

清水建設(株) 正員 ○木村 克彦

〃 〃 岡田 武二

〃 〃 武川 恵文助

1. まえがき 近年、RC造LNG地下タンク等、低温にさらされるコンクリート構造物が多く建設されるようになり、これと共に、低温下におけるコンクリート及び鉄筋の諸性質に関する研究がなされている。しかし、鉄筋とコンクリート間の付着特性については、まだ十分な資料を得るに至っていない。そこで、低温下における付着特性を調べるために -70°C 、 -30°C 及び常温の各温度条件で両引試験を行なった。本報告は、これらの実験概要を述べたものである。

2. 実験方法 断面中心に $\phi 19\text{mm}$ 鉄筋を埋込んだ $20 \times 20 \times 100\text{cm}$ の両引供試体を用いて鉄筋とコンクリート間の付着特性を調べた。鉄筋のはずみは、図-1のように測長 5mm のワイヤーストレインゲージ(常温及び低温用)を用いて測定した。ゲージは、シリコンコンパウンド(低温用のみ)及びエポキシ系樹脂でコーティングを行なった。また、読取すべりの測定(常温のみ)には、最小目盛 $1/1000\text{mm}$ のダイヤルゲージを用いた。試験は、枚令27日まで湿潤養生とし、枚令28日目に実験に供した。低温用供試体は、含水量の変化を防ぐために冷却前にシール剤でシールを行ない、冷却は、液体窒素ガスで行なった。供試体の製作には、普通ポルトランドセメント、富士川産細・粗骨材(最大径 5mm 、 25mm 、FM 2.97、6.94、比重2.61、2.63)及びSD35($\phi 19$ 、横ふれ)を用いた。コンクリートの配合は、表-1に示す通りである。

表-1

シリーズ no.	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m^3)				混和材料 (cc/m^3)	slump (cm)
			W	C	S	G		
1,2,4	58	44	155	270	822	1057	2700	19
3	36	37	189	450	650	1115	5400	18
5	28	33	133	482	595	1230	5800	2

*混和剤 1,2,4シリーズ: ポソリスNo.8 25%溶液
3,5シリーズ: マイテ150(清液)

表-2

シリーズ no.	比重	圧縮強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	ヤング係数 $\times 10^4$ (kg/cm^2)	備考
1	2.21	241	25.9	2.03	常温
2	2.21	561	44.1	3.01	-30°C
3	2.41	619	46.4	2.99	常温
4	2.21	807	59.4	3.40	-70°C
5	2.46	737	49.4	3.45	常温
鉄筋降伏点: 3520(kg/cm^2) ヤング係数: 210×10^4 (kg/cm^2) 常温					
		3850	"	214	-30°C
		4100	"	218	-70°C

3. 実験結果とその考察

3-1 使用材料の性質 ; 使用したコンクリート及び鉄筋¹⁾の力学的性質は、表-2に示した。

3-2 鉄筋のはずみ分布 ; 図-2には、1, 2及び4シリーズの鉄筋のはずみ分布(以下、 ε_{sx} 分布と略記)を示す。図より、低温下 -30°C と -70°C との ε_{sx} 分布の形状は、ほぼ

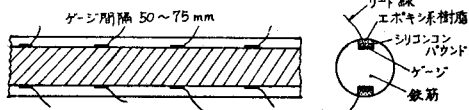


図-1

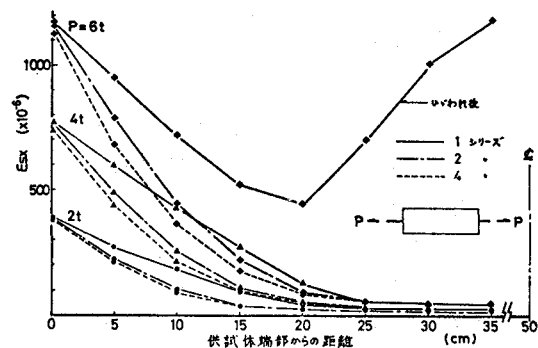


図-2

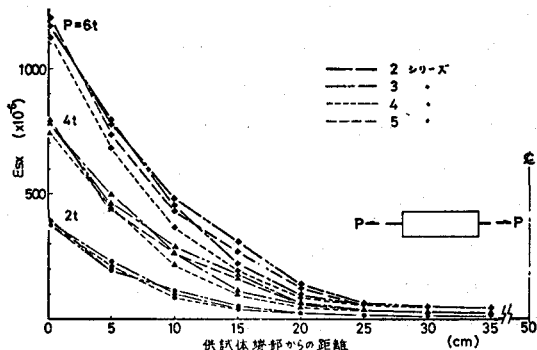


図-3

同じであるが、常温下と比べて ε_{sx} 分布の勾配がかなり大きく、鉄筋のひずみ ε_{sx} が最小になっている点は、常温下では端部から25~30 cmの位置であるが、低温下では20~25 cmである。これらの点での ε_{sx} の値は、同一荷重で常温下の ε_{sx} が、低温下の ε_{sx} の約1.5~2.0倍である。これらは、低温下におけるコンクリートの強度などの増加による付着性能の向上によるものと考えられる。次に、低温下の圧縮強度とほぼ同一強度の常温高強度コンクリートの ε_{sx} 分布を図-3に示す。図より、これらのシリーズは、ほぼ同一の ε_{sx} 分布を示しており、コンクリートの圧縮強度が同一であるならば、試験温度が異なっても ε_{sx} 分布の形状は、ほぼ同一であることがわかる。また、圧縮強度が500 kg/cm²以上のコンクリートでは ε_{sx} 分布は、それ程相違しないことがわかる。

3-3 端部鉄筋応力度-平均ひずみ関係；図-4に端部鉄筋応力度-平均ひずみ関係（以下、 $\sigma_{se} - \varepsilon_{av}$ 関係と略記）を示す。平均ひずみ ε_{av} は、次式により求める。

$$\varepsilon_{av} = \int_0^L \varepsilon_{sx} dx / L \quad L: \text{部材長さ}$$

この図によれば、1シリーズとそれ以外のシリーズでは、かなり傾向が異なっているが、これは ε_{sx} 分布より明らかである。低温下の $\sigma_{se} - \varepsilon_{av}$ 関係は、常温高強度コンクリートの $\sigma_{se} - \varepsilon_{av}$ 関係とかなりよく一致しているが、低温下での鉄筋のヤング係数の増加を考慮して補正をすれば、さらによい一致をする。

3-4 付着応力度-すべり量関係；図-5には、付着応力度-すべり量関係（以下、 $\tau - S$ 関係と略記）の近似曲線を示す。 τ_x 及び S_x の求め方は、文献(2)参照。ただし、 $\tau_x < 3 \text{ kg/cm}^2$ 以下では、すべりは生じないとした。なお、近似曲線は、次式で与えた。

$$\log \tau_x = a \sqrt{\log S_x + b} \quad a, b: \text{実験定数}$$

図より、低温下と常温高強度コンクリートは、ほぼ同じ傾向を示しているが、常温下の1シリーズは異なった性状を示している。また、図より、低温下または常温下において、圧縮強度が500 kg/cm²程度以上になれば、 $\tau - S$ 関係は、余り強度の影響を受けないことがわかる。低温下では、常温下に比べてコンクリート強度が同じならば、同一すべり量のときの付着応力度は大きくなっている。同一すべり量における付着応力度比は、1シリーズを1.0とすれば、 $S_x = 0.01 \sim 0.06$ の範囲では、低温下で1.7~2.2、常温高強度コンクリートで1.5~1.7であった。これらの値は、圧縮強度の平方根の比には、ほぼ等しい。

4. まとめ 低温下における付着特性を調べるために、両試験を行なった結果、本実験の範囲では次のことが明らかになった。i) 同一配合のコンクリートでは、低温下のコンクリートと鉄筋との付着特性は、常温下と異なる性状を示す。ii) コンクリートの圧縮強度が同じ場合、低温下と常温下では、 $\sigma_{se} - \varepsilon_{av}$ 関係は、よい一致をするが、 $\tau - S$ 関係は、低温下の方が同一すべり量での付着応力度は、やや大きい傾向を示す。iii) 高強度コンクリートの場合、ある程度以上の強度になれば、付着特性は、余り相違しない。

参考文献：1) 長沢，岡田，中沢；“土木学会第31回年次学術講演概要集 Vol. 5 投稿中

2) 吉田，赤井，木村；“土木学会第29回年次学術講演概要集 Vol. 5 昭49.10. PP 220~221

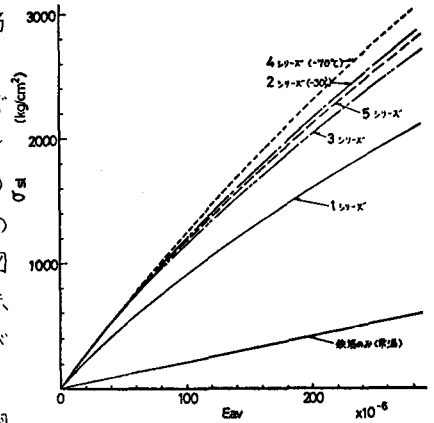


図-4

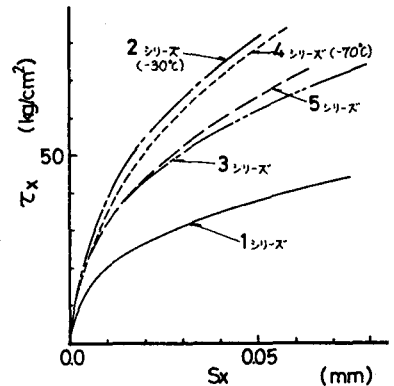


図-5