

4.4 断面構成

4.4.1 一定せん断流パネル解析による評価

(1) 概要

同じ耐荷力をもつ隅角部を構成するにあたって、はり柱それぞれのはり幅とウェブ高さの関係およびフランジや腹板の板厚の構成などの断面構成についてはある程度任意性がある。その一方で、断面構成によってはせん断遅れによる影響の程度が異なってくるなど各部の応力性状が変化するため疲労耐久性の観点からはより望ましいものとする配慮が設計段階で可能であると考えられる。

ここでは、同程度の耐荷力を有するように設定した断面構成の異なる複数の隅角部について、一定せん断流パネル解析手法による解析を行い、発生応力および応力性状へ与える影響をについて検討を行う。

(2) 検討対象および方法

1) 断面構成の分析

検討対象の設定にあたっては、文献4で行われた既存の鋼製橋脚隅角部の断面構成の傾向分析結果より、主な特徴は以下の通りである。

- ・ はりと柱のフランジの板厚差は大きくない
- ・ 板厚範囲は概ね 20～70mm 程度である
- ・ 柱幅が小さい (1.5～2.0m) 脚でははり高の方が大きい
- ・ はり高および柱幅ともに 1.5～3.5m の範囲

2) 断面構成の設定

断面構成では、その特徴を①はり高 (H)、②柱幅 (B)、③フランジ幅 (b)、④フランジ断面積 (A_f)、ウェブ断面積 (A_w) の関係でそれらの変化が考察できるように以下の5ケースを設定した。

検証モデルは、矩形柱橋脚に片持ちはりのある逆L型を想定し、はり先端に集中荷重を載荷した。また、断面形状は、リブ配置と断面寸法を 500mm 間隔とし、奥村・石沢の方法による断面計算結果が同等 (最大応力: $\sigma=200\text{N/mm}^2$ 程度) となるように決定した。はり断面諸元を表-4.4.1, 断面形状を図-4.4.1 に示す。

表-4.4.1 隅角部の断面構成例

ケース	はり幅 B mm	はり高 H mm	フランジ厚 t_f mm	フランジ リブ r_f mm	ウェブ厚 t_w mm	ウェブ リブ r_w mm	断面積 A m ²	断面2次 モーメント I m ⁴	断面計算 結果 σ N/mm ²
1	2000	2000	48	200 x 20	36	200 x 20	0.3771	0.2470	210.6
2	3000	2000	35	240 x 28	28	200 x 20	0.4093	0.2886	209.2
3	4000	2000	27	280 x 32	25	200 x 14	0.4555	0.3316	206.1
4	2000	3000	21	220 x 24	16	200 x 20	0.2503	0.3349	206.8
5	2000	4000	13	200 x 14	12	200 x 13	0.2006	0.4284	202.4

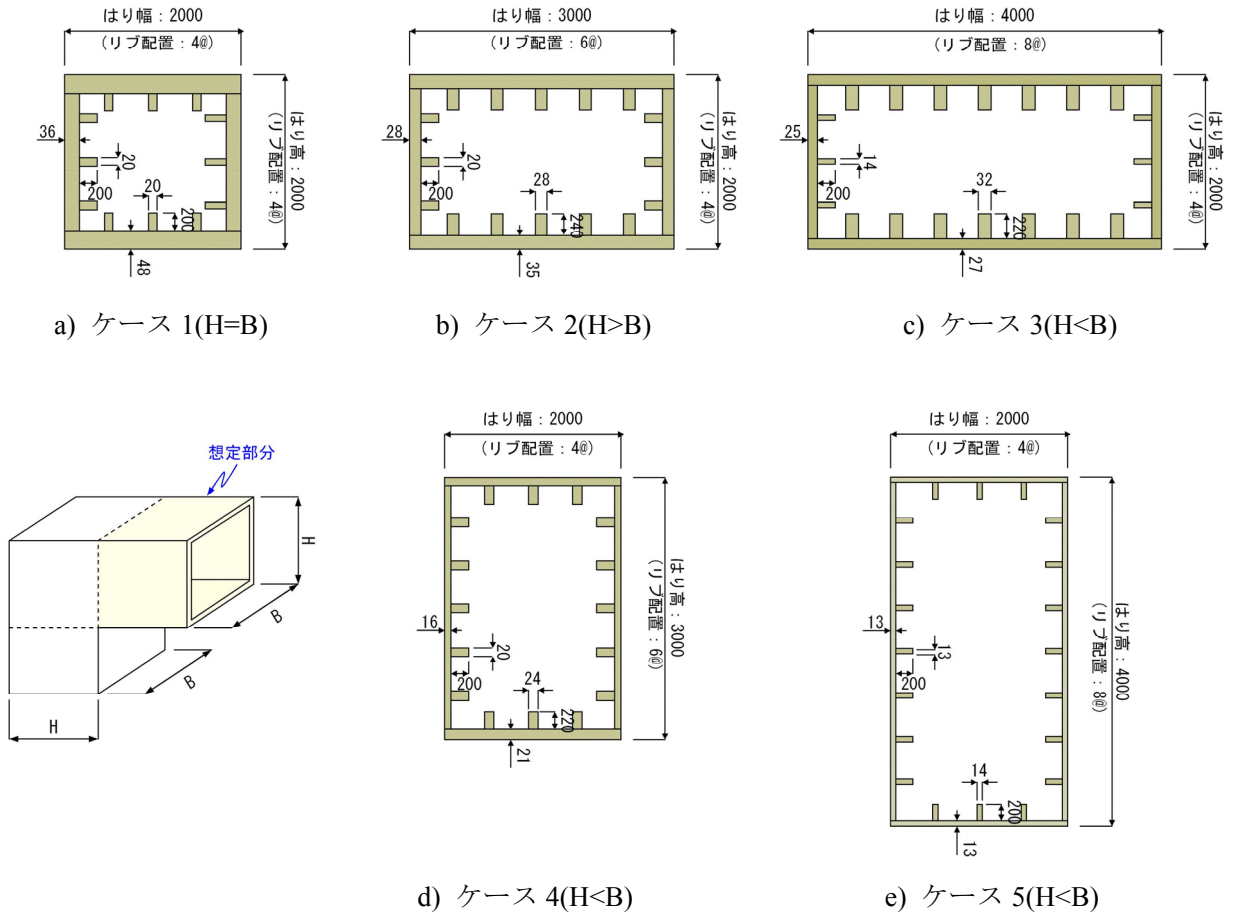


図-4.4.1 隅角部の断面構成例

3) 解析モデル

一定せん断流パネル解析に用いたモデル図の例（ケース 1）を図-4.4.2 に示す。要素分割は、各ケースともに最大要素サイズが縦リブ間隔（500mm）以下になるように設定した。また、局部応力などの発生が想定される支持部近辺および断面コーナー部は、図-4.4.2 に示すように最小 50mm 分割とした。

なお、モデル化の詳細の基本的な考え方は、3.3 節に示した矩形柱門型ラーメン橋脚と同様である。

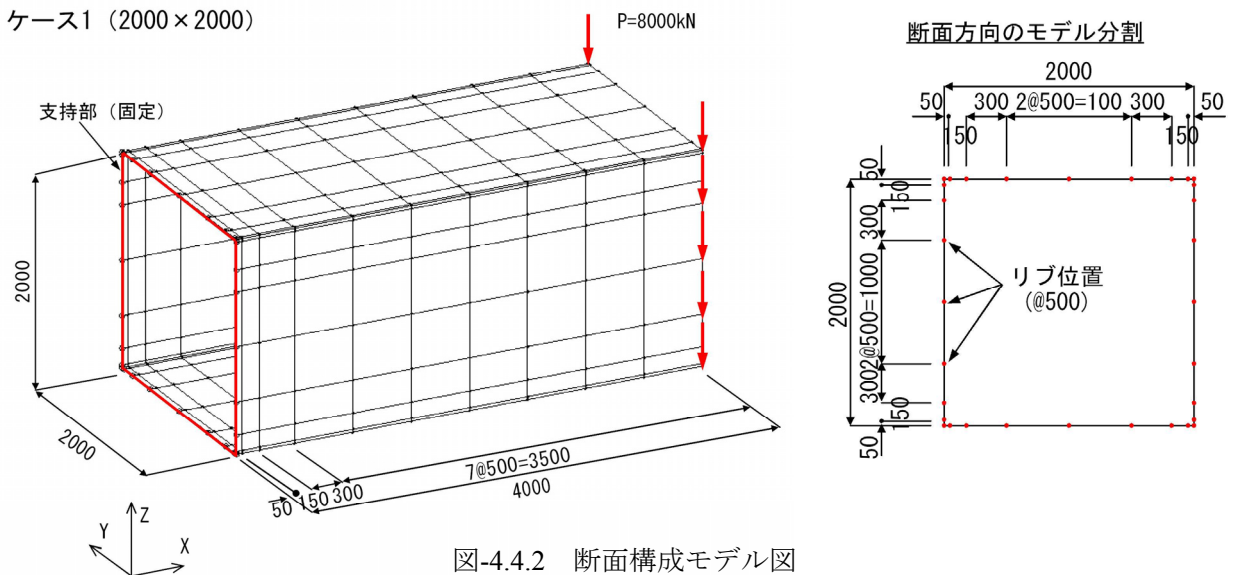


図-4.4.2 断面構成モデル図

4) 検証方法

断面構成の違いによる影響は、各ケースごとに算出される隅角部に発生する応力および応力性状を相対比較することにより行った。なお、発生応力の評価は、支持部の位置におけるはり下フランジおよびウェブの X 方向の応力にて行った。

(3) 解析結果

図-4.4.3 および図-4.4.4 にはり幅を変化させた場合(ケース 1,2,3)とはり高を変化させた場合(ケース 1, 3, 4)におけるはり下フランジおよびウェブの軸応力分布比較図を示す。

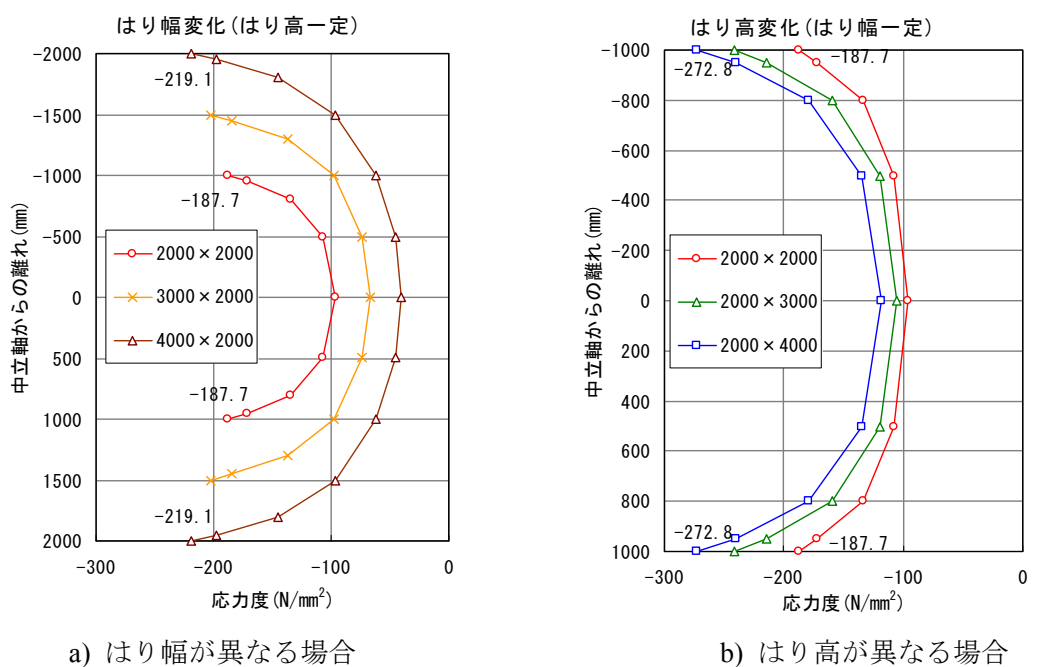


図-4.4.3 はり下フランジ軸応力分布図

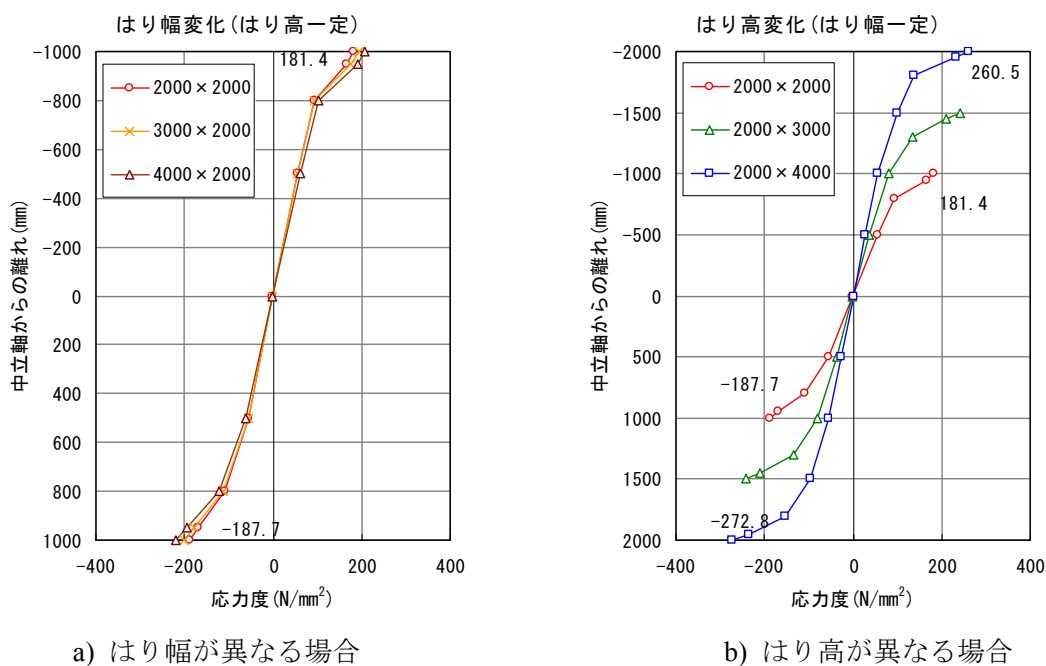


図-4.4.4 はりウェブ軸応力分布図

(4) 考察

解析結果より、各ケースともフランジ端部で最大応力度を示し、せん断遅れ現象などによる高い応力集中を示している。しかし、最大応力度は、断面計算応力 (202~211 N/mm²) に対してばらつきが大きく (188~273 N/mm²)、断面計算応力を遙かに上回る応力度を示すものもある。とくに、断面幅に対して断面高さを高くした場合 (ケース 4, 5) でその影響は大きくなっている。このことは、奥村・石沢の方法ではせん断遅れ現象による応力などの局部応力を適切に評価できていないことが原因と考えられる。

4.4.2 断面構成と疲労耐久性の関係

隅角部の疲労損傷の要因の1つは、隅角部のコーナー部に生じるせん断遅れ現象などによる大きな応力集中であり、この応力を低減することが疲労耐久性の向上につながる。図-4.4.5 に断面構成比 (はり幅/はり高) と公称応力、最大応力および応力比 (最大応力/公称応力) の関係を示す。この図に示される最大応力と公称応力の差がせん断遅れ現象などによる集中応力を表し、図から分かるように断面構成比が 1.0 の場合 (ケース 1) で最も集中応力が小さくなる。

表-4.4.2 はりウェブ軸応力分布図

ケース	はり幅 B mm	はり高 H mm	公称応力 σ_0 N/mm ²	最大応力 σ_{max} N/mm ²	最大応力 /公称応力 σ_{max}/σ_0
1	2000	2000	161.9	-187.7	1.16
2	3000	2000	138.6	-202.3	1.46
3	4000	2000	120.6	-219.1	1.82
4	2000	3000	179.2	-241.7	1.35
5	2000	4000	186.7	-272.8	1.46

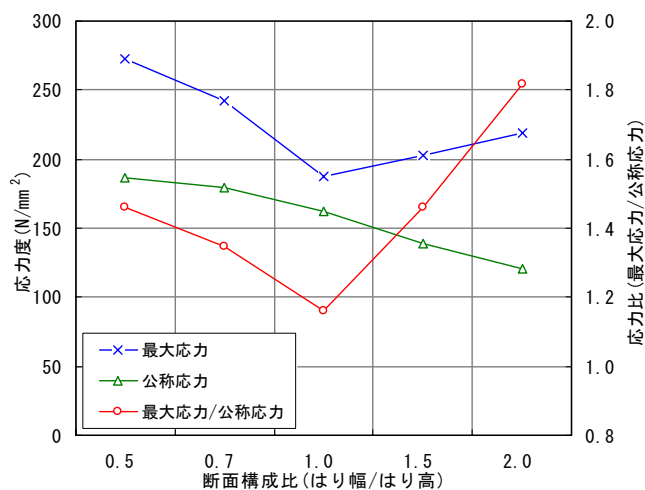


図-4.4.5 はりウェブ軸応力分布図

4.4.3 まとめ

奥村・石沢の方法により算出される発生最大応力を同程度とすることで同等の耐荷力を有するものとして決定された断面構成の異なる複数の隅角部において、一定せん断流パネル解析を行った結果以下のことがわかった。

- ・ 通常の断面計算で求めた最大応力を上回る応力が生じる場合があり、とくに通常の断面計算によりはり高さにより断面耐荷力を確保した場合には、せん断遅れ現象などによる局部応力を過小に評価する恐れがある。
- ・ せん断遅れ現象などによる局部応力は、断面の高さと幅が同程度の場合が最も小さくなった。