

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

名古屋大学 学生員 ○天野麻衣 学生員 葛西 昭
フェロー 宇佐美勉 正 員 葛 漢彬

1. まえがき

著者らは、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を提案している [1]。それによると、水平荷重-水平変位関係は、弾塑性有限変位解析によって求める。そして、終局強度と変形能は、定められた破壊基準により算定する。しかし、これまでの一連の研究では、解析の対象となる橋脚は単柱式のものに限定されている。

本論文は、一般的によく使用されている汎用有限変位解析プログラム MARC を用い、上述した提案照査法に基づいて単柱式と門型ラーメン等の構造形態が異なるコンクリート部分充填鋼製橋脚の弾塑性有限変位解析から終局強度と変形能を求める基本的考え方について述べたものである。解析対象は、Fig.1 に示すような片持柱、逆L型柱および門型ラーメンで、コンクリートを基部に部分的に充填した鋼製橋脚とする。提案照査法の基本的な考え方は、文献 [1,2] に基づいているが、本論文では、MARC プログラムに提案照査法を取り込むための具体的な解析方法、即ち、コンクリートの応力-ひずみ関係の定義、断面の定義および解析例などについて述べている。

2. 解析方法

コンクリート部分充填鋼製橋脚の場合、局部座屈により荷重の降下が生ずるのは鋼製橋脚と同じであるが、溶接部または母材の割れは、主としてコンクリート充填部に生ずる。荷重の繰返し数の影響は、最高荷重まではほとんどないが、最高荷重以降は繰返し数が大きいほど荷重低下の割合が大きい。従って、比較的薄肉の鋼製橋脚の場合には、最高荷重以降の挙動は静的解析（単調増大荷重での解析）からは正確に求めることができず、現状では実験に頼らざるを得ない。

そこで、本研究では終局状態を最高荷重点に設定し、それに至るまでの橋脚の水平荷重-水平変位 ($H - \delta$) 関係を局部座屈を考えない弾塑性有限変位解析により数値解析的に求めることにする。このため、局部座屈を考えない棒要素を用いる。ここで、Fig.2(a) に示す片持柱を例にして説明する。柱を部材軸に沿って分割する (Fig.2(b))。節点1から5まではコンクリート充填部で、その上は中空鋼断面部である。但し、要素分割においては、コンクリート充填部は、鋼とコンクリートを別々に要素定義する。但し、これらの要素 (即ち、Fig.2(b) での要素①～④と①①～①④) については節点共有としている。

鋼およびコンクリートの応力-ひずみ関係は、例えば Fig.3 に示すもの [2] を用いる。鋼材に対してはひずみ硬化の影響を考慮し、コンクリートの破壊は鋼板による拘束効果のため、ひずみが1.1%で生ずると仮定している。残留応力および初期たわみなどの初期不整は考慮しない。また、コンクリート充填柱においては、鋼とコンクリートの付着は完全なものとし、平面保持の仮定を用いて解析する。

3. 断面の破壊基準と損傷度

解析的に求めた $H - \delta$ 関係より、終局状態での水平荷重 H_u と水平変位 δ_u を算定するために断面の破壊基準を定める。ここでは断面形状を無補剛箱型断面に限定するが、他の断面形の場合も同じ考えが適用できる。コンクリートが充填されていない中空断面部の限界状態は局部座屈崩壊である。この論文では圧縮フランジの軸ひずみが圧縮フランジの局部座屈崩壊に対する限界ひずみに達したとき限界状態と判定する方法を採用する。但し、フランジの軸ひずみとして、文献 [1,2] と同様に、照査断面から測ってフランジ幅の0.7倍ないしはダイアフラム間隔の小さい方の長さ領域におけるフランジ平均軸ひずみを用いる。

一方、コンクリート充填部の破壊は、現行道示の限界幅厚比以内で設計されたコンクリート充填断面では鋼板の局部座屈は起こらないので、コンクリートの軸ひずみが破壊ひずみ (1.1%) に達した状態である [2]。

コンクリート充填部および中空鋼断面部のそれぞれについて損傷度 D_c および D_s を次式に従って照査する。い

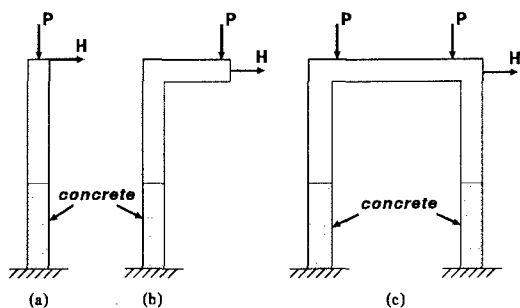


Fig.1 対象とする橋脚

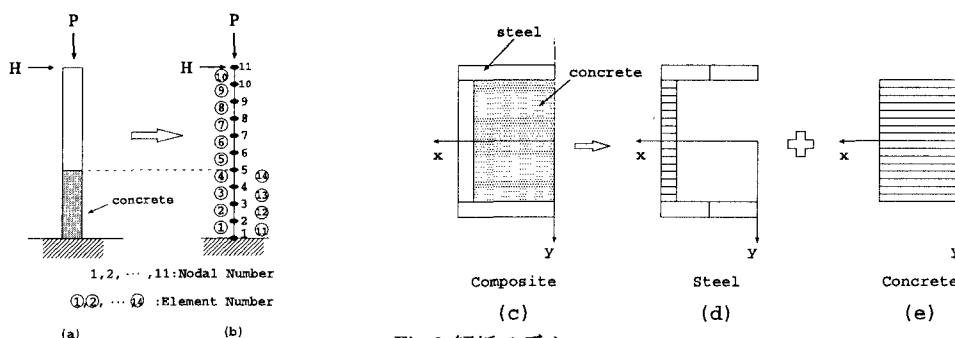


Fig.2 解析モデル

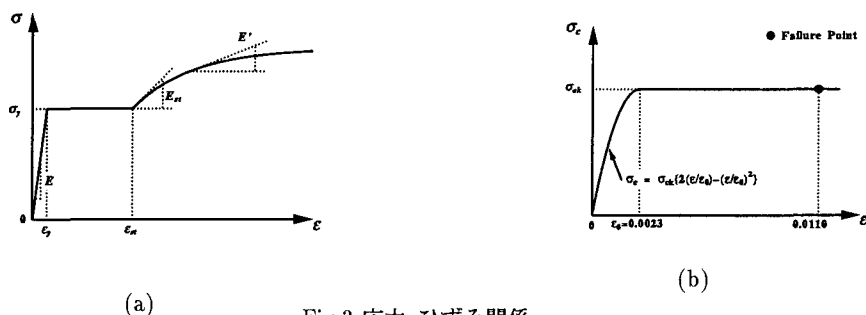


Fig.3 応力-ひずみ関係

づれかが 1.0 に達したときに構造物は終局状態に達したとみなす。

$$D_c = \varepsilon_{a,c} / \varepsilon_{u,c}, \quad D_s = \varepsilon_{a,s} / \varepsilon_{u,s} \quad (2,3)$$

ここに、 $\varepsilon_{a,c}$ = コンクリート最縁端に生ずる圧縮ひずみの、コンクリート充填部の有効破壊長 ($=0.7b$) 領域での平均、 $\varepsilon_{a,s}$ = 中空鋼断面フランジに生ずる圧縮ひずみの、中空鋼断面部の有効破壊長 ($0.7b$ または a の小さい方の長さ) 領域での平均、 b = フランジ幅、 a = 中空鋼断面フランジ補剛板のダイアフラム間隔、 $\varepsilon_{u,c}$ = コンクリートの限界ひずみ ($=0.011$)、 $\varepsilon_{u,s}$ = 中空鋼断面フランジの限界ひずみで、その定義式は文献 [1] に与えられている。

コンクリートの充填高さは、橋脚の終局状態において、 $D_c \cong 1.0$ 、および $D_s < 1.0$ になるように決める。破壊を照査する断面は、等断面柱の場合は柱基部および中空鋼断面部の 2 カ所であるが、変断面の場合には断面変化部も照査する必要がある。また、ラーメン橋脚の場合、隅角部にも照査を行う。その際、損傷度が 1.0 に近い断面は 1 カ所にし、他の断面の損傷度は 1.0 に対して余裕を持たせるのがよい。

4. 解析結果

ここで、文献 [1] で用いた片持柱の実験供試体 UU3 について本解析の結果を実験結果と前解析結果と比較してみる。Fig.4 には、解析から得られた水平荷重-水平変位曲線を実験結果とともに示されている。同図からわかるように、汎用プログラム MARC を用いた解析結果は、前解析結果に比べて最高荷重付近では多少の差があるが、両者はほぼ一致していることが言える。従って、提案照査法は、汎用プログラムを用いて種々の解析にも簡単に応用できると考えられる。

5. あとがき

コンクリート部分充填フレーム橋脚の解析は、現在計算中であり、その結果を講演当日にて発表する。

参考文献

- 1) 宇佐美勉, 鈴木森晶, 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/I-33, pp.69-82, 1995 年 10 月。
- 2) 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最適充填率と塑性率, 土木学会論文集へ投稿中。

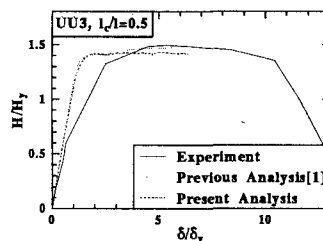


Fig.4 解析結果一例