## 鋼製橋脚隅角部の応力特性および終局強度評価

首都大学東京	学生会員	〇若山	萌美
首都大学東京	フェロー会員	野上	邦栄

## 1. はじめに

現在,道路橋示方書に採用されている許容応力度設計法での各要求性能の照査は,梁・柱の力学理論による骨組 構造解析や載荷実験結果等に基づいている.一方,橋梁の劣化損傷を受けた補修・補強設計や,複雑な構造形状の 設計等において,FEM 解析等の高度な解析のニーズが出てきている.そこで,本研究では,応力性状の適切な評価 が困難な複雑な構造として鋼製橋脚隅角部を取り上げ,実用的な解析手法および照査方法の提案に向けた基礎的検 討を行う.具体的には,現在一般的に用いられている奥村・石沢の方法<sup>1)</sup>,一定せん断流パネル解析<sup>2)</sup>,および厳 密な FEM 解析による応力評価を比較実施する.さらに,FEM 解析による隅角部の終局強度特性を明らかにする.

#### 2. 対象橋脚

対象橋脚は、国土総合技術研究所資料(以下、国総研と 呼称)「道路橋の鋼製橋脚隅角部の疲労設計法に関する研 究」<sup>2)</sup>の矩形門型ラーメン橋脚とし、図1に示す隅角部に 着目した.はりおよび柱の各断面を図2および図3、断面 諸元を表1に示す.

### 3. 解析モデル

奥村・石沢の方法および FEM 解析には,汎用弾塑性有限変位解析ソフトウェア MARC2011 を用いた.奥村・石沢の方法では,図4(a)のように全てはり要素でモデル化し,隅角部領域に剛部材を設定した.FEM 解析では,図4(b)のように着目する隅角部をシェル要素,隅角部以外をはり要素でモデル化し,厚さ1mmの仮想剛板により接合した.また,図5に示すように応力集中が予想される領域については,最小要素サイズ25mmの密な要素分割に設定した.また,耐荷力解析を行う際の構成則は,ヤング率をEとし



部材 断面		断面形状	フランジ		ウェブ		リブ		面積	前面二次 モーメント
			幅	厚	幅	厚	幅	厚	А	I
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	$mm^4$
はり	隅角部	矩形	1800	15	1500	15	120	12	1.08E-01	4.35E-02
	一般部	矩形	1800	13	1500	12	120	12	9.14E-02	3.77E-02
柱	隅角部	矩形	1800	32	1650	15	120	12	1.82E-01	9.88E-02
	一般部	矩形	1800	25	1650	15	120	12	1.57E-01	8.04E-02

たとき, E/100 のひずみ硬化係数を有するバイリニア型を仮定した.非線形解析には弧長増分法を適用した.なお, 一定せん断流パネル解析とは, せん断応力のみに抵抗する板要素と, その板要素の4辺に曲げにともなう鉛直応力 のみを負担するはり要素を用いた解析法であり,本研究では,図4(c)の解析による国総研資料<sup>1)</sup>の値を参考にした.



連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL042-677-1111 内線(4564)

# 4. 応力性状評価

奥村・石沢の方法, FEM 解析, 一定せん断流パ ネル解析の3モデルについて解析を行なった.荷重 条件は、断面に発生する応力がおよそ 100~ 200N/mm<sup>2</sup>になるように、梁中央部に集中荷重で 4096kN を載荷した. ここでは, はり方向, 柱方向, 面外方向の3方向の応力について考察した.

表2および図6に各手法によるはり下フランジの 応力分布を示す.なお、コーナー直近では応力が急 変し,解析手法同士や実測結果との比較が困難であ るため、応力評価位置は図7に示すように、隅角

部から 50mm 離れた位置とした. 各解析結果ともコーナー部付近で せん断遅れなどによる応力集中がみられる. さらに、一定せん断流 パネル解析および FEM 解析では、フランジ内・外面の垂直応力か ら大きな曲げ応力が発生している. FEM 解析の隅角部コーナー部の 発生応力は、奥村・石沢の方法と比べて15%程度大きく、一定せん 断流パネル解析に比べて5%程度小さい.

### 5. 終局強度特性

FEM 解析により耐荷力解析を実施した.荷重条件は,応力性状評 価で用いた基本荷重 4096kN を漸増載荷し、耐荷性能を評価する.

図8に荷重変位関係を示す.なお、図中の横軸は、載荷方向を正 としたときの梁中央部の鉛直変位である. 基本荷重の約 3.1 倍の 12506kNを載荷したところで初期降伏を起こし、約6.0倍の24549kN を載荷したところで終局を向かえた. 初期降伏時および終局時の応 力図を図9に示すと共に、はり下フランジの応力算出結果を図10 に示す. なお, 4. と同様に, 応力評価位置は図7 に示すように隅 角部から 50mm 離れた位置する.図 10 より,初期降伏時は設計荷 重時以上に、せん断遅れなどが原因とみられる応力集中が顕著であ る. 更に図 9(a)からも, 降伏が隅角部コーナー部から始まっている ことが分かる.一方,終局時のはり下フランジ応力は、せん断遅れ などによる応力集中はなくなると共に、全幅で降伏している.

#### 6. まとめ

構造設計の範囲でコーナー部の応力に着目した場合, FEM 解析は 一定せん断流パネル解析と共に、奥村・石沢の方法に比べて、高い 精度で応力を算出できた.また,FEM 解析により全体系での耐荷力 評価を行うと、せん断遅れなどが原因の応力集中により、隅角部コ ーナー部から降伏し、最終的に全幅で降伏した.



参考文献:1)奥村,石沢:薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について,土木学会論文集,No.153, 1968, 2)玉越, 中洲, 石尾, 木内: 道路橋の鋼製橋脚隅角部の疲労設計法に関する研究~一定せん断流パネル解析を用 いた解析法の検討~,国土技術政策総合研究所資料,No.296,2006

900

600 

300

0

300

-600

-900

-180

立軸からの距離

₽