

(41) 全外ケーブルを用いたP R C箱桁橋の設計

日本道路公団 東京建設局 布施 光啓
 日本道路公団 宇都宮工事事務所 神野 真一郎
 川田建設(株) 東京支店技術部 正会員 ○今井 平佳
 川田建設(株) 東京支店技術部 正会員 大久保 歩

1. はじめに

北関東自動車道石橋上三川高架橋は、宇都宮工事事務所管内に位置し東北新幹線との交差部の上空を通過するために計画された高架橋である(図-1)。

本報告は、石橋上三川高架橋のうち国道4号線との交差部に計画された3径間連続ラーメン橋の跨道部の橋長136m最大支間49mのP R C 3径間連続ラーメン橋の設計について報告するものである(図-2)。この跨道部において、死荷重の軽減と施工の合理化、保守メンテナンスの簡素化を目的として、全外ケーブル構造を設計施工する。下り線において全内ケーブル構造、上り線において全外ケーブル構造を採用する。施工方法は、支柱式支保工による現場打ち一括施工である。

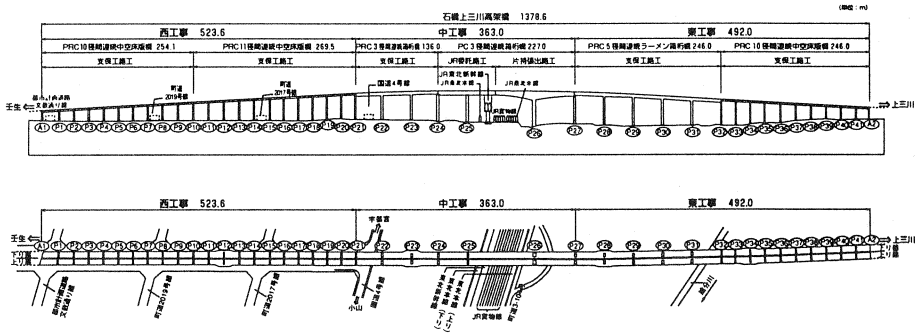


図-1 石橋上三川高架橋一般図

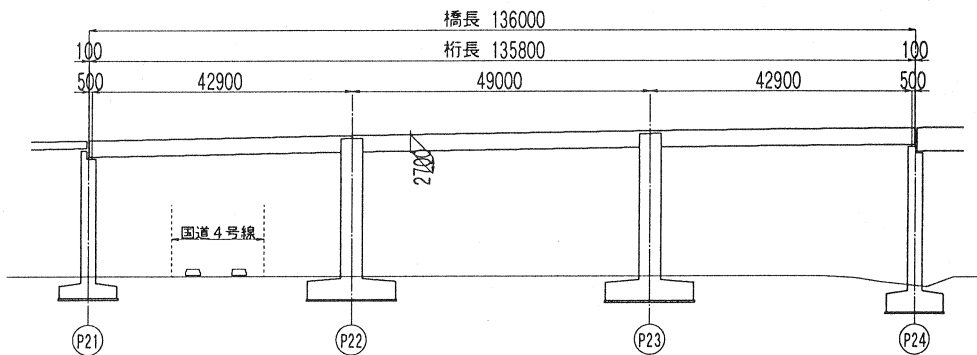


図-2 跨線部(P21~P24)一般図

2. 橋梁概要

石橋上三川高架橋は、JR東北新幹線の上空を桁下余裕65cm以上を確保するように縦断勾配および桁高が決定されている。縦断勾配は、新幹線上空を頂点として、3%勾配で計画されている。跨道部は跨線部の取付け部のため桁高の制約を受けていないため標準的な桁高の2.7m(L/18)の等桁高となっている。

主桁床版ともP R C構造とし、主桁はひび割れ幅制御の限界状態により、床版はひび割れ発生の限界状態により設計を行った。主鋼材は下り線が内ケーブルとして12S12.7B、上り線が外ケーブルとして12S15.2Bを使用し、床版鋼材は1S19.3をプレグラウト仕様として使用している。

3. 設計条件

道路規格：第1種2級B

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

構造形式：3径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：136.0m

支間：42.9 + 49.0 + 42.9m

幅員：全幅 10.775m × 2 有効 9.875m × 2

活荷重：B活荷重

限界条件：主桁-ひび割れ幅制御

床版-ひび割れ発生限界

コンクリート： $\sigma_{ck} = 36 \text{ N/mm}^2$

P C鋼材：主桁 SWPR7B 12S12.7B (内ケーブル)

SWPR7B 12S15.2B (外ケーブル)

床版 SWPR19 1S19.3 (プレグラウト)

横桁 SWPR19 1S21.8 (プレグラウト)

4. 設計方針

主桁の設計方針は以下のとおりである。

- ①主桁はひび割れ幅制御によるP R C構造とし、許容ひび割れ幅は上縁を0.0035C、下縁を0.005Cとする。
- ②斜引張応力度の制限値を引張強度(24.8 kgf/cm^2)以下とし、支点付近は 20 kgf/cm^2 程度以下とする。
- ③橋軸方向の鉄筋は基本ピッチを100mmとし、最大配置をD25ctc100とする。
- ④主桁P C鋼材として12S12.7B (全内ケーブル)、12S15.2B (全外ケーブル)を使用する。

床版の設計方針は以下のとおりである。

- ①ひび割れ発生応力度は床版支間中央 22.2 kgf/cm^2 、床版支点上 18.7 kgf/cm^2 とする。
- ②床版P C鋼材として1S19.3を使用する。

5. 設計フロー

本橋の設計フローは、上記設計方針に基づき以下のようにした。

- ①支間断面寸法(最小寸法)の決定
- ②支間部断面の斜引張応力度を満足する鋼材本数の決定
- ③中間支点付近の斜引張応力度を満足するウェブ厚の決定
- ④軸方向鉄筋量の決定
- ⑤曲げひび割れ幅の照査
- ⑥偏向部の設計(全外ケーブル)

6. 全内ケーブル構造の設計

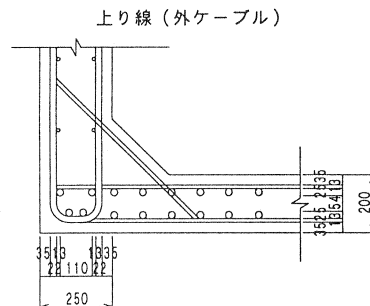
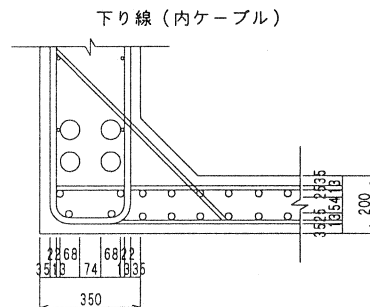
(1)最小寸法の検討

ウェブおよび下床版の最小寸法は、構造細目により決定する。

かぶり D22 D13 シース びき シース D13 D22 かぶり

ウェブ = $35 + 22.2 + 12.7 + 68 + 60 + 68 + 12.7 + 22.2 + 35$

= $335.8 \rightarrow 350 \text{ mm}$



$$\begin{aligned} & \text{かぶり D13 D25 あき D25 D13 かぶり} \\ \text{下床版} &= 35 + 12.7 + 25.4 + 40 + 25.4 + 12.7 + 35 \\ &= 186.2 \rightarrow 200\text{mm} \end{aligned}$$

(2)鋼材本数の検討

本橋は、隣接橋梁の施工完了後の施工になるため緊張方法に制約を受ける。緊張方法は、可能な限り両引きとするが原則終点側(P24)からの片引きとした。鋼材本数は、中央径間中央の斜引張応力度(表-1)で決定し、両引き12本、片引き12本の24本とし、中間支点ウエブ厚は、せん断応力度の卓越する中間支点付近の斜引張応力度が20kgf/cm²程度となる900mmとした。

また、両引きが可能であれば、鋼材本数は20本となりウエブ厚は800mmとなる。

表-1 斜引張応力度表(下り線全内ケーブル)

鋼材本数	(kgf/cm ²)								
	両引20本			両引12本+片引8本			両引12本+片引12本		
ウエブ厚	700	800	900	700	800	900	700	800	900
P22支点付近	-22.4	-20.5	-18.9	-26.1	-24.1	-22.5	-22.2	-21.8	-20.3
中央径間中央	-22.7	-22.6	-22.6	-22.5	-22.5	-22.4	-18.8	-18.8	-18.7
P23支点付近	-23.1	-21.1	-19.4	-22.2	-20.2	-18.6	-18.8	-16.5	-15.0

(3)許容ひび割れ幅の検討

橋軸方向鉄筋として床版の必要鉄筋および主桁の引張鉄筋を配置することにより、ひび割れ幅はすべて許容ひび割れ幅を満足している。

7. 全外ケーブル構造の設計

(1)最小寸法の検討

ウエブおよび下床版の最小寸法は、構造細目により決定する。

$$\begin{aligned} & \text{かぶり D22 D13 あき D13 D22 かぶり} \\ \text{ウエブ} &= 35 + 22.2 + 12.7 + 60 + 12.7 + 22.2 + 35 \\ &= 199.8 \rightarrow 200\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{かぶり D13 D25 あき D25 D13 かぶり} \\ \text{下床版} &= 35 + 12.7 + 25.4 + 40 + 25.4 + 12.7 + 35 \\ &= 186.2 \rightarrow 200\text{mm} \end{aligned}$$

しかし、ウエブ厚が200mmの場合、終局時の平均せん断応力度が最大値(47kgf/cm²)を超えるため最小ウエブ厚は250mmとなった。

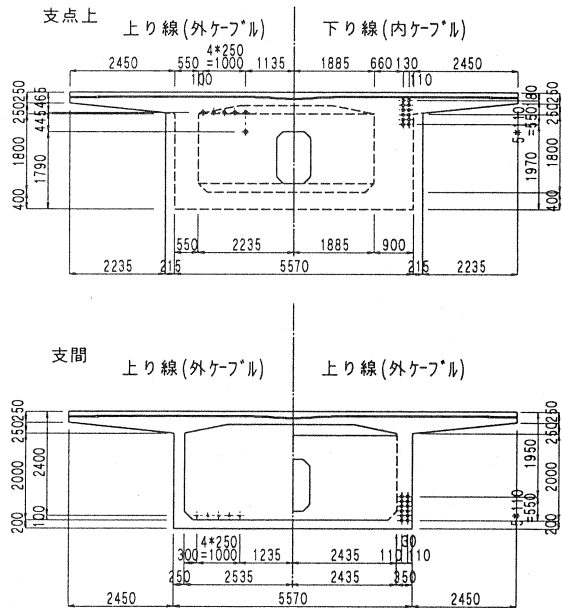


図-4 PC鋼材配置断面図

(2)鋼材本数の検討

緊張方法は、全て終点側(P24)からの片引きとした。片引きにより不足する緊張力は、起点側の側径間鋼材(P21~P22)を2本配置し調整を行った。鋼材本数は、中央径間中央の斜引張応力度で決定し、連続鋼材10本、側径間鋼材2本とした(図-4、5)。中間支点ウエブ厚は、中間支点付近の斜引張応力度が20kgf/cm²程度となる550mmとした。

また、両引きが可能であれば、鋼材本数は10本となりウエブ厚は500mmとなる。

(3)許容ひび割れ幅の検討

橋軸方向鉄筋として床版の必要鉄筋および主桁の引張鉄筋を配置することにより、ひび割れ幅はすべて許容ひび割れ幅を満足している。

表-2 斜引張応力度表(上り線全外ケーブル)
(kgf/cm²)

鋼材本数	10本	12本			
ウェブ厚	標準部	250			
	支点部	700	600	550	500
P22支点付近	-21.3	-16.5	-18.5	-19.7	-21.1
中央径間中央	-28.6	-21.8	-21.8	-21.9	-21.9
P23支点付近	-20.6	-15.6	-17.5	-18.8	-20.2



図-5 PC鋼材配置図

(4)偏向部の検討

アウトケーブルの偏向は無垢断面の中間支点横桁および中間隔壁を利用して行った。中間隔壁は各径間に2箇所配置し集中偏向を行った。偏向部の検討は簡易法により行い、中間支点横桁は橋軸方向の部材厚があるため、特に大きな補強の必要はなかったが、中間隔壁は隔壁厚60cm、偏向部厚120cmとなった。

表-3 主要数量表

項目	単位	上り線 (外ケーブル)	下り線 (内ケーブル)	摘要
コンクリート	m ³	1,028.2	1,065.7	36N/mm ²
型 枠	m ²	3,439.9	3,354.7	
鉄 筋	t	173.2	158.5	SD345
PC鋼材	12S12.7B	kg	30,191.5	SWPR7B
	12S15.2B	kg	19,133.4	SWPR7B
	1S19.3	kg	6,059.9	SWPR19
	1S21.8	kg	292.6	292.6

8. 主要数量

主要数量を表-3に示す。

9. 設計のまとめ

全内ケーブル構造と全外ケーブル構造の相違点として以下のことがいえる。

- ①ウェブ部材厚が薄くできる反面、偏向部が大きくなるが軽量化が図れる。
部材断面により6%減少、偏向部により3%増加、合計3%減少
- ②PC鋼材の摩擦による減少が少なくなるためPC鋼材量が減少する。
片引きの場合37%減少、両引き緊張が可能な場合で29%減少
- ③PC鋼材と部材との付着が期待できないため軸方向の鉄筋量が増加する。また、偏向部の鉄筋も必要となる。
橋体の鉄筋量で9%増加

また、設計上の留意点としては、本橋は直線で斜角も無かったためねじりに対する検討を行わなかったが、斜橋や曲線橋の場合は、ねじりに対する検討を行った結果、部材寸法があまり薄くならず軽量化を図れない場合がある。

10. おわりに

本橋は平成12年4月の完成を目指して鋭意施工中であります。本橋の設計施工に際し多大なご指導およびご尽力をいただいた関係各位にこの場を借りて感謝の意を表する次第です。