

くり返し荷重を受けるコンクリート充てん角形鋼管梁の耐荷力実験

豊田高孝 〇忠 和男 桜井 孝昌 草間 晴幸

1. まえがき 文献(1)・(2)で報告した実験で、中空角形鋼管がくり返し荷重を受けるときの耐荷力特性について検討してきた。その結果、くり返し載荷に伴う耐荷力の低下率とその低下状態は、制御変位の大きさによってかなり異なる。特に制御変位の大きいときは、くり返し載荷により、はりの耐荷力が急激に低下することがわかった。本研究では、文献(1)・(2)で報告した実験と同じサイズの冷間成形角形鋼管にコンクリートを充てんし、コンクリート充てんによる補剛効果を調べる。特にコンクリート充てん梁がくり返し曲げ荷重を受けた場合の変形挙動特性に注目し、くり返し回数と耐荷力の低下傾向との関係について検討する。

2. 実験概要 供試体は、薄肉冷間成形角形鋼管の中空部分にコンクリートを充てんして作製した。その数は、単調載荷用1本と、くり返し載荷用3本の計4本である。鋼管の寸法は、Fig.1に示す通りであり、材質はSTKR-41のものを使用した。この鋼管は、幅厚比が平均で $D/t = 44.6$ 、等価幅厚比 $R = 1.02$ ($R = (D/t) \cdot \sqrt{12(1-\nu^2)} / 4\pi^2 E$) のものである。ただし、 ν 、 E および ν は、Table 2に示す鋼管の引張り試験結果を使った。コンクリートは普通ポルトランドセメントを用い、コンクリートの圧縮強度試験結果はTable 3に示す。供試体の局部座屈を防ぐために載荷点、両端およびそれらの中間位置を補剛板で補強した。補剛板の板厚は、9.0 mmで幅100 mmのものを4面に溶接した。実験は、両端単純支持で2点載荷とし、単調載荷とくり返し載荷との2通りの載荷方法をとった。ひずみ、および変位の測定位置は、梁中央部にひずみゲージを各面に3箇所計12箇所、梁下面には変位計を7箇所に選んだ。載荷は、まず単調載荷を行ない、その結果を基とにくり返し載荷における制御変位を $\delta_0 = 30 \text{ mm}$ と40 mmとの2種類に決めた。くり返し載荷は、6サイクルまで静的に交番載荷を行ない、その後、0.0/Hzの正弦波で動的にくり返し載荷した。

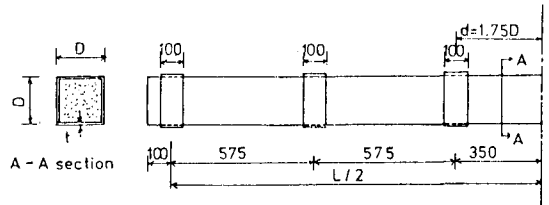


Fig. 1 Test Specimen

Table 1 Dimension of Steel Square Tubular Beams

specimen	D (mm)	t (mm)	A (mm ²)	D/t (mm)	d (mm)	r (mm)	L (mm)	I (cm ⁴)	W (cm ³)
AVE.	200.8	4.50	3532.8	44.6	351.3	9.3	3000	2268.8	226.0

Table 2 Testing Results of Steel

Specimen	Cross Section Area A (mm ²)	Young's Modulus E ($\times 10^4$ kg/mm ²)	Yield Stress σ_y (kg/mm ²)	Yield Strain ϵ_y ($\times 10^{-3}$)	$\epsilon_u = \frac{\sigma_u}{E}$ ($\times 10^{-3}$)	Tensile Strength σ_u (kg/mm ²)	Strain Hardening Modulus Est ($\times 10^4$ kg/mm ²)	Poisson's Ratio ν
AVE.	260.3	2.06	39.3	3.89	1.89	46.4	3.61	0.312

Table 3 Testing Results of Concrete

Compression Strength kg/cm ²	Young's Modulus kg/cm ²	Poisson's Ratio
402.8	0.39×10^6	0.13

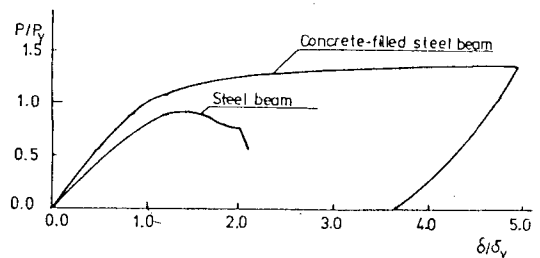


Fig. 2 Load-Deflection Curves

3. 実験結果と考察

実験結果を無次元化して表わすため、材料の降伏応力 σ_Y 、降伏荷重 P_Y 、および P_Y を載荷したときの微小変位理論による梁中央のたわみ δ を次式のように定義する。

$$P_Y = 2\pi\sigma_Y / (L/2 - d) \quad (1)$$

$$\delta_Y = P_Y (L - 2d)(L^2 + 2Ld - 2d^2) / 48EI \quad (2)$$

式中の W , σ_Y , L , d および E はTable 2に示す中空鋼管の結果を用いる。これは、中空鋼管の結果を基準にしてコンクリート充てんの場合と比較するためであり、 $P_Y = 15.32 \text{ ton}$ および $\delta_Y = 17.15 \text{ mm}$ を用いた。Fig. 2は、縦軸に P/P_Y をとり、横軸に梁中央点の鉛直下方向の変位比 δ/δ_Y をとって示している。この図は、中空鋼管とコンクリート充てん鋼管との単調載荷による荷重-変位曲線を示したものである。中空鋼管の場合は、 $P/P_Y = 0.94$, $\delta/\delta_Y = 1.16$ 程度で局部座屈が生じ、 δ/δ_Y が1.4を越えると荷重が低下している。コンクリート充てん鋼管の場合は、 $\delta/\delta_Y = 1.0$ 付近で荷重の増加率が低下するものの、荷重の増加傾向は局部座屈が生じた後もさらに進み、 $\delta/\delta_Y = 5$ に達しても増加している。したがって、コンクリート充てん鋼管では、コンクリート充てんによる局部座屈防止効果が十分認められたと言える。Fig. 3に、中空鋼管とコンクリート充てん鋼管の座屈変形形状を示した。中空鋼管の場合は、ひずみが圧縮側に集中しており、供試体の変形形状は梁上面中央部がくぼんでいた。これに対し、コンクリート充てん鋼管では、ひずみが引張側に集中し、その形状は上面中央が外側にふくらみ、さらにその内側にもふくらんだ形をしていた。これは、鋼管の中空部にコンクリートを充てんしているために鋼管の局部座屈が内側に変形できないためと考えられる。Fig. 4は、中空鋼管3体とコンクリート充てん鋼管3体について、くり返し回数と最大荷重との関係を示す。縦軸に $P_{\max}/P_Y$ をとり、横軸にくり返し回数をとった。C-1~3は、中空鋼管を示し、CM-1~3はコンクリート充てん鋼管を示す。振幅比 δ_0/δ_Y は、C-1~3が1.29, 1.53, 1.60であり、CM-1~3は、1.25, 2.3, 1.25である。この図から中空鋼管のC-3, 4では、6サイクルまでに急激な耐荷力の低下が見られる。これに対して、コンクリート充てん鋼管では、最大荷重の低下率も小さく、耐荷力の低下も中空鋼管ほど急激ではない。以上の結果をまとめると、コンクリート充てん鋼管では、最大荷重の低下率が中空鋼管の場合と比較してかなり小さい。これは充てんしたコンクリートが局部座屈による断面の変形を拘束することにより断面形の変形に伴う耐荷力の低下を防止しているものと考えられる。

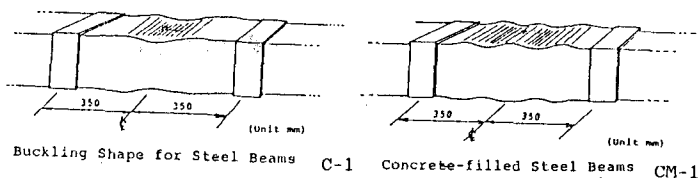


Fig. 3 Buckling Shape

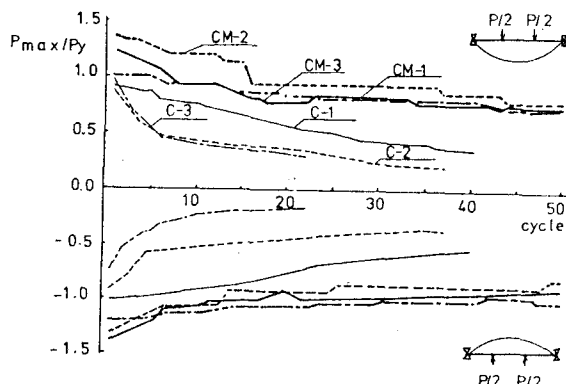


Fig. 4 Maximum Load and Number of Cycles

この図は、中空鋼管とコンクリート充てん鋼管との単調載荷による荷重-変位曲線を示したものである。中空鋼管の場合は、 $P/P_Y = 0.94$, $\delta/\delta_Y = 1.16$ 程度で局部座屈が生じ、 δ/δ_Y が1.4を越えると荷重が低下している。コンクリート充てん鋼管の場合は、 $\delta/\delta_Y = 1.0$ 付近で荷重の増加率が低下するものの、荷重の増加傾向は局部座屈が生じた後もさらに進み、 $\delta/\delta_Y = 5$ に達しても増加している。したがって、コンクリート充てん鋼管では、コンクリート充てんによる局部座屈防止効果が十分認められたと言える。Fig. 3に、中空鋼管とコンクリート充てん鋼管の座屈変形形状を示した。中空鋼管の場合は、ひずみが圧縮側に集中しており、供試体の変形形状は梁上面中央部がくぼんでいた。これに対し、コンクリート充てん鋼管では、ひずみが引張側に集中し、その形状は上面中央が外側にふくらみ、さらにその内側にもふくらんだ形をしていた。これは、鋼管の中空部にコンクリートを充てんしているために鋼管の局部座屈が内側に変形できないためと考えられる。Fig. 4は、中空鋼管3体とコンクリート充てん鋼管3体について、くり返し回数と最大荷重との関係を示す。縦軸に $P_{\max}/P_Y$ をとり、横軸にくり返し回数をとった。C-1~3は、中空鋼管を示し、CM-1~3はコンクリート充てん鋼管を示す。振幅比 δ_0/δ_Y は、C-1~3が1.29, 1.53, 1.60であり、CM-1~3は、1.25, 2.3, 1.25である。この図から中空鋼管のC-3, 4では、6サイクルまでに急激な耐荷力の低下が見られる。これに対して、コンクリート充てん鋼管では、最大荷重の低下率も小さく、耐荷力の低下も中空鋼管ほど急激ではない。以上の結果をまとめると、コンクリート充てん鋼管では、最大荷重の低下率が中空鋼管の場合と比較してかなり小さい。これは充てんしたコンクリートが局部座屈による断面の変形を拘束することにより断面形の変形に伴う耐荷力の低下を防止しているものと考えられる。

参考文献 (1) 忠, 榎井, 草間. 「冷間加工薄肉梁の繰返し荷重変形特性」, 工学会中部支部, 61年3月
(2) 忠, 榎井, 草間. 「くり返し荷重を受ける箱型梁の耐荷力実験」, 工学会全国大会, 61年11月