

I-A 109

屈曲部を有する鋼柱脚のFEM解析

首都高速道路公団 正会員 林 薫子
 同上 正会員 伊東 昇
 三菱重工業（株） 正会員 橋本 幹司

1. はじめに

現在建設中の首都高速道路の高速大宮線浦所立体部では浦和西地下道（浦和所沢立体）のアンダーパス擁壁が既に施工されている。そこでこのアンダーパスを跨ぐ形の門型橋脚による構造を採用しているが、街路測道との立地条件から図-1 に示すように橋脚の一部を地中で折り曲げる形式を採用した。

本橋脚の設計では、通常の梁理論による設計により断面構成を決めた後、屈曲に伴う応力集中の影響を3D-FEM解析により求め断面増厚を行っている。さらに、部分モデル実験を追加することにより本橋脚の地震時耐荷力およびじん性の確認とFEM解析の検証も行うこととしている。なお、実験については、本稿執筆時において実施段階に到達していないため、後日併せて報告したい。

2. FEM解析ケース

解析モデルは折れ角が一番大きい脚（折れ角 $\theta=30.117^\circ$ ）とし、製作性等を考慮して、折れ部にR加工しないモデルとR500を施したモデルの2モデル作成した（図-2 参照）。

載荷荷重は折れ部の設計断面力とし、面内と面外の曲げモーメントが各々最大となる2ケースとした。なお、解析モデルは応力集中点近傍の最小メッシュサイズを板厚相当とする分割を行い2次のシェル要素を用いた。

3. 解析結果と考察

上記4ケースの解析結果から荷重ケースごとの応力集中箇所とその大きさ、R加工の効果を判定した。図-3、4に応力集中図を示す。応力集中係数等は、最小メッシュサイズの影響を受けるため、既往の解析例及び鉄の性質から板厚の3倍程度までは十分に力のなじみが期待できると判断し、ここでは、9要素の平均値により整理した。

（1）応力集中箇所 表-2に応力集中箇所、図-3に着目ポイントを示す。これより荷重は面外曲げモーメントの場合が最も厳しくなり、応力集中に対してこの荷重ケースで決定されることが判る。

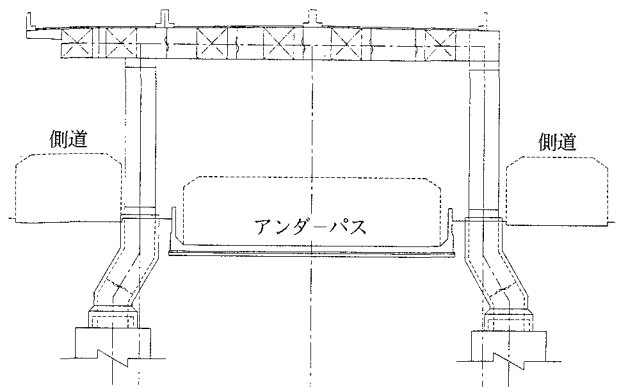


図-1 橋脚構造一般図

表-1 解析ケース

解析ケース	解析モデル	荷重ケース
ケース1	Rなし	面内曲げモーメント最大
ケース2	R500	（地震・橋軸直角方向載荷時）
ケース3	Rなし	面外曲げモーメント最大
ケース4	R500	（地震・橋軸方向載荷時）

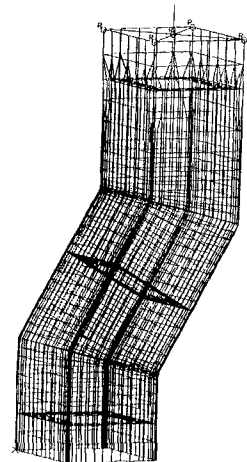


図-2 解析モデル

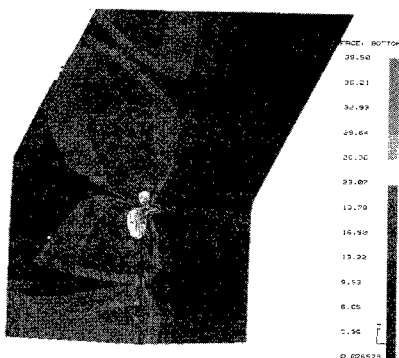


図-3 ケース4 下折れ部VON-MISES 応力

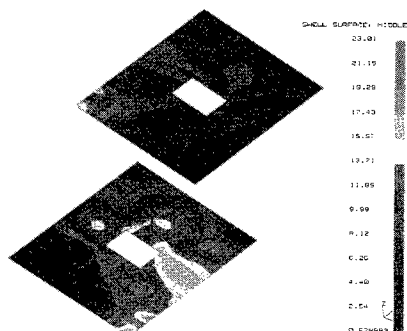


図-4 ケース4 ダイアフラムVON-MISES 応力

(2) R加工の効果 表-3にR加工の効果を示す。折れ部の最大応力をR加工の有無で比較すれば、いずれの荷重ケースにおいてもR加工を施すことが有効と判断できる。

(3) 応力集中 次に応力集中を定量的にとらえるため、解析ケース4で応力の集中をみる。比較にあたっては公称応力より主応力とミーゼス応力に変換して確認した。

その結果、表-4に示すように主応力・ミーゼス応力ともに公称応力に対し約2倍程度の集中がみられた。

表-3 R加工の効果 (kg/cm²)

荷重ケース	(1) Rなし	(2) R500	(2)/(1)
ケース1	2581	2284	0.885
ケース2	3885	3543	0.912

表中データはコンタ図のミーゼス応力。

要素中心応力と補間表示のため若干異なる。

表-2 応力集中箇所

荷重ケース	応力集中箇所	発生応力(ミーゼス)
ケース1	下部(ポイント2)	2300程度
ケース2	下部(ポイント5)	2700程度
	下部(ポイント2)	3500程度

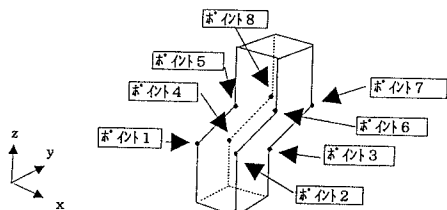


図-5 着目ポイント

表-4 下折れ部における応力集中(解析ケース4) (kg/cm²)

部材	FEM解析		梁理論		応力集中比	
	主応力	ミーゼス	主応力	ミーゼス	主応力	ミーゼス
FLG	-3152	3084	1500	1536	2.14	2.04
WEB	-3543	3328	1579	1648	2.28	2.05

4. FEM解析のまとめ

前項までの検討の結果橋脚折れ部の設計にあたり以下の処理を行う。

(1) 折れ各部は、R500 程度の加工を施す。

(2) 応力集中点のFLG・WEBの補強は、表-4の応力集中係数に従って材質及び板厚のアップを行った。補強範囲は応力集中点の両側0.5 Dとする。

(3) 折れ部下部のダイヤフラムの補強は、材質はそのまま据え置き、板厚のアップを行った。

5. 実験計画

FEM解析の結果を確認するため、補強後の橋脚の実験を行う。載荷方向は地震時を想定し屈曲面内と面外の2方向、大きさは実構造物の1/2.5、800×900の断面とした。また、載荷は降伏変位 δ_y の整数倍を正負交番載荷し、破壊はエネルギー吸収ループの面積の減少をもって判定する。

6. おわりに

本報文では、4 ケースについて折れ柱のFEM解析の結果を報告した。実験については未だ実施されていないため計画のみ報告を行った。実験結果に基づきさらに補強が必要となった場合には、現在製作中の実橋脚部材にも補強を行う予定である。

〔参考文献〕 宮川浩征：鋼製橋脚柱屈折部の設計に関する一考察、1995土木学会