

極低温下における鉄筋の重ね継ぎに関する研究

東北大学 学生員 ○ 長谷川明巧
東北大学 正員 三浦 尚
東北大学 学生員 高橋 英信

1. まえがき

近年、液化天然ガス(LNG)は、公害の少ないエネルギーとして、また、第1次、第2次石油危機以来石油代替エネルギーとして注目を集め、その需要は増加の一途を辿っている。それに伴いLNGを貯蔵するタンクの建設も各地でおこなわれている。そして、そのタンクの構造材料として最近では鉄筋コンクリートが用いられることが多くなつた。一方LNGは沸点が -162°C と大変低温であるため、それらの鉄筋コンクリート部材はかなり低温となり、その性質も常温の時と大きく異ってくる。今回の研究は、低温下における鉄筋の重ね継ぎの性状を調べるために、両引張試体を用いて、横方向鉄筋量および試験温度を変えて強度試験を行ひ、その結果を報告するものである。

2. 実験概要

図-1に実験に用いた供試体を示すが、本実験では、重ね合わせ長さは 25 cm で、横方向鉄筋間隔は、 $\frac{25}{2}\text{ cm}$, $\frac{25}{3}\text{ cm}$, $\frac{25}{4}\text{ cm}$, および補強の4種とした。

使用材料は、セメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は砕石、混和剤はポリオキシエチレンアルキルアリルエーテルを主成分とするAE減水剤、鉄筋は市販の横方実形鉄筋D22(SD30), D10(SD30)である。

コンクリートの配合を表-1に示す。

供試体は、初令1日で脱型し水温 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温水槽で水中養生し、初令7日で試験をした。その際の供試体の含水量は、約7%であった。

養生の終了した供試体は、図-2に示す載荷装置にセットし、液体窒素によって低温槽の温度を徐々に下げた。そして供試体が所定の温度で各部が一樣になつてからジャッキで引張載荷し、その強度と応力分布を求めた。

試験温度は、常温、 -50°C , -100°C , -150°C の4種とした。

3. 結果とその考察

(1) 破壊状況 本実験では、どの供試体も鉄筋レベル面で割裂破壊(Side Split Failure)した。図-3に破壊モデルを、図-4に継手部コンクリートのひずみと荷重の関係の一例を示す。この破壊の過程は次のように説明しよう。図-4にみられるように、内側鉄筋間のひずみと外側鉄筋の側面のひずみの伸びは著しく大

表-1 コンクリートの示方配合

粗骨材の最大粒径	スランプの範囲	空気量の範囲	水セメント比	細骨材率	単位量 (kg/m^3)					
					水	セメント	細骨材	粗骨材	その他	合計
mm	cm	%	%	%	W	C	S	mm 20~15	mm 15~10	mm 10~5
20	11±1	4±0.5	50	38	194	388	622	342	569	227

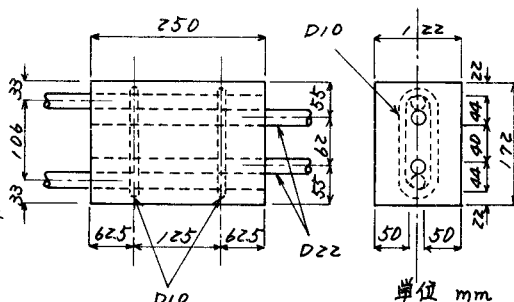


図-1 供試体の形状・寸法
($S=12.5\text{ cm}$ の場合)

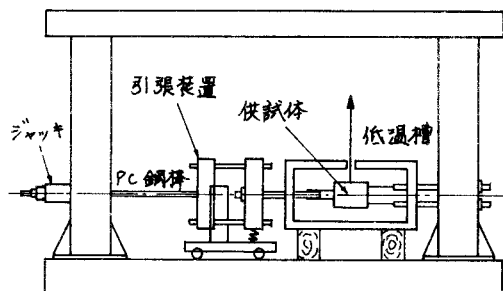


図-2 載荷装置

きく、やがて図-3のようなひびわれが発生し、更に荷重が増ると、このひびわれは鉄筋軸方向に進行し、ついには破壊に至る。

このひびわれが最初に発生する荷重は、常温では終局荷重の100~80%であつたが、低温では終局荷重の70~50%であつた。これは、低温下では終局荷重よりかなり小さい荷重でもひびわれが発生し、荷重が繰返し作用する場合には、簡単に疲労破壊する危険性を示唆しているものと思われる。

低温下で、横方向鉄筋を有する供試体は、いずれも破壊面に交わる横方向鉄筋が破断して壊れている。これはコンクリートが全面にわたって割裂あるときに、割裂力が低温で脆くなっている横方向鉄筋に急に作用するためと思われる。このような場合、横方向鉄筋には特殊な処理をして低温脆性を改善したものを使用する必要があるうと思われる。

(2) 重ね継ぎ強度 図-5に試験温度と重ね継ぎ強度の関係を示す。これより、重ね継ぎ強度は低温になるにしたがって増大する(常温の2~2.5倍)が-100℃付近で頭打ちになり-150℃では、逆に若干低下する傾向がみられた。このような傾向は、過去の研究で示されているコンクリートの引張強度の傾向に似ている。

横方向鉄筋を有する供試体は、どの温度でも破壊強度を改善している。図-6に横方向鉄筋量と破壊時平均付着応力度の関係を示す。ここで破壊時平均付着応力度とは、破壊荷重と鉄筋の表面積で除したものであり、重ね合わせ全長にわたり付着応力度が等しいと仮定した時の付着応力度である。これより補強による平均付着応力度の増加量は、横方向鉄筋間隔に反比例するのがわかる。実験値から次のような平均付着応力度算定式が得られた。

$$u_{cal} = 1.35 G_c + \frac{A_{tr} \sigma_{sy}}{2s d}$$

ここで u_{cal} は破壊時平均付着応力度 (kg/cm^2)、 G_c はコンクリートの引張強度 (kg/cm^2)、 A_{tr} は破壊面に交わる横方向鉄筋の断面積 (cm^2)、 σ_{sy} は横方向鉄筋の降伏点強度 (kg/cm^2)、 s は横方向鉄筋間隔 (cm) (無補強の場合 $s = \infty$)、そして d は主鉄筋径 (cm) を表わす。右辺の第1項は割裂力に対するコンクリートの抵抗力を、第2項は横方向鉄筋による抵抗力を示しているが、この式には重ね合わせ長さの因子がなく、すべての重ね継ぎに適用することは難しいと思われる。

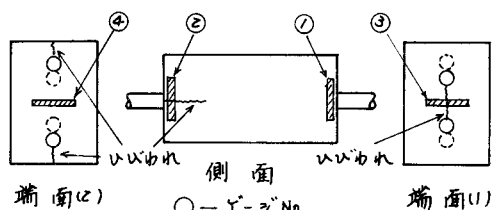


図-3 破壊モデル

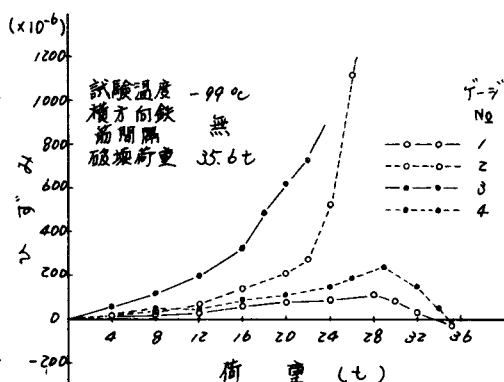


図-4 荷重-ひずみ曲線の一部

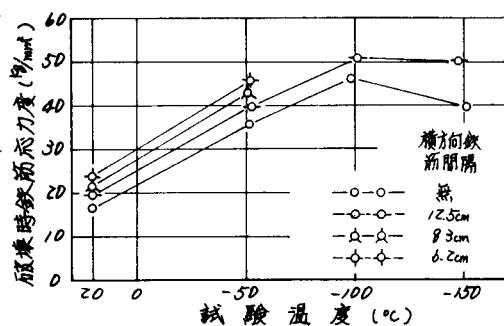


図-5 重ね継ぎ強度と試験温度

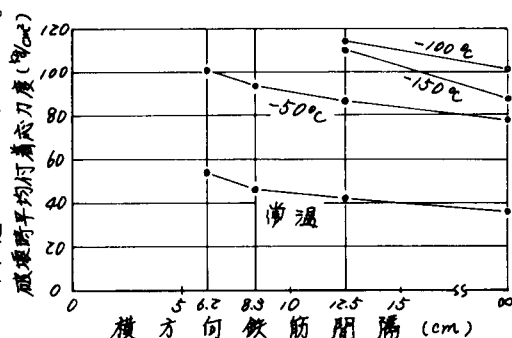


図-6 横方向鉄筋量と破壊時平均付着応力度