

### 3 鋼製橋脚マンホール部の耐震性からみた補強法の検討

広島大学 学生会員 ○曳野 誠也

広島大学 正会員 藤井 堅

福山大学 正会員 中村 雅樹

1. はじめに 平成7年1月の兵庫県南部地震では、鋼製橋脚マンホール部の座屈が多く確認された。本研究では鋼製橋脚マンホール部の補強法について、変形能の観点から実験的に検討し、耐震性に優れたマンホール部の補強法を提案する。鋼製橋脚の無孔供試体1体と開孔供試体6体（うち無補強1体、補強5体）に対して、一定軸圧縮力の下で繰り返し水平載荷実験を行い、変形能が無孔供試体のそれと同程度、あるいはそれ以上となるような補強形式を探索する。

#### 2. 実験概要

2-1 供試体諸元 供試体を Fig.1 に示す。供試体は正方形箱形断面で、補剛板パネル・縦方向補剛材の板厚はいずれも 4.5mm、また材質は S S 400 である。開口部の形状は 80×120mm の小判型であり、開口にともなう開口部純断面積の欠損率は 11.8%である。

2-2 補強形式 本実験では、Fig2 に示すような7体の供試体を扱う。ダブリングプレートで補強された供試体は3体で、Type-D01 と Type-D02 はダブラ寸法 180×220×4.5mm、180×220×6.0mm の小判型ダブリング補強供試体、Type-DS はダブラ寸法 160×360×4.5mm の長方形ダブリング補強供試体である。また、開孔部欠損断面積に対する補強断面積比は、Type-D01 が 1、Type-D02 が 1.33、Type-DS が 0.88 となっている。一方、Type-SD、Type-SV はリブで補強された供試体であり、Type-SD は 195.5×45×4.5mm の水平補剛材と 133.7×45×4.5mm の斜め補剛材で、Type-SV は 195.5×45×4.5mm の水平・垂直補剛材で補強されている。Type-H は開孔のみの無補強供試体、Type-P は無孔供試体である。

2-3 載荷方法 一定圧縮荷重 23t（全断面降伏荷重の 10%）のもとで、柱上端部の荷重点に正負繰り返し水平荷重を静的に載荷する。供試体の基部フランジパネルが降伏するときの荷重点の変位を  $\delta y$  とし、 $\delta y$  を片振幅として  $\pm 1 \delta y$ 、 $\pm 2 \delta y$ 、... というように漸次振幅を増加させた両振り載荷を行う。

#### 3. 実験結果

3-1 崩壊性状 供試体の水平荷重—水平変位履歴曲線例を Fig.3 に示す。各供試体の水平荷重—水平変位履歴曲線を Type-P と比較すると、最高荷重（3  $\delta y$  程度）、ヒステリシスループ形状ともあまり差は無い。しかし、最高荷重後の耐荷力低下は大きな差が生じ、Type-H と Type-D01 はポストピークにおいて大きな耐荷力低下がみられた。一方、その他の供試体については、最高荷重後は大きな耐力の

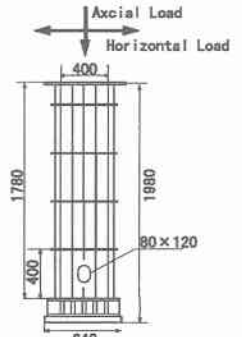


Fig.1 実験供試体

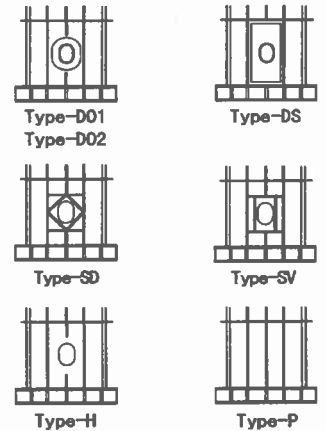


Fig.2 補強形式

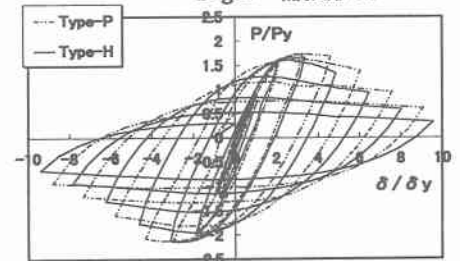


Fig.3 水平荷重—水平変位履歴曲線

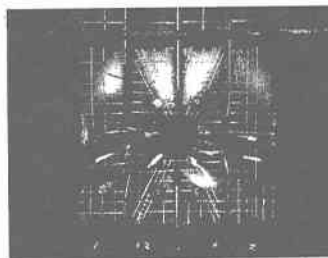


Photo.1 座屈状態例（Type-H）

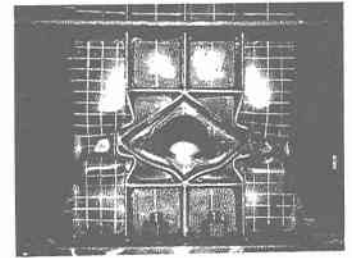


Photo.2 座屈状態例（Type-SD）

低下はみられず、Type-P と同等あるいはそれ以上の結果が得られた。特に Type-SD，Type-SV は縦補剛材により孔周辺の局部座屈が抑制され、優れた変形能が認められた。実験終了後の座屈状態例を Photo. 1, 2 に示す。

**3-2 エネルギー吸収量** ここでは西川らによる評価法<sup>1)</sup>と、宇佐美らによる評価法<sup>2)</sup>に従い、弾性応答作用力  $H_e$  と累積履歴吸収エネルギー  $E_f$  を求めた。その結果を Table.1 に示す。Table.1 より、エネルギー吸収量を Type-P と比較すると、Type-DO2, Type-SV, Type-SD は Type-P に対して 10%以上高いエネルギー吸収量があることがわかる。Type-SV, Type-SD については 14%以上の高い結果が得られている。したがって、特にリブによる補強は局部座屈を防止するために、優れた変形能の改善効果が得られるといえる。

**3-3 塑性率** 塑性率は①最高荷重に対応する変位  $\delta_m$  と  $H_y$  に対応する変位  $\delta_y$  との比で表す塑性率  $\mu_m$  ②  $H_{max}$  の 95%値に対応する変位  $\delta_{95}$  を基準とする塑性率  $\mu_{95}$  ③最大水平荷重を越え荷重が  $H_y$  まで下がった点を破壊点として、エネルギー的配慮を含めた<sup>2)</sup> 塑性率  $\mu$  の3種類によって求めた。その結果を Table.2 に示す。Table.2 より、 $\mu_m$ ,  $\mu_{95}$  では各供試体ともほとんど差はないが、 $\mu$  では大きな差がみられる。各供試体の塑性率を Type-P と比較すると、Type-H は 22.1%, Type-DO1 は 36.2%, Type-DS は 10.9% 低く、Type-DO2 はほぼ同等、Type-SV は 10.4%, Type-SD は 11.5%大きい結果となった。これは、ポストピークを越えてからの耐力低下の状態に依存する。Type-DO2, SV, SD は、十分な変形能があると判断できる。

#### 4. 結論

1) 水平荷重-水平変位履歴曲線は、最高荷重 ( $3\delta_y$ ,  $H/H_y=1.7\sim 1.9$  程度) に達するまではほぼ同じループを描くが、最高荷重後の耐荷力低下は各供試体で大きく異なる。最高荷重後の耐荷力低下率が小さい Type-DO2, DS, SV, SD は十分な変形能が期待できる。

2) 2種類のエネルギー吸収量を用いて変形能評価を行なった結果からは、5～6 サイクル以降において耐力低下率の小さい Type-DO2, SV, SD は、Type-P よりも 10%以上の変形能が期待できる。

3) 塑性率による変形能評価では、今回は3種類の塑性率を用いて行なった。結果を総合的にみると、Type-DO2, SV, SD は優れた塑性率の改善効果が認められる。

4) 以上の結果より、リブや厚めのダブリングプレートを用いた補強で変形能がかなり改善される。特にリブによる補強が変形能改善に大きく期待できることがわかる。

**参考文献** 1) 西川ら：構造工学論文集 Vol.42A, 1996 年 3 月

2) 宇佐美ら：構造工学論文集 Vol.39A, 1993 年 3 月

| Type | E (tf·cm) | $H_e$ (tf) | $H_e/H_y$ |
|------|-----------|------------|-----------|
| P    | 164       | 70.7       | 4.61      |
| H    | 133       | 64.7       | 4.22      |
| DO1  | 131       | 62.2       | 4.06      |
| DO2  | 186       | 72.7       | 4.74      |
| DS   | 190       | 76.8       | 5.01      |
| SV   | 192       | 76.8       | 5.00      |
| SD   | 190       | 76.9       | 5.02      |

| Type | $\delta^*$ | $E_f$ (tf·cm) | $E'_f=E_f/E_e$ |
|------|------------|---------------|----------------|
| P    | 8.65       | 1410          | 186.5          |
| H    | 7.55       | 1080          | 143.1          |
| DO1  | 7.05       | 1040          | 137.3          |
| DO2  | 9.15       | 1560          | 205.7          |
| DS   | 9.25       | 1490          | 196.2          |
| SV   | 9.75       | 1600          | 211.8          |
| SD   | 9.60       | 1630          | 214.6          |

Table.1 エネルギー吸収量の比較

| Type | $\delta_{max}$ (cm) | $H_{max}$ (tf) | $\mu_m = \delta_m / \delta_y$ |
|------|---------------------|----------------|-------------------------------|
| P    | 3.12                | 26.5           | 3.26                          |
| H    | 3.21                | 27.4           | 3.37                          |
| DO1  | 3.27                | 25.4           | 3.43                          |
| DO2  | 3.39                | 29.5           | 3.55                          |
| DS   | 3.25                | 30.5           | 3.41                          |
| SV   | 3.33                | 28.5           | 3.49                          |
| SD   | 3.30                | 28.9           | 3.45                          |

| Type | $\delta_{95}$ (cm) | $H_{95}$ (tf) | $\mu_{95} = \delta_{95} / \delta_y$ |
|------|--------------------|---------------|-------------------------------------|
| P    | 4.65               | 25.2          | 4.86                                |
| H    | 3.72               | 24.1          | 3.90                                |
| DO1  | 3.81               | 26.0          | 3.99                                |
| DO2  | 4.48               | 28.0          | 4.69                                |
| DS   | 4.51               | 28.9          | 4.72                                |
| SV   | 4.41               | 27.1          | 4.62                                |
| SD   | 4.35               | 27.5          | 4.56                                |

| Type | $\delta^*$ (cm) | $A$ (tf·cm) | $\delta_u$ (cm) | $\mu = \delta_u / \delta_y$ |
|------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| P    | 8.65            | 328.3       | 5.39            | 5.64                        |
| H    | 7.55            | 256.1       | 4.20            | 4.40                        |
| DO1  | 7.05            | 209.8       | 3.44            | 3.60                        |
| DO2  | 9.15            | 330.9       | 5.43            | 5.69                        |
| DS   | 9.25            | 292.2       | 4.80            | 5.03                        |
| SV   | 9.75            | 362.8       | 5.95            | 6.23                        |
| SD   | 9.60            | 365.9       | 6.01            | 6.29                        |

Table.2 塑性率の比較