

V-4 連続地中壁の設計施工に関する基礎的研究

日本国有鉄道 正員 ○小林明夫

正員 高木秀典

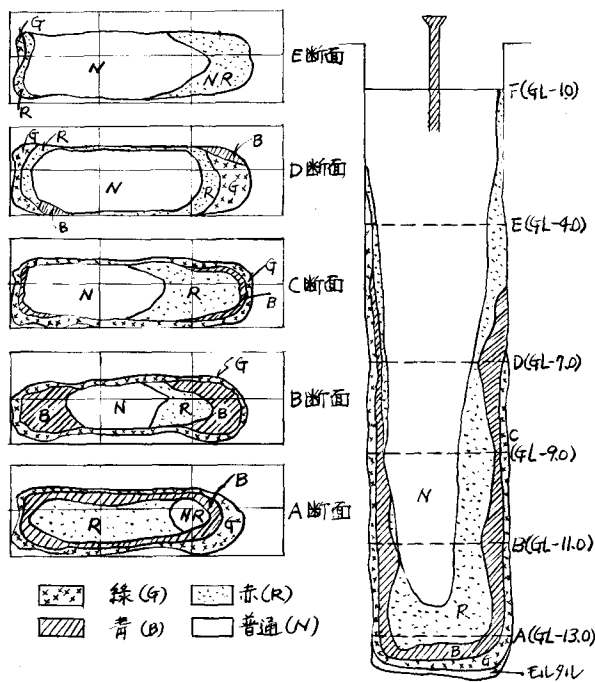
1. まえがき 近年、建設時の公害が社会問題として大きくクローズアップされているが、連続地中壁工法は無振動無騒音の工法で、止水性も良好であり、又周辺地盤に対する悪影響が少なく、社会的な要請に充分応えることができるため、今後工事量は伸びることが予想されるが、採用されてからまだ日が浅いため、設計施工上多くの問題点、例えば、ベントナイト泥水中で打設した場合のコンクリートの圧縮強度、引張強度、コンクリートと鉄筋の付着強度、鉄筋コンクリート部材の力学的特性、あるいはこの部材を構造体の一部として使用する場合の方法、等について種々の問題点がある。これらのことを解明するために、一連の基礎試験、及び現場試験を行なったが、本報告では、これらの試験結果のうち、コンクリートの流動性状、圧縮強度、付着強度、付いた曲げ強度について述べる。なお、現場試験では、深さ20m、厚さ60cmの連続地中壁を施工し、完成後は連続地中壁で囲まれた部分に、サンプリング用の地中壁を施工し、これをGL-13.50mまで掘削し、その間ベントナイト泥水の管理、コンクリートの品質管理、コンクリートの流動性状、施工精度（ベントナイト泥水のコンクリートへのくみ込み、壁面の仕上がり状況、壁厚測定等）、ベントナイト泥水の圧縮強度、付着強度への影響、地中壁を切り出して造った付いた曲げ性状、構造体としての地中壁と版との結合方法等について試験及び観察を行なった。

2. コンクリートの流動性状

トミーパイプを使用して打設したコンクリートの流動性状を把握するため、サンプリング用地中壁のコンクリートの一部に、カラーセメントを用いて打設し、地中壁を地上に掘出した後、各ブロックに分けたその切口、壁の表面及び採取したコアよりカラーセメントの分布状況を観察した。図-1はその観察結果を示したものである。これにより、最初に打込まれたコンクリート（緑）は、続いて打込まれたコンクリート（青）により、周辺に押し出される。続いてその後のコンクリート（赤）により更に周辺に押し出され、厚みは薄くなりながら上の方まで押し上げられる。この現象の繰返しにより、最初のコンクリートは周辺にそって上の方へ押し出され、又、コンクリートの表面の泥水と接している面はトミー管の周辺では常に新しいコンクリートに置換されていることが認められる。

3. 圧縮強度 ベントナイトの混入はコンクリートの圧縮強度に影響を及ぼすことが考えられる。表-1はこれを確かめるため水セメント比、ベントナイト混入率を変化させて行なった基礎試験の結果を示したものである。これにより、いずれのベントナイト混入率のコンクリートにおいても、水セメント比が大きくなる程、強度は減少する傾向が見られるが、同一水セメント比のコンクリートではベントナイト混入率の相違による強度差は認められない。

図-1 コンクリートの流動分布 ($W/C = 46.5\%$, スラフ $19 \pm 1 \text{ cm}$)



次に現場でトレー管を使用して泥水中に打込んだコンクリートの地中壁内の水
 圧及び深さ方向の強度分布状況を調べるために

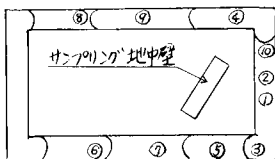
- (i) 地中壁頭部より深さ2m以上、至116^{mm}のコア10本採取（採取位置を図-2に示す）
 (ii) サンプリング地中壁のうちGL-7.0~-13.0mの部分から至116^{mm}のコアを採取（採取位置
 を図-3に示す）

して圧縮強度試験を実施した。試験は採取したコアを長さ200mmに整形した

供試体について JIS A1107 に従って実施した。(i) による試験結果を深さ別、
 採取位置別に整理すると表-2、表-3 のようになる。地中壁コンクリートと同一
 配合の標準供試体(φ15×30)による法令28日の圧縮強度の平均値(供試体
 本数114本)は338 kg/cm²であり、変動係数は6.4%であったが、表-2、表-3 から
 明らかに、いずれの採取深さ、位置においても強度は上まわっている。なお
 全供試体92本の圧縮強度の平均値は362 kg/cm²であり、変動係数は13.4%
 であった。また92本のうち設計強度300 kg/cm²を下まわる値は12本(全体の13%)
 あり、大部分がコア番号 N03, N08, N09 (図-2参照) に集まっていた。(ii) による

試験結果を、水平・垂直別、深さ別、地中壁の中心部、周辺部別に整理すると表-4、
 表-5、表-6 のようになる。なお サンプリング地中壁のコンクリートと同一配合の標準供試体
 (φ15×30)による法令28日の圧縮強度の平均値(供試体本数18本)は363 kg/cm²で
 あり、変動係数は5.3%であった。表-5によれば、深くなるに従い圧縮強度は減少
 し、強度のバラツキが大きくなる傾向が見られるが、これはコンクリート
 打込み始めにおいてはトレー管の埋め込み長さが十分でないた
 めにコンクリートと泥水及びスラムが混み合うために生ずるものと
 考えられる。また表-6より、周辺部では中心部に比較して若干の強
 度の減少が見られるが、いずれも設計強度300 kg/cm²は上まわ
 っている。

図-2 地中壁コア採取位置



コア番号	採取位置
①④⑦	トレー管の位置
②⑤⑧	トレー管と端部の中間
③⑥⑨⑩	パネルの端部

4. 付着強度

バントナイト泥水中で鉄筋コンクリート部材を製作する場合、鉄筋のまわりにバントナイトが付着し
 て残り、コンクリートと鉄筋の付着強度が低下することが考

えられる。これを確かめるため、表-7に示すような条件で付着の基礎試験を行なった。試験は ASTM C-234-57TK に従って、
 荷重速度を毎分2.3t以下とし、鉄筋の載荷端に 1/100 mm 目盛のダイヤルゲージ2個、自由端に 1/1000 mm のダイヤルゲージ1個を取り付

表-1 バントナイト混入率と圧縮強度(kg/cm²)
 の関係(法令28日)

バントナイト混入率 % (バントナイト比%)	0	3	6	12	24
45	421	409	419	425	411
50	379	372	377	368	381
55	360	355	351	361	355

(注) 供試体寸法φ15×30 供試体4本の平均

表-2 地中壁頭部の深さ別の圧縮強度
 (法令45日以上)

深さ m	供試体 本数	圧縮強度 平均値 kg/cm ²	標準偏差 kg/cm ²	変動係数 %
0~0.5	19	378	50	13.2
0.5~1.0	19	360	50	14.0
1.0~1.5	21	352	40	11.3
1.5~2.0	33	361	50	13.8

表-3 地中壁頭部の採取位置別の圧縮強度
 (法令45日以上)

項目	供試体 本数	圧縮強度 平均値 kg/cm ²	標準偏差 kg/cm ²	変動係数 %
トレー管位置	31	368	51	3.7
トレー管と端部の中間	30	362	34	9.5
パネル端部	31	358	57	15.9

表-4 水平・垂直別の圧縮強度
 (法令60日)(W/C=46.5%)

項目	供試体 本数	圧縮強度 平均値 kg/cm ²	変動係数 (%)
水平	16	367	13.4
垂直	175	356	14.3

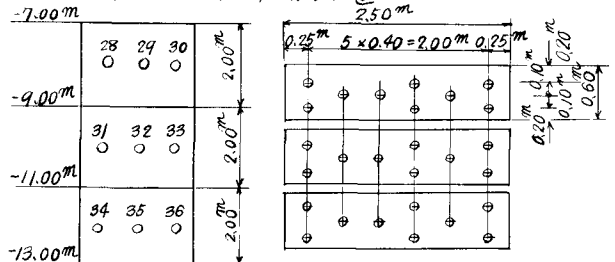
表-5 地中壁の深さ別の圧縮強度(法令60日)(W/C=46.5%)

深さ m	供試体 本数	圧縮強度 平均値 kg/cm ²	標準偏差 kg/cm ²	変動係数 %
7.0~9.0	56	367	35	9.4
9.0~11.0	63	359	48	13.3
11.0~13.0	62	345	64	18.6

表-6 地中壁の中心部、周辺部別の圧縮強度
 (法令60日)(W/C=46.5%)

コア 方向	項目	供試体 本数	圧縮強度 平均値 kg/cm ²	標準偏差 kg/cm ²	変動係数 %
長さ方向	周辺部	80	348	54	15.5
	中心部	95	364	47	13.0
厚さ方向	周辺部	116	360	54	15.4
	中心部	59	364	42	11.5

図-3 サンプリングコア採取位置



け、コンクリートに対する鉄筋のすべり量を測定して行なった。今回の試験では最も付着強度が大きいと考えられる A-1 の場合、測定された載荷端のすべり量が 0.15 mm

表-7 試験内容 (供試体本数各 3 本) ($W_c = 45\%$)

供試体の種類	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
ベントナイトの濃度(%)	0	8	8	12	12	0	8	8	12	12	0	8	8	12	12
鉄筋の浸漬時間(時間)	10	10	20	10	20	10	10	20	10	20	10	10	20	10	20
鉄筋の位置	鉛直筋					水平上部筋					水平下部筋				
供試体寸法図															
	鉄筋は Dφ19(SD 35)を使用										この部分は水中 養生 15 日後破 断され 2 個の供 試体となる。				

以下のため、それ以上のすべり量では一連の試験の比較ができないため、すべり量 0.15 mm のときの引張力をもととして付着強度を求めていく

敷にしたのが図-4、図-5 である。これから次のことがいえると思われる。

(1) 鉄筋とコンクリートの付着強度に対するベントナイト泥水の影響は非常に大きい。鉄筋の位置にかかわらず、付着強度はベントナイト泥水の濃度が濃いほど、鉄筋を泥水中に浸漬して時間が長いほど小さくなる。

(2) 地中壁の場合、主筋は主に鉛直筋であるが、最悪の条件下の A-5 では A-1 に比べて付着強度は 46% になっている。

(3) 一般に水平筋の場合、鉛直筋に比較して、付着強度は 1/2 ほどに低下するといわれているが、今回の実験結果においても同様の傾向を示しており、特に水平上部筋において強度低下が著しい。

又、付着に関する現場試験として、図-6 に示す

構造寸法のけたにより付着試験を行なった。けたの製作は鋼製の十分水密性の高い型枠を鉛直に立て、所定の配筋を行ない、所定のベントナイト泥水を型枠内に満たし、打設直前に型枠側面に設けた孔よりベントナイト泥水を抜き取り、ホリ管を型枠内中心に挿入し、先端を常にコンクリート中に入っている状態にして、コンクリートを打設して行なった。試験けたの種類は表-8 に示す通りであり、又試験けたの各種ゲージの設置位置は図-6 に示す通りである。載荷は原則として 0-2-4-6-8-6-4-0-4-8-10-12-13-14-15-14-12-10-5-0-5-10-14-15-16-17 t …… 後 170 t およびせん断破壊まで行ない、各荷重段階毎にコンクリート及び鉄筋の静的歪、鉄筋の移動量、けたのたわみを測定した。試験結果の一例を示すと図-7、図-8 の通りで

図-4 ベントナイト混入率と荷重端すべり量 0.15 mm における付着応力度の関係

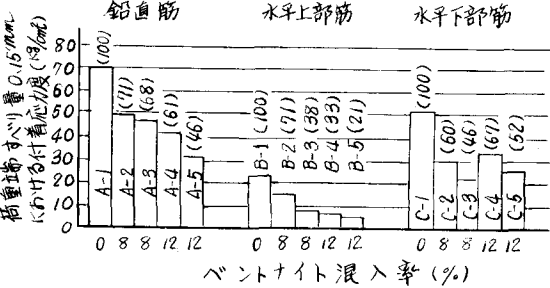


図-5 ベントナイト混入率及び鉄筋浸漬時間と荷重端すべり量 0.15 mm における付着応力度の関係

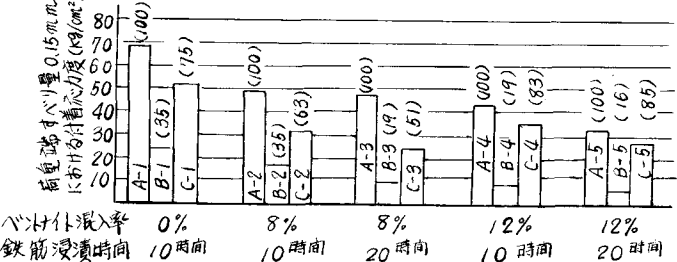
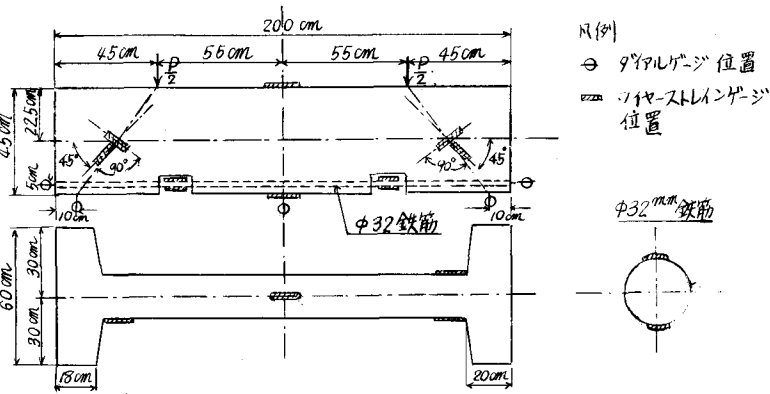


図-6 けたの構造寸法と各種ゲージの設置位置



ある。これらによれば、D ϕ 32, ϕ 32ともベントナイト濃度が大なるほど、付着強度は減少しており、また D ϕ 32によれば、鉄筋浸漬時間が長いほど付着強度は減少しており、前述の ASTM に準じた基礎試験の場合と同様の傾向が認められる。

5. けたの曲げ強度

コンクリート壁体の強度及び剛性にベントナイト泥水などの程度影響するかを確かめるため、カンブリン地中壁より切り出したけた(600×600×3000)2本と、地上で普通の施工法により製作したけた(600×600×3000)2本について曲げ試験を実施した。(以下地中けた及び地上けたと呼ぶ)。試験方法は図-9に示すようにけたをスパン2.4mで単純支持し、これに両支点より400mm内側で100t油圧ジャッキに荷重を加えた。けたのためみは中央及び両

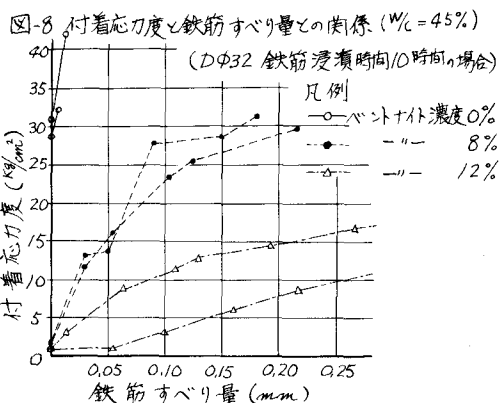
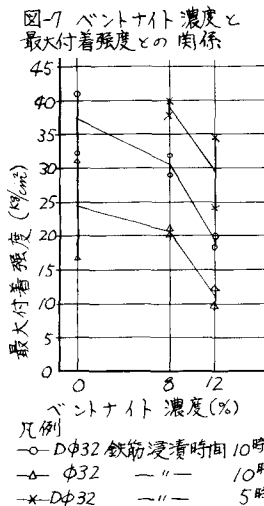


図-9 試験方法

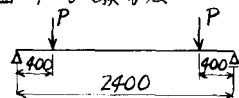


表-9 けたの曲げ試験結果 註 1 初ひびわれ発生断面での測定値

試験体	平均巾 (mm)	平均高 (mm)	断面係数 $Z \times 10^6 (cm^3)$	ひびわれ発生時の曲げ応力 (kg/cm²)	ひびわれ発生時の曲げモーメント (kg·cm)	ひびわれ発生時のたわみ (mm)	本数
地上けた-1	60	60	3.6	25	28	0.4	4
"-2	60	60	3.6	22	24	0.3	5
地中けた-1	66	67	4.9	32	26	0.4	2
"-2	60	60	3.6	30	33	0.35	3

図-10に示す通りである。これから次のことがいえると思われる。

- 地中けたの曲げ強度は、ひびわれ発生前においては地上けたとほぼ同等であるが、ひびわれ発生後は地中けたの鉄筋付着強度が低下していることが原因となり、同一荷重における地中けたのためみ量は地上けたのそれと比較してやや大きい傾向が見られる。
- 地中けたの曲げによるひびわれは地上けたのそれと比較して、ひびわれが分散せず、幅の大きいひびわれが集中して発生する。

6. 謝辞

本研究は、国鉄尾坂芳夫氏のご指導の下に、吉田研究所奨励金の授与を受けて行なったもので、ここに謹んで厚くお礼申し上げます。

図-10 荷重とためみの関係 (W/C=46.5%)

