

5.3 要素分割の影響

5.3.1 概要

隅角部の設計では、一般的に応力集中が想定される部分にはできるだけ要素分割を細かくすることでその影響を正確に把握することが行われる。しかし、具体的な要素分割方法に関する規定はなく、解析計算の中でその妥当性を判断している。ここでは、一定せん断流パネル解析モデルの作成において要素分割方法による違いが隅角部に発生する応力および応力性状に及ぼす影響について検討を行った。

5.3.2 検討対象および方法

(1) 検討対象隅角部

対象とした隅角部は、矩形柱門型ラーメン橋脚の L 型隅角部および矩形柱二層式ラーメン橋脚の T 型隅角部とした。なお、各形式（隅角部形状）ともに、第 3 章において FEM 解析と整合性の確認が得られており、その際における一定せん断流パネル要素サイズは、隅角部近辺で 50mm としている。

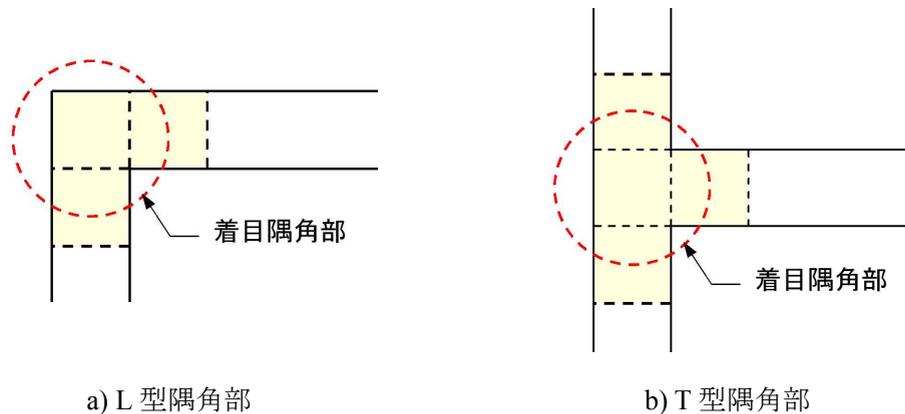


図-5.3.1 検討対象隅角部

(2) 要素分割の設定

要素分割の設定は、隅角部近傍の要素分割方法や要素サイズの違いによる発生応力および応力性状が考察できるように以下の 4 ケースを設定した。なお、最小要素サイズは第 3 章にて FEM 解析との整合性が確認されている 50mm として、最大要素サイズを縦リブ間隔（500mm）とした。

ケース 1：(L1 モデル) 500

ケース 2：(L2 モデル) 100+400=500

ケース 3：(L3 モデル) 2@100+300=500

ケース 4：(L4 モデル) 2@50+100+300=500

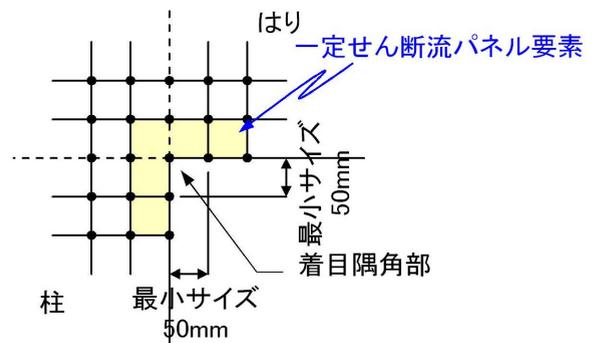


図-5.3.2 隅角部要素分割

(3) 検証方法

要素分割方法の違いによる影響は、各ケースごとに算出される隅角部の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、3.3 節と同様に隅角部における 3 つの方向に区別し、隅角部直近の応力が急変する個所を避けた隅角部コーナー部あるいは溶接線から 50mm 離れた位置で行った。

5.3.3 矩形柱門型ラーメン橋脚

(1) 検討対象橋脚

図-5.3.3 に対象とした矩形柱門型ラーメン橋脚を示す。載荷荷重は、隅角部の使用材質を SM490Y 材として、断面に発生する応力がおよそ $100\sim 200\text{N/mm}^2$ となるように調整し、図中に示すようにはり中央に集中荷重で 3200kN を載荷した。

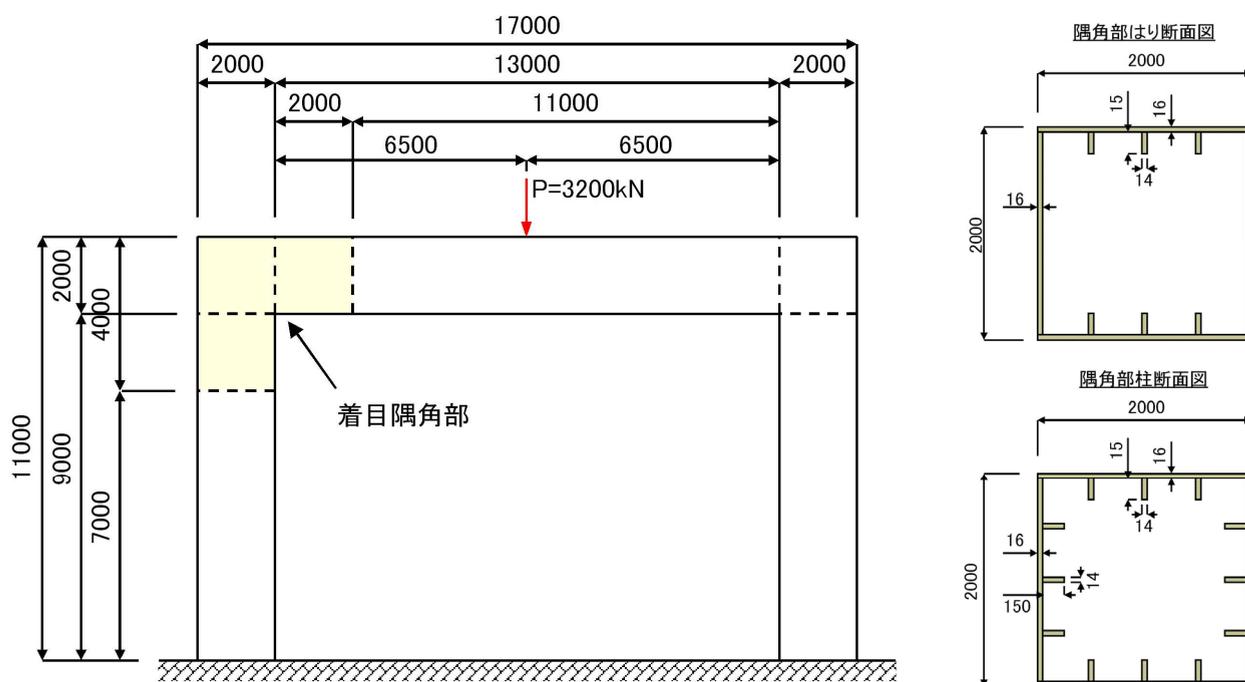
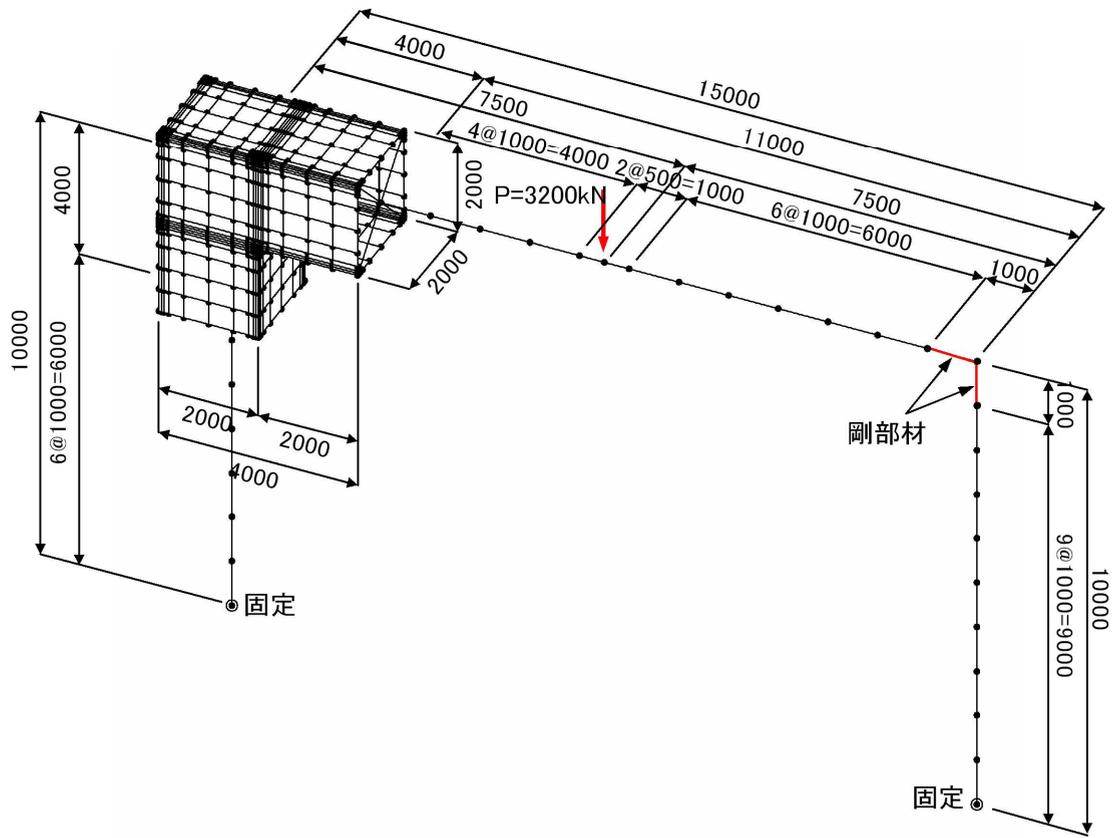


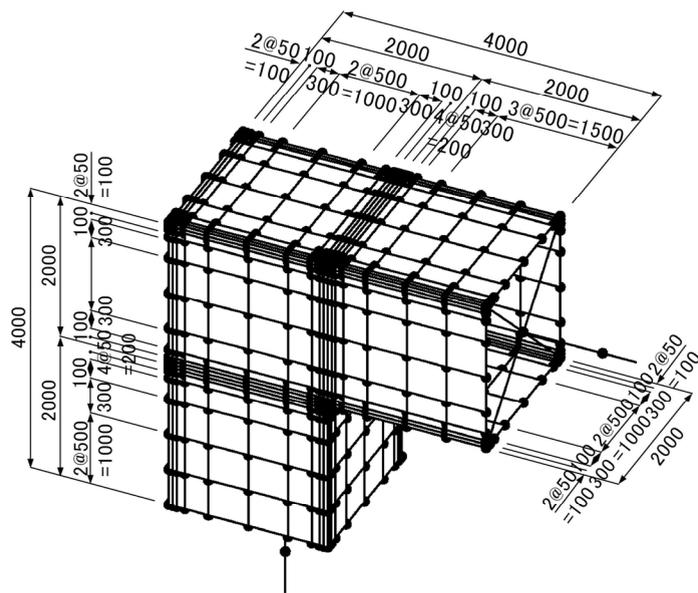
図-5.3.3 検討対象橋脚

(2) 解析モデル

図-5.3.4 にはり要素サイズを最小 (50mm) とした場合 (ケース 4) の一定せん断流パネル解析モデル図を示す。また、図-5.3.5 に各ケースの隅角部のモデル化のみを示す。各ケースとも着目した個所における要素分割以外は同じようにモデル化を行った。なお、モデル化の詳細について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。



a) モデル全体図



b) 隅角部詳細モデル図

図-5.3.4 一定せん断流パネル解析モデル図

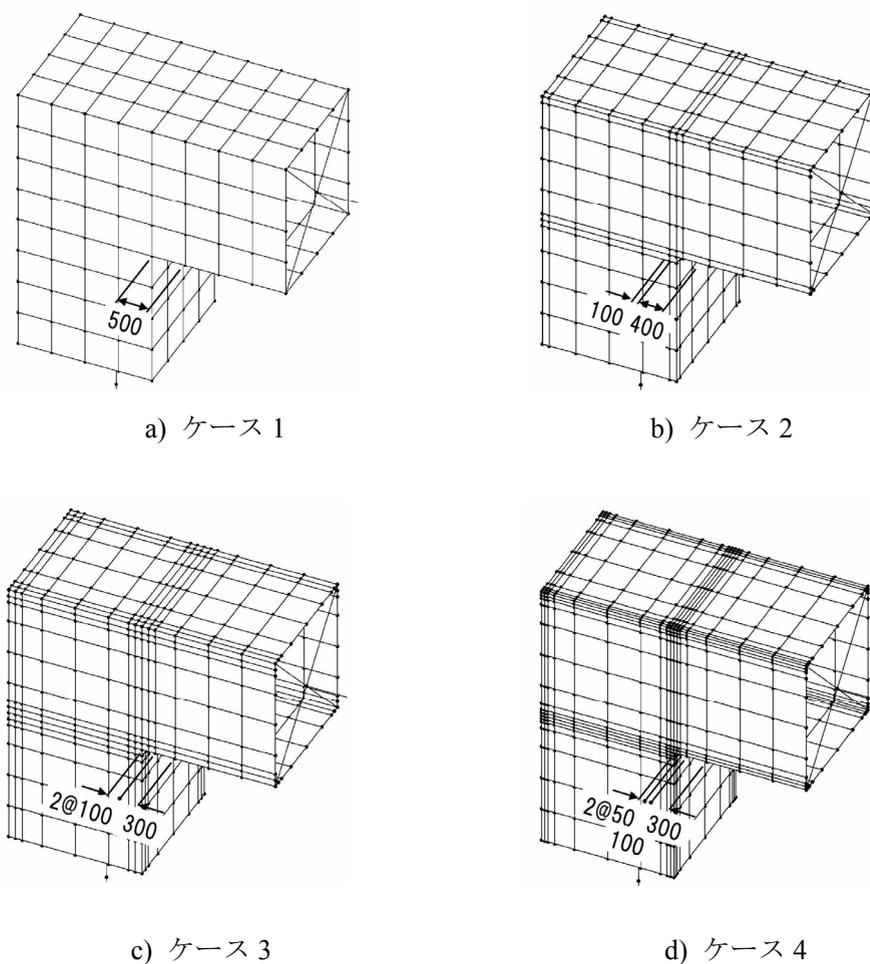


図-5.3.5 検討ケース図

(3) 検討結果

方向別に各ケースの応力比較を図-5.3.6～図-5.3.9 に示す。

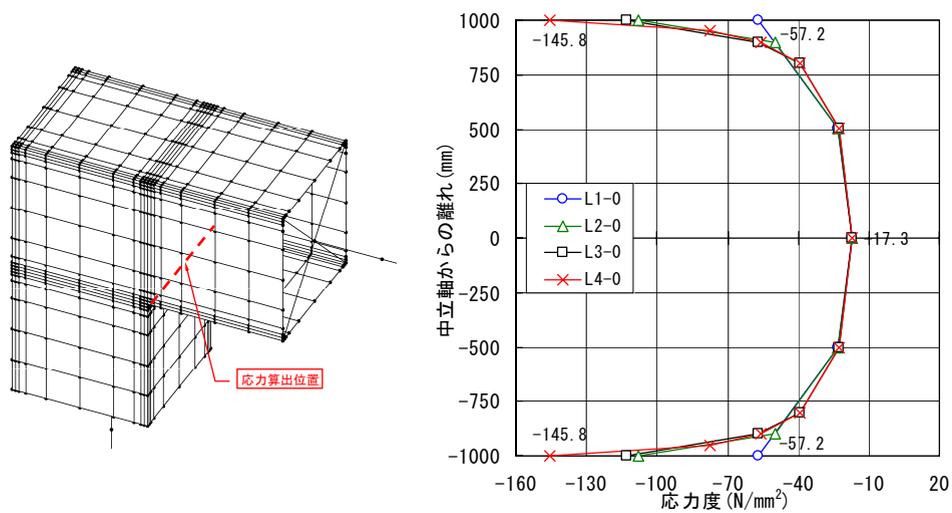


図-5.3.6 はり方向の応力比較

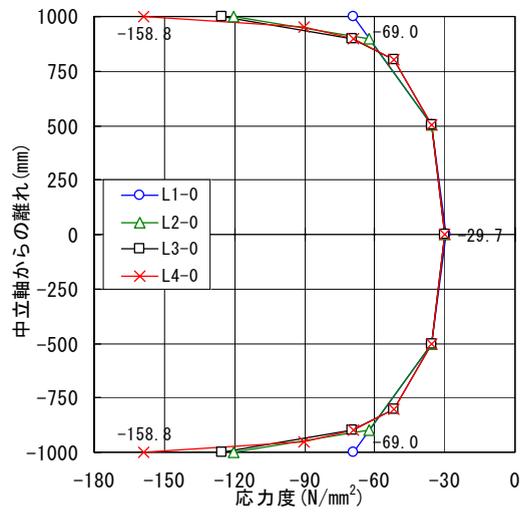
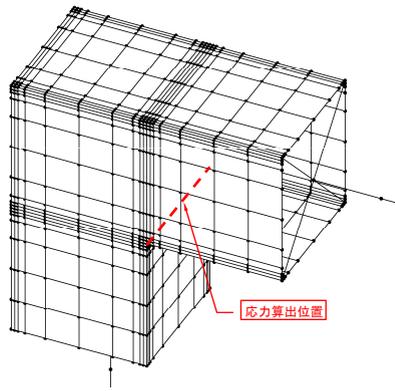


図-5.3.7 柱方向の応力比較

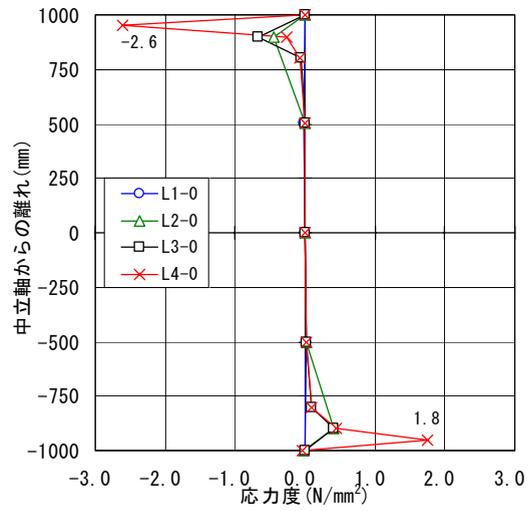
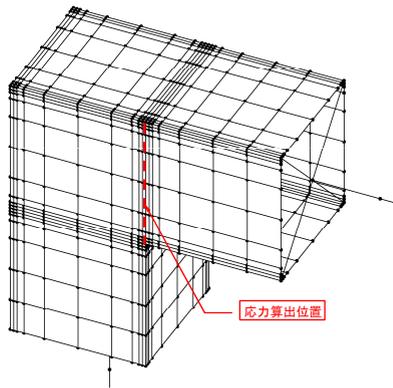


図-5.3.8 面外方向（柱ダイヤフラム）の応力比較

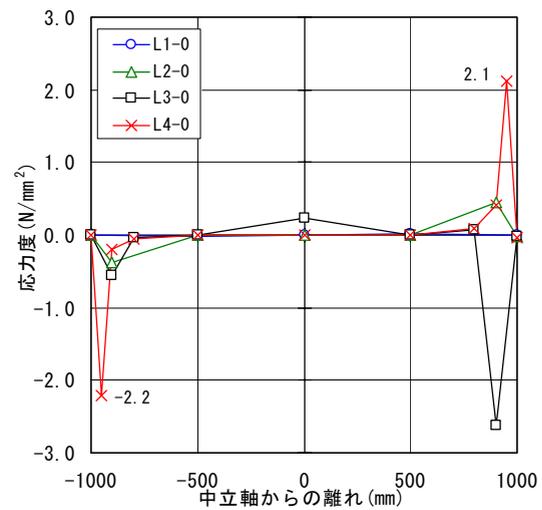
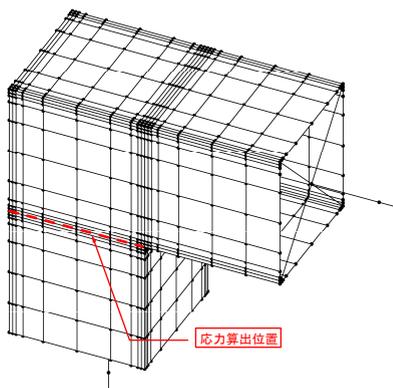


図-5.3.9 面外方向（はりダイヤフラム）の応力比較

5.3.4 矩形柱 2層式ラーメン橋脚

(1) 検討対象橋脚

図-5.3.10 に対象とした矩形柱二層式ラーメン橋脚を示す。載荷荷重は、隅角部の使用材質を SM490Y 材として、着目した断面に発生する応力がおよそ $100\sim 200\text{N/mm}^2$ となるように調整し、上層はりおよび下層はりの中央にそれぞれ集中荷重で 3200kN を載荷した。

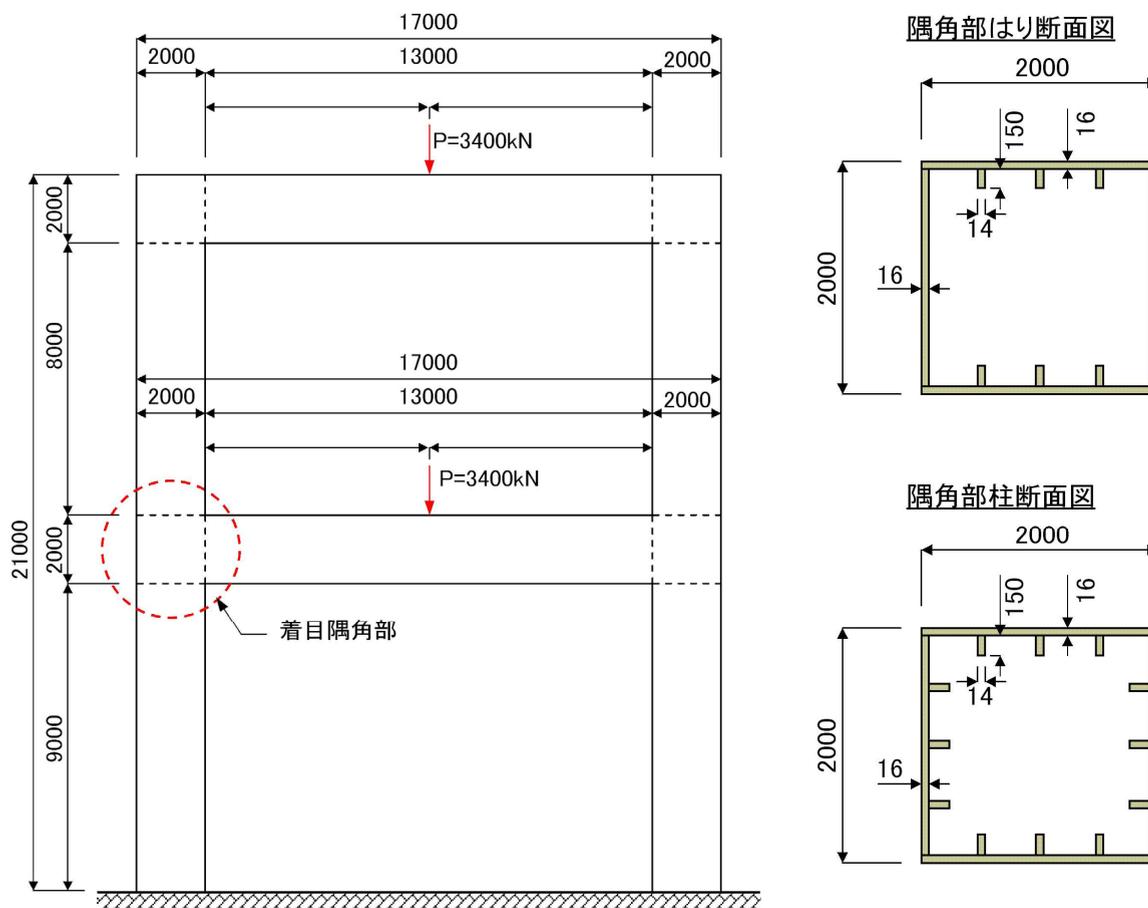
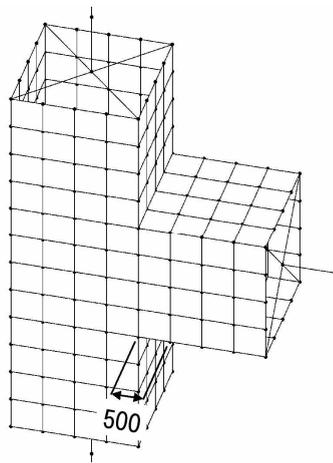


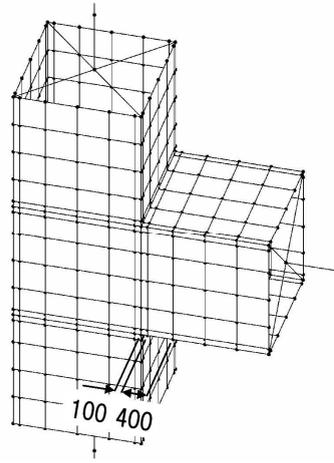
図-5.3.10 対象橋脚

(2) 解析モデル

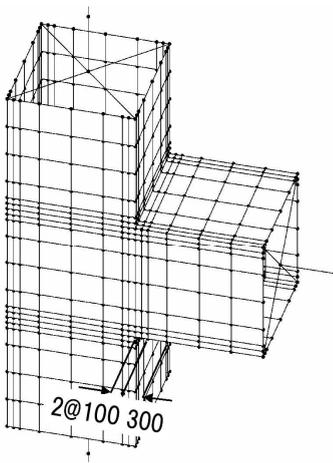
図-5.3.11 にはり要素サイズを最小 (50mm) とした場合 (ケース 4) の一定せん断流パネル解析モデル図を示す。また、図-5.3.12 に各ケースの隅角部のモデル化のみを示す。各ケースとも着目した個所における要素分割以外は同じようにモデル化を行った。なお、モデル化の詳細についての基本的な考え方は、3.3 節に示した矩形柱門型ラーメン橋脚と同様である。



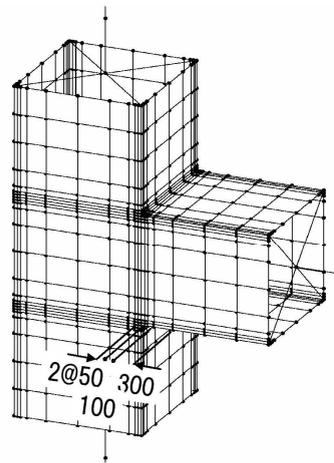
a) ケース 1



b) ケース 2



c) ケース 3

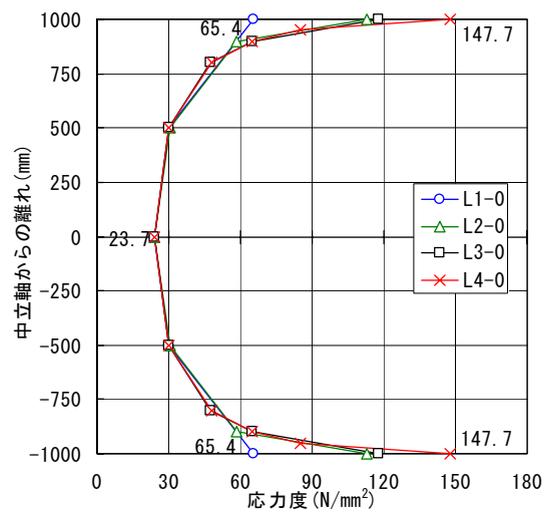
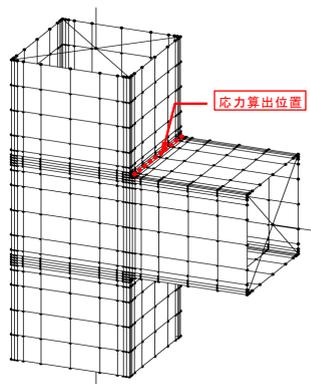


d) ケース 4

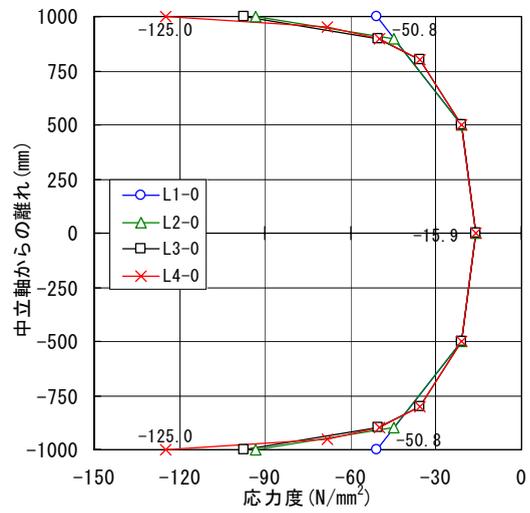
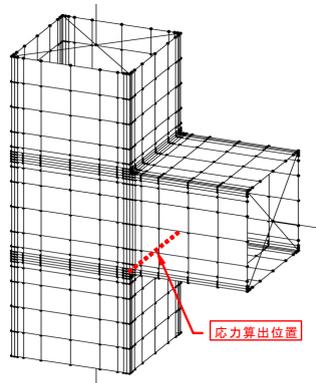
図-5.3.12 検討ケース図

(3) 検討結果

方向別に各ケースの応力比較を図-5.3.13～図-5.3.17 に示す。

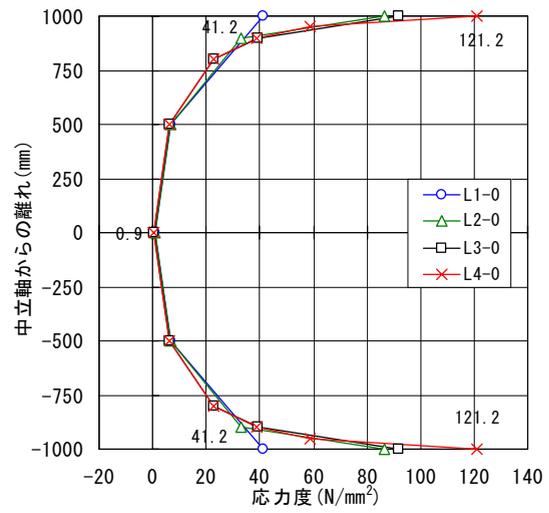
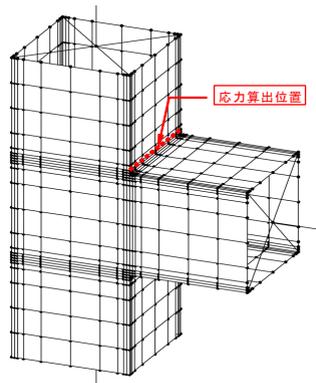


a) はり上側フランジ

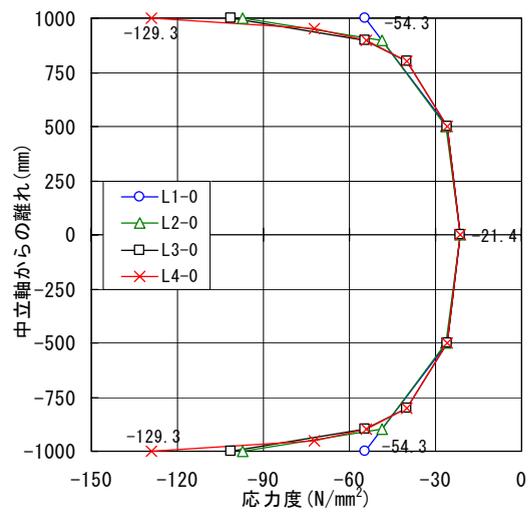
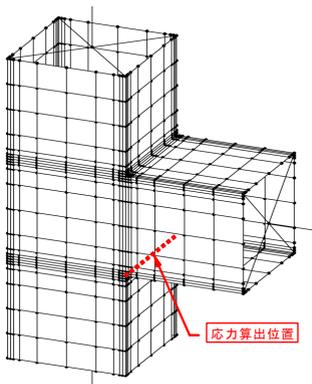


b) はり下側フランジ

図-5.3.13 はり方向の応力比較



a) 上柱フランジ



b) 下柱フランジ

図-5.3.14 柱方向の応力比較

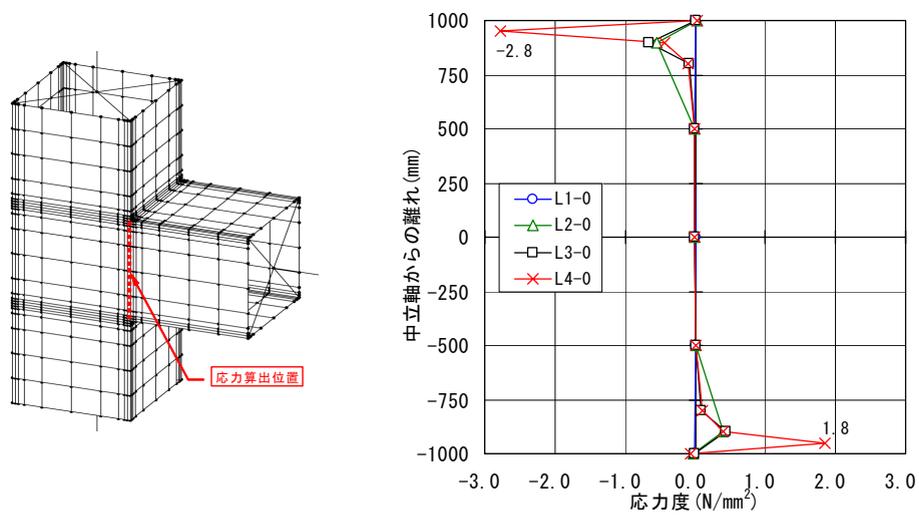


図-5.3.15 面外方向（柱ダイヤフラム）の応力比較

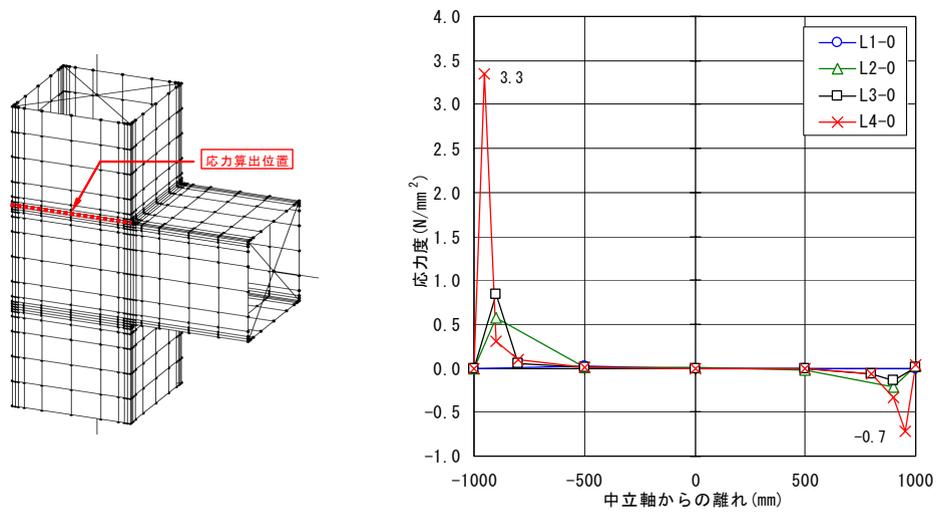


図-5.3.16 面外方向（はり上ダイヤフラム）の応力比較

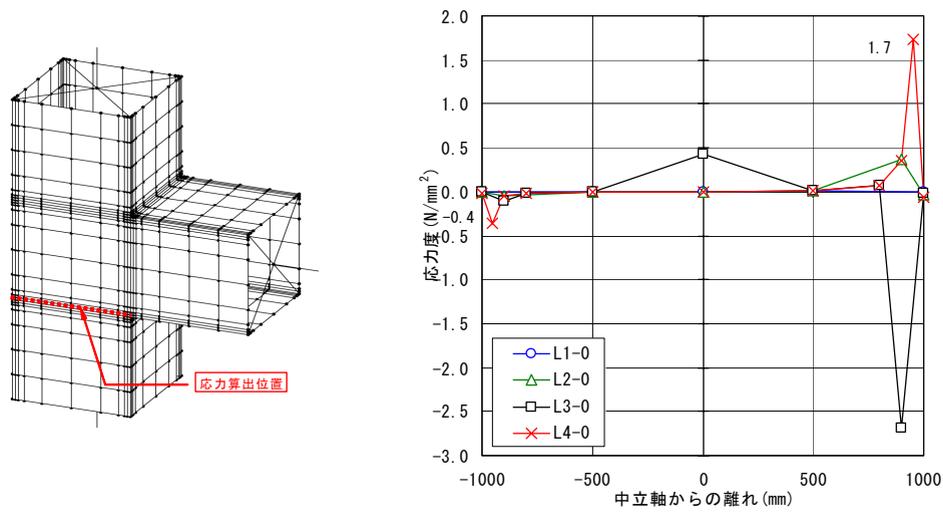


図-5.3.17 面外方向（はり下ダイヤフラム）の応力比較

5.3.5 考察

前項の解析結果より、各形式の橋脚ともに隅角部の要素分割数の違いにより発生応力に違いがみられる。とくに、隅角部のコーナー部での応力に大きな違いがあり、要素サイズを大きくするにつれ発生応力を過小評価する危険性のある結果となっている。したがって、第3章の検証結果を踏まえると、少なくともFEM解析との整合性が確認されている最小要素サイズを50mmとしたケース4(L4)程度の要素分割で発生応力および応力性状を評価するのがよいと考えられる。

なお、フランジ中央部では一定せん断流パネル要素サイズによる計算応力の差はほとんどみられないため、フランジ内で分割サイズを不等ピッチとするれば、端部の応力評価精度を落とさずに要素数の抑制することができると考えられる。

図-5.3.18に示すような例を考える。はり幅全体長さが1.0となる比で各点を表すと、はりの真中が1/2点とし、1/4, 1/8, 1/16とする。この7点は、モデルL3, L4で使用される分割点とほぼ同一の位置である。モデルL1, L2では、1/8, 1/16位置で、モデルL3, L4と明らかに違いがある。そこで、モデルL3, L4の共通点である1/2, 1/4, 1/8, 1/16の合計7点を用いて、隅角部端部の応力を求めればよいと考えられる。

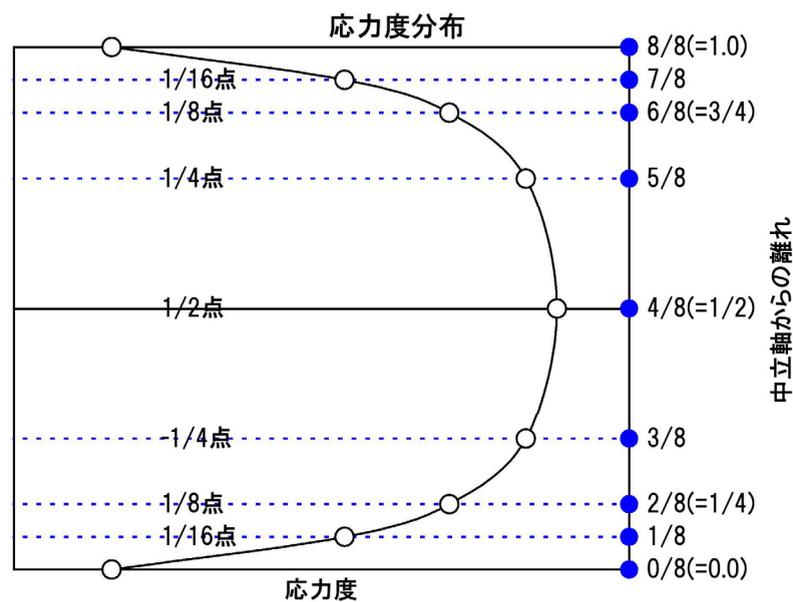


図-5.3.18 応力度分布と要素分割