

コンクリート柱に水平に埋込んだ異形鉄筋の付着強度

BOND STRENGTH OF DEFORMED BARS BURIED
HORIZONTALLY IN CONCRETE COLUMN

関 博*・赤塚雄三**

By Hiroshi Seki and Yuzo Akatsuka

要 旨 コンクリートの打上り高さが、水平に埋込んだ異形鉄筋とコンクリートとの付着強度におよぼす影響を明らかにするために一連の実験を行なった。第1に鉄筋を上下層に水平に埋込んで $15 \times 15 \times 30$ cm の供試体を用い、上下層の鉄筋の付着強度比がほぼ 70% であることを示した。つぎに、この付着強度の低下はブリージングによるものであると想定し、ブリージングに影響をおよぼすと考えられる、セメントの品質、細骨材粒度、コンクリートのスランプ、コンクリートの強度、鉄筋等の因子をそれぞれ 2 種選択し、 $15 \times 15 \times 180$ cm のコンクリート柱を用いて付着強度を求めるとともに、各層の $\phi 15 \times 180$ cm の供試体を用いてブリージングおよび圧縮強度の変化を調べた。この結果圧縮および付着強度の低下は、コンクリート柱の上部 0~60 cm 程度の表層に限定される現象であることを明らかにした。

1. ま え が き

異形鉄筋とコンクリートとの付着強度はその配筋箇所に応じて変化する。同一コンクリート内であっても上方に水平に埋込まれた鉄筋（以下これを水平上筋と呼ぶ）と下方に水平に埋込まれた鉄筋（以下これを水平下筋と呼ぶ）とはその付着強度が異なることが知られているが、その程度の評価については、資料は必ずしも十分でないようである。

港湾構造物における異形鉄筋使用状況の調査結果¹⁾によると、ケーソン等では、コンクリートの1回の打上り高さは概して大きく、3.6 m におよぶ例もあった。この種の構造物では、部材断面が概して小さい壁状の部材が多く、スランプ 10~15 cm 程度のコンクリートを使用し、その締固めには内部振動機（棒状）を用いている例が大部分である。したがって、水平上筋とコンクリートとの付着強度は水平下筋にくらべてかなり減少するもの

と予想されるが、施工上これを防止する適当な方法もないのが実情である。このような観点から、打上り高さがブリージングおよび付着強度におよぼす影響について調査し、一回の打上りの許容高さないし、許容付着応力度について検討する必要が認められた。

一回の打上り高さが大きい場合のコンクリートと異形鉄筋との付着強度の関係に関しては、数例の研究結果が報告^{2),3)}されているが、供試コンクリートの柱状が一般の土木工事に使用されているコンクリートの性状とかなり異なり、あまり参考にならない。そこで本研究では、圧縮強度 $250 \sim 350$ kg/cm²、スランプ 10 cm 以下のコンクリートを対象として一連の実験を行なった。すなわち、シリーズIの実験では $15 \times 15 \times 30$ cm の供試体と表面形状や断面形状等の相違する 15 種の高張力異形鉄筋を用いて水平上筋、水平下筋の付着試験を行なって、上下層における付着強度比の一般的傾向を調べた。シリーズIIの実験では、2種の異形鉄筋を使用し、コンクリートの打上り高さを 30 cm および 180 cm の 2 種に変え、付着強度を低下させると考えられる 4 因子を選定して、打上り高さの大きいコンクリートにおける付着強度低下の現象を実験的に調べた。

なお、本文は港湾技術研究所報告 5 巻 15 号¹⁾と 7 巻 1 号¹⁾に発表した論文の一部を要約したものである。

2. 試験方法

(1) 試験の概要

シリーズIの実験では、コンクリート強度を $\sigma_{28} = 280$ kg/cm²、スランプをほぼ 8.5 cm とし $15 \times 15 \times 30$ cm の供試体と 15 種類の鉄筋を用いた。水平上筋および水平下筋の下面のコンクリート層は、それぞれ 22.5 cm および 7.5 cm であり、これら鉄筋とコンクリートとの付着強度を比較した。

シリーズIIにおいては、コンクリートの打上り高さに

* 正会員 運輸省港湾技術研究所 研究員

** 正会員 工博 運輸省前港湾技術研究所

よる付着強度の変化は主としてブリージングの影響によるものと考え、ブリージングに影響する主要な要因としてセメントの品質、細骨材の粒度、コンクリートの配合（スランプと配合強度）を選び、さらに鉄筋の形状（異形の形状による付着強度の差）と打上り高さの要因を加えて、これらの因子と付着強度との関係について検討した。それぞれの因子の水準は表-1に示したような2水準とし、わりつけは L_{16} (2¹⁵) の直交配列表によった。

表-1 シリーズ II における因子および水準

因子	水準	
	第1水準	第2水準
スランプ (cm)	2~5	8~11
コンクリート配合強度 (kg/cm ²)	300	400
細骨材粒度 (粗粒率)	2.35	2.90
セメントの品質*	S 社	K 社
打上り高さ (cm)	30	180
鉄筋	C	G-1

* 普通ポルトランドセメント

(2) 供試鉄筋とコンクリート

実験に用いた異形鉄筋は表-2および図-1に示したA~Iの計15種である。

試験片は一般の港湾工事に最も多く用いられているD16 (公称直径16mm) SD35を標準とした。

シリーズIIでは、表面形状がかなり相違するCとG-1の2種の異形鉄筋を用いた。使用したセメントの諸性質、細骨材、粗骨材の物理的性質および用いたコンクリートの配合は表-3~6に示すとおりである。

(3) 供試体の製作

コンクリートの練りまぜには容量200lの強制練りミキサーを使用した。コンクリートはミキサーより排出後、ただちに恒温恒湿室(20°C, 100% R.H.)に搬入して供試体を製作した。

コンクリートの締固めには、棒状内部振動機を使用し

表-2 鉄筋の種類と形状

鉄筋名	規格	呼び名	フシの高さ (mm)	形状
A	SD 30	D 16	1.1	横フシ
B	SD 35	D 16	0.8	横フシ
C	SD 35	D 16	0.9	斜め平行フシ
D	SD 35	D 16	1.3	波形フシ
E-1	SD 35	D 16	0.6	横フシ, 三角筋
E-2	SD 35	D 16	1.1	横フシ, 三角筋
F-1	SD 35	D 16	1.1	波形類似フシ
F-2	SD 40	D 16	1.0	波形類似フシ
G-1	SD 35	D 16	1.0	波形類似フシ
G-2	SD 40	D 16	0.9	波形類似フシ
H	SD 40	D 16	0.6	斜め交差フシ
I-1	SD 35	D 13	0.5	斜め交差フシ
I-2	SD 35	D 16	0.7	斜め交差フシ
I-3	SD 35	D 19	1.0	斜め交差フシ
I-4	SD 35	D 22	0.8	斜め交差フシ

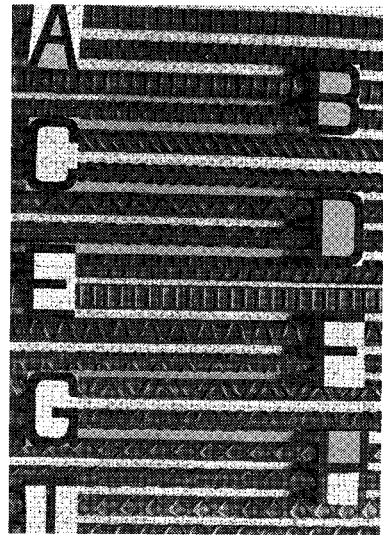


図-1 実験に用いた各種異形鉄筋

た。打込み高さ30cmの供試体は2層に分けた。打上り高さ180cmの供試体は3層に分けて打込んだ。

シリーズIIでは、圧縮強度試験用供試体はφ15cmの

表-3 セメントの諸性質

シリーズ	セメントの種類	比重	粉末度		凝結			安定性	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)		
			ブレン (cm ² /g)	88μ (%)	水量 (%)	始発 (時分)	終結 (時分)		3日	7日	28日	3日	7日	28日
			I	S 社	3.18	3050	2.5		27.5	2-26	3-21	良	32.1	48.0
II	S 社	3.18	3050	2.5	27.5	2-26	3-21	良	32.1	48.0	71.9	127	220	413
	K 社	3.15	3290	1.2	27.2	2-25	3-26	良	30.4	47.2	68.5	135	237	395

表-4 細骨材の物理的性質

シリーズ	産地	種類	比重	吸水量 (%)	フルイを通るものの重量百分率 (%)						粗粒率
					フルイの呼び寸法 (mm)						
					5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
I	神奈川県鶴沼海岸	—	2.56	2.8	97	89	81	62	35	5	2.31
II	静岡県富士川	細砂	2.65	1.7	100	97	92	57	19	0	2.35
	静岡県富士川	粗砂	2.66	2.0	99	87	68	42	14	0	2.90

表-5 粗骨材の物理的性質

シリーズ	産地	比重	吸水量 (%)	フルイを通るものの重量百分率 (%)						粗粒率
				フルイの呼び寸法 (mm)						
				30	25	20	15	10	5	
I	神奈川県酒匂川	2.69	2.9	98	95	70	40	17	0	7.13
II	神奈川県酒匂川	2.69	2.9	98	95	70	40	17	0	7.13

表-6 コンクリートの配合

(a) シリーズ I

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	1m ³ 当りの使用量 (kg)					備考
					W	C	S	G	ボゾリス No. 8	
25	8.5±1.0	4.0±1.0	53.4	36.5	155	290	669	1221	0.725	配合強度 $\sigma_{28}=270 \text{ kg/cm}^2$

(b) シリーズ II

配合番号	因		子				粗骨材の最大寸法 (mm)	W/C (%)	S/A (%)	1m ² 当りの使用量 (kg)			
	スランプ (cm)	コンクリート配合強度 (kg/cm ²)	細骨材粒径	セメント	打上り高さ (cm)	鉄筋				W	C	S	G
1-1 1-2	2~5	300	2.35	S社	30	C	25	63	41	173	274	785	1157
2-1 2-2			2.90	K社	30	G-1	25	63	43	173	274	835	1106
3-1 3-2		400	2.35	K社	30	G-1	25	50	38	173	346	711	1170
4-1 4-2			2.90	S社	30	C	25	50	41	173	346	764	1124
5-1 5-2	8~11	300	2.35	K社	30	C	25	63	41	183	291	769	1132
6-1 6-2			2.90	S社	30	G-1	25	63	43	183	291	819	1081
7-1 7-2		400	2.35	S社	30	G-1	25	50	38	183	366	694	1143
8-1 8-2			2.90	K社	30	C	25	50	41	183	366	745	1092

円柱形で、高さ 30 cm の鋼製型わくを水密的に何段でも重ね得る構造のものを 6 段重ねとした型わくを用いて製作した。このほか、各試験条件ごとに $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ の標準供試体 4 個製作し、3 個は強度試験に供し、残りの 1 個は打上り高さ 30 cm のときのブリージング試験に供した。打上り高さ 180 cm の供試体でも上面でブリージング量を測定した。コンクリートの表面はこてで均したあと、湿紙とガラス板でおおい、水分の蒸発を防止した。これらの供試体は、材令 1~2 日で脱型したあと、コンクリートカッターで長さ 30 cm に切断し所定の材令まで 20°C で水中養生した。

付着強度試験用供試体は断面 $15 \times 15 \text{ cm}$ の角柱形である。シリーズ I では鋼製型わくを使用した。シリーズ II では木製型わくを用い打上り高さ 180 cm の場合には、あらかじめ組み立てた高さ 60 cm の木製型わくを 3 段積みとして打込んだ。型わくと鉄筋埋込みの要領を図-2 に示す。上面

仕上げ後の処理は圧縮強度試験用供試体と同様である。材令 1~2 日後で脱型した供試体は、 $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ の立方供試体になるように切断し、所定の材令まで 20°C で水中養生した。

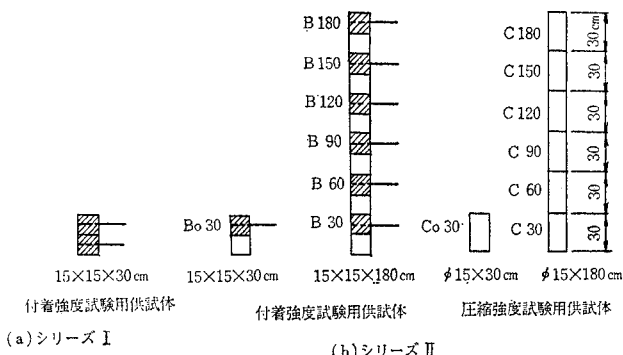


図-2 強度試験用供試体の形状と寸法

(4) 試験方法

ブリージングは、JIS A 1123-1957 “コンクリートのブリージング試験方法” に準じて試験した。コンクリート上面に留まったブリージング水をメスシリンダーに集水し測定後ただちに水にもどした。

付着強度は、ASTM C 234-62 に準じた引き抜き試験方法により試験した。シリーズIでは付着強度は、付着特性を明確に表示するために、できるだけ大きい値を基準量とする必要があることから、次式を用いて求めた。

$$\tau_0 = \frac{\tau_{05} + \tau_{10} + \tau_{15}}{3}$$

ここで、 τ_{05} 、 τ_{10} 、 τ_{15} は、荷重端における滑り量がそれぞれ 0.05、0.10、0.15 mm のときの付着応力度である。

この実験において鉄筋の自由端における滑り量を基準にして求めた付着強度は、荷重端における滑り量を基準にして求めた付着強度との間には直線的な関係が見られ滑り量を適当に選択すれば自由端における付着強度をもとにして評価し得ることが明らかとなった¹⁾ ので、シリーズIIでは次式を用いて、付着強度を求めた。

$$\tau_0' = \frac{\tau_{005}' + \tau_{010}' + \tau_{015}'}{3}$$

ここで、 τ_{005}' 、 τ_{010}' 、 τ_{015}' は、自由端における滑り量がそれぞれ 0.005、0.010、0.015 mm のときの付着応力度である。

3. 高さ 30 cm のコンクリート柱に水平に埋込んだ異形鉄筋の付着強度

(1) 試験結果

表一7 は、シリーズIにおいてコンクリートの圧縮強

度が $\sigma_{28} = 280 \text{ kg/cm}^2$ のときの鉄筋とコンクリートの付着強度の試験結果を示したものである。

(2) 水平上筋と水平下筋の付着強度比

異形鉄筋の付着強度は、埋込み位置と鉄筋径によってかなり相違するようである。本実験結果によれば D 16 の水平上筋の付着強度は、水平下筋の付着強度の 60~80%程度であって、ブリージング水が鉄筋の下側面に滞留し、コンクリートとの付着を阻害する程度が、鉄筋下方のコンクリート層の厚さによって異なることが主たる原因と考えられる。

鉄筋径 D 13 と D 22 の水平上筋と水平下筋の付着強度比は、それぞれ 43%、66% であって、細径の鉄筋ほど付着強度の低下率が增大するようである。

表一7 では同時に製作した 15×15×15 cm の立方供試体に垂直に埋込んだ異形鉄筋（以下これを垂直筋と呼ぶ）の付着強度を表示したが、これによると、水平下筋の付着強度は垂直筋のその 66~88%（平均 77%）、水平上筋では、同比は 39~64%（平均 54%）であった。

4. 高さ 180 cm のコンクリート柱に水平に埋込んだ異形鉄筋の付着強度

(1) 試験結果

シリーズIIの試験結果は、表一8 に示したとおりである。因子と交互作用はいずれも危険率 10% を基準として有意差を検定した。圧縮強度、付着強度は打上り高さ 180 cm におけるコンクリート柱の各層（C 30~C 180、B 30~B 180）を個々に取り上げて、打上り高さ 30 cm の C₀ 30 および B₀ 30 と比較した。

表一7 シリーズIの付着強度試験結果

鉄筋名	付着強度 (kg/cm ²)			鉄筋Aを基準としたときの付着強度比 (%)				垂直筋を基準としたときの付着強度比 (%)		水平下筋を基準としたときの付着強度比 (%)
	垂直	水平上	水平下	垂直	水平上	水平下	平均	水平上	水平下	
A	59.8	33.2	52.4	100	100	100	100	56	88	63
B	61.5	39.3	50.6	103	118	96	106	64	82	78
C	56.6	35.5	48.4	95	107	92	98	63	86	73
D	57.7	29.9	43.5	96	90	83	90	52	75	69
E-1	66.9	41.4	50.7	112	125	97	111	62	76	82
E-2	69.3	38.0	53.5	116	114	102	111	55	77	71
F-1	47.6	28.5	37.7	80	86	72	79	60	79	76
F-2	50.9	25.7	36.2	85	77	69	77	50	71	71
G-1	56.3	30.1	43.8	94	91	84	90	53	78	69
G-2	55.6	27.9	38.8	93	84	74	84	50	70	72
H	48.1	18.6	31.9	80	56	61	66	39	66	58
I-1	52.1	14.8	34.6	87	44	66	66	28	66	43
I-2	56.6	25.2	40.9	95	76	78	83	45	72	62
I-3	62.1	28.6	51.1	104	86	98	96	46	56	56
I-4	64.2	36.5	55.4	107	110	106	108	57	86	66
平均	—	—	—	—	—	—	—	52	75	67

表-8 シリーズ II の試験結果

配合番号	スランブ (cm)	ブリージング量 ($\times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{cm}^2$)		σ_{28} (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)						付着強度 (kg/cm ²)					
		$\phi 15 \times 30$	$\phi 15 \times 180$		(C ₀ 30) C 30	C 60	C 90	C 120	C 150	C 180	(B ₀ 30) B 30	B 60	B 90	B 120	B 150	B 180
1-1	2.1	62	—	—	(311)	—	—	—	—	—	(19.3)	—	—	—	—	—
1-2	2.8	54	113	311	250	289	336	336	297	310	14.0	35.2	46.0	55.2	52.6	59.2
2-1	3.5	76	—	—	(279)	—	—	—	—	—	(27.0)	—	—	—	—	—
2-2	4.2	76	124	228	197	214	198	228	209	229	5.2	14.7	49.9	40.0	34.5	34.2
3-1	3.1	34	—	—	(448)	—	—	—	—	—	(34.8)	—	—	—	—	—
3-2	2.8	51	56	388	347	431	415	433	433	426	15.4	40.7	66.2	39.5	64.4	41.6
4-1	7.0	59	—	—	(352)	—	—	—	—	—	(54.5)	—	—	—	—	—
4-2	7.8	45	71	406	342	405	412	404	387	432	24.2	53.6	73.0	53.9	63.4	44.9
5-1	8.5	79	—	—	(303)	—	—	—	—	—	(30.7)	—	—	—	—	—
5-2	8.7	88	108	290	208	257	229	236	248	239	23.8	30.5	68.2	58.4	48.7	34.6
6-1	9.2	79	—	—	(331)	—	—	—	—	—	(20.5)	—	—	—	—	—
6-2	9.5	79	76	304	239	240	247	273	252	245	14.3	68.5	37.5	46.2	55.6	47.5
7-1	8.7	11	—	—	(370)	—	—	—	—	—	(26.1)	—	—	—	—	—
7-2	10.2	85	20	377	342	370	344	337	330	368	28.2	36.6	77.5	66.5	73.8	59.7
8-1	9.1	56	—	—	(414)	—	—	—	—	—	(21.8)	—	—	—	—	—
8-2	9.2	56	85	394	385	346	346	403	357	374	23.8	39.9	44.4	58.2	71.9	71.7

(2) 細骨材粒度、配合強度および打上り高さがブリージングにおよぼす影響

図-3は有意差の認められた因子の母平均の信頼限界を推定したものである。

細骨材粒度に関してブリージング量を比較すると F.M.=2.90 の場合のブリージング量は、F.M.=2.35 の場合に比べて約 30% 大きく、粗粒率が大きいほど、換言すれば、粒度の粗いものほどブリージングが多くなる傾向を示している。このような傾向は注入モルタルの場合にも認められ、粒子の細くなるに伴って比表面積が増し、保水能力も増えてブリージングが減少するものと思われる⁵⁾。

配合強度が 400 kg/cm² のコンクリートのブリージング量は配合強度 300 kg/cm² のものに比較して、その平均値で約 45% 減少した。一方、スランブの主効果およびスランブとコンクリート配合強度の交互作用は必ずしも有意性を示していない。このように、見かけ上、配合

強度がブリージング量と最も密接な関係を示したのはつぎのような理由によるものと思われる。すなわち、比較したスランブ約 5 cm の相違は、単位水量を 10 kg 程度変化させるだけであるが、これに反し、配合強度 100 kg/cm² の増加は単位セメント量約 70 kg の増加に相当し、本試験で取り上げた配合条件の範囲では、前段で述べたような理由により単位水量の変化に比較して、単位セメント量の変化がブリージング量により大きな影響をおよぼしたためと考えられる。

コンクリートの打上り高さについてブリージング量を比較すると 30 cm と 180 cm とでは、ブリージング量は約 30% 変化し、打上り高さの増加に伴ってブリージング量も増加する傾向を示している。しかし、絶対量は、それぞれ 0.057 cm³/cm² および 0.082 cm³/cm² であり、その差は、打上り高さの差にくらべて大きいとはいえない。ブリージング水が滞留して強度等に影響をおよぼすような層の厚さはコンクリート打上り面より一定の深さに限られるものようである。

(3) 打上り高さが圧縮強度におよぼす影響

打上り高さ 180 cm のコンクリート柱の各層の強度は図-4に示したとおりで、C 30~C 150 ではほぼ一定であるが、最上値 C 180 の強度低下は著しく、C 30~C 150 の平均値 324 kg/cm² にくらべて、C 180=289 kg/cm² で約 10% 小さい値が得られた。この上下層の強度差は軟練りコンクリート(スランブ 15~20 cm)を使用した試験結果による最上層と下層の強度差²⁾、あるいはプレパックドコンクリートにおける最上層と下層の強度差⁵⁾に比較して若干少な目であるが、試験値のパラッキや試験条件の差も考慮すれば、いずれもほぼ類似した傾向を示すといえる。打上り高さ 180 cm のコンクリート柱と同時に製作した標準供試体の平均値

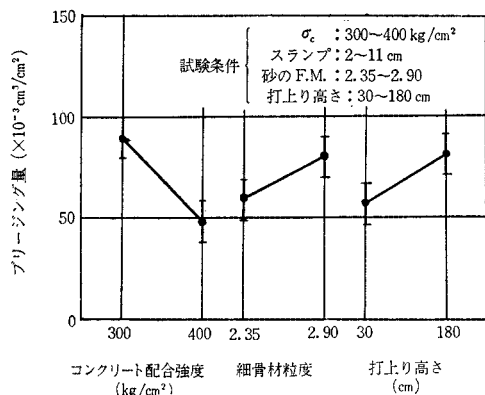


図-3 ブリージング量に有意差を与えた因子と試験結果の信頼限界(危険率 10%)

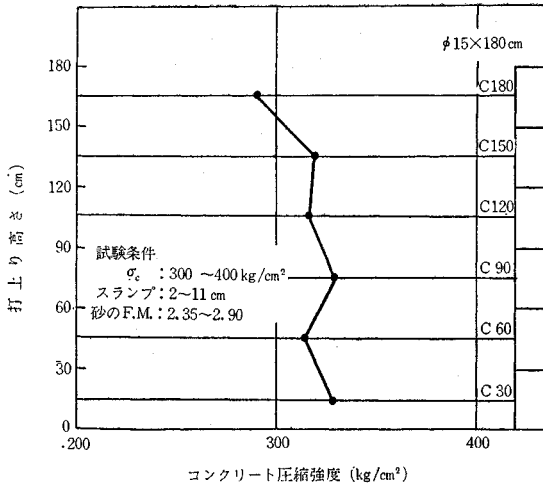


図-4 コンクリート柱 (φ15×180 cm) の各層における圧縮強度の変化 (シリーズ II)

は 337 kg/cm² でありコンクリート柱の表層 30 cm を除く各部の強度の平均値とほぼ一致する。このような、表層部分の強度低下はブリージングの影響によるもので、ブリージングによって上昇した水が表層付近に滞留して水セメント比が増し、強度が減少するものと思われる。

(4) 配合強度および打上り高さが付着強度におよぼす影響

表-9 はコンクリートの配合強度を比較因子としたときの付着強度の変化をまとめたものである。これより、水平に埋込んだ鉄筋の付着強度はコンクリート配合強度が 300 kg/cm² から 400 kg/cm² に増加すると 10 kg/cm² 程度増加するものようである。

図-5 は、コンクリート柱各層の付着強度の変化を示したもので、B 30~B 120 の付着強度はほぼ一定 (平

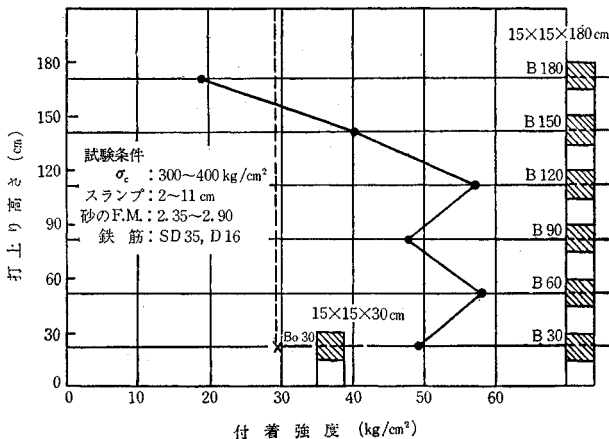


図-5 コンクリートの打上り高さの相違による付着強度の変化 (シリーズ II)

表-9 コンクリートの配合強度の差が付着強度におよぼす影響

供試体	平均値 (kg/cm ²)		差 (kg/cm ²)
	σ _c =300(kg/cm ²) の場合	σ _c =400(kg/cm ²) の場合	
B ₀ 30, B 30	19.4	28.6	9.2
B ₀ 30, B 60	30.8	38.5	7.7
B ₀ 30, B 90	37.4	48.9	11.5
B ₀ 30, B120	37.2	43.8	6.6
B ₀ 30, B150	36.1	51.3	15.2
B ₀ 30, B180	34.1	44.4	10.3
平均値	—	—	10.1

均値 52.9 kg/cm²) であるが、B 150 は 40 kg/cm² で約 15 kg/cm² 減少し、最上層では B 30~B 120 の平均値の約 1/3 に減少する。図-5 の破線で示した試験値は、打上り高さ 30 cm のコンクリート柱の水平上筋の付着強度であるが、これは B 30 の約 60% である。表-7 によると、鉄筋 C と G-1 の水平上筋の付着強度は水平下筋の付着強度の約 65% であって、付着強度の減少が表層部分に限定されることでは共通している。

本試験に用いた型わくは木製で、この型わくがコンクリートの沈下収縮やブリージングを拘束した程度は、鋼製型わくを用いた圧縮強度試験の場合よりかなり大きいと思われる。したがって、付着強度と圧縮強度試験の結果を同列において論ずることはできないが、以上に述べたところを総括すれば、打上り高さの増加に伴う付着強度の減少は主としてブリージングの影響によるもので、その影響を受ける部分は表層の 0~60 cm 程度に限定されるようである。

5. 結 論

コンクリートの打上り高さが付着強度におよぼす影響を明らかにするために 15×15×30 cm および 15×15×180 cm のコンクリート柱を製作し、水平に埋込んだ異形鉄筋とコンクリートの付着強度を引抜き試験方法によって求めるとともに、ブリージングおよび圧縮強度試験を実施した。この結果を要約すると本実験の範囲内で以下のことがいえると思われる。

(1) 表面形状や断面形状の相違する 15 種の異形鉄筋を用いて試験した結果、15×15×30 cm 供試体に水平に埋込んだ上下層の鉄筋の付着強度比はほぼ 70% であった。

(2) コンクリートのブリージングはその打上り高さによって変化し、打上り高さが増加するとブリージングも増加するが、その増加の割合は打上り高さの増加の割合ほど大きくなく、ブリージングが強度に影響する領域はコンクリート上面よ

り比較的浅い表層に限定されるものようである。

(3) 打上り高さ $\phi 15 \times 180$ cm のコンクリート柱の上部 30 cm を除く各部の圧縮強度はほぼ一定であり、 $\phi 15 \times 30$ cm の標準供試体の強度とほぼ一致した。コンクリート柱最上層 30 cm の強度は、標準供試体強度の 90%程度であった。

(4) 打上り高さの大きいコンクリートに水平に埋込んだ鉄筋の付着強度は、表層 0~60 cm の部分を除くと高さに関係なくほぼ一定であるが、上面より 30~60 cm の区間で多少低下し、表層 0~30 cm の区間では下層の平均値の 1/3 程度まで減少する。

(5) 以上から、コンクリートの 1 回の打上り高さを制限することによって、水平上筋の付着強度の低下を防止し得ないことは明らかである。また水平上筋の付着強度を増加させるために、コンクリート打設後、真空処理、再振動等の処理を施すことも実際的でないことが多い。コンクリートの打継目の位置は、個々の、工事現場の施工条件に応じて設けられるため、一様でなく、部材設計の段階では不明の場合も多い。したがって鉄筋の埋込み位置によって許容付着強度を変えることは、妥当な方法とはいえない。

(6) したがって、許容付着応力度をコンクリートの打上り高さの大きいときの水平鉄筋の付着強度の低下を考慮して安全側に定める方法が最も適当と思われる。本実験では高さ 180 cm のコンクリート柱における付着強度の減少は上層 60 cm の範囲に限定されることが明らかとなったが、この点についてはさらに検討する必要がある。

引用文献

- 1) 赤塚雄三・関 博：“港湾構造物における高張力異形鉄筋の使用法に関する調査研究（第1報）”，港湾技術研究所報告，5巻15号，pp 1~80，1966年9月。
- 2) 児玉武三：“打設コンクリートの高さによる性質の変化について”，セメント技術年報，XVIII，pp 386~394，1964年。
- 3) 加藤六美：“鉄筋の付着ならびに定着に関する2，3の注意”，日本建築学会研究報告，22号，p. 111，1953年5月。
- 4) 赤塚雄三・関 博：“港湾構造物における高張力異形鉄筋の使用法に関する調査研究（第2報）”，港湾技術研究所報告，7巻1号，pp 25~45，1968年3月。
- 5) 赤塚雄三：“港湾工事におけるプレバックドコンクリートの施工管理に関する基礎研究”，港湾技術研究所報告，4巻6号，pp 1~94，1965年7月。

(1968.9.13・受付)