

超多径間連続 S 字曲線桁橋の設計・施工 — 首都圏中央連絡自動車道金田高架橋 —

(株) 銭高組 東京支社 土木支店 土木部	○加藤 央久
中日本高速道路 (株) 東京支社 厚木工事事務所	佐藤 健太
中日本高速道路 (株) 東京支社 厚木工事事務所	修士 (工学) 中井 陽平
(株) 銭高組 土木事業本部 技術部	正会員 博士 (工学) 秋山 博

1. はじめに

本橋は、首都圏中央連絡自動車道の一部をなす東名高速道路海老名 JCT～中央自動車道八王子 JCT を結ぶさがみ縦貫道路の海老名 IC～圏央厚木 IC間に建設された PRC 3 3 径間連続桁橋（上り線）および PRC 3 4 径間連続桁橋（下り線）である（図-1）。架橋地点は、一級河川相模川～国道 246 号線との間の相模川右岸に位置し、平面線形は国道 246 号線横架部から公共施設（厚木市環境センター、厚木市ふれあいプラザ）や工場群を迂回して相模川渡河部へと線形をすり付けるため S 字曲線となっている。図-2 に最小曲率半径区間の代表的な断面図を示す。

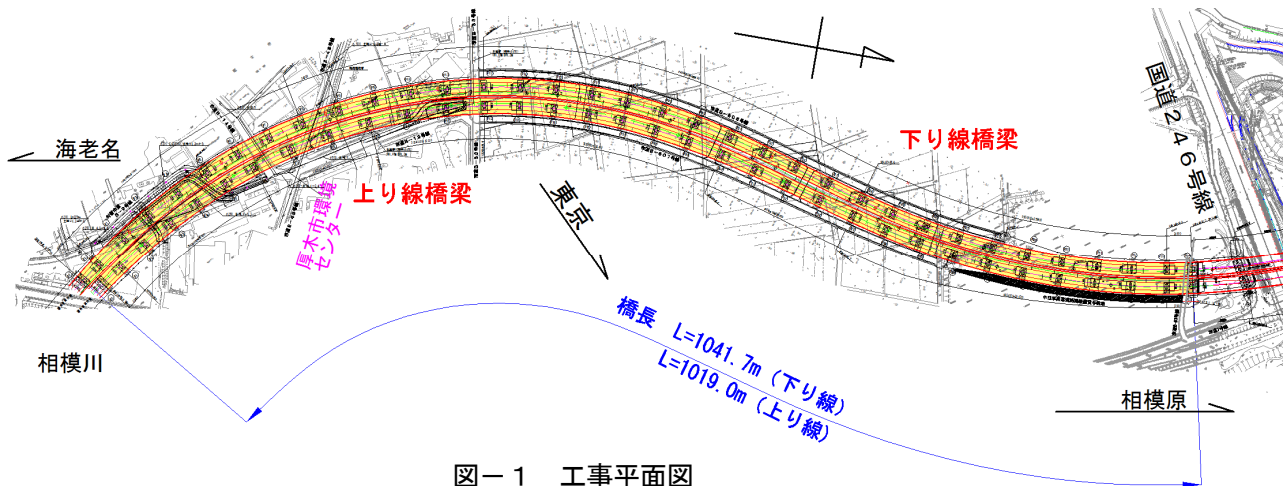


図-1 工事平面図

構造的・設計的特徴としては、上下線ともに橋長が 1km を超える超多径間連続桁橋であること、全橋に渡り S 字を描く曲線橋であり、±8%の横断勾配を有すること、および平面線形を考慮した耐震設計が挙げられる。施工的特徴としては、固定式支保工による分割施工であり、橋長が長いので、いわゆる片押し施工ではなく、3 方向に施工を進める施工法を採用したこと、最大 8%の横断勾配に対応するための創意工夫および中央閉合部のひび割れ対策が挙げられる。

以下では、S 字曲線を有する超多径間連続桁橋の設計・施工に関して報告する。

2. 橋梁概要および設計

本橋は、橋長 1km を超える超多径

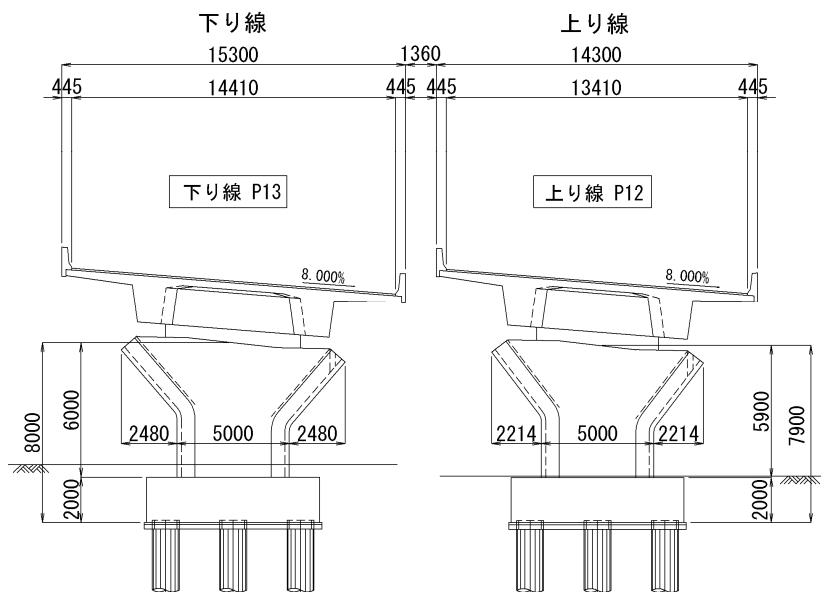


図-2 橋梁断面図

表-1 超多径間連続桁橋の主要実績

橋梁名称	連続径間数	橋長	構造形式	支承種別	発注者
首都圏中央連絡自動車道金田高架橋 (下り線)	34径間	1041.7m	2主版桁	免震支承	中日本高速道路㈱
首都圏中央連絡自動車道金田高架橋 (上り線)	33径間	1019.0m	2主版桁	免震支承	中日本高速道路㈱
伊良部大橋 (A1~P32)	32径間	2185.0m	箱桁	免震支承	沖縄県
北関東自動車道東高架橋 (下り線)	32径間	851.0m	2主版桁 (一部箱桁)	免震支承	東日本高速道路㈱
北関東自動車道東高架橋 (上り線)	32径間	849.0m	2主版桁 (一部箱桁)	免震支承	東日本高速道路㈱
大仁高架橋	29径間	725.0m	中空床版	免震支承	静岡県

間連続桁橋であり、下り線の34径間は、わが国の連続径間数としては最多径間となる長大橋である。主要な超多径間連続桁橋の実績を表-1に、本橋の橋梁諸元を表-2に示す。

本橋は、最小曲率半径 R=450.360m を有するS字を描く曲線橋であるため、比較的ねじり耐力が小さい2主版桁構造を採用していることに配慮して、1支間あたりの交角が 5° 未満となる支間割りとしている。なお、道路橋示方書では1支間あたりの交角が 5° 以下の場合には、曲線長を支間長とする直線橋として解析して良いとしているが、全橋的な挙動を考慮するため曲線橋として解析して設計を行った。

伸縮装置は移動量が大きいため (最大移動量 499mm)、大きな伸縮に対しても経年的な止水機能の耐久性に優れ、損傷した場合の取替えが容易な乾式非排水構造を用いた鋼製フィンガージョイントとした。また、維持管理性を考慮して桁端部は図-3のように水勾配を設け、視認性および作業性を確保できる構造詳細とし、伸縮装置下のコンクリート露出部にはコンクリート表面保護工を施した。

耐震設計では、本橋がS字曲線を描く橋梁であり、固有値解析結果に示すように、明確な橋軸方向・橋軸直角方向が存在しないため、レベル1地震動・レベル2地震動ともに動的解析による性能照査を行った。表-3および図-4に下り線のレベル2・タイプII地震時の構造モデルにおける固有解析の結果を示す。

レベル1地震動に対しては、線形応答スペクトル法 (CQC法)、レベル2地震動に対しては、非線形時刻歴応答解析により性能照査を行った。解析モデルは、S字曲線を表現するため3次元モデルとし、起点側・終点側の端支点における構造中心線を結ぶ直線およびその直交線を全体座標系の座標軸とし、地震動の入力方向は 30° 毎に設定していずれの方向に対しても耐震性能が満足されるように免震支承の設計を行った (図-5)。

表-2 橋梁諸元

道路規格	第1種2級A規格 設計速度 V=100km/h
構造形式	(上り線) PRC33径間連続2主版桁橋 (下り線) PRC34径間連続2主版桁橋
橋長	(上り線) 1019.0m (下り線) 1041.7m
支間	(上り線) 21.0m + 5@29.0m + 3@36.0m + 3@34.0m + 7@30.3m + 4@31.4m + 9@31.3m + 21.6m (下り線) 19.0m + 7@31.0m + 34.0m + 4@32.0m + 11@31.4m + 9@30.6m + 20.9m
有効幅員	(上り線) 10.510m ~ 13.410m (下り線) 10.510m ~ 14.410m
平面線形	(上り線) A=316.628m, L=222.608m ~ R=450.360m, L=421.811m ~ A=251.483m ~ L=244.835m ~ R=605.750m, L=560.068m (下り線) A=201.872m, L=87.498m ~ R=465.750m, L=521.859m ~ A=241.883m, L=224.457m ~ R=591.960m, L=519.043m
縦断勾配	(上り線) -0.513% ~ 2.717% (下り線) -0.512% ~ 2.717%
横断勾配	(上下線) +8% ~ -8%
断面	2主版桁断面
コンクリート	36N/mm ² (普通コンクリート)
PC鋼材	SWPR19L 1S28.6 (主鋼材・床版横締め) SWPR19L 1S21.8 (床版横締め) SWPR19L 1S19.3 (床版横締め)
鉄筋	SD345
地盤種別	II種地盤

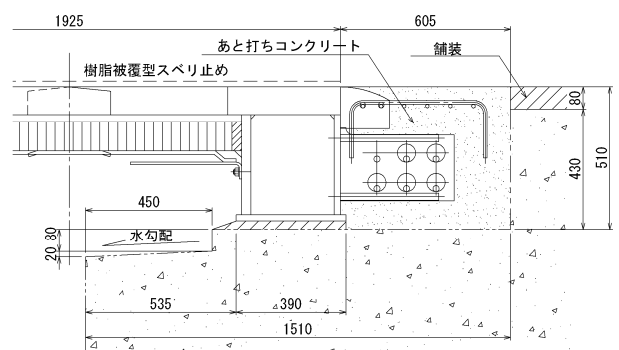


図-3 伸縮装置部桁端断面図

表-3 固有値解析結果 (下り線レベル2・タイプIIモデル)

モード 次数	固有 振動数	固有周期	刺激係数 X方向	刺激係数 Y方向	刺激係数 Z方向	ひずみエネルギー 比例減衰定数	並進3方向 累積有効質量比
	(Hz)	(s)	-	-	-	-	%
1	0.482	2.073	-61.232	-134.367	0.002	0.018	15.2
2	0.487	2.054	145.845	-54.582	0.005	0.018	34.0
3	0.494	2.024	60.622	-59.497	0.005	0.015	37.3
4	0.513	1.949	46.552	72.744	0.007	0.015	42.9

免震支承の設計では、橋長の長い下り線の終点側の端部2橋脚において、常時の照査よりゴム支承の層厚が決定されており、地震時に最大応答を生じるレベル2・タイプII地震動作用時の支承ひずみが165%~190%と比較的余裕のある結果となった。一般に、支承の2次形状係数はレベル2地震時の支承の大変形に対して座屈を生じないように4.0以上とするが、前述の2箇所では支承ひずみが制限値の250%に対して余裕があり、結果として支承の座屈に対する安全性も余裕のあるものとなることから、これらの支承の2次形状係数を3.6および3.7に緩和して支承寸法の縮小を図った。

支承寸法の縮小による経済性向上のために採用したポストスライド支承は、上り線では34支点中20支点、下り線では35支点中20支点となった。

3. 施工

(1) 施工順序

上部工の施工は、橋脚高が低く、障害物も比較的小ないため固定式支保工による分割施工とした。橋長が1km以上の長大橋であり、片側から順次施工を行ういわゆる片押し施工による分割施工を行った場合、工期が長期間におよぶことから、本橋では図-6に示すように、上下線とも2箇所から施工を開始して、3方向に施工を進めて中間支間部で閉合することとした。

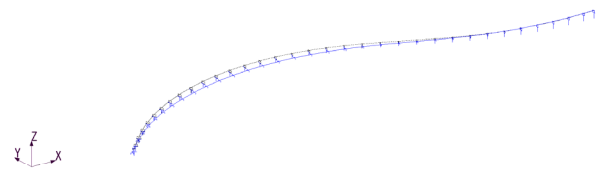
分割施工の区画割りには、2径間毎とすることを基本とし、下り線の起点側の端部径間および上下線の中央閉合部は単径間施工とした。2径間施工部では、主桁を一括打設した場合には最大コンクリート打設量が862m³とかなり多くなるため、施工中の降雨や品質上の不具合を生じるリスクを低減するため、1区画内のコンクリート打設を2回に分けて実施した。

上下線とも最大で3区画の同時施工を可能とした本施工法により、片押し施工と比べて上部工のコンクリート相互の材齢差が小さくなり、クリープおよび収縮による変形量の不確実性にとまらぬ影響を低減でき、竣工時における桁遊間および端支点の支承移動量は計算値と比較して上下線ともに10mm程度の誤差に収めることができた。

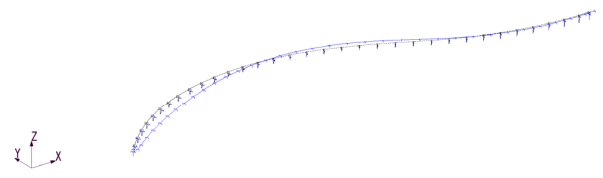
(2) 横断勾配への対応

本橋はS字曲線橋であり、横断勾配が±8%となるため、橋面の平坦性を確保することが品質管理上、重要

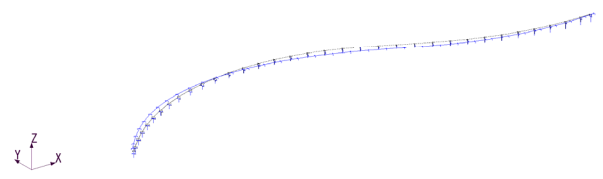
< 1次 > 固有周期 = 2.073(sec)



< 2次 > 固有周期 = 2.054(sec)



< 3次 > 固有周期 = 2.024(sec)



< 4次 > 固有周期 = 1.949(sec)

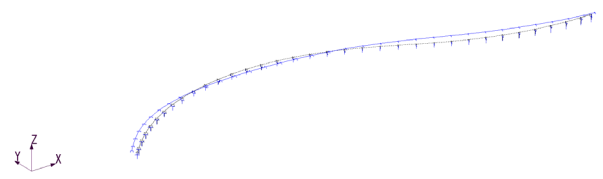


図-4 振動モード図 (下り線 レベル2・タイプII)

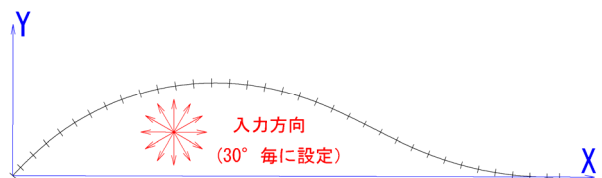
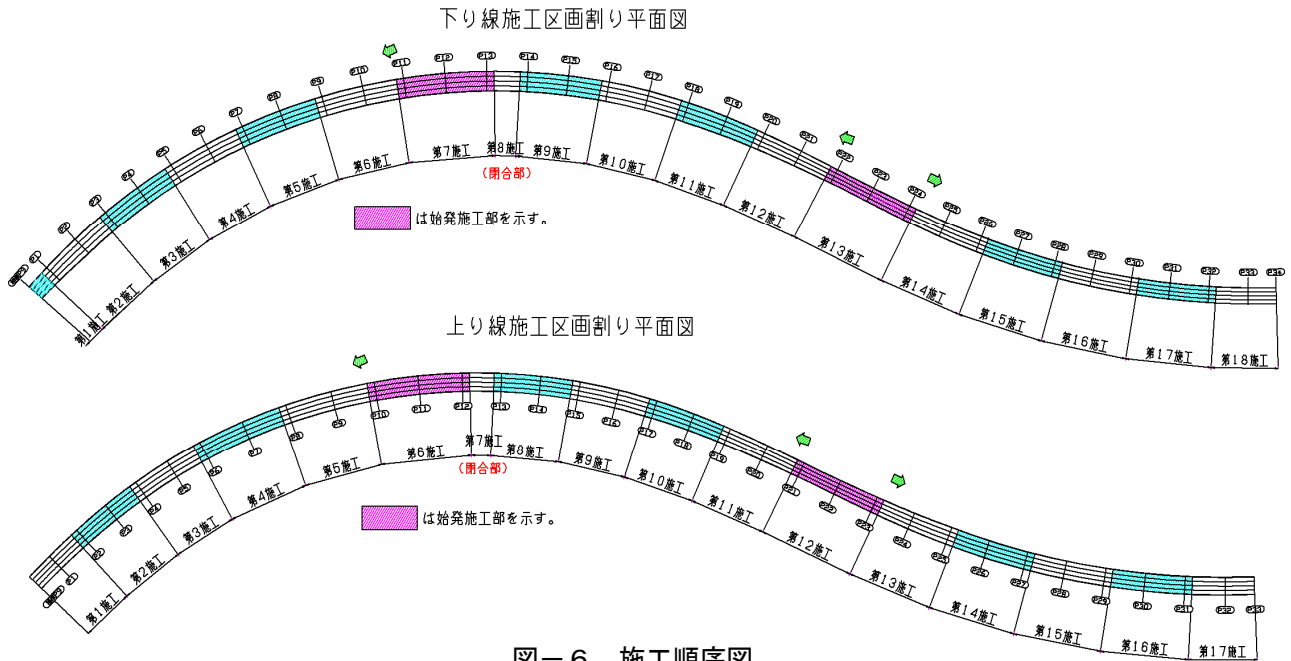


図-5 座標系の設定と地震動の入力方向



図－6 施工順序図

な課題であった。急勾配をとまなうコンクリートの仕上げにおいて、人力による左官作業のみでは高精度な橋面の平坦性の確保が困難であると考え、コンクリートフィニッシャーを用いることにより橋面の平坦性を確保した(写真－1)。これは、床版コンクリートの一次均し時に事前に設置した基準レール上で振動機付きコンクリートフィニッシャーを移動させて一定幅内を一括仕上げするものであり、橋面の仕上がり精度の向上に寄与したと考えている。

(3) 中央閉合部の施工

本橋は3方向に施工を進めて、最終的に中央閉合工により構造系が完成する。中央閉合工では、閉合部をはさむ両端の橋体が温度変化により変形を生じるため、ひび割れを生じるリスクが存在する。このため、中央閉合区間は橋軸方向に1mを最終打設区間として残し、この1mの区間を鋼材を用いて変位拘束をすることによりひび割れを防止した。



写真－1 橋面仕上げ状況

4. おわりに

本報告では、S字曲線を有する超多径間連続桁橋の設計・施工に関して報告を行った。本橋は、2013年4月1日の契約工期に対して1ヶ月前倒して無事故無災害で竣工し、本年3月30日のさがみ縦貫道路海老名IC～相模原愛川IC間の早期の供用開始に貢献することができた(写真－2)。

本工事に際し、ご指導・ご協力いただいた中日本高速道路(株)をはじめ厚木市、隣接工区関係者ほか関係各位に改めて感謝の意を表す。本報告が超多径間連続桁橋および長大曲線橋の計画・設計・施工の参考となれば幸いである。



写真－2 航空写真