

I-29

鋼I型断面のラーメン隅角部の補剛効果

東北学院大学大学院 学生員 ○近藤 進
 東北学院大学工学部 正 員 樋渡 滋
 東北学院大学工学部 正 員 菅井 幸仁

1. まえがき

都市部の高架橋および、立体交差部の橋脚構造において鋼製ラーメン構造が多く採用されている。ラーメン橋脚は、門型構造を基本とする構造であるが、鋼製橋脚の構造形式は複雑化し、梁部材と柱部材との結合部分、通称隅角部（以下、隅角部）に、円弧ハンチ、直線ハンチを有する物など多様化してきている。隅角部の具体的な設計規定を設けている例は外国ではほとんど見られないが、わが国においては、都市の道路網整備に関係している日本道路公団、各都市高速道路公団、公社、JRなどでそれぞれ独自の基準を設けている。しかし、わが国の道路橋示方書では、いまだ何ら規定が定められてきていない。隅角部の設計上の問題点を再検討し、その設計法、補剛方法の確立が求められてきている。

2.1 解析方法

円弧ハンチを持つI型断面ラーメン隅角部を解析対象パネルとする。解析断面は図1の斜線部分であり、円弧ハンチ終端には、ラーメン軸直角方向に補剛材が有するものとする。パネルは、普通構造用鋼S400で構成されているものとする。解析は、三角形要素を用いた有限要素法によって行われる。

2.2 載荷方法

実存のラーメン隅角部の荷重状態を実現し、かつ荷重全体の力学的平衡を保持するために、図1のようにパネルに載荷用の腕を設け、その先端を結ぶ直線上に逆方向の力を加えることとした。この場合、解析パネルの端部には $N=P \cdot \cos \theta$ の軸力、 $S=P \cdot \sin \theta$ のせん断力、 $M=P \cdot e$ の曲げモーメントが作用することになる。

2.3 補剛方法

解析で使用する補剛方法は、以下の3種類である。

- 1) 図2 (a) に見られるように、円弧フランジと平行に補剛材を配置する。以下、円弧補剛と呼ぶ。
- 2) 図2 (b) の位置に配置する方法で、ウェブ・パネルの斜め45°に補剛材を配置する。以下、斜材補剛と呼ぶ。
- 3) 図2 (c) に見られるように、1)、2) の補剛材を同時に配置する。以下、円弧・斜材補剛と呼ぶ。

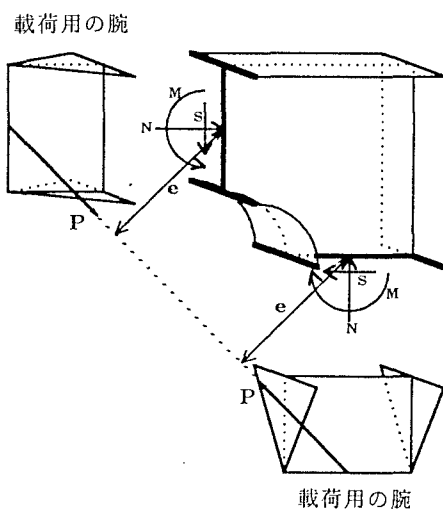


図-1 解析パネルおよび載荷方法

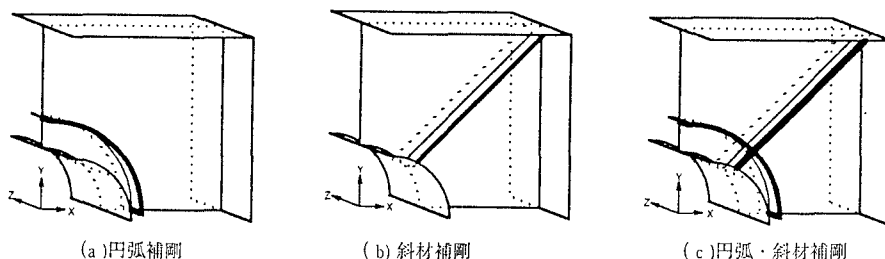


図-2 補剛形式

3 解析結果および考察

ウェブ、フランジの形状比は一定であり、解析パラメータは補剛材剛比 ($\beta=0.61\sim 2.74$) のみである。

荷重と面内変位の関係を表す手段として、図3に示す解析パネル端部の相対回転角 D_0 で面内変形を表現する。 P/P_u (P は作用荷重、 P_u は梁あるいは柱に全塑性軸力、全塑性曲げモーメントを発生させる荷重)と相対回転角 D_0 の関係図から考察した(図は当日発表)。いずれの補剛方法でも補剛材剛度が大きくなれば、変形を抑制できることが分かる。

荷重 P/P_u とウェブ・パネルの最大面外たわみ δ の関係では、弾性座屈のように明確な変曲点が生じないので座屈荷重の決定が困難である。荷重と面外変位を2乗した $P/P_u \cdot \delta^2$ 曲線において、曲線の勾配が急変する点を座屈荷重とし、座屈荷重を決定した。その結果を表1に示す。この結果から、円弧補剛では、面内変形の場合と同様に補剛材剛度の影響が大きい。座屈による急激な面外変位の増加は、塑性化が発生した後に起こる。このように塑性域の発生は座屈強度に大きな影響を与えるものと考えられる。隅角部の応力状態を明らかにするために、隅角部の主応力をプロット(図4)した。荷重の小さい段階からハンチ部に他の部分に比べ大きな応力が生じることが認められた。また、ハンチの対頂部では、純せん断に近い応力状態を示している。

円弧ハンチ部の端部に荷重の低い段階から塑性域が発生し、それにとまって剛性が低下する。荷重の低い段階から局部的に発生する塑性化領域の発生を遅らせ、塑性化領域を全体に広げることが、剛性の急激な低下を防ぐ手段であると考えられる。今回使用した3種類の補剛方法による結果に大きな差異は見られなかった。しかしながら、塑性域がウェブ・パネルの約70~80%まで進行した段階でも面外変位は効果的に抑制されている。ここで急激に面外変位が増加するのは、補剛材が塑性し剛性が急激に低下した点とも考えられる。詳細については当日発表する。

4 あとがき

今回の報告では、補剛効果を検証し、終局状態での挙動の解明を試みた。今回使用した補剛方法では、応力分布に差異が見られなかった。しかしながら、これまで明確にされていなかった応力状態を解明できたことは、大きな成果である。今後、隅角部の終局状態での補剛効果、耐力、変形性状を正しく評価した補剛方法、設計方法の確立を進めたい。

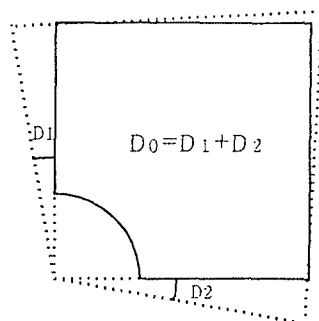


図-3 面内変形図

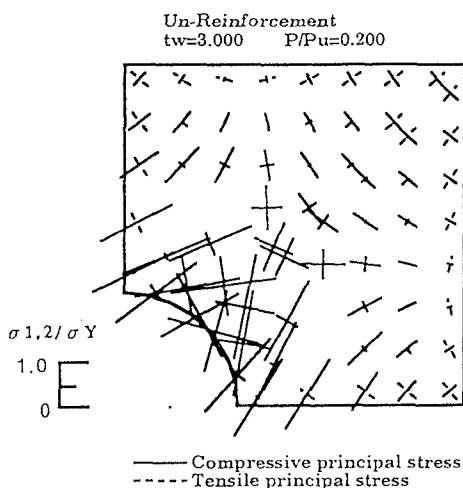


図-4 主応力図

表1-a 無補剛の場合の座屈荷重

ウェブ幅厚比	60	40	35	30
座屈荷重	0.23	0.31	0.26	0.30

表1-b 補剛材を有する場合の座屈荷重

補剛形式	補剛材剛比 G_0					
	0.61	0.79	0.91	1.53	1.83	2.74
円弧	—	—	0.28	0.43	0.39	0.46
斜材	—	0.30	0.34	0.35	0.43	0.47
円弧・斜材	0.33	0.38	0.42	0.41	0.45	0.48