

崩壊後の変形を矯正した波形鋼板ウェブ桁の面内曲げ性能

名城大学大学院 学生員 内田祥生 名城大学 正員 渡辺孝一
 名城大学 学生 森島 安井 名城大学 フェロー 久保全弘

1. はじめに

現在、日本道路公団などでは波形鋼板ウェブを有する PC 箱桁橋が数多く設計、施工されてきている¹⁾。PC 床版と合成されたこれらの橋梁は、従来のウェブをコンクリートから波形鋼板に置き換えることで自重の軽減が得られ、また、アコーディオン効果により上下のコンクリート床版にプレストレスの導入効率が向上するなどの特徴を有している。昨年度、波形鋼板桁の面内曲げ挙動に着目し、純曲げ実験により耐荷力や変形性能の基本的な性状の検証を行った。本年度は久保、杉山²⁾らが行った横ねじれ変形を矯正すると耐荷力が向上した事例にならない、塑性変形した鋼はりをプレス矯正により曲げ戻した後、再度面内曲げ実験を行い、耐荷力と変形性能の回復度の結果を報告する。

2. 実験内容

実験供試体は、座屈変形した鋼材 SS400 の I 形断面桁をプレス矯正により曲げ戻したものをを用いている。なお、ウェブの幅厚比 d_w/t_w を 100 とした。図-1、表-1 に示すように波形ウェブの一波長 $q=2(a+b)=300\text{mm}$ を一定とした。また、平坦部 a と斜部 c は同一幅とし、波高 h_r を 0 (平板)、20、40、60mm の 4 種類に変化させた。フランジ突出部の幅厚比 b/t_f は波高によって 6~10 に変化するが、早期に圧縮フランジの局部座屈が生じないように配慮した。

荷重形式は、写真-1 に示すように初期載荷時の引張フランジを載荷面にし、ローラー支点による両端単純支持桁に載荷ばりを介して集中荷重を二等分配させ、スパン中央部 900mm 範囲に純曲げが作用するようにした。なお、両側桁部 (載荷アーム部 750mm、端部 100mm) は、せん断座屈と横ねじれ座屈を防止するために 3.2mm のあて板で覆い箱形断面にしている。載荷中の桁の鉛直たわみ、ウェブの面外たわみおよび断面のひずみをスパン中央部で測定した。

3. 実験結果

プレス矯正後の残留変形をフランジの曲がり (強軸および弱軸まわりのたわみ V_o , U_o) および腹板の平面度 (面外たわみ W_o) について測定し、部材長 ($L_o=900\text{mm}$) と腹板高 ($d_w=320\text{mm}$) の比で表すと、表-2 のようになる。フランジの曲がりには、剛性の大きい強軸まわりの方が弱軸まわりと比べ、戻りが悪い。腹板の平面度は平板桁の方が波形桁と比べ、残留変形が 2.7 倍~4.3 倍大きい。

図-2 にスパン中央における荷重-鉛直たわみ曲線を示す。縦軸はウェブを平板と仮定した場合の

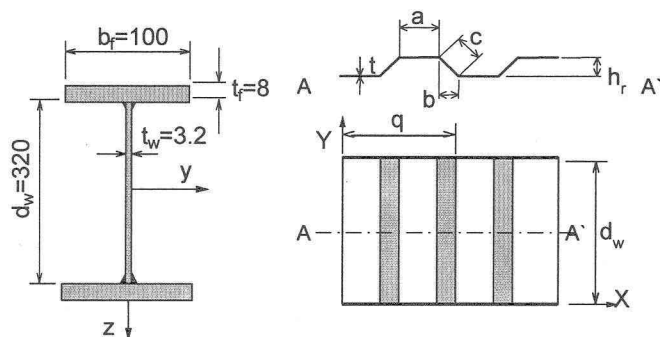


図-1 供試体の断面寸法と波形形状

表-1 ウェブの波形寸法(mm)

h_r	a	b	c
0	-	-	-
20	76.3	73.7	76.3
40	80.3	69.7	80.3
60	87.0	63.0	87.0

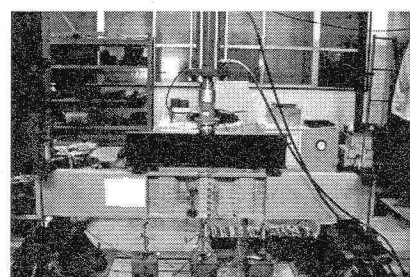


写真-1 純曲げ実験の全景

表-2 矯正後の残留変形の曲がり

供試体	圧縮フランジの曲がり		引張フランジの曲がり		腹板の平面度 d_w/w_o
	強軸まわり	弱軸まわり	強軸まわり	弱軸まわり	
	L_o/V_o	L_o/U_o	L_o/V_o	L_o/U_o	
CB90-0	243	309	191	643	179
CB90-2	213	368	213	989	762
CB90-4	286	492	345	1023	762
CB90-6	226	449	254	634	492

降伏モーメントによる無次元モーメント M/M_y をとり、横軸に M_y に対応する無次元たわみ V_d/V_y を用いて表示している。矯正後の平板桁は約 $M/M_y=0.6$ から、矯正後の波形桁は約 $M/M_y=0.4$ から、それぞれ非線形挙動を示し、矯正後はいずれも初期载荷と比べ低いことが確認できる。そして、最大荷重時における矯正後の変形能力は平板桁で 1.35 倍、波形桁で 1.38 倍向上している。

図-3 は荷重 $P=100\text{kN}$ ($M/M_y=0.37$) におけるスパン中央断面（波形の平坦部）の軸方向ひずみ分布を示す。平板桁ではウェブが曲げ応力を負担し、平面保持の仮定に従いほぼ直線的なひずみ分布をしている。これに対して波形桁では、フランジの際でウェブにひずみが生じるが、上下縁から $0.11d_w$ ではひずみが平均 80% 小さくなっており、中央部ではほとんど生じない。また、フランジの腹板直上における軸方向ひずみは、平板と比較して全般に大きくなった。

崩壊形は、すべての桁が圧縮フランジの局部座屈で決まり、上フランジがねじれ変形した。写真-2 に波形桁 CB90-6 ($h_r=60\text{mm}$ の場合) の崩壊状況を示す。

波高が耐力に及ぼす影響を調べるために、平板桁を基準にした場合の耐力比 δM_u と波高比 h_r/d_w の関係を描くと図-4 のようになる。面内曲げ耐力は初期载荷、矯正後ともに波高比が増加すると徐々に低下し、3 種類の波高比は初期载荷で 16~23%、矯正後で 8%~18% の耐力低下となった。

表-3 に実験から得られた曲げ耐力をまとめたものを示す。無次元耐力の評価として全断面有効とした場合の降伏モーメント M_y と全塑性モーメント M_p およびウェブを無視した場合の降伏モーメント M_{yf} と全塑性モーメント M_{pf} が与えてある。平板桁は全断面有効の M_y で、波形桁はウェブを無視した M_{pf} で安全側に評価できることがわかる。矯正後の耐力は初期载荷と比べ平板で 1%、波形桁で平均 8% 上昇した。

4. あとがき

本研究の結果、座屈崩壊した桁であっても、プレス加工で矯正すれば初期载荷と同程度の耐力を期待できることが実証された。

参考文献

- 1) 角・青木：波形鋼板 PC 箱桁橋，橋梁と基礎，Vol.36, No.8, 2002.
- 2) 久保・杉山・北堀：横ねじれ変形を矯正した鋼はりの座屈性能，鋼構造論文集，第4巻第16号，1997

表-3 実験耐力

供試体	波高 hr(mm)	Pu(初期载荷) (kN)	Pu(矯正後) (kN)	Mu(矯正後) (kNm)	無次元耐力			
					Mu/My	Mu/Mp	Mu/Myf	Mu/Mpf
CB90-0	0	309.18	310.85	108.80	1.162	1.037	1.388	1.354
CB90-2	20	258.78	285.68	99.99	1.050	0.936	1.251	1.220
CB90-4	40	249.66	266.72	93.35	0.990	0.883	1.182	1.153
CB90-6	60	239.17	254.30	89.00	0.964	0.855	1.164	1.136

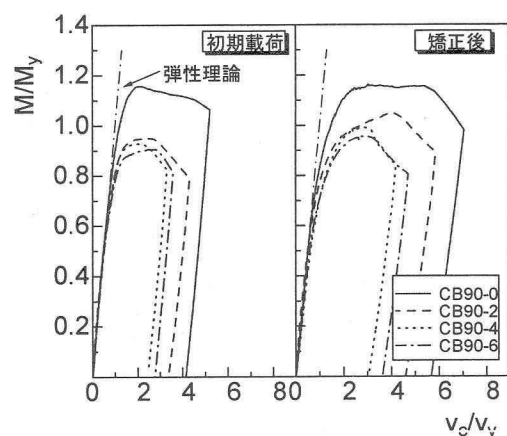


図-2 鉛直たわみ曲線

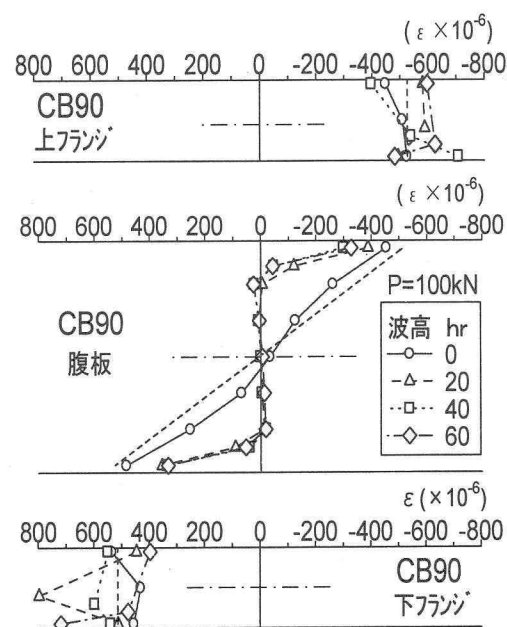


図-3 中央断面のひずみ分布

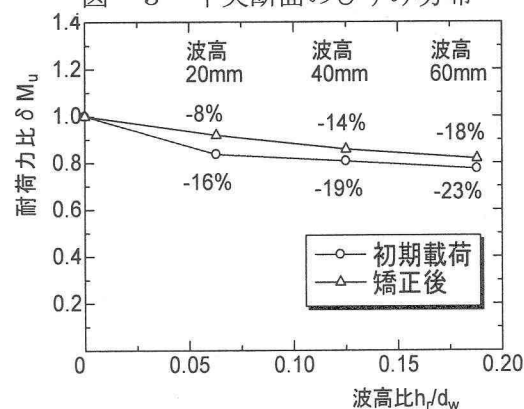


図-4 耐力と波高比の関係

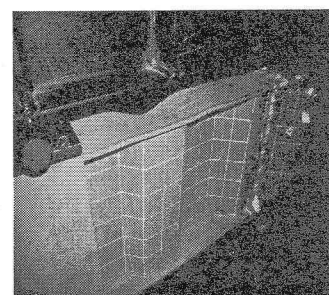


写真-2 崩壊状況