

東北大学 学生員 ○妹島 淳生
東北大学 正 員 三浦 尚
東北大学 学生員 八重樫弘明

1 まえがき

低温下における鉄筋コンクリート中の鉄筋の重ね継手は、継手部の横方向鉄筋が継手の破壊時に脆性的に破断したり、局部的な縦ひび割れが、終局耐力に比べ小さい荷重で継手端部に発生する等、常温の場合とは異なった挙動を示すことが過去の研究により指摘されている。そこで、本研究では、横方向鉄筋として、普通鉄筋および低温で脆性を示しにくい特殊鉄筋とを使用し、両引張試体により実験を行い、極低温下での重ね継手が、静的載荷された場合と繰り返し載荷された場合とで、どのような挙動の差を示すかを、継手強度およびコンクリートと主鉄筋との相対変位量とに照らして比較検討した。

2. 実験概要

1) 使用材料

使用したコンクリートは、材令7日での圧縮強度が、常温ではほぼ370 kgf/cm^2 、-50℃ではほぼ680 kgf/cm^2 、-100℃ではほぼ870 kgf/cm^2 であった。鉄筋は市販の横フシ異形鉄筋D22およびD10と、低温用に成分調整された横フシ異形鉄筋D10を使用した。使用した横方向鉄筋の機械的性質を表-1に示す。

2) 実験方法

図-1に供試体の形状寸法を示す。これは重ね継手長を25cmで一定とし、鉄筋レベル面での割裂破壊(side split failure)を起こすものとした。横方向鉄筋には、冷間曲げ加工した普通鉄筋、また普通鉄筋を加工後アニールしたものおよび冷間曲げ加工した低温用鉄筋の計3種類を用いた。供試体は、水温20 $\pm$ 3℃の恒温水槽で水中養生し、材令7日か8日で試験した。供試体は図-2の載荷装置にセットし、液体窒素を低温槽内に噴霧して徐々に供試体の温度を所定の温度まで下げ、温度が一定になったところで載荷を開始した。供試体は2体同時に作製し、1体は静的載荷、もう1体は繰り返し載荷した。繰り返し載荷の方法は、図-3に示すように、下限応力度が付着応力度で1.6 kgf/cm^2 、上限応力度が、継手の静的強度の80%、90%、95%、100%でそれぞれ10回繰り返すことを原則とした。また、コンクリートと主鉄筋との相対変位量は、カンチレバー式の変位計を用いて、図-4に示すような方法で測定した。

3 実験結果および考察

1) 破壊状況

供試体は全て side split failure により破壊した。極低温下では、継手中の横方向鉄筋は、冷間加工普通鉄筋を用いた場合に脆性的に破断し、アニ

表-1 横方向鉄筋の機械的性質

種類	試験温度 (℃)	降伏点 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸び (%)	しほり (%)
普通	常温	41.9	59.2	25.9	45.6
	-50	43.2	65.5	22.5	47.3
	-99	57.5	73.5	28.1	54.2
低温用	常温	61.5	61.9	28.1	76.9
	-50	69.3	70.2	27.5	71.6
	-99	78.7	78.3	28.1	73.4

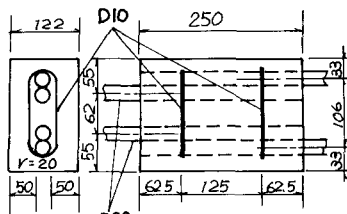


図-1 供試体の形状寸法、単位(mm)

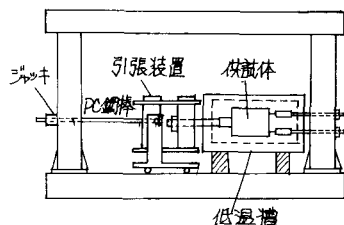


図-2 載荷装置

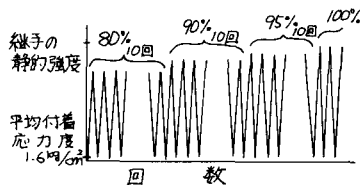


図-3 繰り返し載荷方法

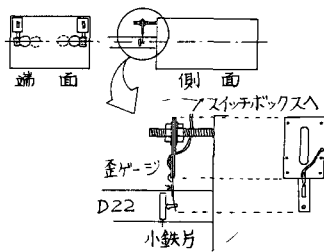


図-4 相対変位測定方法

ールした鉄筋および低温用鉄筋を用いた場合には破断しなかった。

2) 繰り返し載荷を受けた場合の継手強度について

表-2 に繰り返し載荷を行った場合の結果を示す。ひび割れ荷重とは供試体の端部に縦ひび割れが発生したときの荷重で、低温下においては終局耐力の50~70%程度でひび割れが発生している。このような状態で繰り返し載荷を行うと、横方向鉄筋が無い場合の-50℃での強度は、約20%も低下するが、温度が低くなるにつれ強度の低下は減小し、-150℃ではほとんど低下しなくなるようである。横方向鉄筋を配した場合では、強度の低下率は横方向鉄筋の無い場合のほぼ半分であり-100℃では、若干の低下にとどまるようである。

3) 変形能について

重ね継手の主鉄筋とコンクリートとの間の相対的変位量と静的な引張荷重との関係の一部を図-5に示す。

横方向鉄筋が無い場合には、最大荷重での変形が進まず、急激に破壊しているが、横方向鉄筋を配した場合には、とくに低温の場合、破壊に至るまでの変位が大きいくことが観察された。図-5に示すように、普通鉄筋を加工後アニールしたものを使用した場合、他のものより変形能が大きい。

低温用鉄筋を用いた場合、横方向鉄筋は破断しなかった。このことより低温用鉄筋を用いても、アニール加工した鉄筋を使用したのと同程度の変形能を示すものと思われたが、本実験においてはそうはならなかった。これは、低温用鉄筋の降伏点が、普通鉄筋より約5割も大きいためであると思われる。この成分調製された低温用鉄筋は、低温で破断しにくく、条件が同じであれば継手の変形能を高めるため効果的に働くと思われる。

また、静的載荷の場合と繰り返し載荷の場合とでの相対変位量を比較すると、横方向鉄筋を配した場合は、図-6に示すように、繰り返し載荷による終局変位量は、静的載荷された場合のそれより小さいことが観察された。横方向鉄筋の無い場合には、図-7に示すように、繰り返し載荷による、変形能への大きな影響は見られなかった。これは、

横方向鉄筋の無い場合、変形能が小さいこと、最大荷重で継手が急激に破壊してしまうことによると考えられる。

なお、この研究に対し、特殊鋼材の提供その他、多大な援助をして頂きました住友金属工業(株)に対し、深く感謝致します。

表-2 繰り返し載荷の実験結果

試験温度の区分	横方向鉄筋の種類	S or R	ひび割れ荷重 P _c (ton)	最大荷重 P _{max} (ton)	最大平均付加変位 t _{max} (mm)	強度低下の程度
常温	無し	S	14.6	14.6	41.7	
		R	11.6	11.6	33.1	20%
	普通	S	16.8	16.8	48.0	
		R	15.1	15.1	43.2	10%
-50℃	無し	S	14.8	24.6	70.4	
		R	11.3	21.4	57.9	約20%
		S	17.9	28.9	82.6	
		R	13.5	23.1	65.6	20%
	普通	S	14.7	25.8	73.6	
		R	13.4	24.2	70.0	5%
	アニール	S	16.7	31.5	90.0	
		R	15.4	28.3	80.9	10%
	低温用	S	16.9	29.7	84.8	
		R	15.7	26.7	76.2	約10%
-100℃	無し	S	16.9	32.5	92.8	
		R	16.9	26.7	76.3	約20% x
		S	23.4	32.5	92.8	
		R	17.8	30.9	88.3	約5% x
	普通	S	21.6	38.5	110	
		R	19.3	36.7	105	若干低下 x
		S	20.1	35.2	107	
		R	22.5	34.7	99.2	若干低下 x
	アニール	S	19.1	39.1	112	
		R	20.3	37.4	107	4%
	低温用	S	22.5	38.2	109	
		R	23.7	38.2	109	若干低下 x
-150℃	無し	S	20.6	29.8	85.1	
		R	23.8	28.5	80.8	ほぼ同等 x

注) S 静的載荷, R 繰り返し載荷
x 主鉄筋D22破断した

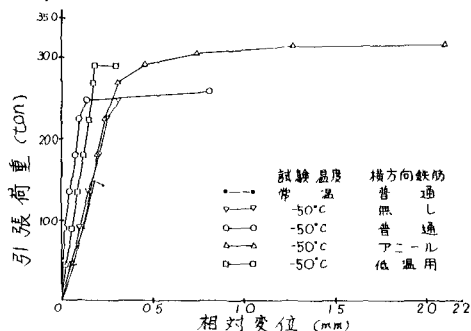


図-5 引張荷重と相対変位との関係

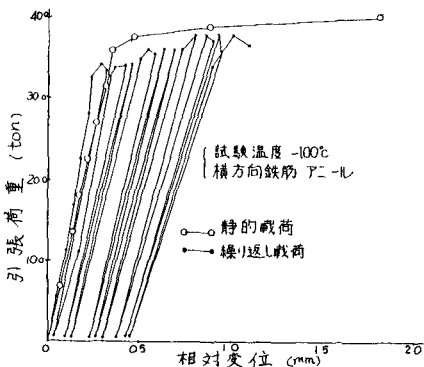


図-6 引張荷重と相対変位との関係

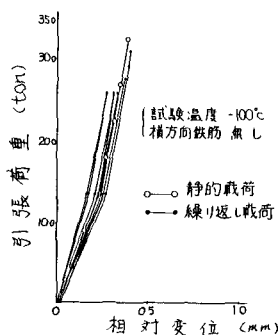


図-7