

(149) 日本海沿岸東北自動車道 阿賀野川橋の設計 -プレキャストセグメント工法-

日本道路公団 北陸支社 菅 浩一  
 日本道路公団 北陸支社 新潟工事事務所 神田 一夫  
 会員 鹿島・川田・飛島共同企業体 岡本 裕昭  
 鹿島・川田・飛島共同企業体 ○浅野 星人

1. はじめに

阿賀野川橋は、新潟市と青森市とを日本海に沿って結ぶ「日本海沿岸東北自動車道(日沿道)」の一部を成し、新潟市境の阿賀野川を渡る橋長951mの12径間連続PC箱桁橋である。13橋脚のうち、中央の7橋脚については主桁と橋脚の結合方式にラーメン構造が採用され、上部工の施工にはプレキャストセグメント工法が採用されている。セグメント製作にはロングラインマッチキャスト方式、架設にはエレクションガーダーを用いたバランスドカンチレバー工法を基本とし、一部、スパンバイスパン工法が採用されている。

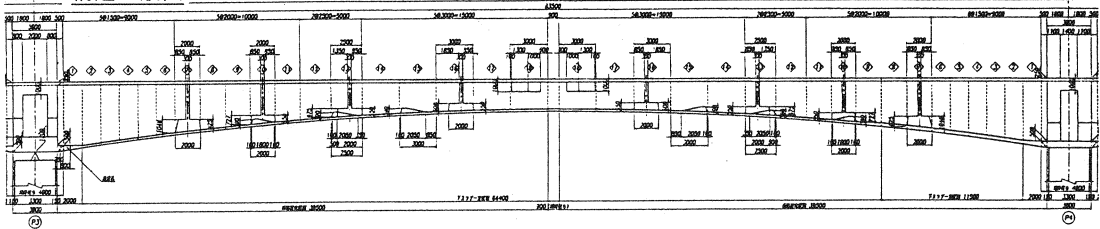
本論文では、詳細設計業務での特徴的な以下の項目について記す。

- ①支点沈下の検討②耐震設計③接合キーの設計

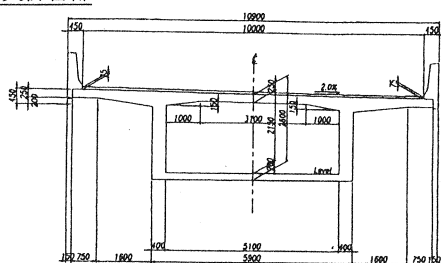
2. 橋梁概要

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 工事名 : 日本海沿岸東北自動車道<br>阿賀野川橋(PC上部工)工事  | 有効幅員 : 9.250~10.750m  |
| 橋長 : 951.000m                        | 斜角 : 90°00' ~ 87°00'  |
| 桁長 : 950.800m                        | 横断勾配 : 2.000%~2.356%  |
| 道路規格 : 第一種第二級B規格                     | 縦断勾配 : 0.984%~0.360%~1.300%   |
| 荷重 : B活荷重                            | コンクリート : 上部工 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$<br>下部工 $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ |
| 形式 : 12径間連続PC箱桁橋                     | PC鋼材 : SWPR7BL 12S12.7B、12S15.2B、19S15.2B                                       |
| 支間 : 69.2m+69.0m+8@83.5m+71.0m+72.2m | SWPR19L 1S21.8  |

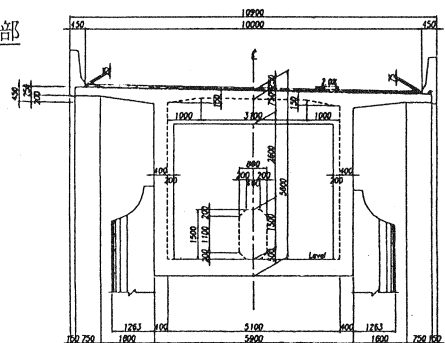
構造一般図



中央併合部



柱頭部



3. 支点沈下の検討

本橋の橋梁基礎は杭基礎 (P1, 2, 13) とケーソン基礎 (P3~12) であり、表1に示すAs3層 (平均N値34) を支持層としている。しかしながら、支持層としている砂層の下には10m以上の粘性土層が存在し、圧密沈下を起こす可能性がある。さらに橋梁の縦断線形を考慮した場合、砂層の沈下量も考慮して上げ越し量を決定する必要がある。

そこで、本橋では、表-3.1に示す土性値の平均値で、施工時荷重増分段階を追いかけた沈下検討を実施した。荷重-時間関係を図-3.1に示す。その結果、砂層を含む全体沈下量は13~15cm程度と予測される。(図-3.2)

表1 物理的、力学的性質

| 土層名           | N値の分布        | 物理試験結果                                  |                   |                           |               |              | 力学試験結果                               |                                   |   |                     |
|---------------|--------------|---|-------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------|
|               |              | 湿潤密度<br>$\gamma_s$<br>g/cm <sup>3</sup> | 含水比<br>$w_n$<br>% | 粒度分布<br>%                 | 液性限界<br>WL    | 塑性指数<br>Ip   | 一軸強度<br>$q_u$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | 粘着力<br>代表値<br>kgf/cm <sup>2</sup> | 圧密降伏<br>応力 $P_c$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | 圧縮指数<br>Cc          |
| As3層<br>(砂)   | 8~75<br>(34) | 1.95                                    | 24~54             | -                         | -             | -            | -                                    | -                                 | -                                       | -                   |
| Ac4層<br>(粘性土) | 8~28<br>(14) | 1.80                                    | 35~49             | 砂(20)<br>シル(49)<br>粘土(31) | 34~67<br>(51) | 5~35<br>(25) | 2.14~3.52<br>(3.00)                  | 1.00                              | 4.44~<br>11.00<br>(8.2)                 | 0.36~0.58<br>(0.43) |
| Ac5層<br>(粘性土) | 9~38<br>(14) | 1.85                                    | 35~40             | 砂(17)<br>シル(47)<br>粘土(36) | 37~62<br>(47) | 9~26<br>(20) | -                                    | 0.70                              | 4.55                                    | 0.44                |

表中、( )内の数値は平均値を示している。

沈下予想の結果をふまえて、相対沈下量にバラツキが出ないようにするためP1とP13橋脚の支点沈下量を結んで各橋脚の支点沈下分の上げ越し量を算出した。

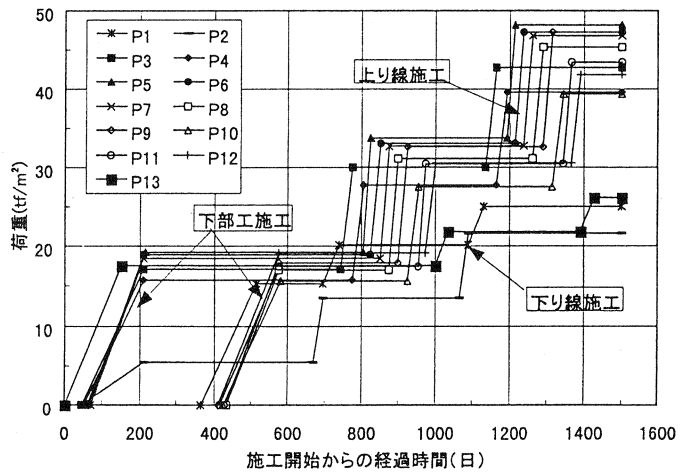


図-3.1 荷重-時間関係

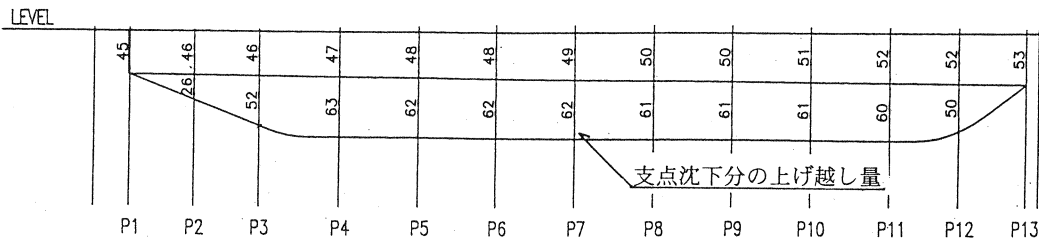
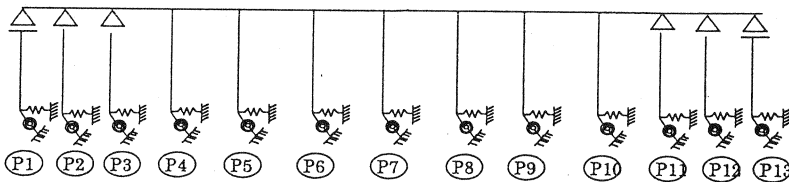


図-3.2 各橋脚の全体沈下量と上げ越し量 (支点沈下分: 単位 mm)

#### 4. 耐震設計

本橋は、13橋脚のうちP4～P10までの7橋脚がラーメン構造である連続桁橋であることから、地震時の挙動が複雑な橋であると考え、本耐震設計では時刻歴応答解析法(地震時保有水平耐力法レベル)により検討を行った。なお、本設計は上部工詳細設計の一部であることから、橋脚などの下部工に関する検討は照査と位置付け、主として上部工に関する検討を行うものとする。解析モデルのイメージ図を以下に示す。

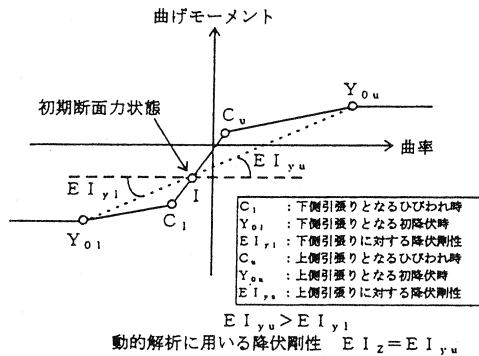
主桁: 全断面有効の剛性を用いた線形部材



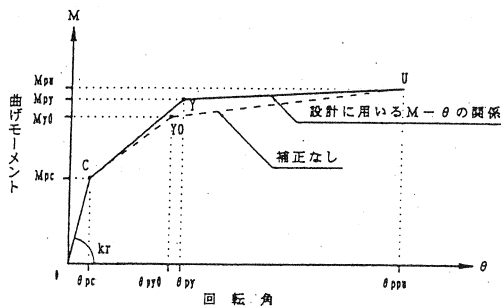
橋脚: 全断面有効の剛性を用いた線形部材

##### 4.1 橋軸方向部材のモデル化

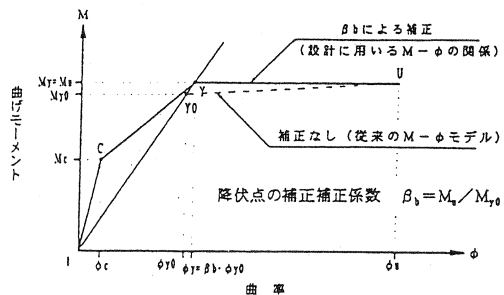
①主桁: 曲げモーメント・曲率関係において初期断面力時と初降伏時とを結び降伏剛性を用いた線形部材にモデル化した。



②橋脚: 塑性ヒンジが生じると予想される橋脚上端・下端の塑性ヒンジ領域の中央には、非線形回転バネを設ける。それ以外の領域については非線形梁要素でモデル化する。履歴特性は武藤モデルを用いた。塑性ヒンジと部材の非線形モデルは設計要領第二集に従って、以下のようにモデル化した。



塑性ヒンジの曲げモーメントと回転角の関係



部材の曲げモーメントと曲率の関係

##### 4.2 入力地震動

入力波形は、過去に観測された地震動を振幅調整して用い、タイプ1およびタイプ2ともに3波形用いて解析を行い、得られた応答値はタイプ1、2毎に平均化し、部材に対して危険側となる応答値を設計値として用いた。

### 4.3 検討結果

ここでは、橋軸方向の曲げモーメントに対する検討結果および橋軸直角方向のせん断力に対する検討の概要を示す。

#### 1) 曲げモーメントに対する検討(橋軸方向)

曲げモーメントに対しては、初降伏曲げモーメント以下であることおよび曲率が過度に大きくないことを検討した。なお、本橋はセグメントブロック構造であり、セグメントの継目には連続した鉄筋はなく、PC鋼材のみが耐力に寄与する。正曲げ(下縁引張)に対して鋼材が下縁に配置されている支間中央付近での降伏曲率は約-0.003(1/m)、負曲げ(上縁引張)に対して鋼材が上縁に配置されている柱頭部付近での降伏曲率は約0.004(1/m)であることから、許容曲率を以下とした。

$$-0.003 < \phi > 0.004 \quad (1/m)$$

曲げモーメント分布と地震力作用時の曲率分布図を示す。なお、曲率は以下のように算出した。

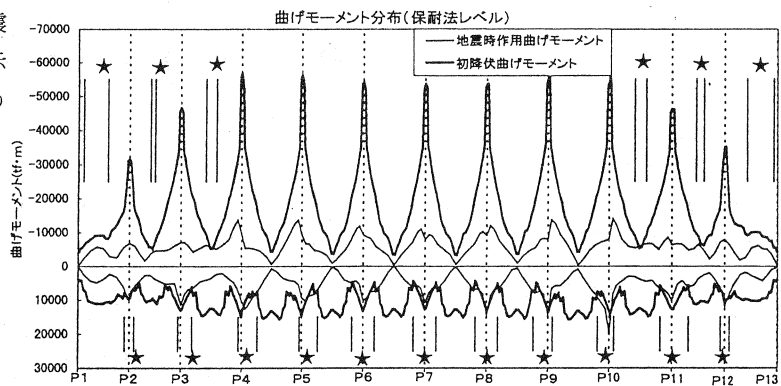
$$\phi = M/EI$$

$\phi$  : 地震力作用時の曲率

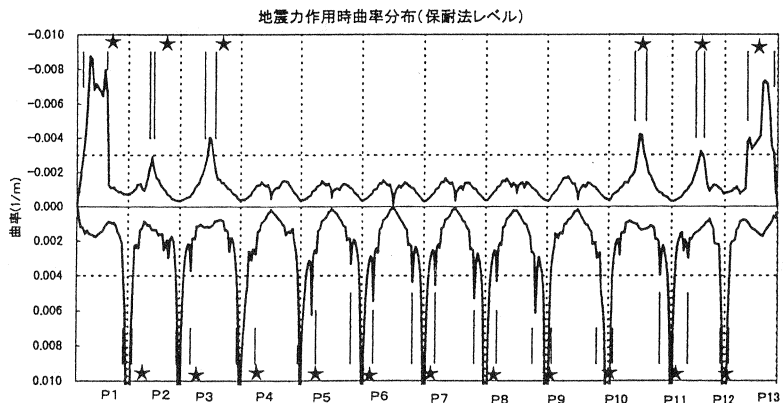
M : 地震時作用曲げ

モーメント

EI : 降伏剛性



★印は、曲げ耐力が不足しているもしくは曲率が過度に大きいため、補強が必要とされる範囲である。そこで補強鋼材として12S15.2を下床版内に配置した。



#### 2) セグメント継目部のせん断力の検討(橋軸直角方向)

作用断面力として以下のものを考慮する。

①死過重時に生じている主方向のせん断力      ②直角方向地震時のせん断力

③直角方向地震時のねじりモーメントによるせん断力

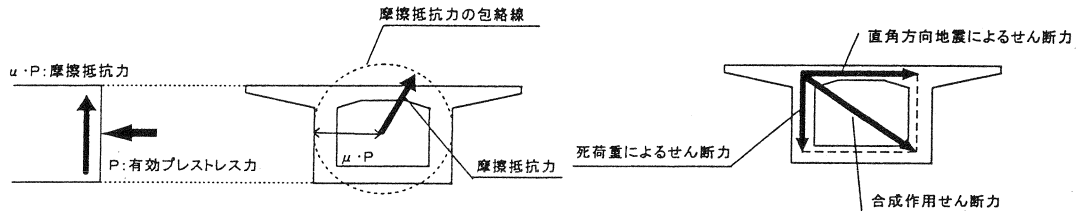
抵抗せん断力として以下のものを考慮する。

④有効プレストレス力による摩擦力

⑤せん断キーで負担できるせん断力

上記①、②に対しては④で抵抗させ、③は⑤で抵抗させる。

検討の結果、すべての断面で①+②<④となった。またねじりモーメントが有効プレストレスを上回る断面についても⑤を考慮することにより、セグメント継目部の安全性が確認できた。



### 5. 接合キーの設計

プレキャストセグメントにおける主方向の設計の特色として、ここでは、ウェブに配置した結合キーの設計について示す。

本橋ではプレキャストセグメントの継目部分に多段接合キーを用いる。せん断応力度の照査は架設時と終局荷重作用時について行う。各設計時での許容値を表-5.1に示す。

表-5.1 各設計値での許容値

|         | せん断応力度                |
|---------|-----------------------|
| 架設時     | 15kgf/cm <sup>2</sup> |
| 終局荷重作用時 | 20kgf/cm <sup>2</sup> |

#### 5.1 架設時の検討

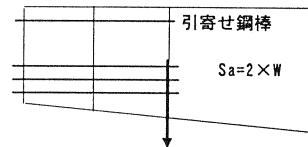
本橋は主径間をバランスドカンチレバー工法、側径間の一部をスパンバイスパン工法によって施行する。各工法毎に検討方法を示す。

##### (a) 主径間部(バランスドカンチレバー工法)

本橋では2個のセグメントを引き寄せ鋼棒で引き寄せた後、架設ケーブルで定着する。架設ケーブルで定着するまではセグメント継目部のせん断力を結合キーで受け持つと考える。

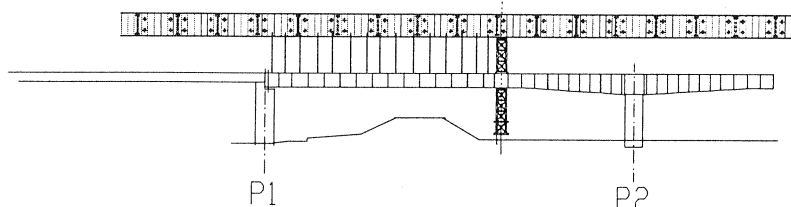
セグメントの重量を最大 60.0t (デビエータ等を含む) とすると、せん断力は、  
 $S_a = 60.0 \times 2 = 120.0$  (tf) となる。

2個目のセグメントを架設する場合



##### (b) 側径間部(スパンバイスパン工法)

本橋では側径間をスパンバイスパン工法で架設する。P1P2 (P12P13) 間に仮支柱を設けて、エレクションガーダーで側径間の13セグメントを全て吊るす。その時考えられる検討ケースを以下に示す。



検討ケース

I. エレクションガーダーでセグメントを吊っている状態で一本の吊ケーブルが効かない場合:

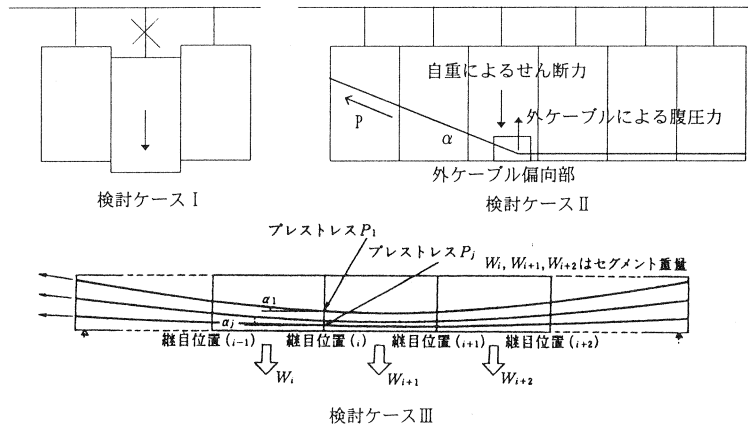
$$S = \text{MAX}(W_i, W_{i+1}) / 2$$

II. エレクションガーダーでセグメントを吊っている状態で曲げ角度が一番大きい外ケーブルを緊張する場合:

$$S = |S_d - P_i \sin \alpha_i|$$

III. エレクションガーダーでセグメントを吊っている状態で側径間全体が反り上がった場合:

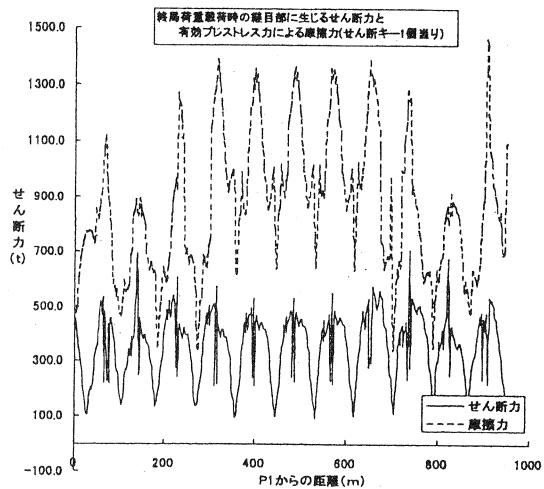
$$S = |S_d - \sum P_j \sin \alpha_j|$$



以上の検討の結果、最大せん断力はIIIの場合で 201.2tf となった。

5.2 終局荷重作用時の検討

終局荷重作用時におけるセグメント継目部の検討は、継目部に作用するねじりモーメントを考慮したセグメント継目各断面のせん断力とプレストレスによる摩擦抵抗とを比較する。せん断力と摩擦抵抗との関係を以下に示す。その結果、終局荷重時にはプレストレス力による摩擦抵抗力がせん断力より全ての断面において勝っている。



6. あとがき

今年7月からセグメント製作にとりかかり、8月中旬から架設を行う予定である。

今後、本橋の施工事例を逐次報告する予定である。

参考文献

日本道路公団 設計要領第二集

(社)日本道路協会 道路橋示方書・同解説 III コンクリート編、V 耐震設計編 平成8年12月

土木学会 コンクリート標準示方書 設計編 平成8年

(社)プレストレスト・コンクリート技術協会 外ケーブル構造・プレキャストブロック工法設計施工規準(案) 平成8年3月

(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋 設計・施工指針(案) 平成7年12月