

I - B 131

門型ラーメン橋脚の動的応答解析

東京工業大学 学生員 佐々木栄一 東京工業大学 白井 節
 東京工業大学 フェロー 三木 千壽 東京工業大学 正会員 穴見 健吾

1. はじめに 阪神・淡路大震災において、神戸市港湾幹線P75鋼製門型ラーメン橋脚隅角部に脆性破壊が発生したことを受けて、今後の同様なディテールを有する既存構造物の補強、新設構造物の耐震性能向上のため、隅角部の脆性破壊の発生メカニズムを解明するとともに、隅角部に要求される耐震性能はどの程度であるかを明らかにすることが火急の課題となっている。

本研究では、地震時に実際の鋼製門型ラーメン橋脚がどのような挙動を示し、隅角部付近にはどのような断面力が生じるのかを調べるために、骨組みモデルで弾塑性動的応答解析を行い、鋼製門型ラーメン橋脚の地震時の挙動特性から、隅角部に要求される耐震性能について検討した。

2. 解析対象および解析条件 解析モデルにははり要素を用い、解析は汎用有限要素解析プログラムABAQUSを用いて行った。解析の対象としては、なるべく一般的な形状寸法の構造物を選ぶこととし、首都高速道路に完成するP183橋脚（以下P183橋脚）、都道高速葛飾川口線P142橋脚（以下P142橋脚）、そして首都高速中央環状線（6号線）P2橋脚（以下P2橋脚）の3つとした。P183橋脚の解析モデルおよび形状寸法をFig.1に示す。

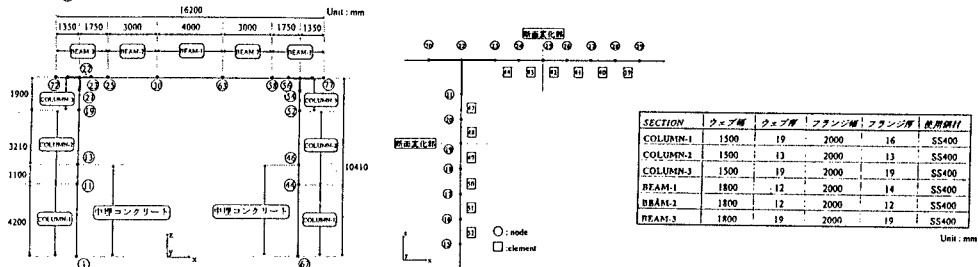


Fig.1 P183橋脚の解析モデルおよび形状寸法

門型ラーメン橋脚の解析モデルの梁部の幾つかの節点には、実際には上部工死荷重反力がかかっているが、それはその節点に集中質量を与えてモデル化した。また、柱基部のコンクリート中詰めボックス断面部は、鋼とコンクリートの2重要素として表現した。隅角部（1.5Dの領域：Dは梁の高さまたは柱の幅）についてはせん断遅れを考慮して設計されており、結果として板厚を周りに比べて厚くしてあるため、剛性が高い領域となっている。ここでは、この領域について、鋼材のヤング率および降伏点を10倍に設定している。

柱の最下点に位置する節点は完全固定とし、地震力は地震加速度波形を入力し構造系全体に慣性力として作用させた。入力地震波は、阪神・淡路大震災でJR鷹取駅で測定された地震波を用い、ラーメン橋脚の面内水平方向にEW成分、鉛直方向にUD成分を入力した。

3. 解析結果 P183橋脚の隅角部node22における水平方向応答変位の時系列をFig.2に示す。最大応答変位は8.04(sec)時で、71.0(mm)である。Fig.3には、P183橋脚の柱部と梁部の要素に生じる相当塑性歪みの時刻歴を示す。図中のinとoutは、内側フランジに生じる歪み(in)、外側フランジに生じる塑性歪み(out)を表している。隅角部（1.5D）は板厚を厚くとしてあるため、隅角部からはずれた断面すなわちP183橋脚の解析モデルではnode19およびnode25に断面変化部が存在することになるが、この図から、断面変化により板厚キーワード：鋼製門型ラーメン橋脚、隅角部、断面変化部、塑性化、耐震性能

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL (03)5734-2596 FAX (03)3726-2201

が薄くなった要素 (element49 および element42) で最も塑性化が進んでいることがわかる。また、柱部と梁部では、柱部に生じる塑性歪みの方が大きく、最大変位を生じる 8.04(sec) 時に特に大きい値を示している。Fig.4 に、最も顕著な塑性化が見られた 8.04(sec) 時の変形図を示す。隅角部付近はあまり変形しておらず断面変化部で塑性化が進んでいる node19, node25 付近から変形が生じていることがわかる。また、隅角部付近の柱部の節点における回転角の時刻歴を、Fig.5 に示す。塑性化が顕著となる 8.04(sec) 以降で、塑性化の進んだ element49 よりも隅角部に近い側に位置する node17 および node18 と、element49 よりも基部側に位置する node19 および node20 とで違いが見られる。隅角部付近(node17・node18)では回転角の振りが小さくなっており、変形が小さくなっている。つまりは、柱部で塑性化が進んだことによって、隅角部付近の変形が抑えられているという結果となっているのである。

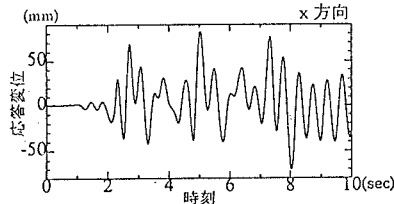


Fig.2 node22 水平方向応答変位 (P183 橋脚)

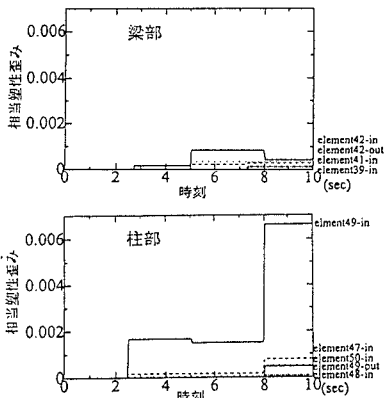


Fig.3 相当塑性歪みの時系列 (P183 橋脚)

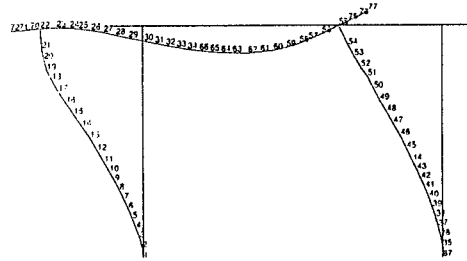


Fig.4 8.04sec時の変形図 (P183 橋脚)

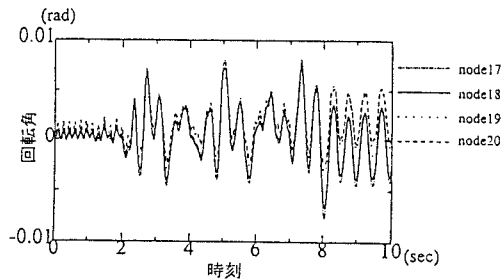


Fig.5 回転角の時系列 (P183 橋脚)

P142 橋脚についても、P183 橋脚と同様の結果を得た。P2 橋脚については、柱部だけでなく梁部での塑性化も著しく、P183 橋脚および P142 橋脚とは異なる変形モードを示す結果が得られたが、柱部あるいは梁部において塑性化が顕著となると、隅角部の変形が小さくなるという共通の挙動特性を有していた。

以上の結果より、鋼製門型ラーメン橋脚の隅角部の耐震性能としては、柱部あるいは梁部の断面変化により板厚が薄くなった部分で塑性化が進み、隅角部付近の変形が抑えられる状況となるまで、隅角部で脆性破壊が発生しないということが要求されるところであろうと考えられるのである。

4. 結論 鋼製門型ラーメン橋脚の地震時の挙動特性について弾塑性動的応答解析を行った。その結果、地震時には柱部あるいは梁部の断面変化により板厚が薄くなった部分で最も塑性化が進み、それに伴って隅角部の変形が抑えられることが判明した。従って、隅角部の耐震性能としては、ラーメン橋脚の梁部あるいは柱部で塑性化が進み隅角部の変形が抑えられるという状態となるまで脆性破壊が発生しないということが要求されるところと考えられる。今後は、様々な地震波形を用いて同様な解析を行い、本研究で得られた成果を踏まえながら、鋼製門型ラーメン橋脚の耐震性の検討を進める予定である。

【謝辞】設計図面を提供して頂いた首都高速道路公団に深謝致します。

【参考文献】 1) 片山恒雄, 宮田利雄, 国井隆弘共著: 新体系土木工学 10 構造物の振動解析, 技報堂出版

2) 山口宏樹著: テキストシリーズ土木工学 8 構造振動・制御, 共立出版