

I-A108

せん断変形の影響を考慮したコンクリート
部分充填鋼製ラーメン橋脚の変形能名古屋大学 学生員 清川昇悟 学生員 天野麻衣
フェロー 宇佐美勉† 正 員 葛 漢彬

1. 緒言

本論文は、せん断変形の影響を考慮したコンクリート部分充填鋼製ラーメン橋脚の地震時保有水平耐力照査法の開発を目的とした解析的研究についてまとめたものである。また、汎用性の高い解析手法を確立するために、汎用構造解析プログラムABAQUSを用いる。特に門型ラーメンにおいては、隅角部にはせん断変形度が卓越すると思われるので、その影響を考慮できる解析手法を確立する事が本研究の目的である。

2. 解析方法

本研究では、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はり要素を用いる。ここで、図1(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(図1(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に対し、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、図1(b)での要素①~④と⑪~⑭)については節点共有としている。せん断変形の考慮については、ABAQUSではTimshenkoのはり理論に基づいて、横せん断剛性を考慮したはり要素が用意されているので、それを用いる。この要素のせん断変形は、軸変形と曲げ変形とは独立となるせん断変形が仮定されている。さらに、ラーメン構造の隅角部においてせん断変形度が卓越すると思われるので、その影響を調べるために図2(b)のように隅角部に膜要素を用いた解析も行われた。はり要素と膜要素の結合には、平面保持の仮定の下で節点間の変位をタイピングさせている。

鋼およびコンクリートの応力-ひずみ関係は、文献1)で示されている応力-ひずみ関係を用いる。残留応力および初期たわみは考慮しない。また、コンクリート充填柱においては、鋼とコンクリートは完全付着とし、平面保持を仮定する。

3. 破壊基準と損傷度

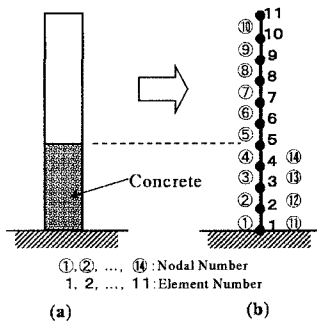


図1 要素分割

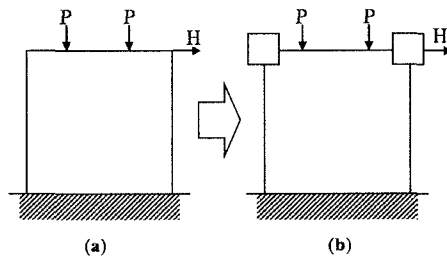


図2 門型ラーメン構造の解析モデル

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。

この論文では、中空鋼断面部の場合、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2)、1)と同様に、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を有効破壊長とし、その領域におけるフランジ平均軸ひずみを用いる。また、コンクリートの限界圧縮ひずみは1.1%とする。

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次式に示される損傷度 D_c および D_s を用いて照査する。いずれかが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。

$$D_c = \varepsilon_{a,c} / \varepsilon_{u,c}, \quad D_s = \varepsilon_{a,s} / \varepsilon_{u,s} \quad (1)$$

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剛板のダイアフラム間隔、 $\varepsilon_{u,c}$ =コンクリートの限界圧縮ひずみ、 $\varepsilon_{u,s}$ =中空鋼断面フランジの限界ひずみで、その定義式は文献2)を参照されたい。

コンクリートの最適充填高さは、橋脚の終局状態において、 $D_c, D_s \cong 1.0$ になるように定める。破壊照査領域は、片持柱の場合はコンクリート充填部基部および中空断面部の2ヶ所であるが、ラーメン橋脚の場合、隅角部に対しても照査を行う。その際においても、いずれかの損傷度が1.0に達した場合を橋脚の終局状態と定める。

Key Words: steel rigid frames, shear deformation, panel zone

† 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4617

表 1 門型ラーメン構造のモデル諸元

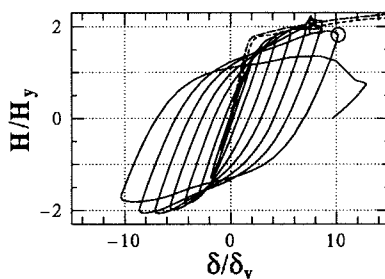
フランジ幅 B (mm)	1275	サブパネル数 n	4	軸力比 P/P_y	0.2
ウェブ幅 D (mm)	1235	柱の高さ h (mm)	12500	補剛材縦横比 α	0.5
フランジ, ウェブ板厚 t (mm)	20.0	梁の長さ l (mm)	14500	幅厚比パラメータ R_f	0.35
補剛材板幅 b_s (mm)	136.8	軸力載荷位置 e (mm)	2000	細長比パラメータ $\bar{\lambda}$	0.4
補剛材板厚 t_s (mm)	20.0	コンクリート充填率 l_c/h (mm)	0.2	補剛材細長比パラメータ $\bar{\lambda}_s$	0.2

4. 解析結果

本解析手法の妥当性を検証するため, 文献3) に示す片持柱のN1供試体について, 実験結果と解析結果の比較を行う。

図3に $H-\delta$ 関係を示す。この図から分かるように, 本解析結果と実験結果の包絡線は精度良く一致し, 本解析手法の妥当性が検証できた。また, せん断変形の影響を考慮した解析結果は, 考慮しない解析結果に比べ破壊点の変位が大きい。

門型ラーメン構造の解析では, せん断変形の影響を考慮しないはり要素を用いた解析, せん断変形の影響を考慮したはり要素を用いた解析, および隅角部に膜要素を用いたモデルによる解析の3種類を行った。モデルの諸元は, 表1に示している。解析結果の $H-\delta$ 関係, $D_s-\delta$, $D_c-\delta$ 関係を図5に示す。ただし, $D_s-\delta$, $D_c-\delta$ 関係は, 進展の大きかった2ヶ所についてのみ示している。C2は右柱のコンクリート基部, S5は右柱の頂部の損傷度である。はり要素のみでモデル化した2解析においては, 片持柱の解析結果と同様に, せん断変形の影響を考慮した解析結果は, 考慮しない解析結果よりも終局変位が大きい。さらに, 隅角部に膜要素を用いたモデルは, はり要素のみを用いたモデルに比べ, 終局水平荷重, 終局変位ともに小さい。このモデルについて, 隅角部の軸ひずみ, せん断ひずみの進展を解析結果より求めた。図4にその結果を示す。この図から分かるように, 隅角部においては, 軸ひずみよりせん断ひずみの方が卓越していることが分かる。



○ Experiment
 △ ABAQUS(without shear disp)
 □ ABAQUS(include shear disp)

図3 片持柱の解析結果と実験結果の比較

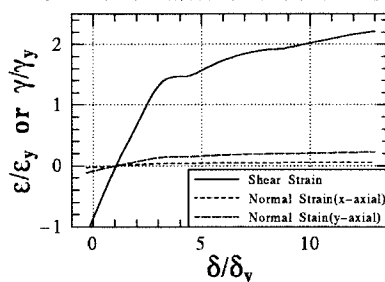


図4 隅角部におけるひずみの進展

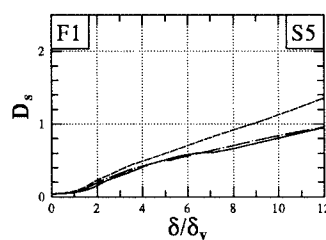
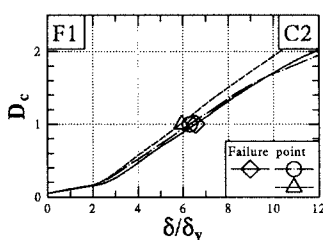
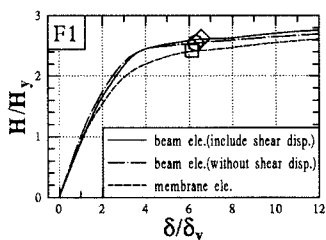


図5 門型ラーメン構造の解析結果

5. 結言

1. せん断変形を考慮したはり要素による解析は, 考慮しないはり要素による解析に比べ, 終局変位が大きかった。
2. 隅角部のせん断変形を考慮できるモデルを考案した。そのモデルによる解析は, はり要素のみの解析に比べ, 終局水平荷重, 終局変位ともに小さかった。また, 本モデルにおいて, 隅角部のせん断ひずみは軸ひずみに比べかなり大きい結果が得られた。

参考文献

- 1) 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, 橋梁と基礎 Vol.31, No.9, pp.23-29, 1997年9月。
- 2) 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.525/1-33, pp.69-82, 1995年10月。
- 3) 天野麻衣, 葛西昭, 宇佐美勉, 葛漢彬, 岡本真悟, 前野裕文: コンクリート部分充填鋼製橋脚の弾塑性挙動に関する実験的および解析的研究, 構造工学論文集, Vol.44A, pp179-188, 1988年3月。