

## 幸魂橋下部工における連壁基礎

## CONSTRUCTION OF CLOSED WALL FOUNDATION IN THE SAKITAMA BRIDGE

河田 寛行\*・内田 邦雄\*\*・木下 省三\*\*\*・磯貝 光章\*\*\*\*

By Hiroyuki KAWADA, Kunio UCHIDA, Syozo KINOSHITA and Mitsuaki ISOGAI

P 15 foundation in the Sakitama Bridge for a loop road around Tokyo, consists of a highway foundation and twin local road foundation. The Closed Wall Foundation by means of diaphragm wall was adopted for the highway foundation because it was provided between the caisson foundation of local road previously constructed. This method, the construction of closed wall foundation, enable to construct deep foundation safely without disturbing the surrounding soils, but it has less applications. Therefore, for further effective application, the design and construction method have been investigated during this work. This report is described about the result of design, construction and investigation for this work.

Keywords : closed wall Foundation, diaphragm wall, caisson

## 1. ま え が き

場所打ち鉄筋コンクリート地中連続壁（以下連壁という）工法は、開発（海外からの導入も含む）当初は遮水壁や仮設土留め壁としての利用が多かったが、壁体の信頼性が増大したことや、経済的に有利なこと等から本体構造物としての利用もされるようになってきている。なかでも、連壁のエレメント間を構造継手により結合して矩形や多角形などに閉合し、頭部に頂版を設けて構造物の基礎を築造する連壁基礎工法は、安全性等に問題があったケーソン工法に代わる基礎工法として注目されており、鉄道や高速道路などの高架橋基礎として採用される例が増加している。

一方、首都 15 km 圏を環状に囲む全長約 85 km の東京外郭環状道路（以下外環という）は、昭和 48 年度に工事に着手して以来急ピッチで工事が進められている。この外環は、図-1 に示すように都心に集中している各

国道や高速道路を横断的に結び、急激に増加している首都圏の道路交通を分散させる目的で計画された道路で、一般道路（一般部）と自動車専用道路（専用部）とが併設された構造となっている。

本稿は、この外環が埼玉県内において一級河川荒川を渡る幸魂大橋（さきたまおおはし：仮称）の基礎に採用した連壁基礎について、その設計・施工および各種調査について報告するものである。なお、この調査は技術活用パイロット事業（建設技術への新技術導入を積極的に

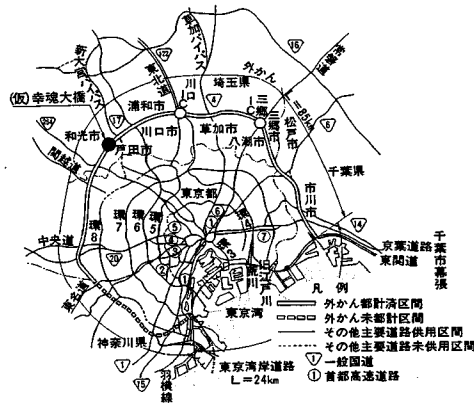


図-1 位置図

\* 建設省関東地方建設局北首都国道工事事務所設計課長  
(〒340 草加市花栗 3-24-15)

\*\* 建設省関東地方建設局宇都宮国道工事事務所工務課長  
(〒321 宇都宮市平松町 504)

\*\*\* (株) 熊谷組北関東支店埼玉土木工事業所作業所長  
(〒330 大宮市宮町 3-11)

\*\*\*\* 正会員 (株) 熊谷組技術研究所建築技術開発部主任研究員  
(〒162 新宿区津久戸町 2-1)

行い、その現場適応性、効率性、安全性、経済性等を検証し、建設技術水準の向上や効率的な事業執行に資することを目的として官民共同で行う事業）として関東地方建設局で承認され実施したものである。

## 2. 工事概要

### (1) 幸魂大橋概要

図一2に幸魂大橋の側面を示す。本橋は荒川および荒川調整池を渡る全長約1500mの橋梁で、上部工型式は調整池上が2径間連続斜張橋、他が連続鋼床版箱桁となっている。下部工型式はRC橋脚で、ニューマチックケーソン基礎、鋼管杭基礎、鋼管矢板井筒基礎および連壁基礎を採用している。

### (2) P15専用部基礎概要

連壁基礎は、本橋の下部工のうちP15の専用部基礎に採用した。これは、P15の専用部基礎が図一3に示すように、すでに施工済の一般部基礎（ニューマチックケーソンにより施工）に挟まれていることが大きな理由であった。このため、この条件に適合する基礎形式を種々検討した結果、断面形状が小さくて済み、近接施工性に優れ、安全性が高い連壁基礎を採用したものである。

当連壁基礎は、壁厚1.5m、実長25m、断面が13m×18mの日の字型をした、いわゆる二室型の基礎で、隔壁も構造継手により一体化している。この連壁基礎の上部に設ける頂版は厚さが4mで、その天端は調整池の池底高の関係から、現地盤高より約13.5mの深さにある。

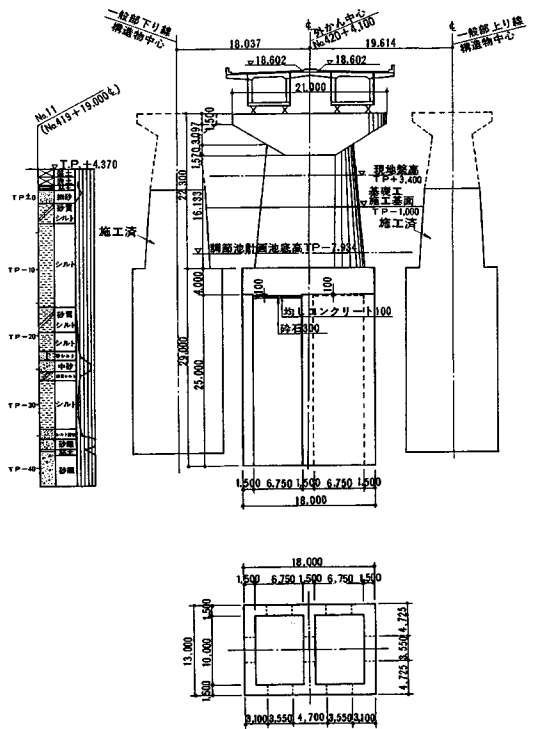
### (3) 地盤概要

当地は西側の武蔵野台地および東側の大宮台地に挟まれた荒川低地に位置しており、図一3中の土質柱状図に示すように、上部からN=0~5の軟弱な砂質シルトとシルトからなる有楽町層、N=5~40のシルトと中砂とからなる七号地層、そして最下部のN>50の東京層からなっている。基礎の先端はTP-38.97mで、この東京層を支持層としている。

## 3. 設計

### (1) 従来の設計法

これまで提案された連壁基礎の設計法としては、①国



図一3 P15基礎

鉄提案の設計法（以下国鉄法という）、②阪神高速道路公団提案の設計法、③基礎本体を弾性体として取り扱う設計法がある。表一1に設計実績が最も多い国鉄法による設計法の概要を示す。

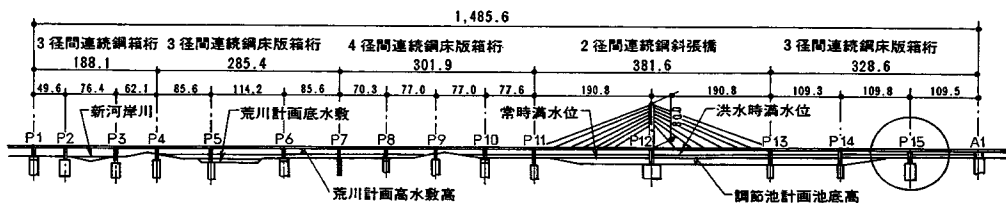
### (2) 当基礎の設計法

当基礎は国鉄法により設計することを基本としたが、国鉄法には下記に示す課題があると考えられた。

① 前後面の水平方向パネ ( $k_1$ ) の支持状態  
水平方向パネ ( $k_1$ ) が前後面から支えられており、パネは引張力も受け持つこととしている。

### ② 内外の壁面のせん断パネ定数値の決定法

基礎周囲のせん断パネ定数 ( $k_2, k_4, k_5, k_6$ ) は東北新幹線飯坂街道架道橋で行われた有限要素法により推定されたものから、前後面の水平方向パネ  $k_1$  の係数で与えている。しかし、これらの係数は0.3~0.9とかなり幅があるという報告<sup>2)</sup>もある。



図一2 幸魂大橋側面図

表-1 国鉄法の概要

(1)安定計算	①鉛直、水平、転倒の各荷重を各々の地盤の抵抗力(極限支持力)と比較し、所要の安全率を満足していることを照査する。										
	②安全率: $F_s$										
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td><math>F_s</math></td> </tr> <tr> <td>常時</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>一時</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>地震時</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>地震時(含活荷重)</td> <td>1.2</td> </tr> </table>		$F_s$	常時	3.0	一時	2.0	地震時	1.5	地震時(含活荷重)	1.2
	$F_s$										
常時	3.0										
一時	2.0										
地震時	1.5										
地震時(含活荷重)	1.2										
(2)変位地盤反力応力の計算	①1本の剛体をバネ支承上の梁として計算する。										
	②計算モデル										
	③地盤反力度の制限値は以下に示す極限地盤反力度とする。 $K_1$ : 最大値: 受働土圧強度 — 静止土圧強度 最小値: 主動土圧強度 — 静止土圧強度 $K_2$ : 砂質土: $0.5 N \leq 20tf/m^2$ 粘性土: Cまたは $N \leq 15tf/m^2$ $K_3, K_4, K_6$ : $K_2$ の極限値の1/2 $K_5$ : $K_2$ と同値 $K_7$ : $300tf/m^2$ $K_8$ : $\sigma_v \tan \phi + C$ ( $k_i = k_i \cdot \delta_i$ ) $\delta_i$ : 変位										
(3)部材計算	①鉛直方向 ②で求められた断面力に対して断面計算を行う。										
	②水平方向 ②で求められた地盤反力を荷重として応力計算を行う。なお、継手部は剛結合あるいはヒンジ結合と考える。										
	③許容応力度 場所打ち杭の設計に準ずる。 継手部では曲げ応力は60%、せん断力は80%に低減する。										

③ 壁の内側の土の評価法

3種類のパネのうち  $k_3, k_4$  および  $k_6$  は、連壁に囲まれた内部の土の抵抗をモデル化したパネで、その抵抗は図-4に示す範囲を期待しているが、地震時における内部土の評価についてさらに検討の余地がある。

これらの課題を踏まえて、当基礎に採用する設計法は国鉄法を基本とし、安全側の設計とするとともに現行のケーソンの設計法から大きく逸脱しないという3つの観点から下記のように定めた。

- ① 水平方向パネ  $k_1$  は、引張力を受け持たない。
- ② 側面外壁のせん断パネ  $k_5$  は  $0.6 k_1$  から  $0.3 k_1$  に低減する。
- ③ 地震時には内面側のパネ  $k_3, k_4, k_6$  は無視する。

表-2 設計法による計算結果の比較

設計法	国鉄法		今回採用の設計法		
	地震時		地震時		
荷重ケース	橋軸方向	軸直角方向	橋軸方向	軸直角方向	
	基礎天端 作用力	V (tf)	14.413	14.413	14.413
H (tf)		3.129	1.938	3.129	
M (tf·m)		56.951	35.032	56.951	
変位量	水平(cm)	脚天端	2.95	1.25	4.74
		基礎天端	1.51	0.64	2.45
	鉛直(cm)	0.75	0.60	1.04	
地盤反力度	回転(rad)	0.000641	0.000271	0.001016	
		0.000464	0.000271	0.000464	
	前後面 (tf/m <sup>2</sup> )	前面最大	10.1	5.5	16.6
後面最大		14.1	7.5	20.3	
底面 (tf/m <sup>2</sup> )	最大	74.1	53.4	107.7	
	最小	21.4	22.7	24.2	
安定性に関する安全率	鉛直	3.41	3.65	3.35	
	水平	11.68	15.49	12.36	
	転倒	1.91	2.65	1.94	
鉛直方向 作用断面力	軸力(tf)	14.413	14.413	14.413	
	せん断力(tf)	3.312	1.730	2.781	
	曲げモーメント(tf·m)	70.111	42.899	69.936	

V: 鉛直力, H: 水平力, M: モーメント

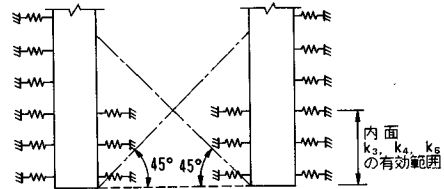


図-4 内面土のパネの有効範囲

以上のような設計法と国鉄法による計算結果を対比すると表-2のようになる。変形量、前面および底面の地盤反力度は増加しているものの、安定計算、鉛直方向断面力はほとんど差がない。両設計法とも、安定計算と鉛直方向断面力で形状が決定しており、平面形状は同一となった。

4. 施工

(1) 施工方法

連壁基礎の施工は、継手部のある先行パネルとその先行パネル間の後行パネルとに分割して行うのが一般的である。図-5に先行パネル・後行パネルそれぞれの施工手順を示すが、連壁基礎の施工では①施工手順が多く施工が複雑になること、②1パネルの施工日数が長くなり溝の放置期間が長くなること、③鉄筋籠の重量が重くなること、④厳しい施工精度が要求されること、等の諸問題が発生する。これらの問題点については、まだ適切な解決方法が確立されていないため、当工事ではこれら施工に関する各種の調査を実施し今後の資料とすることとした。

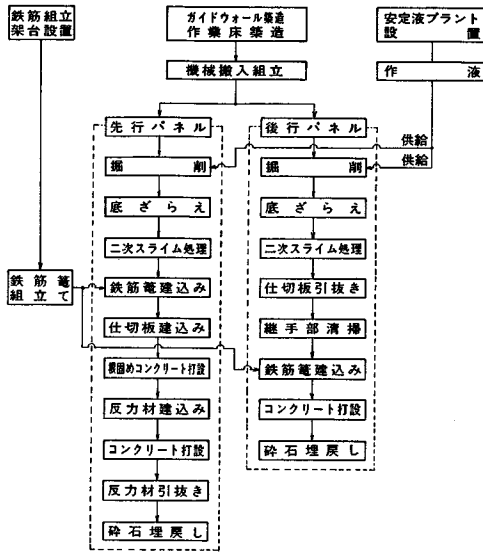


図-5 施工手順

(2) 構造継手

当工事に採用した構造継手は函体方式の重ね継手で、その詳細を図-6に示す。函体は接合鋼板と側鋼板からなっており、先行パネルのコンクリート打設時には後述する根固めコンクリートとともに、これらの鋼板と反力材（接合鋼板および側鋼板の変形を防止し、コンクリート圧を地山に伝える目的で使用する仮設材）および仕切板（コンクリートが継手部に回り込むことを防止する目的で使用する仮設材）により継手部を保護する仕組みとなっている。後行パネルの鉄筋籠は、こうして形成された継手部に水平鉄筋がラップして建て込まれ、後行パネルのコンクリート打設により重ね継手が完成する。

(3) 施工および施工結果

施工は図-7に示すパネル割により行った。施工に先立ち、連壁の溝掘削部の両側に厚さ60cm、深さ15mの泥水固化壁を原位置泥水固化工法であるケイソイル工法で築造して溝壁の安定を図るとともに、外周にはH-300×300×10×15のH鋼を@600で建て込み、頂版施工時の土留め壁兼用とした。

a) 溝掘削精度 溝掘削精度は鉛直と水平（軸線のねじれ）精度があるが、一般の連壁では管理値を鉛直1/300とし水平は定めない例が多い。しかし、当工事では構造継手があることを考慮して管理値を鉛直1/500かつ壁の設計中心から壁面までの距離を730mm以上、水平1/50とした。実施工時にこの管理値の妥当性を調査したが、この管理値であれば鉄筋籠が良好に建て込めることがわかり、管理値が妥当であったと考えられる。

b) 安定液 前述したように、連壁基礎工法は溝が長期間放置されること、特に継手部は後行パネルのコン

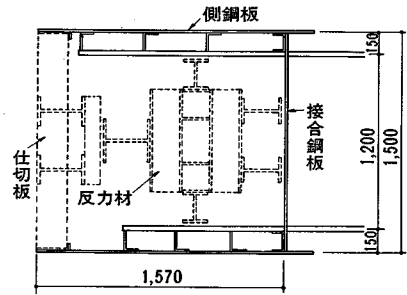


図-6 函体方式の継手（先行パネル施工時）

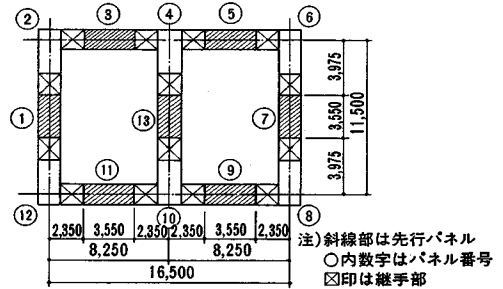


図-7 パネル割

クリートが打設されるまで放置されることから、使用する安定液は品質が劣化しにくいことが要求される。したがって、当工事では品質が劣化しにくいといわれているポリマー系の安定液を使用した。この配合を表-3に、安定液の管理要領を表-4に示す。しかし、この安定液の品質が施工中どのように変化するかについては不明であったため、溝中の安定液については先行パネルの溝掘削開始からコンクリート打設終了まで、函体内の安定液についてはコンクリート打設10日後まで、それぞれ溝表面および溝底から採取した安定液について各種試験を行ってその品質変化を調査した。その結果、コンクリート面に近い部分を除けば品質の変化はほとんどみられず、この安定液が本工法に有効であることがわかった。

c) 鉄筋籠 鉄筋籠は長さ方向に4分割とし、製作時は精度を確保することを目的として全長を一直線上に並べて組み立てた。先行パネルの籠総重量は約42tであったが、建て込み修正時に摩擦力を測定した結果、最大約20%の摩擦力が作用した。したがって、建て込みクレーンはこの摩擦力を考慮して選定する必要があると考えられる。写真-1に鉄筋籠の建て込み状況を示す。

d) 根固め工 継手部の施工は相当複雑で、綿密な管理が要求される。このうち、根固め工は図-8に示すように継手部を含む先行パネルの底部を閉塞し、先行パネルのコンクリートが継手部に回り込まないようにする機能を果たすことになる。しかしながら、この根固め工は少ない量のコンクリートを適切に打設しなければなら

表-3 安定液の配合

標準配合 (1m <sup>3</sup> 当り)	ベントナイト	ポリマー	分散剤
	30kg	5kg	2kg

表-4 安定液の管理要領

管理項目	試験器具	管理値	試験回数
濾水量	濾過試験器	30cc以下	1回/日
粘性	ファンネル粘度計	20~35sec(500/500)	2回/日
比重	マッドバランス	1.10以下	2回/日
マッドフィルム	濾過試験器	1.0mm以下	1回/日
P.H	P.Hメーター	7~11.5	2回/日
砂分率	砂分計	3%以下	1回/パネル

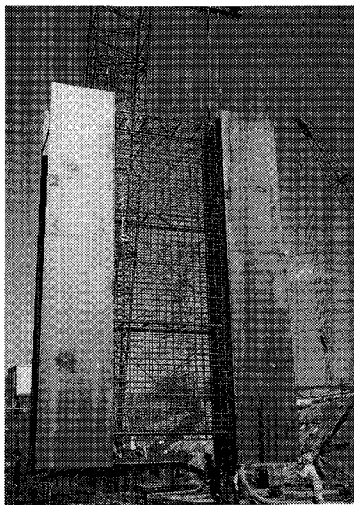


写真-1 鉄筋籠の建て込み

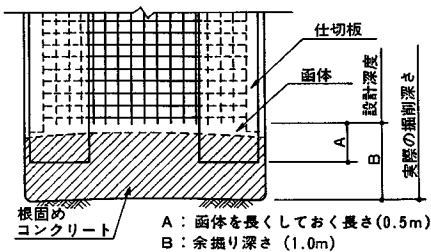


図-8 根固め工

ないため、慎重な施工および施工管理が重要である。当工事では図-8に示すように、A寸法を50cm、B寸法を1mとし、表-5に示す本体のコンクリート配合と同じ配合のコンクリートを数多くのポイントで検尺しつつトレミー管2本によりバランスよく打設した。また、同

時に根固めコンクリートにより鉄筋籠が動くかどうかを調査したが、打設前後で鉄筋籠は全く変化しておらず、良好な施工が行われたと考えられる。

e) 施工に関する調査結果のまとめ 以上施工に関する主な点について述べたが、当工事では従来行われたいくつかの施工例を参考として施工方法および施工管理方法を定め、その妥当性を調査しつつ工事を行った。その結果、下記に示すことがわかった。

① 溝の掘削精度は籠の精度が一定の基準値内(±10mm程度)で製作されていれば、鉛直で1/500、水平で1/50がほぼ適当な管理値である。

② 安定液は良質のポリマーを使用すれば、通常の範囲内では劣化しにくく、十分当工法に適用できる。

③ 鉄筋籠の建て込み修正時における摩擦力は籠重量の約20%程度である。

④ 函体方式の継手は施工および施工管理にかなり高度な技術が要求される。

## 5. 調査

### (1) 概要

連壁基礎工法は昭和50年代に入って採用され始めた比較的新しい工法であるため、他の基礎工法に比べ実績が少ない。このため、当工事においては今後の設計・施工に反映させることを目的として各種の調査を実施した。このうち施工に関する調査は4.で述べた。したがって、ここでは連壁の近接施工性に関する調査と橋脚自重作用時の連壁基礎の挙動について述べる。

### (2) 連壁の近接施工性に関する調査

a) 調査要領 表-6に調査要領を示す。連壁基礎工法は、周辺地盤をゆるめず、隣接構造物に悪影響を与えないことが特長となっているが、それを実際に調査した例は少ない。したがって、ここでは地盤そのもののゆるみと、周辺地盤の変形、隣接構造物の挙動を測定することによりその近接施工性を調査することとした。図-9に測定位置を示す。

地盤のゆるみについては、地盤の物性値のうち一軸強度とコーン貫入抵抗、密度、 $k$ 値の4項目を連壁の施工前後で比較することにより行った。

周辺の地盤については、連壁施工位置から1m離れた点で挿入式傾斜計により、隣接ケーソンの挙動は沈下計と固定式傾斜計とにより連壁施工中継続して測定することにより行った。

表-5 コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	空気量の 範囲 (%)	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
25	17.5±2.5	4±1	45.9	41.6	170	370	723	1.021	1.48

表-6 測定要領

調査項目	測定項目	測定方法
地盤のゆるみ	一軸強度	一軸圧縮試験
	コーン貫入抵抗	オランダ式コーン貫入試験
	k値	孔内横方向載荷試験
周辺地盤および隣接ケーソンの挙動	密度	密度検層
	地盤	挿入式傾斜計
	隣接ケーソン	固定式傾斜計 沈下計

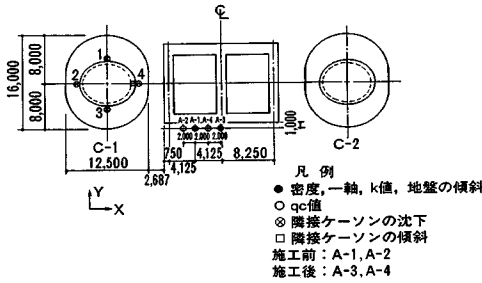


図-9 測定位置

b) 調査結果および考察 図-10に地盤のゆるみ測定結果を示す。これによれば、一軸強度とコーン貫入抵抗値については連壁施工前後で顕著な差がみられないが、密度はGL-約20m以深において連壁施工後約0.2 g/cm<sup>3</sup>程度減少し、k値はGL-約18m以深において施工前の約1/3程度に減少している。また、連壁施工中の地盤変形測定結果を図-11に示すが、地盤の変形は連壁の3ガット目(溝の長さが1パネルの設計寸法となる)掘削中から比較的大きくなり、特にGL-15m以深でこの傾向が強くなっている。

ケーソンの施工による地盤のゆるみについては、過去N値およびqc値による調査がなされており<sup>3),4)</sup>、地盤のゆるみを考慮した設計法<sup>5)</sup>も検討されている。しかし連壁施工による地盤のゆるみについてはほとんど調査さ

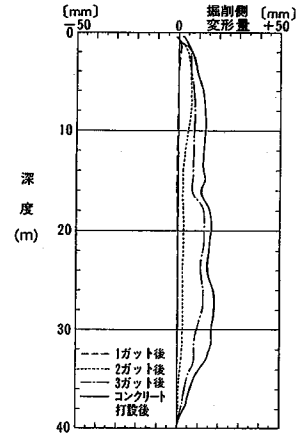


図-11 地盤の変形測定結果

れておらず、わずかにN値によるものがある<sup>3)</sup>のみである。この文献の調査結果によれば、連壁施工前後においてN値の変化は少なく、連壁施工によっても地盤はあまりゆるまないと考えられている。しかし、当調査結果によれば、 $q_u$ や $q_c$ 値にはほとんど変化はないものの密度とk値については溝の下部でいずれも減少しており、地盤の変形状況とあわせ考えれば、この部分で地盤はゆるんでいたのではないと思われる。また、溝の上部はいずれの物性値もあまり変化がみられなかったが、この部分はH鋼が入った泥水固化壁があり、このため地盤のゆるみが抑えられたのではないかと考えられる。これらの結果から、地盤は連壁の施工による応力解放によって多少ゆるむものと思われるが、そのゆるみの範囲や大きさなどについては、今回の調査のみからでは判断することはできず、今後のデータの蓄積が必要であろう。

ケーソンに取り付けた沈下計と傾斜計の測定結果は図

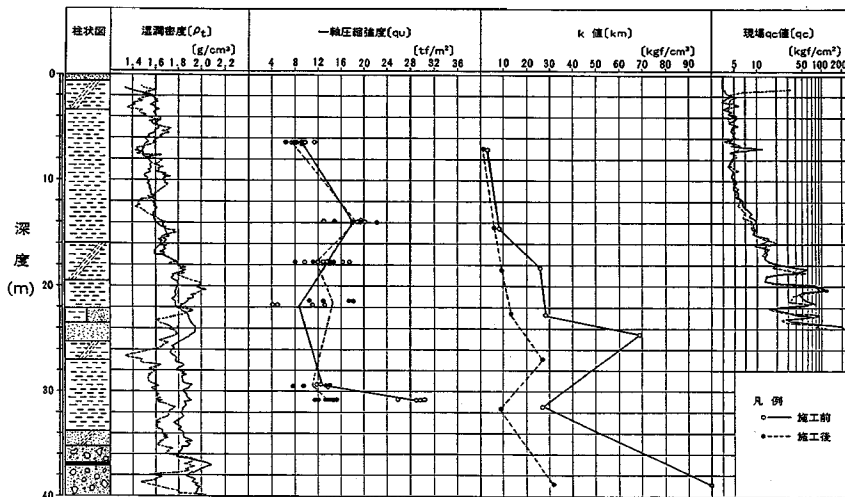


図-10 地盤のゆるみ調査結果

示さないが、気温によると思われる計器の変動以外の変化はみられず、本工法は隣接構造物にはほとんど影響を与えないと思われる。

(3) 橋脚自重作用時の連壁基礎の挙動

a) 計測概要 連壁基礎のコンクリート内に表一七に示す計測器を設置し、連壁コンクリート打設時から橋脚コンクリート打設完了時までの挙動を観測した。計測器の配置を図一十二に示す。

b) 計測結果

① コンクリート打設時の温度上昇 鉄筋籠建込み終了時を初期値とした鉄筋応力の代表的な経時変化データ (No.2 パネル) を図一十三に示す。連壁の温度はコンクリート打設後急激に上昇し、その上昇量は 25~45°C であった。上昇量は連壁の深度が深くなるにつれて大きくなる傾向にあり、また温度が低下しほぼ定常状態に達するまで 2~3 か月要している。

② 鉛直鉄筋応力 連壁コンクリートの打設直後に 200~700 kgf/cm<sup>2</sup> の圧縮応力が発生した。その後、コンクリートの硬化に伴って鉄筋応力は減少する傾向にあるが、頂版コンクリート打設直前 (連壁コンクリート打設から約 3 か月後) において 100~900 kgf/cm<sup>2</sup> の圧縮応力が残留している。この段階での深度別の鉛直鉄筋応力を図一十四に示すが、深度との相関は認められなかった。

橋脚コンクリート打設による鉛直鉄筋増加応力(圧縮)は最大でも 150 kgf/cm<sup>2</sup> 程度であり、図一十五に示すように深さ方向に減少する傾向にある。また、計測された鉄筋応力は三次元 FEM 弾性解析 (表一1 中の  $k_2, k_4, k_7$  で支持) で得られた計算値  $\sigma_s$  と  $\sigma'_s$  の中間的な値であり、設計で設定したように、連壁と地盤との摩擦抵抗により軸力が低減している。

連壁先端に設置した鉛直方向土圧の計測データを図一十六に示す。鉛直方向土圧 (接地圧) は 40~60 tf/m<sup>2</sup> で、パネル位置により多少異なるが平均値は設計計算値とほぼ一致している。

c) まとめ 動態調査の結果、下記のことが明らかになった。

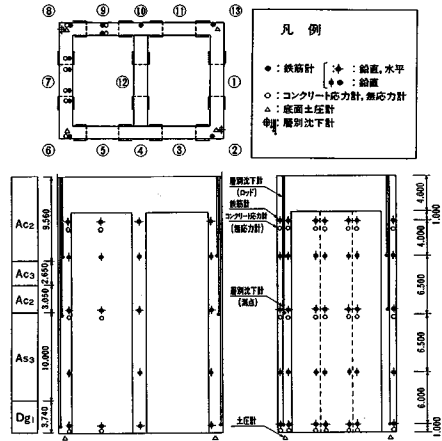
① 鉛直方向鉄筋には連壁のコンクリート打設によって最大 900 kgf/cm<sup>2</sup> 程度の残留応力が発生した。また、頂版コンクリートなどの荷重载荷に伴う応力の増加は最大でも 150 kgf/cm<sup>2</sup> 程度であるが、壁の周面摩擦力による軸力の深度方向への低減効果は、ほぼ設計値と一致している。

② 鉛直方向土圧は多少のばらつきはあるがほぼ設計値を満足しており、パネル間の継手剛性には大差はないものと考えられる。

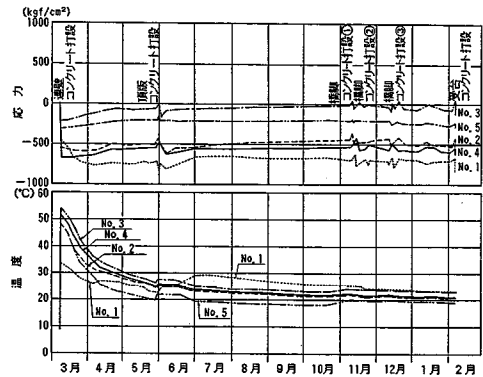
③ ①, ②より鉛直荷重作用時の連壁基礎の設計は現

表一七 計測項目および計測目的

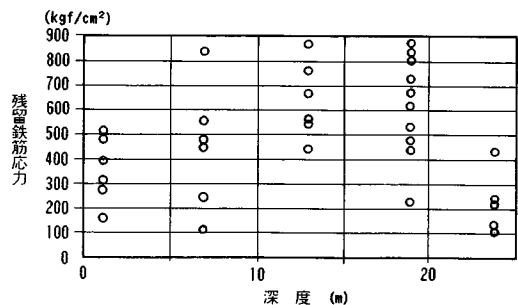
計測項目	計測目的
① 鉛直方向鉄筋応力計	地盤との周面摩擦による軸力の低減
② 水平方向鉄筋応力計	地中壁内外の土圧バランス
③ 鉛直方向土圧計	パネル別の基礎底面の接地圧
④ 層別沈下計	軸方向相対ヒズミ量
⑤ 温度計	コンクリート打設時の温度上昇



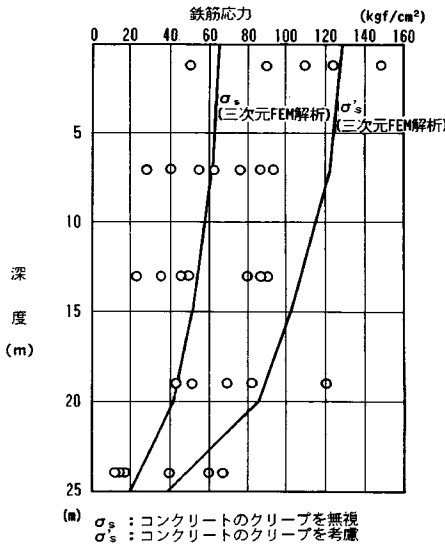
図一十二 計測器配置



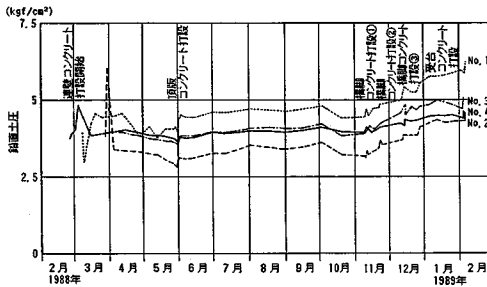
図一十三 鉛直方向鉄筋応力の経時変化 (No.2 パネル)



図一十四 頂版コンクリート打設直前の鉛直鉄筋残留応力



図一15 橋脚自重による鉛直鉄筋増加応力



図一16 鉛直方向土圧の経時変化

設計の考え方を採用してもほぼ問題はないと思われる。しかし、連壁のコンクリート打設による残留応力については今後検討すべき課題である。

### 6. あとがき

幸魂大橋における連壁基礎について、その設計・施工

および各種調査の概要について述べた。文中でも述べたように、本工法は比較的新しい工法であるため実績が少ない。そのため、当工事では技術活用パイロット事業として各種の調査を実施し、設計・施工に関する多くの有益な資料を得ることができた。しかし、連壁基礎は基礎としての支持機構の解明や設計手法の確立、溝壁安定機構の解明や施工技術の改良等今後に残されている課題も多い。したがって、今後ともこのような調査をさらに実施して内容の充実を図っていく必要がある。そうすることにより、本工法がさらに発展しその特長を十分生かした工法として定着することを望むものである。

幸魂大橋は、平成3年度の完成に向けて着々と工事を続行している。連壁内部に埋設した計測器による動態調査は今後も継続し供用開始まで行う予定である。これらについては別の機会にまた報告したいと考えている。

今後、市街地での基礎工法として連壁基礎が採用されるケースが多くなると思われるが、その際に本論文が参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 河田寛行：幸魂橋と綾瀬川橋下部工の調査と設計，基礎工，Vol.16，No.9，pp.110～117，1988.9.
- 2) 阪神高速道路公団：地中連続壁基礎設計指針（案），p.14，昭和62年3月.
- 3) 海野隆哉：近接構造物に与える基礎の影響，基礎工，Vol.8，No.9，pp.45～46，1980.9.
- 4) 海野隆哉・梅原俊夫・福島弘文・棚村史郎：軟弱地盤におけるケーソン基礎周辺地盤のゆるみ調査，第20回土質工学研究発表会，2分冊の2，pp.1171～1172，1985.6.
- 5) 海野隆哉・棚村史郎：ケーソン基礎周辺地盤の緩みと設計法への一考察，土と基礎，Vol.32，No.12，pp.9～14，1984.12.

(1989.4.28・受付)