

一体橋脚上での上下線分離ラーメン構造に対する設計検討
 —— 東海環状 西山谷橋 ——

ドーピー建設工業(株) 名古屋支店 設計部 正会員 ○村上 英樹
 ドーピー建設工業(株) 名古屋支店 設計部 正会員 増岡 法宏
 国土交通省中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 今泉 行夫
 国土交通省中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 神村 章治

1. はじめに

東海環状西山谷橋は、愛知・岐阜・三重3県の諸都市を環状に連絡する東海環状自動車道(国道475号)の土岐JCTと土岐南ICの間に位置する3径間連続PCラーメン箱桁橋である。本橋は、全内ケーブル方式の張出し架設工法により架設され、上部工は上下線分離構造であるが、下部工は上下線を一体橋脚で支持する構造に特徴がある。図-1に橋梁全体の側面図を、図-2に断面図を示す。

詳細設計において下部工は一体橋脚の1/2の剛性を持つ上下線分離構造としての設計が行われていたが、上下線を個々に施工した場合、先行架設された構造(上部工および、下部工)に対して後施工する上部構造に導入するプレストレス力による2次力が作用する。したがって後施工される上部工に対して特に不利な断面力として作用する事が懸念され、また橋脚にもねじりモーメントが発生するため、これらを適切に評価することが施工上の重要な課題となった。

本稿では、一体橋脚上での上下線分離のラーメン構造という構造特性に着目し、上下線個々に架設(特に中央閉合部)を行った場合の設計的検討について報告するものである。

2. 橋梁概要

- 工事名 : 平成13年度 東海環状西山谷橋上部工工事
- 道路規格 : 第1種 第2級 B規格
- 構造形式 : 3径間連続PCラーメン箱桁橋
- 橋長 : 189.000m
- 支間長 : 49.000m+89.000m+49.000m
- 幅員 : 全幅 11.660m 有効幅員 10.750m
- 活荷重 : B活荷重
- PC鋼材 : SWPR7BL 12S12.7 (フレシネー工法)
- 工期 : 自)平成14年2月2日
 至)平成16年3月19日

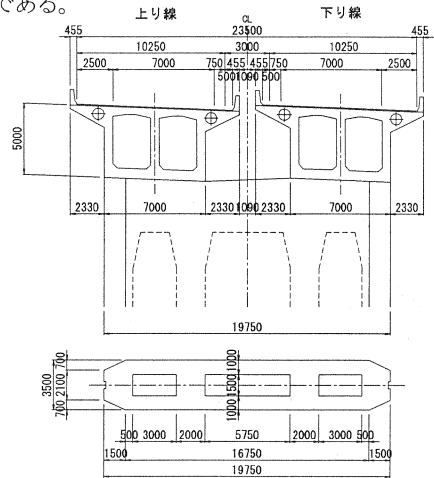


図-2 断面図

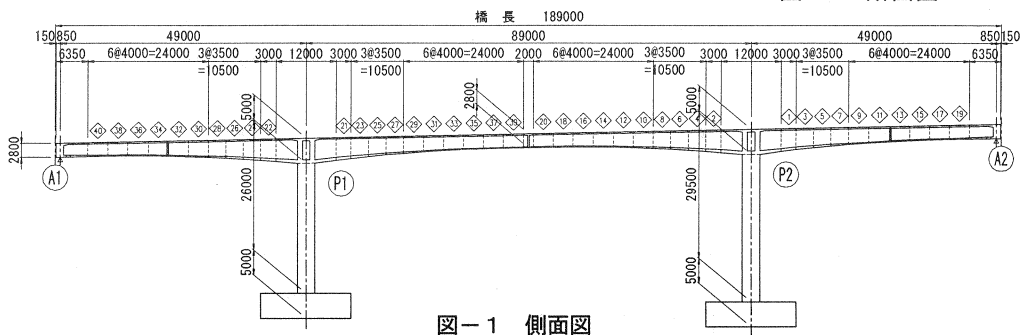


図-1 側面図

3. 検討内容

3.1 検討項目

上下線の中央閉合を同時に行えば詳細設計の考えを踏襲できるが、施工計画段階において吊り支保工の転用や施工ヤードとなる仮設構台のスペースおよび工事工程の都合等から、下り線を先に閉合した後に上り線を中央閉合する計画が立案された。このため以下の検討照査を行い施工順序の違いに対して設計上の問題点の有無を確認した。照査項目は以下の通りである。

- ・ 上部工に対しては、後施工される上り線の合成曲げ応力度の照査（支点部と支間中央）。
- ・ 下部工に対しては、橋脚に発生するせん断力とねじりモーメントに対する照査。

3.2 解析手法およびモデル

分離された上部工および一体橋脚を適切に剛性評価するために立体骨組解析を用いて解析を行った。本橋の橋脚形状は幅広な版に近い構造である。

したがって、一般的な橋脚モデルとして採用されている「一本柱モデル（以下、Model-A）」の妥当性を確認するため、2本柱を横梁で連結した「梯子モデル（以下、Model-B）」についても解析を行った。

上部構造に載荷する荷重は、中央閉合部に配置するPC鋼材による1次力（軸力と偏心曲げモーメント）とした。中央閉合部のPC鋼材は上下線ともにSWPR7BL 12S12.7を20本である。

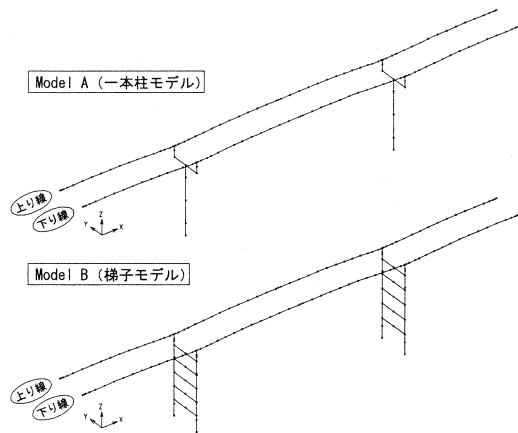


図-3 解析モデル

3.3 上部工の照査方法

上部工の照査は、Model-A と Model-B の各々のケースについて、

- (1) 上下線を閉合した骨組に上り線にのみプレストレス1次力を載荷 <Model A-1> <Model B-1>
- (2) 上り線を閉合した骨組に上り線にのみプレストレス1次力を載荷 <Model A-2> <Model B-2>

上記の(1), (2)についてプレストレスによる2次力を算出し、(1)と(2)の差分断面力を上部工設計計算における構造系完成時に追加の断面力（プレストレス2次力）として合成応力度を算出した。図-4に各モデルの変位図を示す。

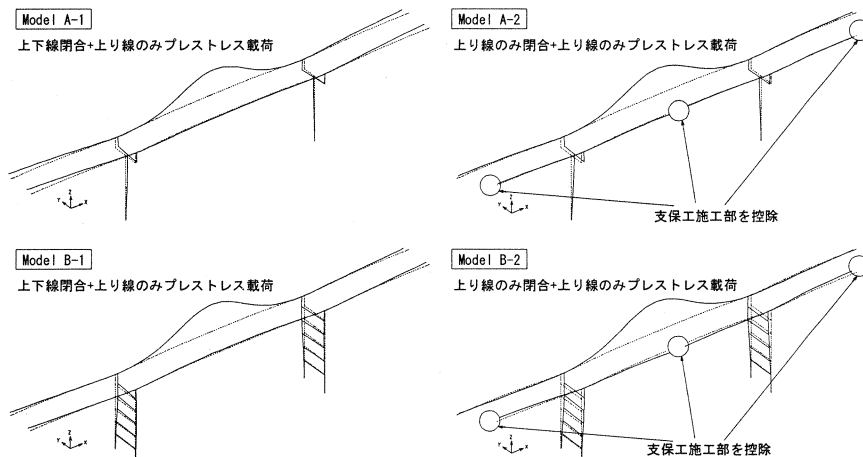


図-4 各モデル変位図（上部工検討用）

3.4 下部工の照査方法

橋脚に対する照査は Model-A (一本柱モデル) にて行った。荷重はプレストレスによる1次力を載荷して、照査に用いる断面力はプレストレス1次+2次力によるせん断力とねじりモーメントとした。断面力算出は以下による。

- (1) 下り線を閉合した骨組に下り線のみプレストレス1次力を載荷 <Model A-3>
- (2) 上下線を閉合した骨組に上り線のみプレストレス1次力を載荷 <Model A-4>

上記の(1),(2)についてプレストレス2次断面力を算出し、脚の照査は(1)と(2)を足し合わせた断面力(プレストレス1次+2次力)にて照査を行った。

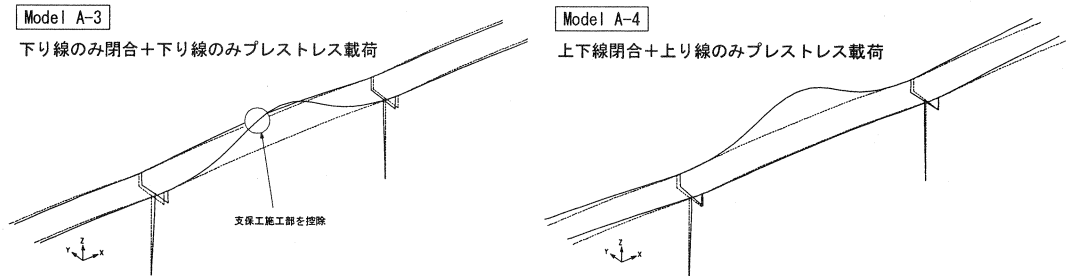


図-5 各モデル変位図(下部工検討用)

4. 検討結果

4.1 上部工のプレストレスによる2次力

Model A と Model B のそれぞれについて、後施工される上り線の中央径間の支間中央と中間支点(橋脚上)におけるプレストレスによる2次断面力を表-1に示す。解析結果より、23000kN程度の導入緊張力(軸力)に対して、Model A では約6%に相当する1427kNが、Model B では約5%に相当する1139kNの2次力が発生した。左表の差分断面力は、施工順序として上り線を後施工した際に上り線に発生する追加分の断面力である。

先に施工した下り線へ上り線のプレストレス力が影響するが、表-2より中間支点および支間中央ともに、下り線に対しては応力的に安全側となる断面力が発生した。

表-1 後施工する上り線のプレストレス2次力

		支間中央		支点上	
		軸力 (kN)	曲げ (kNm)	軸力 (kN)	曲げ (kNm)
Model A	A-1	2419	22505	2417	19532
	A-2	992	22373	991	21321
	差分	1427	132	1426	-1789
Model B	B-1	2006	22223	2004	19681
	B-2	867	21786	867	20663
	差分	1139	437	1137	-982

表-2 下り線へのプレストレス2次力の移行

		支間中央		支点上	
		軸力 (kN)	曲げ (kNm)	軸力 (kN)	曲げ (kNm)
Model A	A-1	-1585	-628	-1583	1461
Model B	B-1	-1280	-755	-1280	837

注) 軸力の+は引張を-は圧縮を示す
曲げの+は部材上縁が圧縮を示す

4.2 合成応力度の照査

前項にて算出されたプレストレス2次力の差分断面力を詳細設計での断面力に足し合せて、再度合成応力度を算出し上り線のチェックを行った。安全側となる下り線については照査を省略した。合成応力度を表-3に示す。結果的に両モデルともに許容応力度を満足する結果となった(支間中央は応力的にクリティカルとなる設計荷重+温度荷重時を抽出、支点部は設計荷重時を抽出している)。

表-3 合成応力度 (N/mm²)

	支点上		支間中央	
	0.0 σ c 14.0		-2.0 σ c 16.1	
	上縁	下縁	上縁	下縁
上下線同時閉合(詳細設計)	0.80	8.88	5.26	-1.86
Model A(一本柱モデル)	0.70	8.87	5.13	-1.98
Model B(梯子モデル)	0.73	0.89	5.17	-1.96

4.3 橋脚の照査

下り線を先施工し、上り線を後施工することにより橋脚に発生するプレストレス力(1次+2次)による断面力は、せん断力が1766kN(橋軸方向)、ねじりモーメントが5003kNm(鉛直軸周り)であった。照査の結果、「せん断+ねじり+詳細設計値」の合計が平均せん断応力度以下であることが確認できた(表-4)。

表-4 橋脚のせん断応力度

	(N/mm ²)
①せん断単体	0.081
②ねじり単体	0.178
③せん断+ねじり	0.259
④詳細設計値	0.006
⑤=③+④	0.265
許容せん断応力度	≤0.390

5. まとめ

前項の結果より、本橋においては上下線の中央閉合部を同時施工しなくても応力上の問題は発生しないことが確認できたため、特に設計変更は行わずに施工した。

解析結果から、上部工の軸力に着目すると、片側車線だけの施工であれば導入緊張力の4~5%の2次力発生であるが、下り線が「つかえ棒」になることで導入緊張力の9~10%程度の2次力となる。橋脚モデルの違いについては、発生する断面力は導入緊張力に対する比率から考えれば微小な差であることから、本橋のような幅広の橋脚をモデル化する際の選択肢の一つとして妥当性を示すことが出来たと考える。解析モデルについては、着目する箇所や着目する断面力によってモデルを選択すればよいであろう。

橋脚についても想定通りのねじりモーメントが発生したが、応力上は問題なかったため補強は行っていない。ただし、発生応力度のレベル(今回のケースでは許容値の68%)から考えて、橋脚形状や規模によってはねじりモーメントに対する補強が必要となるケースも考えられる。

実際の構造物では、施工中および完成系においても、上下線の片方での荷重の載荷・除荷による変位や振動が片方の上部工に確実に伝達されており、一体橋脚を介して上下線が補完し合って変動する荷重に抵抗している。したがって、本来ならば本検討で用いたような立体フレーム等で解析した断面力により全てを設計することが望ましく思われる。しかしながら他方への影響が最も大きいと考えられるプレストレス軸力に関して数%の誤差であった事は、簡易的に上下線分離構造として設計しても、プレストレス以外の変動荷重についての影響は微小であると判断する上での根拠となり得ると考える。つまり、簡易的に分離構造として設計する場合においても、導入プレストレスにある程度の余裕を見込んでおけば、施工方法の制限や設計を再度行う可能性を減じられるであろう。

本検討が今後、同種の構造物の設計や施工検討の際に参考になれば幸いである。

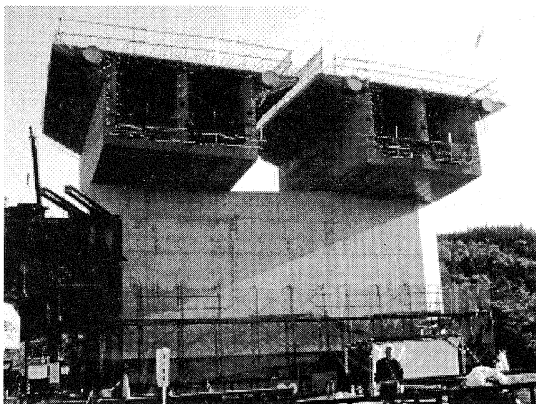


写真-1 P2柱頭部

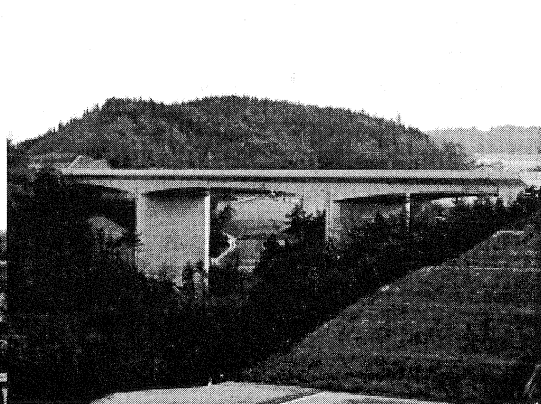


写真-2 完成後全景