

東北大学 学生員 ○鈴木 知洋
東北大学 正員 三浦 尚
東北大学 学生員 三浦 泰則

1. まえがき

極低温下になると、コンクリートおよび鉄筋は、常温のときと比べて強度は大きくなるけれども、もうくなってしまうのが大きな特徴である。このような特徴をもつ材料からなる鉄筋コンクリート部材中の重ね継手部は、破壊が衝撃的で、補強用の横方向鉄筋を配しても曲げ加工部で脆性的に破断することがあるというような挙動を示す。これまでに筆者らの1人は、このような横方向鉄筋のある重ね継手の破壊の考え方として、横方向鉄筋が受けもつ応力がまだ小さくても、まわりのコンクリートが破壊するときに生じるものであるとし、重ね継手強度への横方向鉄筋の効果分は、各温度での剛性比によってコンクリート断面積に換算することによって得ることができると指摘している。しかし、これまでの剛性比においては、コンクリートに圧縮が作用したときの弾性係数を用いており、継手さらに部材全体としての破壊を考えるなら、引張が作用したときのものを求める必要がある。そこで、本研究では、両引供試体を用いて最大荷重での引張応力と歪の比を調べるとともにコンクリートの応力-歪挙動についても検討した。

2. 実験概要

実験材料は、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、鉄筋は市販の横フシ異形鉄筋D22 (SD30, SD40)である。

実験には、図-1に示すような3種類の鉄筋比の断面をもつ両引供試体を用いた。供試体の長さは、引張を受けた時にコンクリートの応力が供試体の長さの1/2以上一定となるように表-1のとおりに変化させた。供試体は打設後水温 $21 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温水槽で水中養生し、材令5日で水槽から取り出し、皮膜養生剤を塗布してコンクリート表面にゲージを鉄筋レベル面に貼ってから、さらに恒温室($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$)で養生して材令7日で両引試験を行なった。その際の含水量は約6.0%であった。

養生の終わった供試体は、図-2の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、一定になったところでジャッキで引張載荷した。コンク

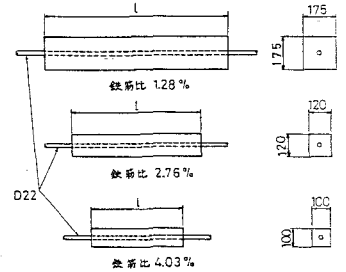


図-1 供試体形状寸法 単位(mm)

表-1 供試体の長さ(L) 単位(mm)

鉄筋比 \ 試験温度	常温	-50℃	-100℃
1.28 %	1000	1100	1250
2.76 %	700	800	1000
4.03 %	500	500	600

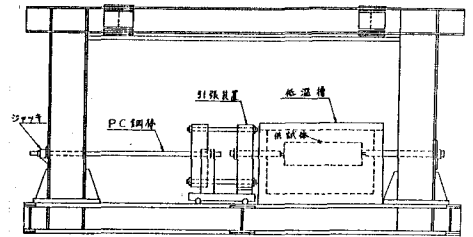


図-2 載荷装置

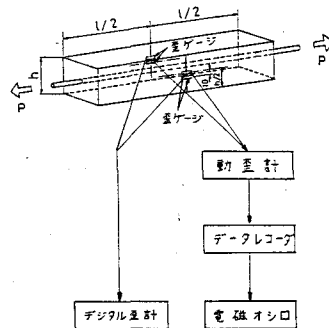


図-3 コンクリートの歪測定手順

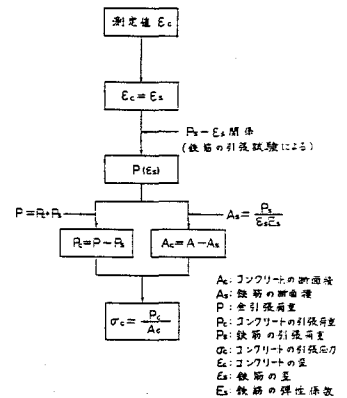


図-4 コンクリートの引張応力計算手順

リートの歪は、図-3に示す手順で測定し、弾性係数を用いて荷重に直した。コンクリートの引張応力はひびわれ直前まで、鉄筋の歪と供試体表面のコンクリートの歪とが等しいと考え、図-4に示す手順で求めた。

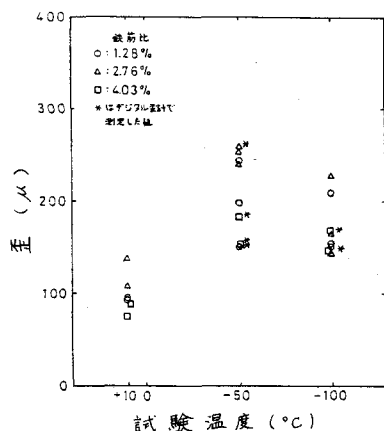


図-5 最大荷重時のコンクリートの歪と試験温度との関係

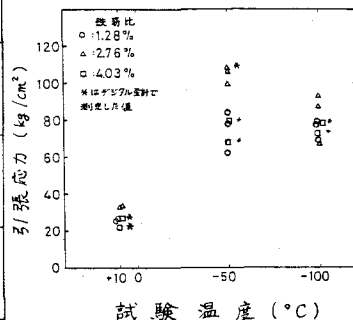


図-6 コンクリートの引張応力と試験温度との関係

図-5に試験から得られた最大荷重時のコンクリートの歪と試験温度との関係を示す。常温と比べて低温では、最大荷重時での歪は大きくなっている。ばらつきが大きい、-50℃が最も大きく、-100℃で低下する傾向がみられる。-50℃では、常温の約2倍程度になっている。

図-6に、試験から得られたコンクリートの引張応力と試験温度との関係を示す。歪と同様、常温と比べて低温では、引張応力は大きくなっている。また、-50℃の方が-100℃よりもやや大きい傾向になっている。そして、-50℃、-100℃の値は、常温の2～5倍程度になっている。

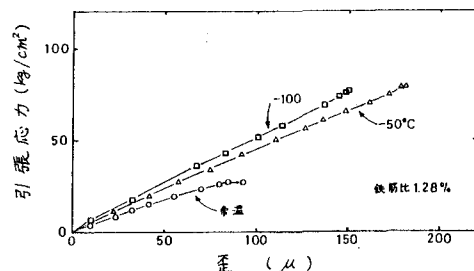


図-7 引張を受ける時のコンクリートの応力-歪曲線の一例

図-7に引張を受ける時のコンクリートの応力-歪曲線の一例を示す。各温度とも、応力下降域の判定はできなかったが、応力-歪曲線は、常温よりも低温の方が直線に近い、弾性係数が大きくなり剛性が増している。これは、最大荷重に達すると瞬間的にひびわれが発生して破壊に達してしまうことをよく示している。

図-8に最大荷重での引張応力(σ_{cmax})と歪(ϵ_{cmax})の比： $\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax}$ と試験温度との関係および $E_s/(\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax})$ (E_s :鉄筋の弾性係数、 $2.05 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)と試験温度との関係を示す。この図から、 $\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax}$ は、低温になるに従って大きくなっていることがわかる。常温から-50℃の増加と-50℃から-100℃への増加は、後者の方が小さくなっている。そして、-50℃では常温の1.4倍程度、-100℃では1.6倍程度になっている。今まで、コンクリートに圧縮が作用したときの弾性係数を用いて、 $n=7.59$ (常温)、 5.59 (-50℃)、 4.23 (-100℃)となっているが、-100℃では大差ないが、常温、-50℃では、 $E_s/(\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax})$ の方がやや大きい傾向になっている。また、鉄筋比による $\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax}$ の違いはないようである。これは材料が同じであれば、断面が変化してもコンクリートの応力-歪挙動が変化しないためであると思われる。

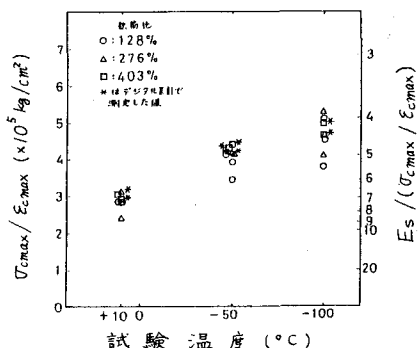


図-8 $\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax}$ と試験温度および $E_s/(\sigma_{cmax}/\epsilon_{cmax})$ と試験温度との関係

以上のことから、横方向鉄筋のある重ね継手の強度算定には、今回の結果を用いるのがふさわしいと思われるが、圧縮が作用したときの弾性係数とそれほど大きな差はないということに注意すべきであると思われる。さらに、含水量や配合が変わった場合についても研究する必要があると思われる。

〈参考文献〉1)三浦, 殊島:極低温下における鉄筋の重ね継手性状におよぼす横方向鉄筋の性質の影響 第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集 1983年