

コンクリートを部分的に充填した円形鋼製橋脚の実験

東京電機大学 学生員 折野 明宏
東京電機大学 正会員 井浦 雅司

1. はじめに

鋼製橋脚の塑性率を向上させる方法として、橋脚内部にコンクリートを部分的に充填する方法が挙げられる。矩形断面橋脚においては、宇佐美ら²⁾により多くの実験結果が報告されている。一方、コンクリートを部分的に充填した円形鋼製橋脚においては、著者らの研究も含め^{1,3)}、それほど多くの実験は報告されていない。本報告では、コンクリート上面にダイヤフラムを設置した実験、これまで著者らが提案している最適充填率を確認する実験、さらに繰返し実験と比較するための単調載荷実験を実施し、著者らの既往の実験¹⁾と比較検討する。

2. 実験概要

本実験で使用した供試体と実験方法について説明する。なお、実験装置については、文献1)を参照されたい。

供試体は鋼製橋脚をモデル化したものであり、4体の供試体（供試体 No.3-1, 3-2, 3-3, 3-4）を用いた。鋼の材料はすべてSS400であり、実験前に行なった材料特性と実験方法については、表1に示す。なお、表中の γ は橋脚基部から載荷点までの長さ（1750mm）を基準としたコンクリート充填率である。コンクリートの材齢28日における材料特性は、テストピース（直径10cm、高さ20cm）を作成し、圧縮試験および割裂試験をそれぞれ4体行なった。その結果の平均値は、圧縮応力では230.9 (kgf/cm²)、引張応力では17.2 (kgf/cm²)である。

さらに、供試体 No.3-1, 3-3においては、充填されたコンクリートの上面に板厚6mmのダイヤフラムを設置した。No.3-1は文献1)の供試体No.2-2と同一寸法であり、コンクリート上面にダイヤフラムを設置している。供試体No.3-3はNo.3-4と同一寸法であり、コンクリート上面にダイヤフラムを設置している。

実験は、軸力としてコンクリートを考慮しない全断面塑性軸力の15%を常時作用させており、横力は降伏変位 δ_y を基準とした正負交番漸増1回繰返し載荷とした。ただし、供試体No.3-2に関しては、単調載荷実験を行なった。

3. 実験結果

3.1 座屈発生位置

座屈発生位置をモデル化したものを図-2に示す。座屈が最も顕著に表れた位置は、供試体No.3-3, 3-4共に基部から約10cmに座屈が発生するタイプB座屈であった。No.3-1は、ダイヤフラム設置位置から約10cm上部に座屈が発生するタイプC座屈であった。単調載荷実験を行なったNo.3-2は、基部から約38cmの所で座屈が発生するタイプD座屈であった。一方、供試体No.3-2と同一寸法で、ダイヤフラムを設置せず繰返し載荷を行なったNo.2-2の座屈はタイプBであり、基部から約10cmの所で像の脚座屈が生じた。このように、載荷方法の差異により座屈発生タイプが異なることは、文献3)でも指摘されている。

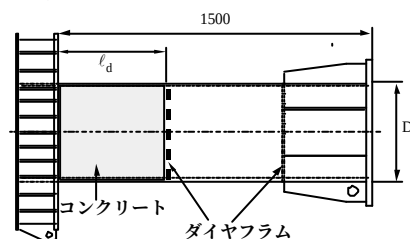


図-1 供試体 単位 (mm)

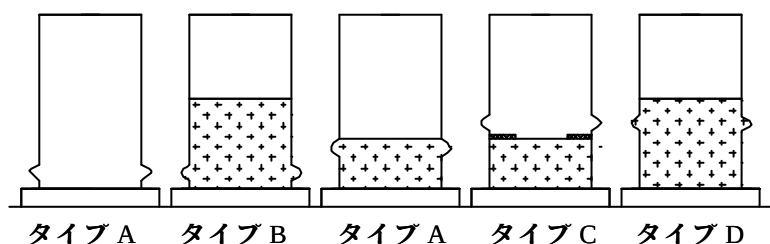


図-2 座屈発生位置のモデル化

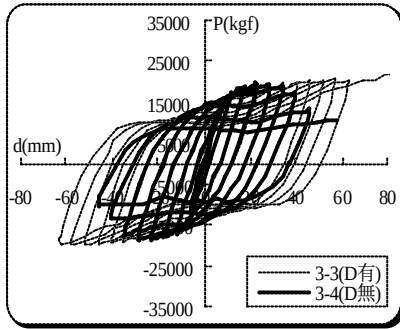
表-1 材料特性と実験方法と実験結果

供試体 No.	材料特性						実験方法		実験結果
	板厚 t(cm)	直径 D(cm)	ヤング率 E	降伏応力 σ_y	ポアソン比 ν	充填率 γ (%)	ダイヤフラム 位置 ℓ_d (cm)	載荷方法	最高荷重 P_{max} (tf)
3-1	0.576	50	1.91×10^6	2930	0.278	17	30	繰返	31.02
3-2		50				28	無し	単調	28.57
3-3		40				35	61	繰返	20.81
3-4		40				35	無し	繰返	19.69

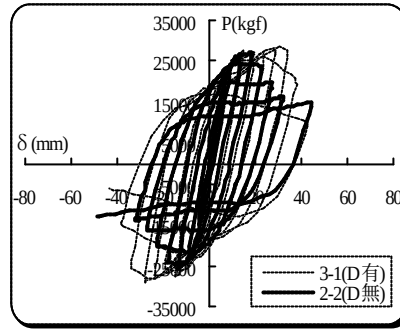
σ_y , Eの単位 (kgf/cm²)

Key Words: 円形鋼製橋脚, ダイヤフラム, 弾塑性座屈

連絡先: 〒350-0311 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学研究科建設工学専攻 Tel 0492-96-2911

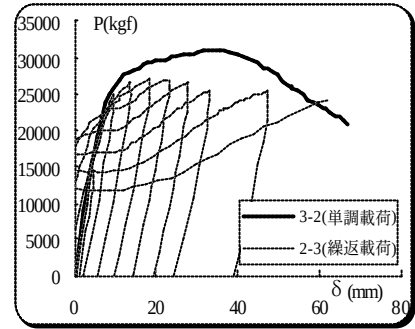


(a) $\gamma = 35\%$, $D=40\text{cm}$



(b) $\gamma = 17\%$, $D=50\text{cm}$

図-2 荷重-変位履歴曲線におけるダイヤフラムの影響



$\gamma = 30\%$, $D=50\text{cm}$

図-3 単調載荷と繰返し載荷

3.2 荷重-変位履歴曲線の考察

図-2に本実験での荷重-変位の履歴曲線を示す。ここで、供試体No.2シリーズについての詳細は文献1)を参照されたい。ここでは、円管表面にふくらみ等の変化が見られた時を座屈発生と呼ぶこととする。ダイヤフラムの影響を調べるため、コンクリート上面にダイヤフラムを設置した供試体(供試体No.3-3)および、ダイヤフラムを設置していない供試体(供試体No.3-4)の履歴曲線を図-2(a)に示す。図-2(a)より、最高荷重は、矩形断面と異なり²⁾ダイヤフラムの有無に影響をほとんど受けないことがわかる。さらに、本実験の範囲内においては、ダイヤフラムを設置した場合、座屈後も荷重の減少はほとんど見られない。これは、ダイヤフラムを設置した場合、内部のコンクリートの拘束が完全であるためコンクリートの圧縮効果によるものと思われる。実験後の観察において、内部のコンクリートはダイヤフラムを設置した場合、座屈部付近で座屈幅(約5cm)とほぼ同じ幅で全周にわたり、圧壊を起こしていた。一方、ダイヤフラムを設置しない場合、内部のコンクリートは、座屈部付近で全周にわたりクラックが観察され、コンクリートの圧壊は観察されなかった。

文献1)によれば、供試体No.2-2, 3-1の最適充填率は22%である。最適充填率を確認する実験として、コンクリートを17%充填した実験の履歴曲線を図-2(b)に示す。ダイヤフラムを設置しない供試体No.2-2は、コンクリートの拘束が不完全であるためタイプB座屈となったが、ダイヤフラムを設置した供試体No.3-1は、コンクリートを完全に拘束したためタイプC座屈となり、文献1)における最適充填率の推定は妥当であることが確認された。供試体No.3-1においては、タイプC座屈が発生したため、内部のコンクリートにはクラックや圧壊は観察されなかった。タイプB座屈が発生した供試体No.2-2においては、基部でクラックが観察された。なお、供試体No.2-2, 3-1においては、座屈タイプは異なるが最高荷重はほとんど変わらなかった。

載荷方法の差異を調べるために、繰返し実験を行なった供試体No.2-3および単調載荷実験を行なった供試体No.3-2の履歴曲線を図-3に示す。図-3より、最高荷重は繰返し載荷実験より単調載荷実験の方が大きくなり、最高荷重時の変位も大きくなる。これは、コンクリートを充填しない円形鋼製橋脚においても同様の結果が観察されている。最高荷重後の包絡線は繰返し載荷に比べ、単調載荷では劣化が大きいことが分かる。単調載荷を行なった供試体No.3-1は内部のコンクリートは、基部から約10cmの位置に中立部付近までクラックが生じていた。繰返し載荷を行なった供試体No.2-3は、クラックや圧壊は観察されなかった。

4. まとめ

- 1) ダイヤフラムの有無による最高荷重の変化はほとんど見られない。座屈発生タイプがタイプBの場合、コンクリート上面にダイヤフラムを設置することにより、最高荷重後の荷重の劣化は非常に緩やかであることが確認された。
- 2) 文献1)で提案している最適充填率の妥当性が確認された。ただし、充填率が小さい範囲においては、充填コンクリート上面にダイヤフラムを設置しなければならない。
- 3) 繰返し載荷実験で、基部付近に座屈が発生した場合でも、単調載荷実験を行なうと基部付近で座屈は発生せず、座屈発生個所は載荷方法にも依存することが確かめられた。

[参考文献]

- 1) 折野・井浦:部分的にコンクリートを充填した円形鋼製橋脚の挙動,第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集, pp83-88, 2000.1
- 2) 葛・宇佐美・戸谷:繰返し荷重を受けるコンクリート充填鋼柱の強度と変形能に関する研究, 構造工学論文集, Vol.40A, pp163-176, 1994.3
- 3) 小枝出・岸・池田・小室・長谷川:コンクリートを充填した鋼管橋脚模型の弾塑性曲げ性状, 土木学会第54回年次学術講演回, pp514-515, 1999.9