

(26) 新川高架橋の設計・施工報告

| | | |
|---------|----------|-----------|
| 日本道路公団 | 札幌建設局 | 松山義光 |
| 日本道路公団 | 札幌工事事務所 | 林 康啓 |
| ピーシー桥梁㈱ | 東京支店 工事部 | 松島 良 |
| ピーシー桥梁㈱ | 技術部 設計課 | 正会員 ○中村定明 |

1. はじめに

新川高架橋（P23-P1径間）は、北海道横断自動車道俱知安鈎路線に架かる橋長141.0mの6径間連続ラーメン2主版桁橋である。本橋の特色は、下部工に新しい基礎形式として一枚壁の基礎（以下壁基礎と呼ぶ）が採用された事である。壁基礎は、構造上フーチングを必要としない為、狭いスペースでの施工が可能になり、掘削量を減少できる等の利点がある。特に都市内の高速道路の施工に適していると考えられる。しかし現時点では施工実績も少なく、上部工の設計・施工においても壁基礎の性状を考慮した検討を行う必要があった。

そこで、本報告では特に壁基礎を有するPC多径間連続ラーメン橋の上部工設計・施工に関して”壁基礎の変位に関する上部工施工方法の検討”および”地盤ばね値の違いが各部材の断面力に及ぼす影響についての検討”を中心に報告を行う。

全体一般図を図-1、完成写真を写真-1に示す。

2. 工事概要

工事名：札幌自動車道 新川高架橋他1橋
 （PC上部工）工事
 路線名：北海道横断自動車道俱知安鈎路線
 場 所：北海道札幌市北区新川
 工 期：平成元年9月～平成4年8月
 発注者：日本道路公団札幌建設局

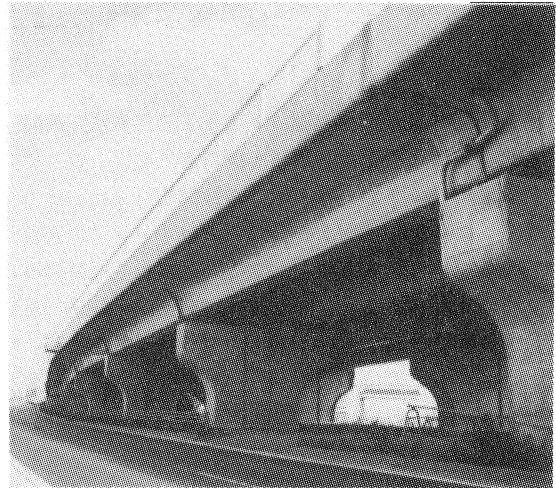


写真-1 完成写真

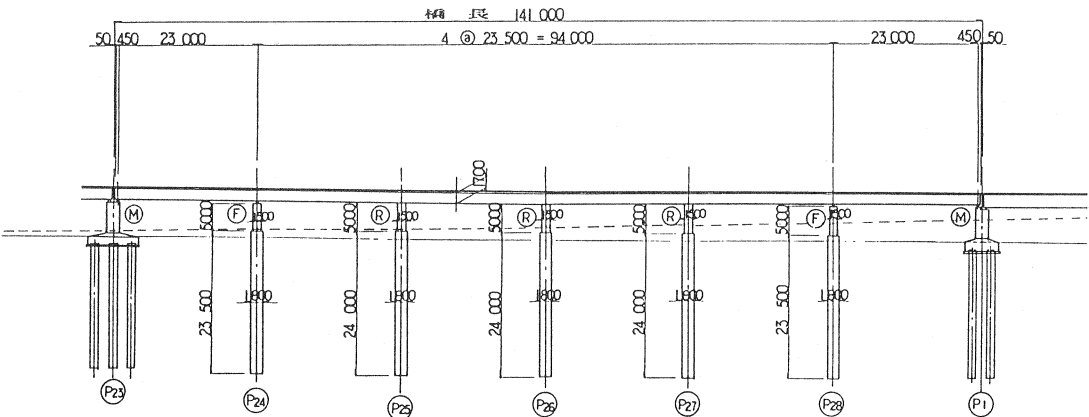


図-1 全体一般図

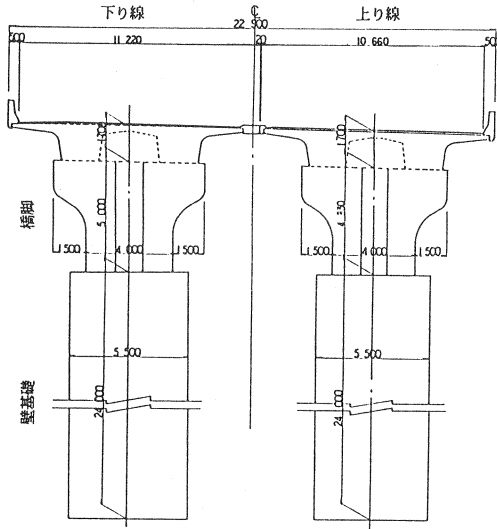


図-2 支点断面図 (P25橋脚)

表-1 設計条件

| 設計条件 | |
|------|--|
| 橋長 | 141.000m (P23-P1) |
| 桁長 | 140.900m |
| 道路区分 | 第1種3級 |
| 荷重 | TL-20, TL-43 |
| 型式 | PC6径間連続ラーメン2主版桁橋 |
| 文間 | 23.000m+4@23.5000m+23.000m |
| 有効幅員 | 標準部19.500m(9.750m+9.750m) 縮小部18.500m(9.250m+9.250m) |
| 斜角 | 9°00'00" |
| 横断勾配 | ∇2.000%~1.417% |
| 縦断勾配 | ∇0.300%~∇0.3659% |
| 設計震度 | KH=0.19, Kv=0.0 |

3. 設計・施工概要

3-1 壁基礎の変位に関する上部工施工方法の検討

本橋の上部工施工は、隣接工区の施工順序と壁基礎の変位を考慮して、図-3の2ケースについて検討を行った。

表-2に各々の検討ケースでのプレストレスの残留クリープおよび残留乾燥収縮によって生じると予想される壁基礎の水平変位を示す。この表から、P24、P25およびP28の壁基礎において6分割施工による変位量は、3分割施工の変位量より大きい。また3分割施工においても、変位の合計は許容値に対してあまり余裕がなく残留クリープ・乾燥収縮による変位の少ない施工方法が望ましい。そこで、本橋の上部工施工は壁基礎に過度の水平変位を生じさせない3分割施工を採用した。

表-2 上部工施工方法の違いによる壁基礎の水平変位

残留クリープ・乾燥収縮による変位δ1 (mm)

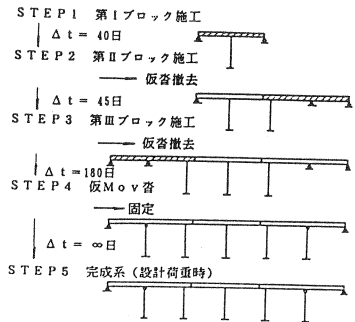
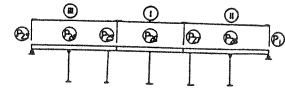
| | P24 | P25 | P26 | P27 | P28 |
|---------|--------|-------|--------|--------|---------|
| ① 3分割施工 | 9.721 | 6.102 | 0.477 | -5.754 | -9.242 |
| ② 6分割施工 | 11.759 | 7.877 | -0.040 | -7.297 | -10.432 |

変位の合計(自重+地震+残留クリープ・乾燥収縮) (mm)

| | P24 | P25 | P26 | P27 | P28 |
|---------|------|------|------|------|------|
| ① 3分割施工 | 27.3 | 25.9 | 20.9 | 25.5 | 26.8 |
| ② 6分割施工 | 29.3 | 27.6 | 20.4 | 27.1 | 28.0 |

許容変位量 $\delta a = B \times 0.005 = 5500 \times 0.005 = 27.5 \text{mm}$

3分割り方施工



6分割り方施工

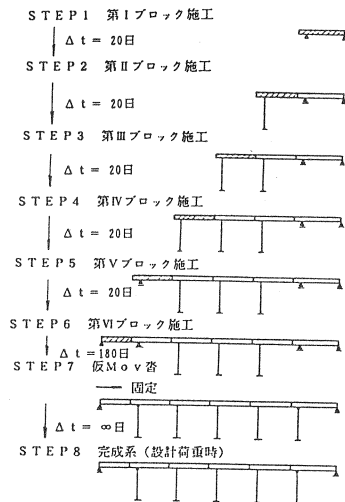
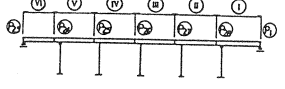


図-3 上部工施工方法

3-2 地盤ばね値の違いが各部材の断面力に及ぼす影響についての検討

壁基礎を有する多径間連続ラーメン橋は、地盤ばね値(地盤反力係数)の違いが各部材の断面力に及ぼす影響が大きく、地盤ばね値にある程度幅をもたせて各部材の応力を照査する必要があると報告されている。本橋の設計においては、これらを考慮して、土質調査で得られた代表的なばね値(以下1Kと呼ぶ)、1Kを2倍したばね値(以下2Kと呼ぶ)および追加ボーリングにより得られたばね値(以下個別ばねと呼ぶ)について断面力を比較し、各部材の断面力に及ぼす地盤ばねの影響を検討した。解析モデルは図-4に示す平面骨組みモデルとし、壁基礎部は弾性支承上の梁モデルとして解析した。尚、地盤ばね値は、式-1に示す算出式より算出した。ここで、式中の補正係数Cは、本橋の壁基礎を対象に静的および動的載荷試験より求められた補正係数である。(1) 表-3に各々の壁基礎の水平方向地盤ばね値の算出結果を示す。この表より、1Kと個別ばねを比較した場合、P26脚のAC1層下層において1Kのばね値が $K=0.11\text{kgf/cm}^2$ に対し、個別ばねでは $K=0.58\text{kgf/cm}^2$ と、約5倍となり、各橋脚で地盤ばね値かなりばらついているのがわかる。

表-4に各部材の断面力の計算結果を、また図-5に地震荷重による壁基礎天端の変位量を示す。表-4および図-5から以下の点が考察される。

式-1 地盤ばね値算出式

(1) 水平方向地盤反力係数
 ・面外方向(横軸方向)
 $K_{H1} = K_{H0}(B/30) \cdots \cdots$
 ここに、
 K_{H1} : 面外水平方向地盤反力係数(kgf/cm²)
 K_{H0} : 直径30cmの剛体円盤による平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数で次式より求める。
 $K_{H0} = 1/30 \cdot \alpha \cdot E_0 \cdot C$
 B : 面内方向幅(cm)
 α : 地盤反力係数の推定に用いる定数、表-1解1に示す。
 表-1解1 E₀と α の値

| E ₀ (kgf/cm ²) | α | |
|---|----------|-----|
| | 常時 | 地震時 |
| 直径30cmの剛体円盤による平板載荷試験の補正曲線から式により求めた変形係数1/2 | 1 | 2 |
| 平面内グリッド内で測定した変形係数 | 4 | 8 |
| 供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数 | 4 | 8 |
| 標準貫入試験のN値より $E=28N$ で推定した変形係数 | 1 | 2 |

・道路橋示方書IV編
 E_0 : 表-1解1に示す方法で測定または設計の対象とする位置での地盤の変形係数(kgf/cm²)
 C : 壁基礎の載荷試験より求めた補正係数
 常時 $C=1$ 、地震時 $C=0.63$

(2) 鉛直方向地盤反力係数
 $K_v = K_v0(B_v/30) \cdots \cdots = 12.8K_v0B_v \cdots \cdots$
 ここに、
 K_v : 鉛直方向地盤反力係数(kgf/cm²)
 K_v0 : 直径30cmの剛体円盤による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数で次式より求める。
 $K_v0 = 1/30 \cdot \alpha \cdot E_0$
 B_v : 基礎の概算載荷幅(cm)
 $B_v = f \cdot A_v$
 A_v : 鉛直方向の概算面積(cm²)
 α, E_0 : (1)に同じ

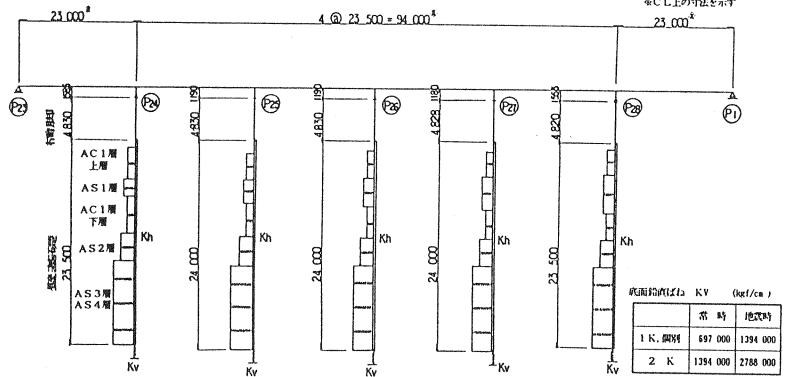


図-4 構造解析モデル

表-3 水平方向地盤ばね値

| 地層 | バネの種類 | P'24脚 | | | | P'25脚 | | | | P'26脚 | | | | P'27脚 | | | | P'28脚 | | | |
|--------|-------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | E ₀ | | K値 | | E ₀ | | K値 | | E ₀ | | K値 | | E ₀ | | K値 | | E ₀ | | K値 | |
| | | m | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² | m | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² | m | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² | m | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² | m | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² |
| AC1層上層 | ①1K | 3.60 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 3.33 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 3.15 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 2.87 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 2.87 | 6.00 | 0.09 | 0.11 |
| | ②2K | 3.60 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 3.33 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 3.15 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 2.87 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 2.87 | 12.00 | 0.18 | 0.22 |
| | ③個別 | 3.72 | 10.00 | 0.15 | 0.19 | 3.52 | 10.00 | 0.15 | 0.19 | 3.42 | 10.00 | 0.15 | 0.19 | 2.73 | 10.00 | 0.15 | 0.19 | 2.62 | 10.00 | 0.15 | 0.19 |
| AS1層 | ①1K | 2.00 | 20.00 | 0.30 | 0.38 | 2.60 | 20.00 | 0.30 | 0.38 | 3.20 | 20.00 | 0.30 | 0.38 | 3.80 | 20.00 | 0.30 | 0.38 | 4.40 | 20.00 | 0.30 | 0.38 |
| | ②2K | 2.00 | 40.00 | 0.60 | 0.76 | 2.60 | 40.00 | 0.60 | 0.76 | 3.20 | 40.00 | 0.60 | 0.76 | 3.80 | 40.00 | 0.60 | 0.76 | 4.40 | 40.00 | 0.60 | 0.76 |
| | ③個別 | 1.70 | 14.50 | 0.21 | 0.28 | 2.60 | 18.40 | 0.28 | 0.35 | 1.80 | 22.20 | 0.33 | 0.42 | 4.50 | 15.90 | 0.24 | 0.30 | 5.20 | 9.50 | 0.14 | 0.18 |
| AC1層下層 | ①1K | 4.20 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 3.70 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 3.50 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 3.30 | 6.00 | 0.09 | 0.11 | 3.00 | 6.00 | 0.09 | 0.11 |
| | ②2K | 4.20 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 3.70 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 3.50 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 3.30 | 12.00 | 0.18 | 0.22 | 3.00 | 12.00 | 0.18 | 0.22 |
| | ③個別 | 1.70 | 10.00 | 0.15 | 0.19 | 4.10 | 20.30 | 0.31 | 0.39 | 4.80 | 30.50 | 0.46 | 0.58 | 2.80 | 26.30 | 0.40 | 0.50 | 2.50 | 22.00 | 0.33 | 0.42 |
| AS2層 | ①1K | 3.10 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.30 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.20 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.10 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.00 | 50.00 | 0.75 | 0.95 |
| | ②2K | 3.10 | 100.00 | 1.50 | 1.90 | 3.30 | 100.00 | 1.50 | 1.90 | 3.20 | 100.00 | 1.50 | 1.90 | 3.10 | 100.00 | 1.50 | 1.90 | 3.00 | 100.00 | 1.50 | 1.90 |
| | ③個別 | 6.00 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.30 | 100.00 | 0.75 | 0.95 | 3.10 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.10 | 50.00 | 0.75 | 0.95 | 3.20 | 50.00 | 0.75 | 0.95 |
| AS3層 | ①1K | 9.64 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 9.75 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 9.75 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 9.74 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 9.56 | 168.00 | 2.53 | 3.20 |
| | ②2K | 9.64 | 336.00 | 5.06 | 6.40 | 9.75 | 336.00 | 5.06 | 6.40 | 9.75 | 336.00 | 5.06 | 6.40 | 9.74 | 336.00 | 5.06 | 6.40 | 9.56 | 336.00 | 5.06 | 6.40 |
| | ③個別 | 7.34 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 7.30 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 7.50 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 7.50 | 168.00 | 2.53 | 3.20 | 7.20 | 168.00 | 2.53 | 3.20 |
| AG4層 | ①1K | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | ②2K | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | ③個別 | 2.08 | 308.00 | 4.64 | 5.86 | 2.18 | 308.00 | 4.64 | 5.86 | 2.18 | 308.00 | 4.64 | 5.86 | 2.18 | 308.00 | 4.64 | 5.86 | 2.11 | 308.00 | 4.64 | 5.86 |

- ①死荷重における2Kの断面力は、1Kの断面力に対して桁部で4%程度増減し、脚および基礎部では増加する傾向であるが、その値は小さい。
- ②地震荷重における2Kの断面力は、1Kの断面力に対し桁部で20%程度減少する。脚頭部では15%程度減少し、脚下端では35%程度減少する。さらに基礎部では10%程度減少する。
- ③温度変化、残留クリープ・乾燥収縮における2Kの断面力は、1Kの断面力に対し20%~30%程度増加する傾向であるが、その値は小さい。
- ④各荷重における個別ばねの断面力は、ほとんど1Kと2Kの間にある。
- ⑤各荷重の合計(死荷重+地震+温度+クリープ・乾燥収縮)における最大断面力は、ほとんど1Kと2Kのケースで生じている。
- ⑥地震荷重における壁基礎の変位は、1Kのケースで最大値となる。

以上の点より本橋においては、地盤ばね値のばらつきはかなり見られるものの個別ばねによる断面力は、ほとんど1Kと2Kの間にあり、1Kから2K程度地盤ばねの変動を考慮すれば地盤変化による応力変動に対処できるものと考えられる。

また壁基礎の変位に対しては、1Kのケースで検討を行えば安全側の設計となる。

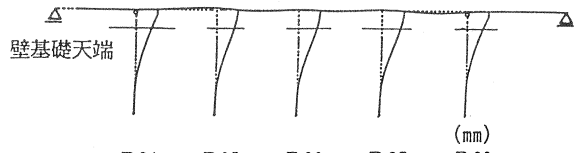
表-4 各地盤ばね値での断面力

| | 死荷重 | | | | 地震荷重 | | | | 温度変化 | | | | 残留クリープ・乾燥収縮 | | | | 死+地+温度+ク+乾 | | | | | | | |
|---|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| | ①1K | | ②2K | | ③バネ | | ④/① | | ①1K | | ②2K | | ③バネ | | ④/① | | ①1K | | ②2K | | ③バネ | | ④/① | |
| | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | 値 | |
| 桁 | ① | 791 | 767 | 791 | 1.00 | 32 | 26 | 27 | 0.84 | 1 | 1 | 0 | 0.00 | 4 | 3 | 2 | 0.75 | 828 | 797 | 820 | 0.96 | 0.96 | 0.99 | 1.07 |
| | ② | -971 | -1018 | -971 | 1.00 | 64 | 51 | 54 | 0.84 | 3 | 2 | 0 | 0.00 | 8 | 6 | 4 | 0.50 | -896 | -959 | -913 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.04 |
| | ③ | -971 | -1018 | -971 | 1.00 | 155 | 144 | 153 | 0.99 | 30 | 41 | 32 | 1.37 | 60 | 81 | 66 | 1.10 | -726 | -752 | -720 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| | ④ | -1001 | -986 | -1001 | 1.00 | -465 | -408 | -436 | 0.94 | -75 | -92 | -78 | 1.04 | -155 | -190 | -161 | 1.04 | -1696 | -1676 | -1676 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| | ⑤ | -1013 | -1005 | -1013 | 1.00 | 760 | 671 | 727 | 0.96 | 78 | 98 | 77 | 0.99 | 165 | 206 | 164 | 0.99 | -10 | -30 | -45 | 4.50 | 3.00 | 4.50 | 4.50 |
| 脚 | ⑥ | -1014 | -1019 | -1014 | 1.00 | -692 | -615 | -683 | 0.89 | -42 | -55 | -39 | 0.93 | -91 | -120 | -86 | 0.95 | -1839 | -1809 | -1822 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| | ⑦ | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — |
| | ⑧ | 10 | 17 | 10 | 1.00 | -1066 | -922 | -1004 | 0.86 | -132 | -160 | -132 | 1.21 | -276 | -334 | -277 | 1.21 | -1464 | -1399 | -1403 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| | ⑨ | -2 | -1 | -2 | 1.00 | -1212 | -1060 | -1178 | 0.87 | -7 | -9 | -3 | 0.43 | -19 | -24 | -1 | 0.05 | -1240 | -1094 | -1184 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 |
| | ⑩ | 0 | 0 | 0 | — | 324 | 330 | 350 | 1.02 | 84 | 119 | 100 | 1.42 | 160 | 227 | 189 | 1.18 | 568 | 676 | 639 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.19 |
| 床 | ⑪ | 6 | 10 | 6 | 1.00 | -376 | -239 | -310 | 0.64 | -45 | -40 | -39 | 0.87 | -95 | -83 | -82 | 0.87 | -510 | -352 | -425 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| | ⑫ | -2 | -1 | -2 | 1.00 | -449 | -298 | -366 | 0.66 | -3 | -3 | -1 | 0.33 | -7 | -6 | 0 | 0.00 | -461 | -308 | -369 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| | ⑬ | 0 | 0 | 0 | — | 672 | 637 | 721 | 0.95 | 167 | 222 | 201 | 1.33 | 317 | 421 | 381 | 1.20 | 1156 | 1280 | 1303 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.11 |
| | ⑭ | -2 | -3 | -2 | 1.00 | 695 | 634 | 649 | 0.91 | 86 | 113 | 87 | 1.31 | 180 | 237 | 183 | 1.32 | 961 | 984 | 917 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| | ⑮ | -1 | -1 | -1 | 1.00 | 708 | 649 | 717 | 0.92 | 4 | 5 | 2 | 0.50 | 12 | 16 | 2 | 0.17 | 723 | 669 | 720 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

※ MAXを示す

4. あとがき

本橋の壁基礎、橋脚および桁施工は、本検討結果を受けて実施され、平成4年8月に無事完成した。壁基礎とラーメン構造との組合せは、構造的に十分対応できるものであり、今後市街地での施工において有効な施工方法となりうると思われる。最後に本橋の設計・施工にあたり多大な御指導・



| | | P24 | P25 | P26 | P27 | P28 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| 1 | K | 15.8 | 18.4 | 19.0 | 18.3 | 15.8 |
| | 個別ばね | 13.1 | 15.7 | 15.9 | 15.7 | 13.8 |

図-5 地震荷重に対する壁基礎の変位量

御尽力を頂いた関係各位に紙上をお借りして感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 高速道路技術センター, 札幌自動車道(札幌西~札幌) 壁基礎の設計・施工に関する検討, 1989.
- (2) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編, PP. 200-203, 1990.