

地中壁体における鉄筋とコンクリートとの付着強度

W. F. 研究グループ

Bond Strength of Deformed Bar in Cast-in-situ Diaphragm Wall

W. F. Research Group

Abstract

This report is concerned with bond tests in experimental study of WALL FOUNDATION. In cast-in-situ diaphragm walls constructed by underground excavation using slurry, bond strength between concrete and deformed bar is slightly lower compared with bond strength in normal reinforced concrete because bentonite sticks to the bar. In order to study this problem, pullout bond tests were performed with ninetyseven pieces of deformed bars in cast-in-situ diaphragm walls and normal reinforced concrete walls. From these test results, the bond characteristics in cast-in-situ diaphragm walls were confirmed and compared with the allowable bond stresses specified in the Reinforced Concrete Standards of the Architectural Institute of Japan.

概 要

この報告は、WALL FOUNDATION 試験工事における鉄筋とコンクリートとの付着強度に関するものである。泥水工法で構築した地中壁体では、ベントナイトが鉄筋に付着して鉄筋のコンクリートに対する付着強度が、通常のコンクリートにおけるものと比較して、やや低下している。この問題を検討するために、地中壁体と地上で製作した壁両者に埋め込んだ合計97本の鉄筋の引抜き試験を行ない、これらの付着性状について種々比較検討するとともに、学会RC規準における許容付着応力度とも比較している。

1. 試験の概要

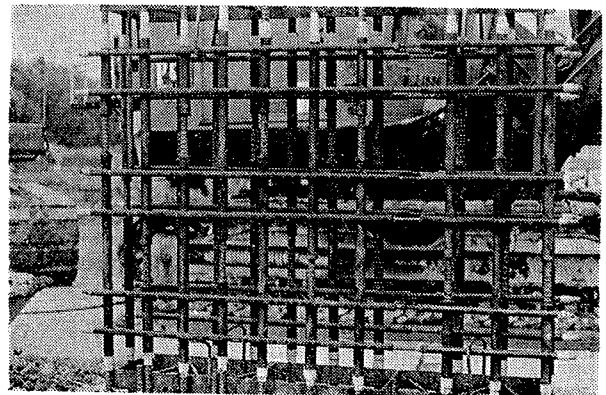
1.1. 試験体

試験体は地中壁体のもの3体（以下地中壁試験体とよぶ）、および地上で製作したもの1体（以下標準試験体とよぶ）の2種、計4体である。地中壁試験体は深さ16mの同一地中壁体（同報告1. 図一1のNo. 1の壁）の上層（G. L. 0.0～-1.5m）、中層（G. L. -6.9～-8.4m）、下層（G. L. -14.0～-15.5m）の3カ所から取り出している。

おのおのの試験体において試験する鉄筋は、それぞれ縦筋がD25およびD32で地中壁試験体計40本、標準試験体計22本、横筋がD13、D16およびφ16で地中壁試験体計23本、標準試験体計12本である。

各試験体の付着長さは鉄筋径の6倍とし、付着部分

以外は鉄筋とコンクリートとを絶縁するために、コンジットパイプを通して端部をコーティングしている。地中壁の中層試験体の組立状況を写真一1に示す。標準試験体もこれと同じ組立てである。



写真一1 中層試験体の組立状況

1.2. 使用材料

鉄筋はS D35およびS R24を使用している。またコンクリートは生コンを使用したが、その調合条件は設計強度 210 kg/cm²、スランプ21cm、最大骨材粒径25 mmである。調合を表一1に示す。使用材料は、普通ポルトランドセメント、川砂、川砂利である。実験時の各試験体のコンクリート強度は表一2に示す値である。なお地中壁試験体および標準試験体のコンクリート強度は、共にコア採取によるテストピースφ(150, h 300)の圧縮試験結果である。

S/A (%)	W/C(%) 強度上	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	A E 剤 (kg/m ³)
57.7	45.7	344	184	813	979	0.172

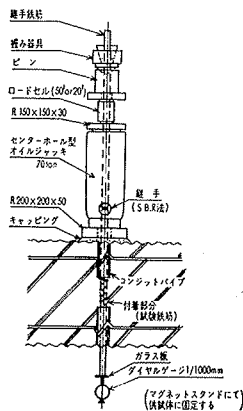
表一1 コンクリートの調合

1.3. 試験体製作と成形

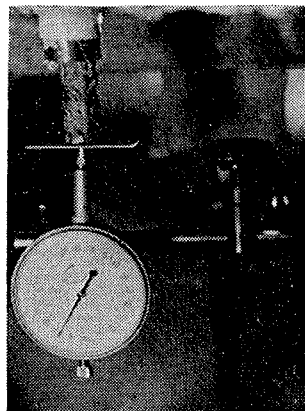
地中壁試験体は、OWS・SOLETANCHE 工法で、また標準試験体は地上で型枠を組み、大気中で施工している。地中壁試験体は、コンクリート打設後1~2カ月間地中で養生した後掘り出し現場で切断している。切断した試験体を大型実験棟内で、試験順序に従い縦筋部分からコンクリートをはつり成型し、試験体一方の鉄筋に引抜き試験のための継手鉄筋を S. B. R. 法で接合している。

1.4. 試験方法とすべりの測定

引抜き試験要領を図一1に示す。引抜き試験は縦筋横筋の順序で行なっている。加力はセンターホール型 70ton オイルジャッキで行ない、その荷重はロードセルで検出している。縦筋の加力は、引抜き方向の差による影響をみるために、深さ方向(コンクリートの打設方向)とその反対の2方向で行なっている。また鉄筋の自由端のすべり量を試験体に固定したアングルにマグネットスタンドを利用して、セットしたダイヤル



図一1 引抜き試験要領



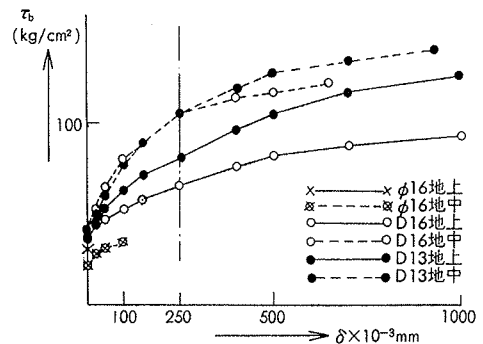
写真一2 ダイヤルゲージのセット状況

ゲージ (1/1000mm) で測定している。ダイヤルゲージをセットした状況を写真一2に示す。

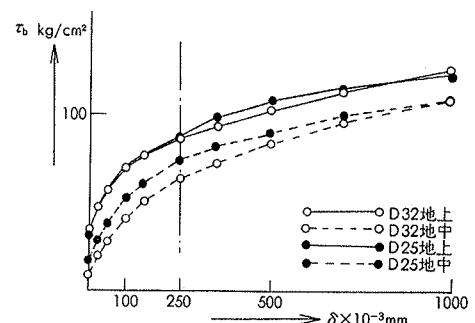
2. 試験結果およびその検討

試験結果について、鉄筋の自由端のすべり量 δ が、0.25mmのときおよび最大荷重のときの平均付着応力度 $\tau_{b1,2}$ (=荷重を鉄筋の付着面積で割った値) と標準偏差 (表中の () 内の値) をまとめて表一2に示す。また τ_b と δ との関係を総平均で比較したものを図一2 (横筋), 図一3 (縦筋) に、各鉄筋径ごとに各層平均値で比較したものを図一4~図一7に示す。

異形鉄筋のものについて、地中壁試験体と標準試験体とを τ_b の総平均で比較すると、縦筋は $\delta=0.25$ mm のとき地中壁試験体 68.4 ± 18.9 (標準偏差以下同じ) kg/cm² 標準試験体 86.9 ± 34.9 kg/cm²、最大荷重のとき地中壁試験体 126.9 ± 21.5 kg/cm²、標準試験体 146.6 ± 34.8 kg/cm² である。一方横筋 (異形鉄筋) は $\delta=0.25$ mm のとき、地中壁試験体 104.8 ± 24.8 kg/cm²、標準試験体 73.8 ± 27.8 kg/cm²、最大荷重のとき地中壁試験体 138.3 ± 26.3 kg/cm²、標準試験体 114.1 ± 32.2 kg/cm² である。地中壁試験体の縦筋の τ_b は、標準試験体のものそれぞれ79% ($\delta=0.25$ mmのとき), 87% (最大荷重のとき) と初すべりのときも含め標準



図一2 横筋の平均値での比較



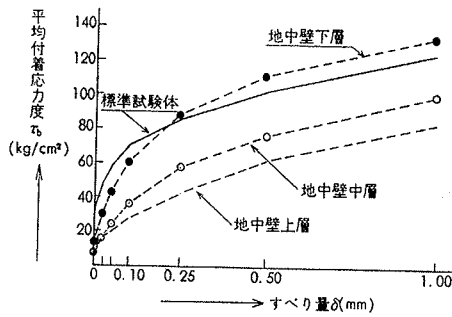
図一3 縦筋の平均値での比較

試験体より低い。一方横筋は初すべりのときは標準試験体と同等であるが、 $\delta=0.25\text{mm}$ のとき104.8%最大荷重のとき138.3%と標準試験体より強度が高い。

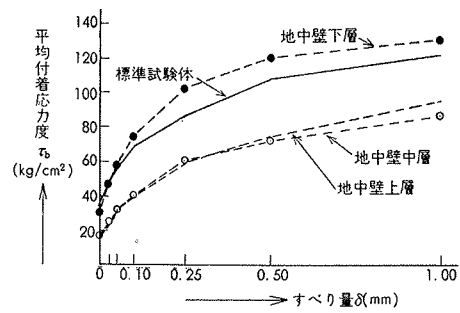
鉄筋径による τ_b の差をみると、地中壁試験体の縦筋は $\delta=0.25\text{mm}$ のとき、D32が $62.6 \pm 16.8 \text{ kg/cm}^2$ 、D25が $74.2 \pm 21.0 \text{ kg/cm}^2$ 、最大荷重のときD32が $126.6 \pm 22.7 \text{ kg/cm}^2$ 、D25が $127.1 \pm 20.4 \text{ kg/cm}^2$ である。一方横筋は $\delta=0.25\text{mm}$ のときD16が $104.8 \pm 30.7 \text{ kg/cm}^2$ 、D13が $104.8 \pm 20.0 \text{ kg/cm}^2$ 、最大荷重のときD16が $132.3 \pm 32.1 \text{ kg/cm}^2$ 、D13が $144.3 \pm 20.4 \text{ kg/cm}^2$ である。一方標準試験体の縦筋は $\delta=0.25\text{mm}$ 、最大荷重のとき、それぞれD32が $86.3 \pm 37.4 \text{ kg/cm}^2$ 、 $138.9 \pm 19.6 \text{ kg/cm}^2$ 、D25が $87.4 \pm 32.2 \text{ kg/cm}^2$ 、 $154.2 \pm 50.0 \text{ kg/cm}^2$ 、横筋はそれぞれD16が 66.1

試験体の種類		コンクリート強度 F_c kg/cm^2	試験本数	$\delta=0.25\text{mm}$ のとき		最大荷重のとき		
				τ_{b1}	比	τ_{b2}	比	
縦筋	D32	標準試験体	250	10	86.3(37.4)	1 (1)	138.9(19.6)	1 (1)
		上層	276	5	42.2(38.0)	0.49(0.10)	116.2(14.9)	0.84(0.76)
		中層	345	10	57.6(20.8)	0.67(0.56)	117.8(24.1)	0.85(1.23)
		下層	338	5	88.1(25.8)	1.02(0.69)	145.8(29.1)	1.05(1.48)
	平均	320	20	62.6(16.8)	0.73(0.45)	126.6(22.7)	0.91(1.16)	
	D25	標準試験体	250	12	87.4(32.2)	1 (1)	154.2(50.0)	1 (1)
		上層	276	5	59.2(18.9)	0.68(0.59)	114.1(4.9)	0.74(0.10)
		中層	345	11	61.3(21.9)	0.70(0.68)	109.4(29.1)	0.71(0.58)
		下層	338	4	102.3(22.3)	1.17(0.69)	157.8(27.1)	1.02(0.54)
	平均	320	20	74.2(21.0)	0.85(0.65)	127.1(20.4)	0.82(0.41)	
	総平均	標準試験体	250	22	86.9(34.8)	1 (1)	146.6(34.8)	1 (1)
	横筋	D16	標準試験体	250	6	66.1(28.9)	1 (1)	96.0(32.3)
上層			276	3	52.8(15.2)	0.80(0.53)	80.9(13.4)	0.84(0.41)
中層			345	5	144.8(21.8)	2.19(0.75)	160.9(21.8)	1.68(0.67)
下層			338	3	116.9(55.0)	1.77(1.90)	155.2(61.3)	1.62(1.80)
平均		320	11	104.8(30.7)	1.59(1.06)	132.3(32.2)	1.38(1.00)	
D13		標準試験体	250	3	81.4(26.7)	1 (1)	132.2(32.1)	1 (1)
		上層	276	2	67.2(8.3)	0.83(0.31)	113.5(8.2)	0.86(0.26)
		中層	345	3	123.2(38.3)	1.51(1.43)	154.4(39.3)	1.17(1.22)
		下層	338	2	124.1(10.3)	1.52(0.39)	164.9(13.7)	1.25(0.43)
平均		320	7	104.8(20.0)	1.29(0.75)	144.3(20.4)	1.09(0.64)	
総平均		標準試験体	250	9	73.8(27.8)	1 (1)	114.1(32.2)	1 (1)
$\phi 16$		標準試験体	320	18	104.8(24.8)	1.42(0.89)	138.3(26.3)	1.21(0.82)
	標準試験体	250	3	—	—	31.2	1	
	上層	276	1	—	—	37.7	1.21	
	中層	345	3	—	—	37.6	1.21	
	下層	338	1	—	—	31.0	0.99	
平均	320	5	—	—	35.4	1.14		

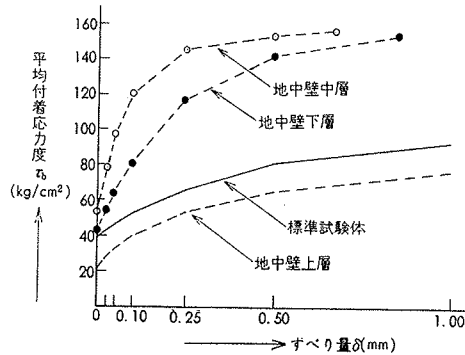
表一 2 試験結果 (鉄筋の平均付着応力度)



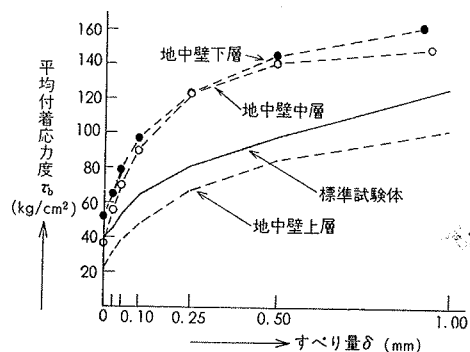
図一 4 縦筋D32の各層平均値での比較



図一 5 縦筋のD25各層平均値での比較



図一 6 横筋D16の各層平均値での比較



図一 7 横筋のD13各層平均値での比較

±28.9 kg/cm², 96.0±32.3 kg/cm², D13が81.4±26.7 kg/cm², 132.2 ± 32.1 kg/cm²である。縦筋は地中壁試験体, 標準試験体共に鉄筋径による差はみられない。一方横筋の地中壁試験体については差はみられないが, 標準試験体ではD13の方がD16よりやや高い値を示している。

地中壁体について上層, 中層, 下層それぞれの τ_b を比較すると図-4~図-7のような付着性状を示す。縦筋(D32, D25)は, $\delta=0.25\text{mm}$ のときそれぞれ上層50.7(D32とD25の平均値以下同じ) kg/cm², 中層59.5 kg/cm², 下層 95.2 kg/cm², 最大荷重のとき上層115.2 kg/cm², 中層113.6 kg/cm², 下層 151.8 kg/cm²である。上層および中層の差はないが下層のものが上中層のものより高い。一方横筋(D16, D13)は, $\delta=0.25\text{mm}$ のときそれぞれ上層 60.0 kg/cm², 中層 134.0 kg/cm², 下層120.5 kg/cm², 最大荷重のとき上層97.2 kg/cm², 中層 157.7 kg/cm², 下層 160.1 kg/cm²である。中層および下層の差はないが, 上層のものが中・下層のものよりも低い。また同時に地中壁試験体各層と標準試験体の τ_{b1} を比較すると, 縦筋は下層では標準試験体のもよりやや高いが, 上・中層では標準試験体のもより低い。一方横筋は中・下層では標準試験体のもより高く, 上層では標準試験体のもよりやや低い。

縦筋の引抜き方向の差による影響をみると, 地中壁試験体と標準試験体のD25については明確な差はないが, 標準試験体のD32については $\delta=0.25\text{mm}$ のとき, 深さ方向(コンクリートの打設方向)では $\tau_{b1}=51.2\text{kg/cm}^2$, 深さ方向の反対方向では $\tau_{b1}=121.4\text{kg/cm}^2$, 最大荷重のときも深さ方向では $\tau_{b2}=122.2\text{kg/cm}^2$, 深さ方向の反対方向では $\tau_{b2}=153.8\text{kg/cm}^2$, 深さ方向で τ_b は低く, 引抜き方向の差による影響が明確にみられる。

次に普通丸鋼のものについて地中壁試験体と標準試験体とを τ_{b2} で比較すると, 地中壁試験体の初すべりは低いが, 最大荷重のときは, 地中壁試験体35.4 kg/cm², 標準試験体31.4 kg/cm²とほぼ同じである。普通丸鋼の付着強度は, 異形丸鋼と比較すると非常に低い。

地中壁体における鉄筋のすべり量 $\delta=0.25\text{mm}$ のときの τ_{b1} と学会RC規準における短期許容付着応力度との関係を他の調査例も含め図-8に示す。この試験では $\delta=0.25\text{mm}$ のとき, 縦筋(D32, D25)は $\tau_{b1}=68.4\text{kg/cm}^2$, 横筋(D16, D13)は $\tau_{b1}=104.8\text{kg/cm}^2$ で, 学会RC規準で計算した短期許容付着応力度 $\tau_{ba}=31.5$ (コンクリート設計強度210 kg/cm²のとき) kg/cm²のそれぞれ2.17倍, 3.33倍である。すべての試験

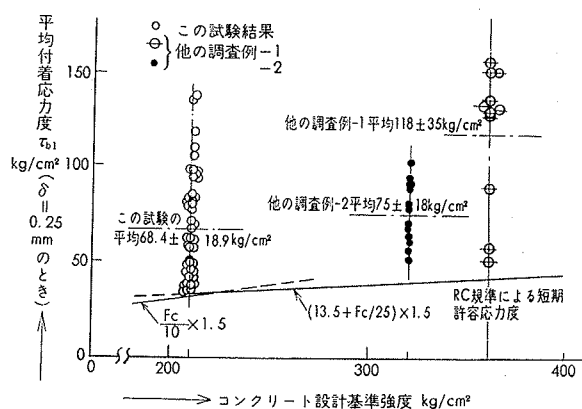


図-8 学会RC規準との比較

体の平均付着応力度は, 前述の短期許容付着応力度以上である。しかし地中壁試験体は, 前述のように標準試験体と比較してやや低下しており, 設計にあたっての許容付着応力度としては, 学会RC規準の値をやや低下させる必要がある。

3. まとめ

OWS・SOLETANCHE 工法で構築した地中壁体における鉄筋とコンクリートとのこの付着試験結果をまとめると次のようである。

- (1) 地中壁体中の鉄筋の付着強度は, 通常のものと比較して縦筋はやや低下するが, 横筋は高くなる。
- (2) 本実験では, 鉄筋径による付着強度の差は, 縦筋についてはみられず, 横筋の標準試験体についてはD16よりもD13の方がやや高い値を示した。
- (3) 施工位置による付着強度は, 縦筋では上層および中層の差はないが下層のものは他のものより高く, 横筋では中層および下層の差はないが, 上層のものが他のものより低い値を示した。
- (4) 標準試験体D32の付着強度は, 引抜き方向による影響が明確にみられた。
- (5) 普通丸鋼のものについては, 地中壁試験体と標準試験体との差はみられなかった。普通丸鋼の付着強度は, 異形丸鋼と比較して非常に低い。
- (6) 試験結果は, 建築学会RC規準で計算した短期許容付着応力度 $\tau_{ba}=31.5\text{kg/cm}^2$ と比較して充分な強度を示した。

参考文献

- 1) 寺沢, 他: 地中壁体におけるコンクリートとの付着強度 (WALL-FOUNDATIONに関する実験報告一その11), 建築学会東北大会 (1973)

〔文責 菊地利武〕