

高強度鉄筋（SD685）を用いたRCラーメン高架橋の地震時応答解析検討

○（株）復建エンジニアリング 正会員 ウォン イエンスイ
（株）復建エンジニアリング 正会員 井口 光雄

1. 概要

平成7年兵庫県南部地震以降、配筋構造に関する規定が改定され、従前より主鉄筋や横拘束筋の量が大幅に増加している。特に、RCラーメン高架橋の接合部（柱・梁及びフーチング・柱・杭）において、使用鉄筋量の増加により現場での組立作業が煩雑化となり施工性の低下、また建設費の割高などの問題点が取り上げられている。

超高層構造物には高強度鉄骨構造や鉄筋鉄骨構造がすでに採用されているが、土木構造物分野においては実績が少ないのが現状である。本報告は、2層1径間のRCラーメン高架橋に着目して高強度鉄筋（SD685）と普通鉄筋（SD345・SD390）を用いた場合について、施工性及び経済性の観点から比較検討を行ったものである。

2. 構造解析

（1）構造物概要

本報告に用いた構造物モデルは図-1、図-2に示すような断面を持つ、1径間の地中梁を有する左右対称の2層RCラーメン高架橋である。基礎は杭径が1.2m、杭長が40.5mの場所打ち杭を橋軸直角方向に2本配置されている。また、表層地盤の地盤種別はG5地盤（ $T_g=0.889$ （sec））である。本構造物は構造系が比較的単純で1次振動モードが卓越し、主たる塑性ヒンジの発生箇所が明確であるため、非線形スペクトル法（プッシュオーバー解析）により解析を行った。

（2）解析モデル概要

解析モデルは2次元骨組モデルとした。また、杭基礎であることから、骨組モデルは地盤－基礎－構造系一体としてモデル化した。

非線形特性として上層縦梁、杭部材はトリリニヤ型のM- ϕ 関係を用いてモデル化し、杭部材には軸力変動を考慮した。また、上層横梁、地中梁、柱部材はM- θ 関係でモデル化し、柱部材には軸力変動を考慮した。一方、地盤は杭先端鉛直ばね、杭周面せん断ばね、杭周面水平ばねについてモデル化し、非線形特性として地盤の支持力及び有効抵抗土圧を上限値としたバイリニア型とした。

また、対象構造物はL1地震動で耐震性能Ⅰ、L2地震動で耐震性能Ⅱを満足するように設計を行っている。耐震性能レベル、部材の損傷レベル、基礎の安定レベルの制限値を表-1に示す通りである。

（3）解析ケース

解析は普通鉄筋（Case-1）及び高強度鉄筋（Case-2）を用いた場合の2ケースとした。材料諸元は表-2に示す。また、コンクリートの強度は杭部材が 30N/mm^2 、杭以外の部材が 27N/mm^2 とした。

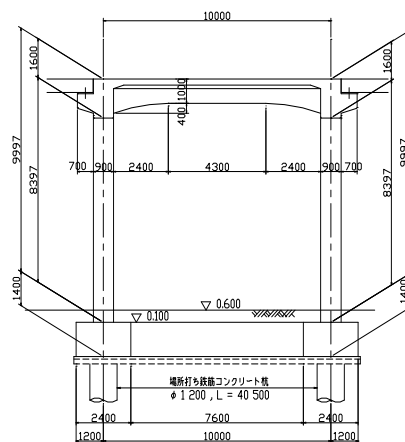


図-1 構造物縦断面図

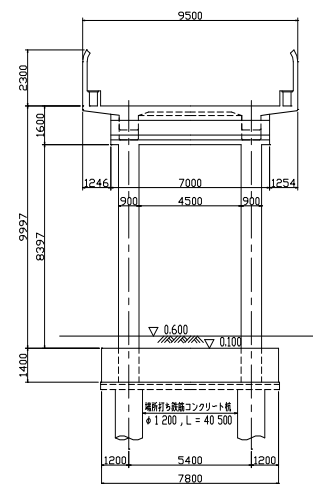


図-2 構造物横断面図

表-1 部材の損傷レベル及び基礎の安定レベル

部 材		耐震性能Ⅰ	耐震性能Ⅱ
	部材の損傷レベル		
部材の損傷レベル	上層梁・地中梁	1	2
	柱	1	3
	杭	1	2
基礎の安定レベル		1	2

表-2 解析ケース諸元

解析ケース	部 材	鉄筋規格	鉄筋の強度 (N/mm^2)		ヤング係数 (kN/mm^2)	帯鉄筋係数	
			降伏強度	引張強度		kw0	kw1
Case-1	上層梁・柱	SD345	345	490	200	1.00	1.00
	地中梁・杭	SD390	390	560		1.15	1.15
Case-2	全部材	SD685	685	860		1.95	1.95

キーワード：RCラーメン高架橋、高強度鉄筋、静的非線形解析

連絡先：東京都中央区日本橋堀留町1-11-12 TK堀留ビル ㈱復建エンジニアリング第2技術部 TEL:03-5652-8563 FAX:03-3660-9374

3. 解析結果

(1) 静的非線形解析結果の比較

静的非線形解析により得られた結果を図-3、表-3 に示す。
図-3 は構造物天端での荷重-変位曲線を表す。Case-2 の場合は降伏までの弾性域区間の傾きが大きくなっており、表-3 から線路方向及び線路直角方向の固有周期が大きくなる傾向が伺える。これは断面の主鉄筋量が減り剛性 (EI) が低くなり、構造物の揺れ時間が長くなるためと考えられる。また、Case-1 に比べ、Case-2 では線路方向及び線路直角方向において降伏耐力が増している。これは高強度鉄筋の使用により構造物の耐力が増加したと思われる。

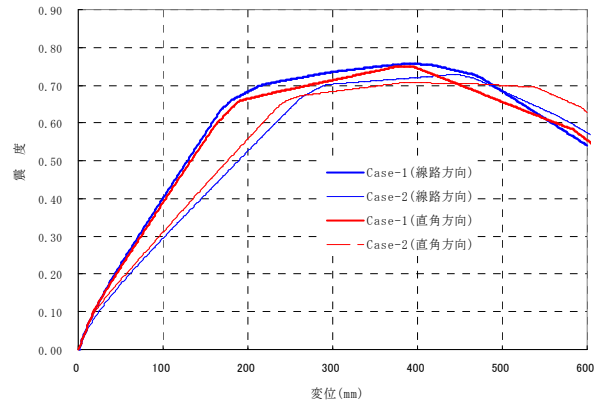


図-3 天端位置での荷重-変位曲線

(2) 使用鉄筋量の比較

Case-1 に対する Case-2 の主鉄筋・横拘束筋の比を図-4、図-5 に示す。主鉄筋について、上層横梁はもっとも低く、0.46 である。ほかには地中横梁の 0.50、地中縦梁の 0.54、上層縦梁の 0.54、杭の 0.57、柱の 0.60 の順となっている。横拘束筋についても、柱が 0.35、上層横梁が 0.43、地中縦梁が 0.50、上層縦梁が 0.52、杭が 0.62、地中横梁が 0.63 となっている。高強度鉄筋を使用することにより、各々の部材の主鉄筋・横拘束筋の量は概ね 5 割程度減らすことができる。

表-3 解析応答値

方 向	解析ケース	降伏変位 (mm)	降伏震度	応答変位 (mm)	応答震度	応答塑性率	等価固有周期 (sec)
線路方向	Case-1	167	0.632	351	0.749	2.10	1.028
	Case-2	265	0.670	487	0.698	1.84	1.258
線路直角方向	Case-1	165	0.603	365	0.744	2.21	1.046
	Case-2	239	0.649	463	0.704	1.93	1.213

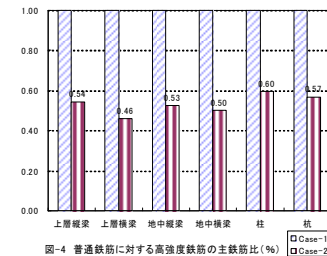


図-4 普通鉄筋に対する高強度鉄筋の主鉄筋比 (%)

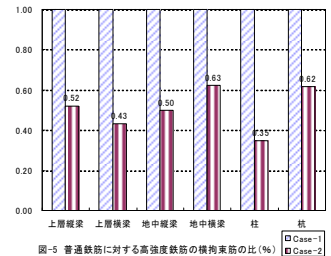


図-5 普通鉄筋に対する高強度鉄筋の横拘束筋比 (%)

(3) 断面配筋の比較

Case-1 及び Case-2 の配筋略図を図-6 に示す。
Case-1 では杭部材を除き、各々の断面は主鉄筋が 2 段配置されている。また、横拘束筋 (帯鉄筋、スターラップ) の組数が多く、鉄筋径も大きめのものが使用されている。一方、Case-2 では Case-1 に比べ、主鉄筋がほぼ 1 段配筋にできること、横拘束筋の鉄筋径や組数を減らせる配筋となっている。

図-6 部材の配筋比較

部 材	上層縦梁	上層横梁	柱	地中縦梁	地中横梁	杭
Case-1	D32-9本 D32-9本 帯鉄筋 D19@150 2個	D32-8本 D32-8本 帯鉄筋 D16@125 2個	D32-9本 D32-9本 D32-9本 帯鉄筋 D19@100 2個	D32-10本 D32-8本 帯鉄筋 D16@125 2個	D29-12本 D29-12本 帯鉄筋 D16@125 4個	D32-18本 帯鉄筋 D22@150 1個
Case-2	D32-7本 D32-2本 帯鉄筋 D16@100 1個	D29-7本 D25-2本 帯鉄筋 D16@100 1個	D32-8本 帯鉄筋 D16@100 1個	D32-9本 帯鉄筋 D16@125 1個	D25-17本 帯鉄筋 D16@100 2個	D25-16本 帯鉄筋 D16@125 1個

鉄筋径も大きめのものが使用されている。一方、Case-2 では Case-1 に比べ、主鉄筋がほぼ 1 段配筋にできること、横拘束筋の鉄筋径や組数を減らせる配筋となっている。

4. まとめ

- (1) 高強度鉄筋 (SD685) を使用することにより、鉄筋量 (本数・径) を大幅に減らすことが可能であり、接合部における配筋の簡略化が期待できる。これにより、施工性の向上のみならず安全性や品質の向上にも結び付くと考えられる。
- (2) 高強度鉄筋 (SD685) を使用することで、普通鉄筋の使用に比べて、構造物全体が約 5 割の鉄筋量の減少が可能である。現状では高強度鉄筋が普及しておらず特注品となるため、普通鉄筋に比べ必ずしも経済性に優れるとは言い難い。しかし、鉄筋の組立手間の緩和による工期短縮、建設費の低減に寄与することが期待できる。
- (3) 本対象構造物に関して高強度鉄筋 (SD685) を使用する場合、剛性が低くなり変位が大きくなるため、列車走行性に対する検討が別途必要である。

今後、高強度コンクリートと組み合わせして使用する場合や他の構造形式について検討を行いたい。

参考文献：鉄道総合技術研究所 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編 平成 11 年 10 月