

鋼製補剛箱形断面橋脚の延性き裂発生における簡易耐震照査法の精度向上に関する研究

名城大学大学院 学生会員 ○田口 実季
 名城大学大学院 正会員 藤江 渉
 名城大学 フェロー 葛 漢彬

1. 緒言

1995年兵庫県南部地震において、鋼製橋脚の基部や隅角部などのひずみ集中部に低サイクルおよび極低サイクル疲労により生じた脆性的な破壊が確認された。脆性的な破壊の第一段階である延性き裂発生を防止を目的とし、『2018年制定鋼・合成構造標準示方書[耐震設計編]』に無補剛箱形断面橋脚の基部に関するひずみ集中補正係数を適用した損傷度に基づく簡易耐震照査法が示されている。また、補剛箱形断面橋脚においては、文献1)にひずみ集中補正係数の一般式が提案されている。本研究では、板厚 $t=4\sim 10\text{mm}$ の場合の一般式の精度向上を目的とし、新たに補剛箱形断面鋼製橋脚に適用するひずみ集中補正係数 β の一般式の提案を行う。

2. 解析概要

汎用解析プログラムABAQUSを用いて、柱頂部に一定軸圧縮力 P および水平繰返し変位 δ を受けるshell解析およびbeam解析を行った。解析モデル、断面図および解析モデル諸元を図-1、図-2および表-1に示す。解析モデル諸元は、紙面の都合上 $\bar{\lambda}=0.3$, $R_f=0.25$, $t=4, 10, 30\text{mm}$ の3ケースを示す。メッシュ分割は、図-1(a)に示すように、shellモデルは基部角部を 10mm 角の中を $2\text{mm}\times 5$ で分割した。図-1(b)に示すように、beamモデルは橋脚高さ h を20分割し、有効破壊長領域 $0.5b$ を5分割した。図-2に示すように、beam要素の断面は無補剛の等価断面に換算した。鋼種はSM490Yを用い、構成則は修正二曲面モデルを適用した。解析モデルは対称性から半断面とし、対称条件を与え、基部を完全固定とした。また、水平変位は 1δ ずつの両振漸増載荷とした。

3. 解析結果

shell解析およびbeam解析の結果から、レンジ法を用いて塑性ひずみ範囲を抽出し、塑性ひずみ範囲比を相加平均して、ひずみ集中補正係数 β を算出した。図-3に各構造パラメータがひずみ集中補正係数に及ぼす影響を示す。同図の点線は後述する式(1)、実線は式(2)をプロットしたものである。幅厚比パラメータと板厚については、正の相関があり、細長比パラメータについては、負の相関があることが分かった。また、 $4\leq t<10$, $10\leq t\leq 30$ では、ひずみ集中補正係数と各構造パラメータの相関に違いがあることが見てとれる。

4. 補剛箱形断面橋脚におけるひずみ集中補正係数 β の一般式

式(1)および式(2)は、幅厚比パラメータ、板厚および細長比パラメータを変数にとり、重回帰分析により算出したひずみ集中補正係数の一般式である。ここで、 $t_0=4\text{mm}$ である。式(1)および式(2)の適用範囲は、 $\beta_{s,thin}$ は $0.25\leq \bar{\lambda}\leq 0.4$, $0.25\leq R_f\leq 0.35$, $4\leq t<10$, $\beta_{s,thick}$ は $0.3\leq \bar{\lambda}\leq 0.5$, $0.25\leq R_f\leq 0.45$, $10\leq t\leq 30$ である。

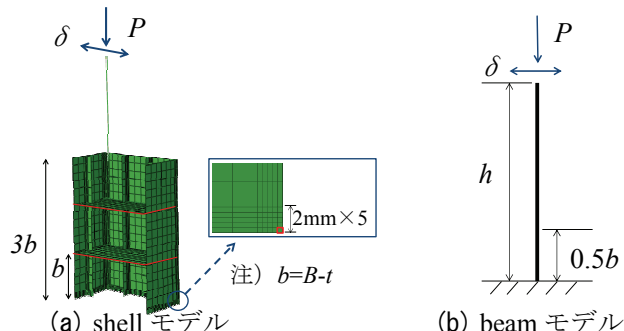


図-1 解析モデル

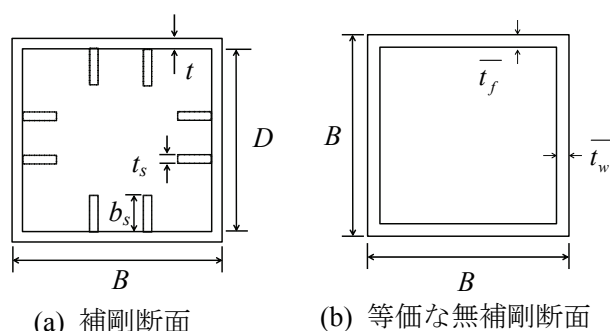


図-2 断面図

キーワード 延性き裂, 鋼製橋脚, 補剛断面, はり要素

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

表-1 解析モデル諸元

モデル名 $\bar{\lambda}-R_f-t$	$\bar{\lambda}$	R_f	$t=t_s$ (mm)	α	γ/γ^*	P/P_y	H_y (kN)	δ_y (mm)
30-25-4	0.3	0.25	4	0.5	3	0.1	56	2.42
30-25-10			10				348	6.04
30-25-30			30				3050	18.45

Note : $\bar{\lambda}$ =細長比パラメータ, R_f =幅厚比パラメータ, t =板厚, t_s =補剛材板厚, α =アスペクト比, γ/γ^* =補剛材剛比, P/P_y =軸力比, H_y =降伏水平荷重, δ_y =降伏変位

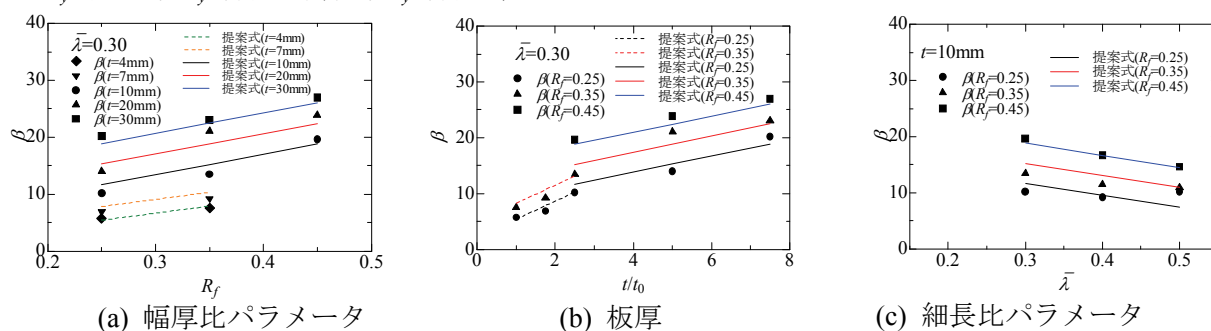


図-3 各構造パラメータがひずみ集中補正係数に及ぼす影響

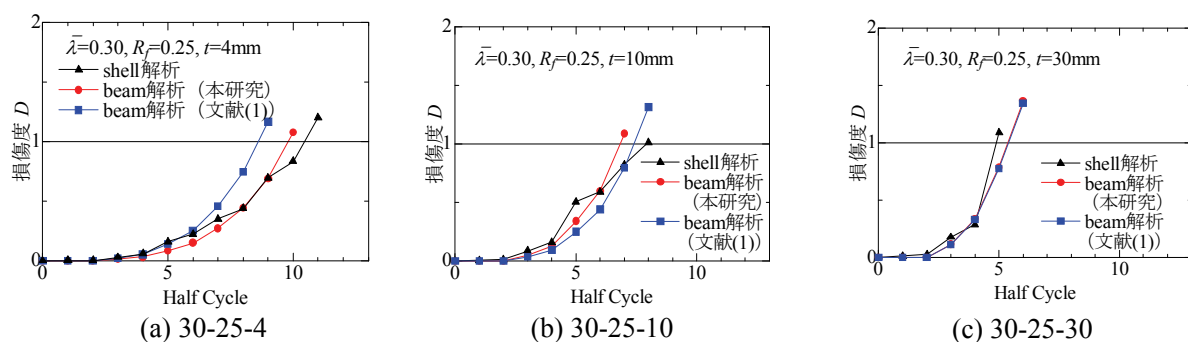


図-4 提案手法と shell 解析結果による損傷度履歴の比較

$$\beta_{s,thin} = 25.0R_f + 3.23(t/t_0) - 7.22\bar{\lambda} - 1.91 \quad (1)$$

$$\beta_{s,thick} = 35.7R_f + 1.45(t/t_0) - 21.3\bar{\lambda} + 5.46 \quad (2)$$

5. 提案手法と shell 解析結果による損傷度履歴の比較

図-4 に提案手法と shell 解析結果による損傷度履歴の比較を示す. 式(3)および式(4)で表される, ひずみ集中補正係数を導入した損傷度により, beam 解析においてもき裂発生を模擬できる. また, 同図より, 提案手法による損傷度履歴と shell 解析結果は概ね一致していると言える.

$$D = C \sum (\beta_{s,thin} \cdot \varepsilon_{pr})^m \quad (3)$$

$$D = C \sum (\beta_{s,thick} \cdot \varepsilon_{pr})^m \quad (4)$$

6. 結言

本研究では, 補剛箱形断面橋脚による簡易耐震照査法の精度向上を目的とし, shellモデルとbeamモデルの弾塑性有限変位解析から損傷度による延性き裂に対する照査を行った. 解析結果より, ひずみ集中補正係数は幅厚比パラメータ, 板厚および細長比パラメータに影響を受けるため, これらを変数にとり板厚の適用範囲を $4 \leq t < 10$, $10 \leq t \leq 30$ に分けてひずみ集中補正係数の一般式を提案した. その結果, 文献1)の提案式では最大誤差 -30%であったが, 本研究では誤差 $\pm 20\%$ 以内であり精度を向上させることができた.

参考文献: (1) 藤江渉, 田口実季, 鈴木元哉, 葛漢彬: 鋼製補剛箱形断面橋脚の延性き裂照査法におけるひずみ集中補正係数に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol.75, No.4, 2019 (掲載予定).