

十字型補剛壁を有する鋼製円形橋脚の繰返し挙動特性

熊本大学 ○学生員 松村 新也 第一復建 正員 平八重 真嗣

熊本大学 学生員 津曲 志郎 正員 山尾 敏孝

1. まえがき： 十字型補剛壁を有する鋼製円形断面橋脚について実験及び解析により検討を行ったところ、十字型補剛壁を導入することで強度や変形性能の向上が見られたものの、実験と解析がうまく対応しなかった¹⁾。その原因としては、実験供試体の十字型補剛壁下端部が十分に固定されていなかったこと、母材と十字型補剛壁の溶接が不十分であったこと、解析での要素分割方法の問題などがあった。そこで本研究では、上記の問題点に留意しながら、再度繰返し載荷実験及び FEM 解析 (汎用プログラム MARC) を行い、径厚比パラメータ及び十字型補剛壁高さを変化させた場合の強度や変形性能を調べたものである。

2. 解析モデル、実験供試体の概要： 図-1 に十字型補剛壁を有する供試体の概略図を示す。断面形状は、図-2 に示す無補剛断面(PNS 型)と十字型補剛断面(PCS 型)の 2 断面とした。鋼種、板厚は SS400 材、3.2mm とし、式(1)で定義する径厚比パラメータ R_t は $R_t=0.11, 0.15$ とした。また、式(2)に定義する細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響を調べるために供試体高さ L を、昨年度の 940mm から 1440mm に変更し、 $\bar{\lambda}=0.3, 0.2$ となるように設計した。十字型補剛壁の高さ h_0 は、 L の 24%, 27%, 35% とした。また、ダイアフラムを 1 体につき 4 枚設置し、PCS 型については最下段ダイアフラムを十字型補剛壁最上部に設置した。なお、十字型補剛壁下端部を、より固定条件に近づけて実験を行うため、十字型補剛壁下端に 30mm の角材を設置し、それをベースプレートに溶接した。表-1 に供試体の諸元を示すが、供試体名の数字 48, 69 は、それぞれの径厚比($=R/t$)を、続く 2, 3 はそれぞれの $\bar{\lambda} \times 10$ を示し、最後の 24, 27 および 35 は $h_0/L \times 100$ を示す。載荷方法は、一定鉛直軸力として全断面降伏軸力の 15% を与えた後、正負交番漸増両振の変位制御で水平変位を与えた。

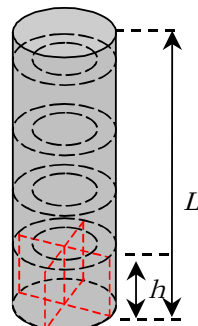


図-1 十字型補剛橋脚

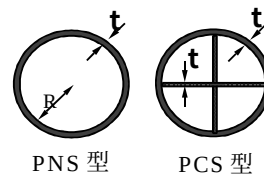


図-2 断面形状

3. 結果及び考察： 図-3 には $R_t=0.15$ の実験供試体の変形状況 (上段) と FEM 解析による変形状況と応力分布 (下段) を示す。図-3 (a) は無補剛断面である PNS692 の変形状況で、基部に提灯座屈が生じた。図-3 (b) は、PCS692-27 の結果で、実験、解析ともに十字型補剛壁上部にて局部座屈が生じたが、これは十字型補剛壁の導入高さが小さかったためと考えられる。実験では座屈モードが PNS692 のような提灯座屈にならずダイヤモンド型の座屈モードになったのに対して、当初の解析では提灯座屈となった。このモードの違いについては、十字型補剛壁最上部に設置したダイアフラムと母材の溶接が不十分であったことが実験後に判明したので、ダイアフラム無しの解析を行ったところ図-3(b)(下段)に示すような、実験とほぼ同じ座屈モードとなった。PCS692-35 (図-3(c)) については、十字型補剛壁が有効にはたらき、実験・解析ともに基部部分で局部座屈が生じた。図-4 には PCS692-35 の十字型補剛壁の変形状態を示すが、PNS 型が、基部の限られた範囲で局部変形を起こしているのに対し、PCS692-35 は十字型補剛壁、母材ともに同じ位置の広い範囲で変形を起こしていることから、十字型補剛壁が母材の変形の進展を抑制していることが伺える。また同時に十字型補剛壁が母材とともに、鋼の持つ粘り強さを効果的に発揮させながら外力に対して抵抗していると考えられる。図-5 には R/t

$$R_t = \frac{R\sigma_y}{tE} \sqrt{3(1-\nu^2)} \quad (1) \quad \bar{\lambda} = \frac{2L}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (2)$$

R : 鋼管半径, t : 鋼管と十字型補剛壁の板厚,
 σ_y : 降伏応力度, E : ヤング率,
 ν : ポアソン比, r : 断面 2 次半径

表-1 供試体諸元

供試体名	$R(\text{mm})$	h_0/L	R_t	$\bar{\lambda}$	$\sigma_y(\text{MPa})$	$E(\text{GPa})$
PNS483	152.5	—	0.11	0.30	241.1	200.9
PCS483-24	152.5	24%				
PNS692	219.0	—	0.15	0.21	268.0	209.7
PCS692-27	219.0	27%				
PCS692-35	219.5	35%				

キーワード：十字型補剛壁、鋼製円形橋脚、変形性能、履歴曲線、繰返し載荷

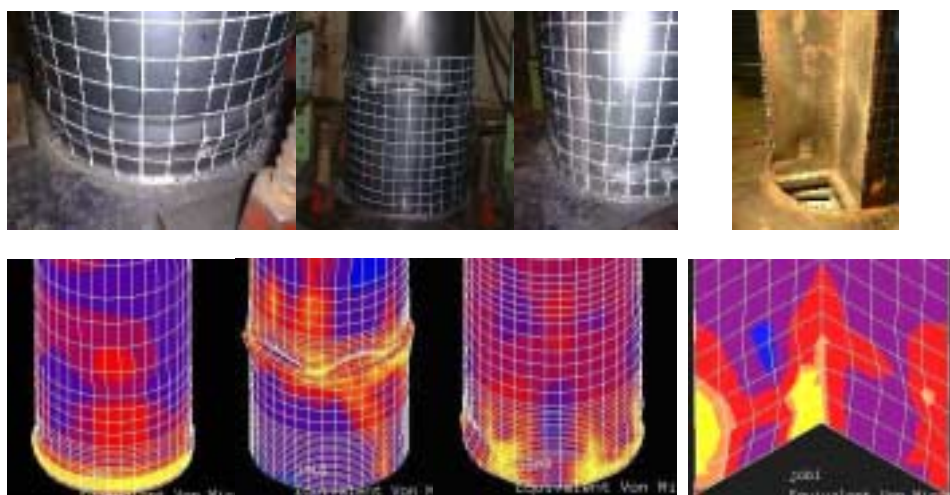
連絡先：〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 TEL096-342-3533

=69 の橋脚の、実験と FEM 解析の水平荷重-水平変位履歴曲線を示す。実験結果と FEM 解析がよく対応しており、FEM 解析が精度よく実施できると言える。図から、十字型補剛壁が無くなる位置(十字型補剛壁上部位置)で局部変形が生じた PNS692-27 より、基部付近で局部変形が生じた PNS692-35 の方が、十字型補剛壁がより機能して、大きな変形性能を発揮していることが分かる。つまり、母材の局部変形が生じる位置が、橋脚の変形性能に大きく影響していると考えられる。これより、十字型補剛壁は最適な高さを用いることで強度と変形性能をさらに向上させることが示された。図-6 には PNS692-27 の、十字型補剛壁直上のダイアフラムの有無、十字型補剛壁下端の固定端・自由端条件について FEM 解析した結果を包絡線で示す。十字型補剛壁下端を自由端とすると強度は抑えられるものの、変形性能が発揮されず、十字型補剛壁下端部を固定条件にすることで変形性能は向上する。ダイアフラムについては十字型補剛壁がなくなる直上には設置しない方が変形性能が高いが、これらについては今後も検討の余地がある。

図-7 には、昨年実施したコンクリート充填橋脚実験 PCS48 ($\lambda=0.20$, 断面は今年度と同じ)と、FEM 解析をした PCS483-35 の水平荷重-水平変位履歴曲線を示す。両者を比較しても、十字型補剛橋脚はコンクリート充填橋脚に比べて、同等またはそれ以上の変形性能を有していることがわかる。

以上の結果より、円形断面においては、十字型補剛壁の下端部を固定条件とし、十字型補剛壁を最適な高さまで設置することで、鋼の持つ粘り強さを効果的に発揮させることができ、ひいては橋脚の強度や変形性能を向上させることが分かった。

参考文献 1) 伊東宗昭:「円形鋼製橋脚の強度と変形性能の向上に関する研究」,熊本大学修士論文,2001.3



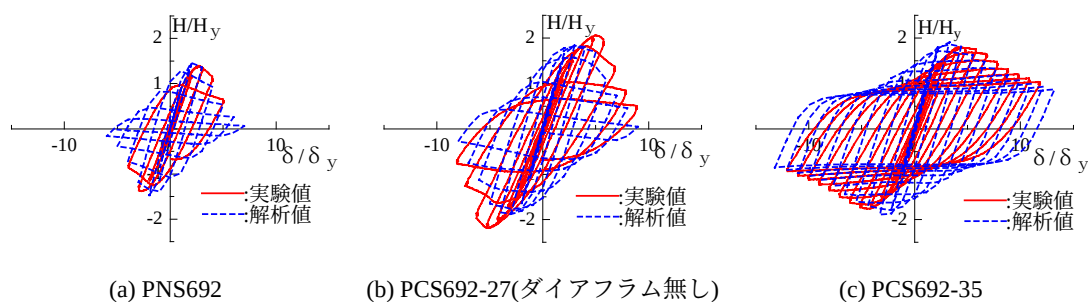
(a) PNS692

(b) PNS692-27

(c) PNS692-35

図-4 十字型補剛壁の挙動

図-3 変形状態



(a) PNS692

(b) PCS692-27(ダイアフラム無し)

(c) PCS692-35

図-5 水平荷重-水平変位履歴曲線

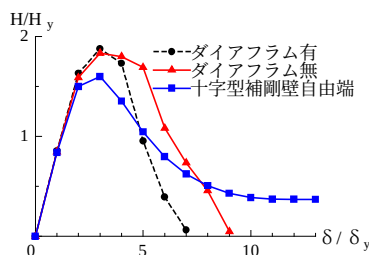
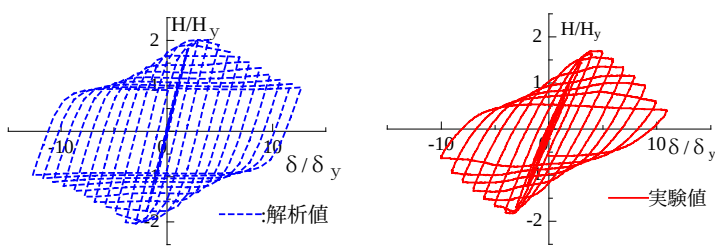


図-6 ダイアフラムと下端境界条件の影響



(a) PCS483-35

(b) コンクリート充填橋脚(PCS48)

図-7 コンクリート充填橋脚との比較