の兵庫県南部地震により支承部の破壊、桁の横移動等の被害を受けた。それに伴い、P5 支点部では支点補強部から離れた位置で死荷重反力を受け、下フランジは局所的に大きく変形した。この中間支点のフランジには大きな圧縮力が作用することから、今後も供用するためには当該部の健全度あるいは補強の要否を検討する必要が生じた。そこで本研究では、当該部の曲率を再現して、圧縮予ひずみを受けた部分について残留応力、機械的性質及び疲労強度の検討を行い、健全度の判定及び補強方法の選定の資料とした。

2. 試験方法

供試材として当該部と同材の板厚 32mm の溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材 SMA490CW を用いて、以下の試験を行った。

(1) 曲げ加工による変形部の再現及び残留応力測定

供試材より 700^l x 100^w x 32^t の板材を切出し、地震の際の当該部の変形状況を参考にして、曲率半径 $\rho = 310\text{mm}$ 及び $\rho = 160\text{mm}$ の曲げ変形を図 1 に示すように三点曲げによって 2 次元的に再現した。この時、曲げ部内外面の塑性ひずみ量をひずみゲージ及びけがき線長さの変化量より求めたところ; $\rho = 310\text{mm}$ で約 5%, $\rho = 160\text{mm}$ で約 10% であった (以後 $\rho = 310\text{mm}$ を予ひずみ 10%, $\rho = 160\text{mm}$ を予ひずみ 5% と呼ぶ)。

残留応力は X 線法及び井桁法により測定した。井桁法とは測定部周辺に深さ約 2mm の溝を掘り、周辺の拘束を開放して簡易的に残留応力を測定する手法である。また、光学顕微鏡による変形部の組織観察及びビッカース硬度測定も行った。

(2) 機械強度試験及び疲労試験

供試材から切出した 120^l x 60^w x 32^t の板材に圧縮荷重を負荷して 5% 及び 10% の圧縮予ひずみを付与した後、JIS4 号サブサイズ引張試験片、JIS4 号衝撃試験片及び図 2 に示す疲労試験片を採取して、機械強度試験及び疲労試験を行った。疲労試験は、当該部での作用応力は 3.(1) 項に示す残留応力等の効果により引張・圧縮応力となることを考慮して、引張・圧縮の $R = -1$ 、10~20Hz の条件で実施した。また、試験結果の比較のため予ひずみなしについても同様の試験を行った。試験温度は衝撃試験のみ 0℃ とし、他はすべて室温とした。

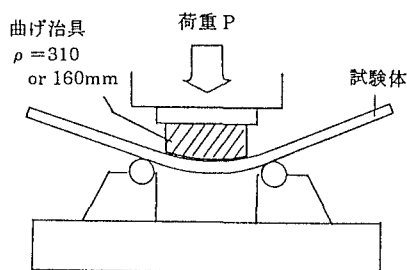


図 1 曲げ変形部の再現方法

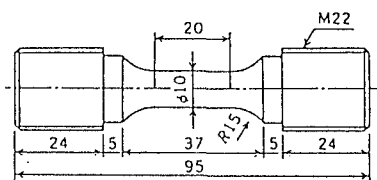


図 2 疲労試験片

キーワード 地震, 塑性変形, 鋼, 圧縮予ひずみ, 疲労, 疲労強度

* 〒733	広島市西区観音新町4-6-22	TEL 082-294-9825	FAX 082-294-8944
** 〒660	尼崎市道意町7-21	TEL 06-412-1361	FAX 06-413-0997
*** 〒532	大阪市淀川区西宮原1-8-29-33	TEL 06-393-1133	FAX 06-393-1143

3. 試験結果

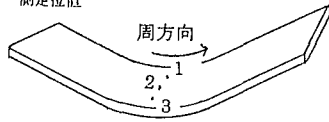
(1) 曲げ加工による変形部の再現及び残留応力測定結果

再現した曲げ変形部について残留応力を測定した結果、曲げ内側では引張、外側では圧縮の残留応力となっていた。曲げ変形部内側の周方向の残留応力は表1に示すとおりであり、その最大値は予ひずみ5%で91.1MPa、予ひずみ10%で129.4MPaであった。

表1 残留応力の測定結果

	測定位置	測定位置			平均値
		1	2	3	
予ひずみ5%	曲げ内側	68.6	38.2	91.1	65.7
	曲げ外側	-38.2	-56.8	-52.9	-49.0
予ひずみ10%	曲げ内側	80.4	129.4 (126.4)	97.0	101.9
	曲げ外側	-80.4	-79.4 (-141.1)	-72.5	-77.4

単位 MPa
測定方法 (): X線法, その他は非術法
測定位置



なお、垂直方向にも周方向と同程度の残留応力が確認された。

曲げ後の板厚方向の硬度分布は図3に示すとおりで、予ひずみ量の増大とともに曲げ内側・外側の表層部で硬度の増大が見られた。しかし、組織的には大きな変化はなく、また欠陥等の発生も認められなかった。

(2) 機械強度試験

引張試験及び衝撃試験の結果を図4に示す。圧縮予ひずみ量の増大に伴い、シャルピー吸収エネルギーは急激に低下し、予ひずみ10%では規格値以下の低い値となった。また、バウシinger効果により予ひずみ材の降伏応力は予ひずみなしのものより若干低い値を示した。しかし、引張強さ及び伸びには大きな変化は見られなかった。

(3) 疲労試験結果

疲労試験の結果を図5に示す。予ひずみ5%では予ひずみなしのものとは若干の疲労強度の低下が見られた。しかし、予ひずみ10%では殆ど変化は見られず、今回付与した程度の圧縮予ひずみでは疲労強度は大きくは変化しないことが明らかとなった。なお、当日は予ひずみ量がさらに大きくなった場合及び曲率部を再現した試験体での疲労試験結果についても報告する。

4. まとめ

以上の検討結果より、今回受けた程度の圧縮塑性ひずみでは、静的な引張強度及び疲労強度ともに大きく低下することはないことがわかった。そのため、実橋の補強方法としては当該部及び残存部の応力負担が許容値以下となるようにすれば良く、そのようになるよう実橋ではカバープレートを取付けた補強が行われた。なお、シャルピー吸収エネルギーが低下していたが、当該部では変形により欠陥が発生することはないと考えられ、脆性破壊も問題にならないといえる。

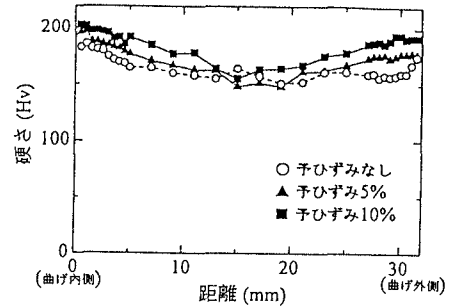


図3 板厚方向の硬さ分布

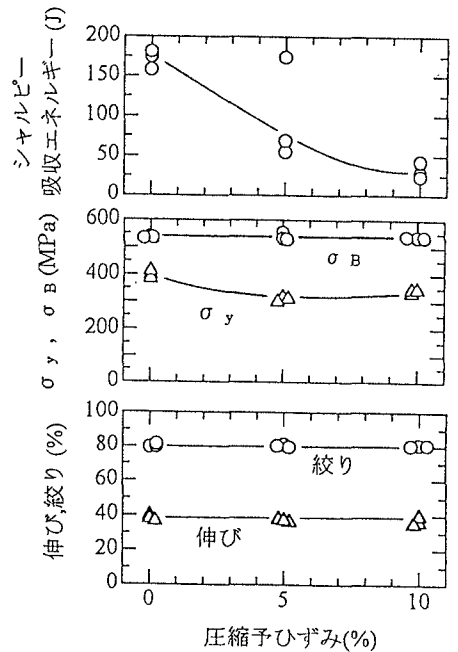


図4 機械試験結果

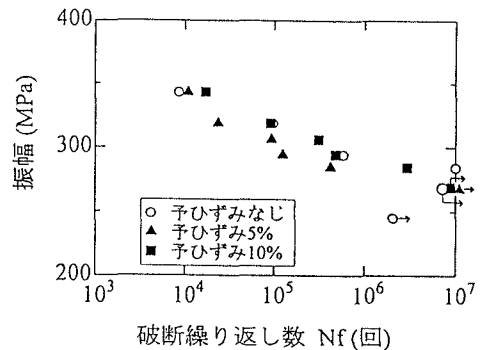


図5 疲労試験結果