

角形断面鋼製橋脚の強度とダクティリティ特性

豊田高専 学生員○都築修治 正員 櫻井孝昌、忠和男
名古屋工業大学 正員 後藤芳顕

1. はじめに

本研究では箱形断面鋼製橋脚を対象にして、一定軸力下で繰り返し荷重が作用する場合の模型実験を行い、荷重－変位曲線から耐荷力特性及びダクティリティについて検討する。また、作業用点検孔（マンホール）の耐荷力に及ぼす影響も検討する。

2. 実験概要

供試体は正方形断面とし、その鋼種は S S 4 0 0（公称降伏応力 2 4 5 Pa、2 4 0 0 kgf/cm²）を使用した。供試体の寸法は、表 1、表 2、及び図－1 に示す。

本実験では、実構造の縮小モデルとなるよう供試体の諸元を求め、供試体の縦方向と横方向に補剛リブを設けた。実験は図－2 に示すように供試体の左端を固定し、右端に一定軸力 P を作用させた状態で供試体の軸に直角方向の荷重 H（水平荷重）を加え変位制御で行う。

表 1 供試体諸元および材料定数

長さ mm	フランジ mm	ウェブ mm	板厚 mm	断面積 cm ²	断面二次モーメント cm ⁴	断面係数 cm ³	ヤング係数 kgf/cm ²
900	202.1	202	2.16	26.234	1764.5	176.8	2.327

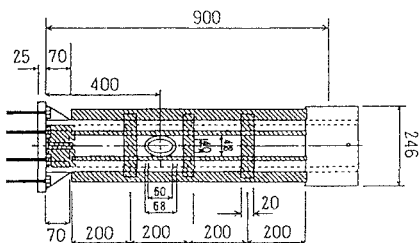
降伏応力 kgf/cm ²	ポアソン比	降伏ひずみ	幅厚比	幅厚比パラメータ	細長比パラメータ
3350	0.258	1439.6	1.892	0.4729	0.265

繰り返し載荷実験は降伏変位 δy を基準として、 $\pm \delta y$ 、 $\pm 2 \delta y$ 、 $\pm 3 \delta y$ のように $1. \delta y$ ずつ変位を漸増させていき、水平荷重が十分下がるまで載荷を続ける。ここで用いた δy は E C C S による方法で

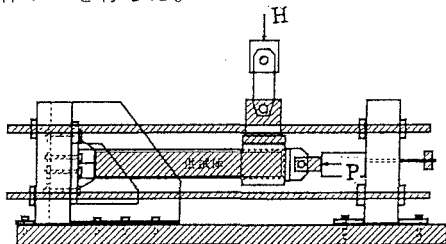
表 2 降伏荷重

	降伏軸力 kg	作用軸力 kgf	降伏水平荷重 kg	降伏変位 cm
計算値	87883.9	13183	5593.8	0.331
実験値			5200	0.520

単調載荷実験より得られた荷重－変位曲線を用いて定義した。本実験はマンホール無し、有りのそれぞれについて単調および繰り返し載荷をそれぞれ 1 体ずつを行った。



図－1 供試体



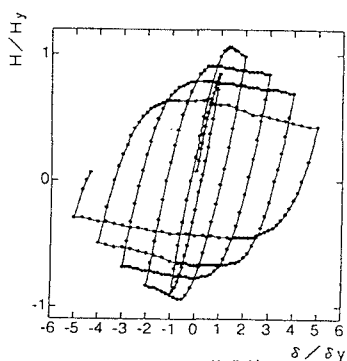
図－2 載荷装置および載荷状態

3. 結果および考察

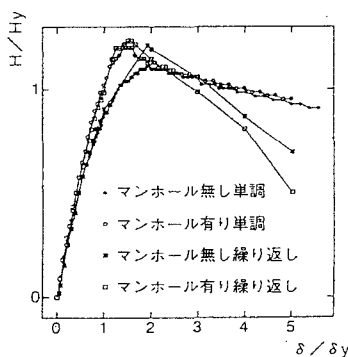
図－3 にマンホール有りの繰り返し載荷の結果を示す。繰り返し載荷は 5 サイクル行った。図－4 に単調載荷の荷重－変位曲線と繰り返し載荷の荷重－変位曲線で各サイクルの最大変位の点を結んだ包絡線を示す。繰り返し載荷では繰り返しの影響で単調載荷に比べて耐荷力の低下が著しいことがわかる。なお、図－4 でマンホール無しの単調載荷の最大荷重が、他の場合のそれと比較して最も小さくなっている。これは供試体の初期不整により、局部座屈が早期に発生したものと考えられる。本実験条件では、マンホールの影響はほとんど見られなかった。

今回の実験では（局部座屈位置）／ b （ b ＝供試体の幅）が $1/4$ 程度で、全部の供試体がほぼ同じ位置で座屈した。座屈形状は水平荷重を受ける上下面で膨らみ、側面は凹凸形状を示した。

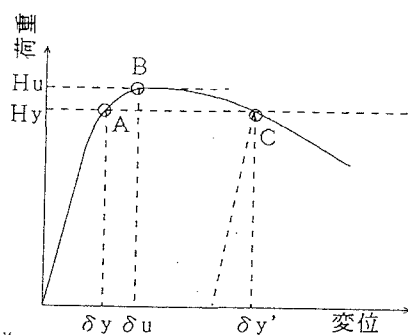
図－5の荷重－変位曲線で、A点は初期降伏状態、B点が終局強度状態、C点が強度が劣化域において初期降伏強度まで低下した状態を示している。図に示すように初期降伏状態の荷重と変位を H_y と δy 、終局強度状態の荷重と変位を H_u と δu 、劣化限界状態の変位を $\delta y'$ とする。変位によるダクティリティ評価では、変位の比 $\delta y' / \delta y$ 、 $\delta y' / \delta u$ 、傾き $I_{u-y'} = (H_u - H_y) / (\delta y' - \delta y)$ の3種類の方法で評価した。



図－3 荷重－変位曲線
マンホール有り繰返し



図－4 荷重－変位曲線
単調と繰返しの包絡線



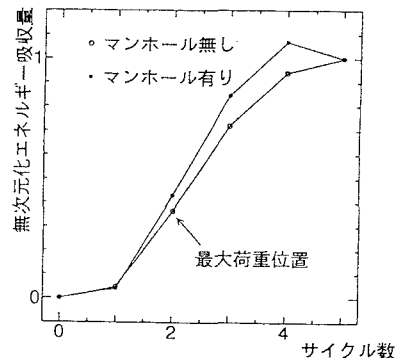
図－5 H_y 、 H_u 、 δy 、 δu 、 $\delta y'$ の定義

ダクティリティの評価結果を表3に示す。マンホールの影響はほとんどなかったことを考慮して、比較的妥当な結果を得ているマンホール有りの単調載荷の結果（NO. 2）を基準にして比較する。変位の比の評価方法ではダクティリティ性能が単調載荷に対して繰返し載荷では、 $\delta y' / \delta y$ および $\delta y' / \delta u$ が5割から6割が減少している。傾きでの評価で繰返し載荷は単調載荷の場合に比べて、勾配（荷重低下率）が1.9～2.1倍大きくなりダクティリティ性能が減少している。また繰返しに対してマンホールの影響は見られなかった。

他の評価方法として、エネルギー吸収量で評価した。繰返し載荷の荷重－変位曲線において、各サイクルごとのループの面積はそのサイクルでのエネルギー吸収量に相当する。図－6は横軸にサイクル数を示し、縦軸にエネルギー吸収量を示した図である。この図で縦軸のエネルギー吸収量は繰返しの荷重－変位曲線で各サイクルの面積を5サイクル目の面積で割り無次元化したものを用いて表した。

エネルギー吸収量は、2サイクル目から急激に増加している。これは、2サイクル目に最大荷重に達して、供試体が塑性域に入り、エネルギー吸収量が増加しはじめたためである。

と考えられる。エネルギー吸収量はマンホール有りでは4サイクル目で最大になっている。一方、マンホール無しでは4サイクル目から5サイクル目に傾きが緩やかになっている。この実験では4サイクル目のエネルギー吸収量がほぼ最大値を示した。



図－6 エネルギー吸収量－サイクル数

表3 ダクティリティの評価

		$\delta y' / \delta y$	$\delta y' / \delta u$	$I_{u-y'}$
NO. 1	マンホール無し単調	2.78	1.92	0.067
NO. 2	マンホール有り単調	4.21	3.33	0.078
NO. 3	マンホール無し繰返し	2.48	1.74	0.148
NO. 4	マンホール有り繰返し	2.90	1.93	0.164