

東北大学 学生員 ○ 内藤英樹
東北大学 正会員 秋山充良
東北大学 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

近年、鉄骨鉄筋コンクリート（以下、SRC）部材の土木構造物への使用例が増加している。しかし、土木構造物を念頭においた SRC 構造物の実験的、解析的研究はほとんど行われておらず、特にその地震応答特性の解明は十分ではない。そこで本研究では、断面に占める鉄筋量と鉄骨の鋼材量の比率を変化させた 2 つの SRC1 層ラーメン橋脚を対象に、ファイバー要素を用いた時刻歴地震応答解析を行い、その非線形動的挙動に関して考察した。

2. 解析モデル

(1) 橋脚モデル

解析対象は図-1に示す SRC1 層ラーメン橋脚である¹⁾。解析には、汎用プログラム MARC を使用し、図-1に示されるように、柱の下端部（柱 1、柱 2）および上端部（柱 3、柱 4）の塑性ヒンジ領域をファイバー要素によりモデル化した。解析は有限変形解析であり、ファイバー要素では鉄骨部分を 25 分割程度、コンクリート部分を 50 分割程度とし、軸方向鉄筋は配筋時の鉄筋中心位置でモデル化した。

ファイバーモデルに用いるコンクリートの応力-ひずみ曲線は図-2のようにモデル化した²⁾。また、軸方向鉄筋の応力-ひずみ曲線は、加藤ら³⁾のモデルを参考に、図-2に示すような軸方向鉄筋の座屈を考慮できるモデルとした。鉄骨部は座屈の影響を考慮せず、その応力-ひずみ曲線には、完全弾塑性型のモデルを用いた。なお、鉄筋および鉄骨の履歴曲線は、Menegotto-Pinto モデルとした。

(2) 解析諸元

著者らは、SRC 断面から軸方向鉄筋を除いた鉄骨コンクリートの曲げ耐力 M_{sc} と、鉄骨断面を除いた鉄筋コンクリート断面の曲げ耐力 M_{rc} の比として定義した M_{sc}/M_{rc} がおよそ 1.5 以上のとき、軸方向鉄筋の座屈後も SRC 柱は耐力低下が生じないことを確認した²⁾。そこで、 M_{rc}/M_{sc} を指標として、表-1に示す鉄骨鉄筋比を変えた 2 つの SRC1 層ラーメン橋脚、橋脚 R と橋脚 S をそれぞれ設計した。

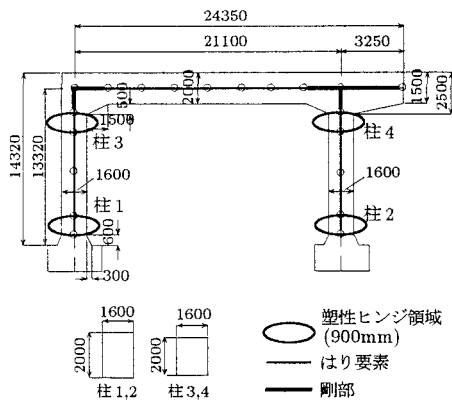


図-1 解析対象橋脚

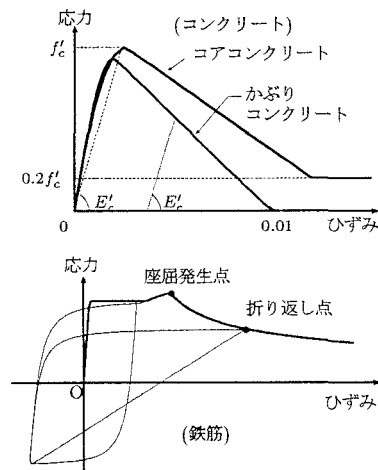


図-2 材料の応力-ひずみ曲線

表-1 橋脚 R および橋脚 S に与えた断面諸元

		鉄骨鉄筋比 *1	鋼材比 (%) *2	モーメント (×10MNm)			M_{sc}/M_{rc}
				M_{sc}	M_{rc}	M_u	
橋脚 R	柱 1, 柱 2 の断面	0.81	4.81	2.04	2.80	4.07	0.73
	柱 3, 柱 4 の断面	0.88	4.60	1.95	2.58	3.79	0.76
橋脚 S	柱 1, 柱 2 の断面	2.98	4.58	3.18	1.63	4.07	1.95
	柱 3, 柱 4 の断面	3.51	4.42	3.10	1.43	3.81	2.17

* 1) 鉄骨鉄筋比 = (鉄骨の断面積) / (鉄筋の断面積), * 2) 鋼材比 = (鉄筋と鉄骨の断面積の和) / (コンクリート有効断面積)

3. 解析結果

橋脚天端位置に強制変位を与えたプッシュオーバー解析の結果を図-3に示す。横軸は橋脚天端位置の水平変位 δ を橋脚の降伏変位 δ_y (4つの塑性ヒンジの中で最初に引張鉄筋の降伏が生じる点を初降伏点とし、その割線が最大荷重に到達するときの変位) で除した塑性率で示してある。また、図中には各塑性ヒンジ領域における引張鉄筋の降伏および軸方向鉄筋の座屈発生位置を橋脚 R について示した。なお、橋脚 S も概ね同じ塑性率で引張鉄筋の降伏や軸方向鉄筋の座屈が生じることを確認している。図-3より、橋脚 S は橋脚 R に比べ、座屈発生後も緩やかな耐力低下を示し、両橋脚の終局変位 δ_u (最大荷重の 80% 耐力を保持する最大変位点) は、およそ 2 倍の差が生じている。

次に、道路橋示方書に規定されるタイプ II-II-1 地震動 (標準波) による非線形動的解析を行った。橋脚天端位置における応答変位の時刻歴を地震波入力後 4 秒から 10 秒に対して図-4に示す。ここでも、図-3と同様に橋脚 R についてのみ各塑性ヒンジ領域における軸方向鉄筋の座屈発生点を示し、応答変位は、塑性率として表記している。単調一方向載荷のプッシュオーバー解析と動的解析における各塑性ヒンジ領域の座屈が生じる際の応答変位 (塑性率) は概ね対応している。そして図-3の結果から、橋脚 R および橋脚 S は、本解析で用いた入力地震動に対して、耐力低下域に入る前の損傷状態に留められており、確保されている両者の耐震安全性は同程度であると判断される。しかし、終局変位程度の応答が生じる場合には、両者の挙動は相違すると予想されるため、弾塑性応答する SRC ラーメン橋脚の耐震設計を検討する上では、断面に占める鉄筋量と鉄骨の鋼材量の比率により、図-3に示されるような耐力低下量の差が生じることを考慮した許容塑性率などの検討を行う必要がある。

4. まとめ

SRC1 層ラーメン橋脚を対象に、プッシュオーバー解析および動的解析を行った。プッシュオーバー解析の結果から、断面に占める鉄骨の鋼材量が少ない場合には、最大耐力以降の耐力低下量が大きいことが示された。この耐力低下量の大きさの相違が、SRC1 層ラーメン橋脚の耐震安全性に与える影響について、今後詳細に検討していく予定である。

参考文献 1) 村田二郎監修：鉄骨鉄筋コンクリート土木構造物の設計，オーム社，pp.198-219，1976. 2) 秋山充良，林寛之，内藤英樹，鈴木基行：繰返し荷重を受ける SRC 柱の荷重-変位関係に関する解析的研究，構造工学論文集，Vol.47A，2000.3(掲載予定) 3) 加藤大介：鉄筋コンクリート部材の主筋の座屈性状に関する研究，日本建築学会構造系論文報告集，第 436 号，pp.135-143，1992.6

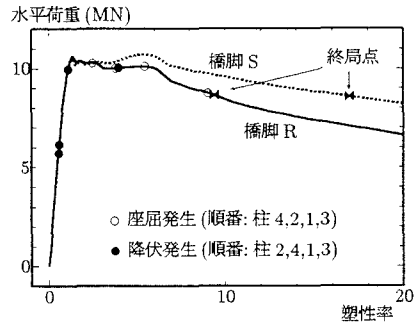


図-3 プッシュオーバー解析結果

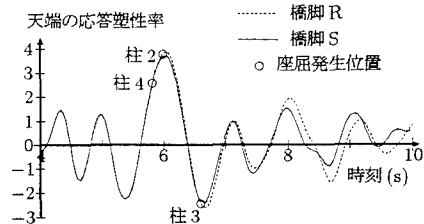


図-4 動的解析 (標準波)