

I - A94

コンクリート部分充填鋼製ラーメン橋脚の強度と変形能に関する解析的研究

名古屋大学大学院
名古屋大学学生会員 天野麻衣¹ 名古屋大学大学院
正会員 葛漢彬¹ 名古屋大学学生会員 葛西昭¹
フェロー会員 宇佐美勉¹

1. 緒言

鋼製橋脚は、柱基部にコンクリートを適切に充填することにより、耐震性能を向上させることができることが、過去の実験等 [1] によって証明されている。しかし、既存の研究において、解析対象の鋼製橋脚は片持柱に限定されていたため、門型ラーメン等の様々な構造形態の解析対象に対して、充分な汎用性を持つ解析手法を確立する必要がある。本研究では、文献 [2] に用いられた解析プログラムよりも汎用性の高い MARC [3] を用い、片持柱における本解析手法の妥当性を検討し、門型ラーメン構造物の解析を行う。

2. 解析手法

本研究での具体的な解析手法は、文献 [2] 等に記載されているため、ここでは、門型ラーメンを解析対象とする段階で、付け加える点を中心に述べる。Fig.1(a) において、 h = 柱高さ、 l = はりの長さ、 l_c = コンクリート充填高さ、 P = 上部工重量に相当する一定鉛直荷重、 H = 地震力に相当する漸増水平荷重、 e = 鉛直荷重載荷位置であり、斜線部分はコンクリートが充填されていることを示す。本研究では、 $P-\Delta$ 効果の影響を考慮し、局部座屈を考慮しない弾塑性有限変位解析によって、水平荷重-水平変位関係を ($H-\delta$ 関係) 求める。ここで、 δ は水平荷重 H の作用点の水平変位である。コンクリート充填部においては、Fig.2 に示すように、断面を鋼断面とコンクリート断面に分割して定義するため、それぞれの断面をもつ別の要素として取り扱い、その節点を共有させることでコンクリート充填断面とする。なお中空鋼断面部は、Fig.2(b) のみの断面である。鋼材及び充填コンクリートの構成則、有効破壊長領域、破壊基準等は、すべて文献 [2] に準ずる。

ただし、充填コンクリートの限界圧縮ひずみ $\varepsilon_{u,c}$ は、その後の知見 [4] により、1.1% を用いる。また、Fig.1(b) は、門型ラーメンにおける破壊照査位置を示している。頭文字が C のものはコンクリート充填部の破壊照査位置を示し、頭文字が S のものは中空断面部の破壊照査位置を示す。門型ラーメンにおいては、片持柱の破壊照査位置の他に柱頂部付近においても破壊照査を行わなければならない。なお、破壊照査に用いられる損傷度は、コンクリート充填部の損傷度 D_c 、中空断面部の損傷度 D_s として、次式のように定める。

$$D_c = \frac{\varepsilon_{a,c}}{\varepsilon_{u,c}} \quad (1)$$

$$D_s = \frac{\varepsilon_{a,s}}{\varepsilon_{u,s}} \quad (2)$$

ここに、 $\varepsilon_{a,c}$ = 充填コンクリートの最縁端に発生する有効破壊長領域での平均圧縮ひずみ、 $\varepsilon_{a,s}$ = 中空断面部における圧縮フランジに発生する有効破壊長領域での平均圧縮ひずみ、 $\varepsilon_{u,c}$ = 充填コンクリートの限界圧縮ひずみ (= 1.1%)、 $\varepsilon_{u,s}$ = 鋼材の限界圧縮ひずみである [2]

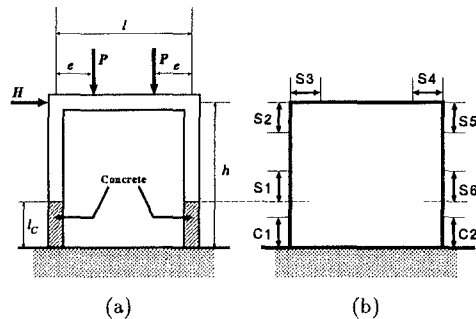


Fig.1 ラーメンモデルの破壊照査位置

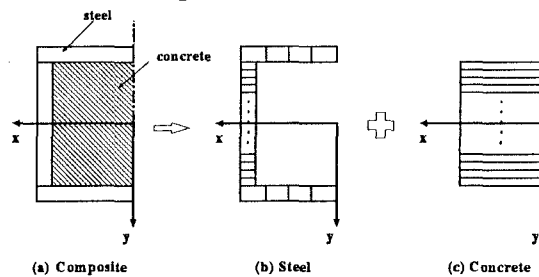


Fig.2 断面定義

Key Words: Concrete-filled steel bridge pier, Portal frame, Strength and deformation

¹〒464-01 名古屋市千種区不老町 Tel : 052-789-4617

3. 門型ラーメンの解析結果

片持柱の解析結果と実験結果との比較、門型ラーメンの本解析結果と他の解析プログラムの解析結果との比較を行い、本解析手法の妥当性を検証したが、ここでは省略する。

Fig.3(a)～(d) は、右側の柱の頂部で初期降伏するように設計された門型ラーメンモデルにおいて、コンクリート充填率を様々に変化した解析結果である。Fig.3(a) は水平荷重－水平変位関係を示し、Fig.3(b)～(d) は代表的な傾向を示す損傷度－水平変位関係である。なお、このモデルは、はりの部分と柱の部分の断面積は同一であり、左右のコンクリート充填率に関しても同一としている。ただし、柱の細長比パラメータは0.4、幅厚比パラメータは0.35であり、有効座屈長は1.18である。

Fig.3(b) より、コンクリート充填部（C2）は、コンクリート充填率を高くすると損傷度も高くなることがわかる。また、Fig.3(c) より、コンクリート充填部上端から上方の中空断面部（S6）では、コンクリート充填率を高くすると損傷度は低くなることがわかる。このことは、文献[2]により片持柱で確認されている傾向と一致している。

しかし、この門型ラーメンモデルにおいて、S5に代表される柱頂部付近の損傷度は、Fig.3(d) より、殆どコンクリート充填率の影響を受けないことがわかる。また、S5の部分の損傷度は、他の柱頂部の損傷度より比較的高いものであったが、これはS5の部分で初期降伏するように設計したためである。

また、橋脚に生じる作用モーメントは、片持柱と異なりプラス側からマイナス側に変化し、柱頂部および柱基部に大きな作用モーメントが発生する。従って、柱頂部と柱基部を同時破壊させるようなコンクリートの充填率（最適充填率）は、片持柱に比べると小さい値になる。Fig.3(a) の水平荷重－水平変位関係には、Fig.3(b)～(d) の損傷度－水平変位関係より得られた破壊点を示してある。これより、コンクリートの最適充填率は10%である程度であることがわかる。このことから、門型ラーメンモデルにおいては、比較的低い充填率で大きな変形能が期待できることがわかる。

4. 結言

本研究では、より汎用性を高めるために、汎用解析プログラムMARCによるコンクリート部分充填鋼製橋脚の解析手法の確立が主要な目的であった。片持柱においては、MARCによる解析結果は、既存の解析結果および実験結果とほぼ一致し、本解析手法の妥当性を検証できた。

門型ラーメンにおいては、MARCによる解析結果と、他の解析プログラムによる解析結果とは、ほぼ一致した。また、門型ラーメンの橋脚頂部の損傷度は解析で対象としたモデルに関しては、コンクリート充填率に無関係であること、コンクリートの最適充填率が片持柱に比べ低くなる等の結果が得られた。なお今後の課題として、門型ラーメンモデルに関して実験結果との比較を行い、本解析手法の妥当性の検証を行う必要がある。

参考文献

- [1] 土木学会鋼構造委員会、鋼構造新技術小委員会、耐震設計研究WG（主査：宇佐美勉）：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、平成8年7月。
- [2] 宇佐美勉、鈴木森品、Iraji H. P. Mamaghani、葛漢彬：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案、土木学会論文集、No.525, pp.69～82, 1995年10月。
- [3] 日本マーク株式会社：MARCプログラム ユーザーズ・マニュアル、Vol.A～Vol.E, 1990。
- [4] 葛西昭、葛漢彬、宇佐美勉：コンクリート部分充填鋼製橋脚の耐震性能、「橋梁と基礎」に登載予定。

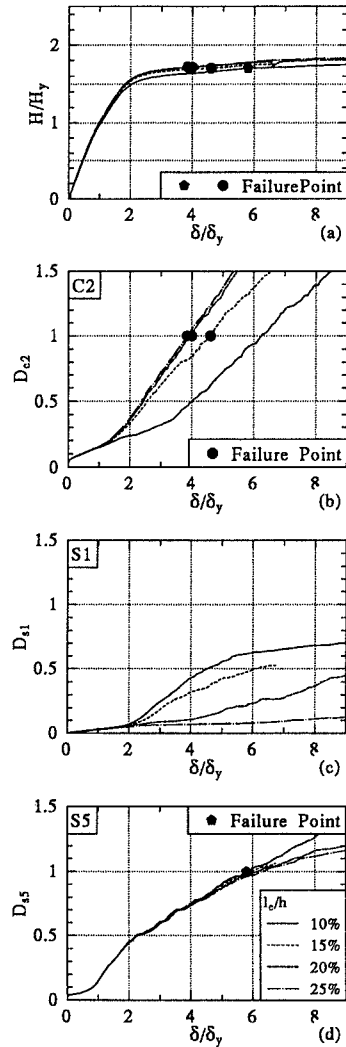


Fig.3 門型ラーメンにおける l_c/h の影響