

伊藤製鉄
大成建設
東北大学

斎藤公夫
正員 初崎俊夫
正員 三浦 尚

1. まえがき

近年我が国においては、大気汚染が問題となり、使用するエネルギーとしては少しでもそのような汚染物質を出さない物が要求されるようになった。そのため、公害の少ない天然ガスの使用量は年々増加している。天然ガスを貯蔵・運搬するタンクの材料としては、従来は鋼製のものが主となっていたが最近では、より経済的な鉄筋コンクリート製のものが多く作られるようになり、貯蔵用タンクでは、すでになりのもの鉄筋コンクリート製となっている。また近い将来には、天然ガス運搬用のバージも鉄筋コンクリートあるいはアストレストコンクリートのものを作られようとしている。鉄筋コンクリートとそのような天然ガス用タンクに使用する際に問題となることは、鉄筋コンクリートが天然ガスの沸点である -162°C 近くまで冷やされた時に、常温時と比べて、かなり性質が変わってくる点である。そして、コンクリートの極低温時の性質に関する研究は今日まであまり多くはなされていない上、鉄筋とコンクリートとの複合関係の研究は、ほとんどなされていない。

この研究は、以上のことから、 -160°C 程度の極低温下において、異形鉄筋とコンクリートとの付着特性が常温と比べてどのようになるかを実験的に解明しようとするものである。

2. 使用材料

この実験に使用したセメントは、早強ポルトランドセメント、細骨材は宮城県白石川産の川砂、粗骨材は宮城県大倉山産の砕石である。鉄筋は市販の斜方シ異形鉄筋(SD30)及び極低温用に開発された斜方シ異形鉄筋(以下SD30Lと記す)を用いた。

3. 実験方法

実験方法は、図-1に示すように断熱材で作られた箱の中に液体窒素(沸点 -196°C)を噴射し、所定の温度にする。そして中にセットした供試本の表面近くと中央部の温度が所定の温度で一定になった時に外から載荷するというやり方である。

実験の種類は、図-2に示すような主としてコンクリートの割裂で破壊する定着試験(A)、図-3に示すような主としてコンクリートが引張り破壊する定着試験(B)、図-4に示す重ね継手、それに図-5に

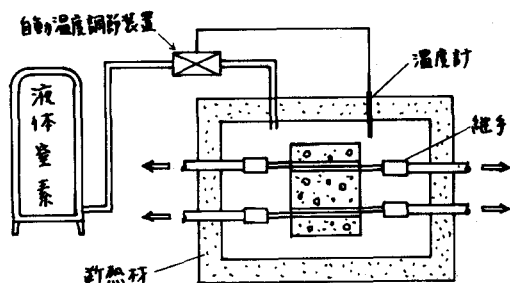


図-1 極低温実験装置の概略図

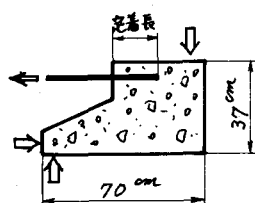


図-2 定着試験(A)

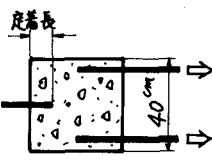


図-3 定着試験(B)



図-4 重ね継手試験

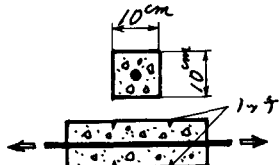


図-5 両引き試験

示すいびわれ分散性を測定するための両引き試験である。そしてそれぞれ-160℃の極低温時における場合と常温の場合との両者で試験を行ないそれらの結果を比較した。

表-1に実験に用いたコンクリートの配合を示す。

4. 実験結果

表-1 実験に用いたコンクリートの配合

(1). 定着試験 (A)

表-2に割裂によって破壊する定着の試験結果を示す。これから極低温においては破壊強度は常温時の約2.4倍になることがわかる。ただしその時のコンクリートの圧縮強度は常温時の2.7倍引張強度は2.2倍であった。

表-2 定着試験(A)試験結果

(2) 定着試験 (B)

表-3にコンクリートが引張り破壊する定着の試験結果を示す。これによると極低温においては常温時の3倍以上の強度となっている。ただし、この試験は破壊形状が単純なコンクリートの引張破壊ではなく、割裂と組合わさった様子の破壊となっており、また常温と

粗骨材の 最大寸法 (mm)	空気量 の範囲 (%)	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 % (%)	単位量 (kg/m ³)						(cc/m ³) 水和剤 (%添加) 割合	
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G				
							25mm 15mm	15mm 10mm	10mm 5mm		
25	11±1	4±0.5	50	40	190	380	663	636.1	167.4	312.5	228

使用鉄筋		SD30			SD30L		
試験状態		常 温			低 温		
定着長	回 数	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 圧縮強度	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 圧縮強度	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 引張強度
125mm	1	9.2	39.6	—	14.1	1063	74.0
	2	5.7	43.8	31.2	15.4	1127	68.5
	3	6.1	43.8	31.2	16.7	1198	60.3
	平均	6.4	42.4	31.2	15.4	1129	67.6
62.5mm	1	3.8	39.6	—	8.5	1063	74.0
	2	3.8	34.9	30.3	9.5	1420	77.4
	3	3.8	38.7	31.3	8.9	1292	57.4
	平均	3.8	37.7	30.8	9.0	1258	69.6

・使用鉄筋は共にD22

・圧縮強度は供試体3個の平均値、引張強度は供試体1個の値である

表-3 定着試験(B)試験結果

使用鉄筋		SD30			SD30L		
試験状態		常 温			低 温		
定着長	回 数	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 圧縮強度	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 圧縮強度	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 引張強度
125mm	1	3.3	33.1	31.7	13.4	380	31.5
	2	—	—	—	12.4	331	31.7
	3	3.3	33.1	31.7	12.9	336	31.5
	平均	3.1	380	31.3	10.0	331	31.7
62.5mm	1	3.1	380	31.3	10.0	331	31.7
	2	3.2	331	31.7	—	—	—
	3	3.2	336	31.5	10.0	331	31.7
	平均	3.2	336	31.5	10.0	331	31.7

表-4 重ね継手試験結果

使用鉄筋		SD30			SD30L		
試験状態		常 温			低 温		
重ね合せ 長さ	回 数	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 圧縮強度	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 圧縮強度	供試体 断面荷重(t)	強度測定用供試体(%) 引張強度
275mm	1	13.4	38.3	—	36.2	1129	70.2
	2	16.2	35.3	37.8	36.2	1068	67.1
	3	15.2	33.8	30.0	—	—	—
	平均	14.9	35.1	30.9	36.2	1109	68.7
137.5mm	1	9.6	38.3	—	20.0	1063	74.0
	2	9.6	38.7	31.3	22.9	1420	77.4
	3	7.2	34.9	30.3	23.9	1292	57.4
	平均	8.8	37.3	30.8	22.3	1258	69.6

極低温では破壊の形が多少異なっているため、はっきりした事は言えない。

(3) 重ね継手試験

表-4に重ね継手の試験結果を示す。この試験では重ね継手は極低温時に常温時の約2.4倍になっている。

(4). 両引き試験

いびわれ分散性の比較を行なうため、両引き試験を行なった。その結果常温時の最大いびわれ間隔20cmに対し極低温時には33cmとかなり大きくなるようである。ただしいびわれの生じる時の鉄筋の応力度は、常温時の約1000kg/cm²に対して約2000kg/cm²であった。またその時のコンクリートの弾性係数は常温時の約2.9×10⁵kg/cm²に対し極低温約6.1×10⁵kg/cm²程度であった。

5. まとめ

以上極低温下における鉄筋とコンクリートの接着特性を調べたが、極低温になると常温に比べて異径鉄筋とコンクリートとの定着強度は大きくなる事がわかった。しかしその増加率はコンクリートの圧縮強度の増加率よりも低くなっている。またいびわれ分散性は極低温時には最大いびわれ間隔が若干大きくなるような結果が得られた。

なお、この研究の実施にあたり、東北大学後藤孝正教授、尾坂芳天教授の御指導、ならびに阿部喜則、鈴木基行両氏の御協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。