

東北大学 学生員 ○鈴木 知洋
東北大学 正 員 三浦 尚

1. まえがき

極低温下において横方向鉄筋のある重ね継手の破壊は、横方向鉄筋が受けもつ応力が未だ小さくても、まわりのコンクリートが破壊するときに生じると、筆者らの1人がこれまでに指摘している。そして、重ね継手強度への横方向鉄筋の影響分は、各温度での剛性比によってコンクリート断面積に換算して得ることができる¹⁾と、次のような重ね継手強度(破壊時平均付着応力度)算定式を提案している。

$$U_1 = (0.0724 + 0.192 C' / \phi + 3.15 \phi / l) \sigma_c^{3/4} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (1)$$

$$U_2 = (0.191 + 0.505 C' / \phi + 8.28 \phi / l) \sigma_t \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (2)$$

但し、 $C' = C + (n - 1) A_{tr} / 2S$

ここで、 C :鉄筋のかぶり、 l :鉄筋間のあきの半分のうち小さい方の値、 ϕ :主鉄筋径、 l :重ね合わせ長さ、 A_{tr} :破断面に直交する横方向鉄筋の断面積、 S :横方向鉄筋の中心間隔、 n :剛性比 $=E_s/E_c$ 、 E_s, E_c :鉄筋およびコンクリートの弾性係数、 σ_c, σ_t :コンクリートの圧縮および引張強度 (単位はすべて kg/cm^2)

しかし、これらの式において、剛性比として圧縮力を受けた時のコンクリートの弾性係数を用いており、本来の継手の破壊を考えるなら、引張力を受けた時のものを使用すべきである。そこで、本研究では、最大荷重時のコンクリートの引張応力と歪との比を調べ、それを用いて重ね継手強度について比較検討した。

2. 実験概要

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、粗骨材は碎石、混和剤はポリオキシアルキルアリールエーテルを主成分とするAE減水剤、鉄筋は市販の横筋異形鉄筋D22(SD35, 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。また、供試体の長さは、引張力を受けた時にコンクリートの応力が供試体の全長の1/2以上一定であるようにするために、表-1のとおりに変化させた。供試体は、打設後水中養生を材令5日行ない、被膜養生剤の塗布後、歪ゲージを鉄筋レベル面のコンクリート表面に貼り付けて、さらに恒温室で材令7日まで養生した。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、載荷装置²⁾にセットし、液体窒素を噴霧して低温槽内を余々に冷却し、所定の温度で一定になった時にジャッキで引張載荷した。試験温度は、常温、 -50°C 、 -100°C の3種とした。

コンクリートの歪は、図-2に示す手順で測定した。また、コンクリートの引張応力は、ひびわれ発生までは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-3に示す手順で求めた。

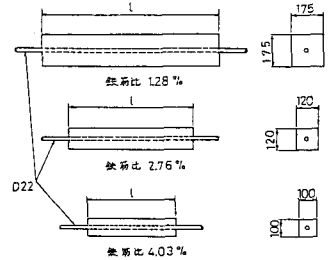


図-1 供試体形状寸法 単位(mm)

表-1 供試体の長さ(l) 単位(mm)

鉄筋比	常温	-50°C	-100°C
1.28 %	1000	1100	1250
2.76 %	700	800	1000
4.03 %	500	500	600

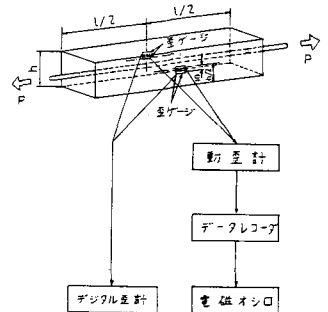


図-2 コンクリートの歪測定手順

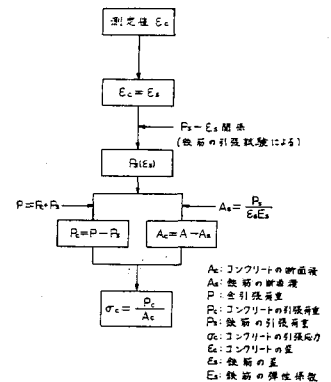


図-3 コンクリートの引張応力計算手順

3. 結果および考察

図-4に引張力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くっており、さらに弾性係数が大きく、つまり剛性が大きくなっている。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到ってしまうことをよく示している。また、引張応力および歪は両方とも常温に比べて低温の方が大きくなっていることがわかる。低温では他のデータも含めて比較すると、 -50°C の方が -100°C よりも引張応力と歪のどちらも大きい傾向になっている。これは、コンクリート中の間隙水や吸着水が凍結してできた氷の物性によるものと思われる。

図-5に最大荷重時の引張応力(σ_{cmax})と歪(ϵ_{cmax})の比： $\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}}$ と試験温度との関係および $E_s/(\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}})$ 、(E_s :鉄筋の弾性係数 $=2.05 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)と試験温度との関係を示す。この図から $\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}}$ は、低温になるに従い大きくなっていることがわかる。そして常温から -50°C への増加割合に比べて、 -50°C から -100°C への増加割合の方が小さくなっている。このとき、 -50°C では常温の1.4倍程度、 -100°C では1.6倍程度になっている。さらに圧縮力を受けた時の弾性係数と比較してみると、全体として大差はないという結果になっている。

また、鉄筋比による $\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}}$ の違いはないようである。これは、コンクリートの破壊が急激であるためと思われる。

図-6に重ね継手供試体破壊断面図および図-7に重ね継手強度の実験値(U_{max})と計算値(U_2)との比較を示す。ここでは継手の破壊を考慮して、引張強度を用いた(2)式を使って計算した。このとき、横方向鉄筋が4本の供試体では配置が異なるため、 $C' = C + 2(n-1)A_b/5S$ とした。また、平均値 $E_s/(\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}}) = 7.14$ (常温), 5.01 (-50°C), 4.45 (-100°C)を用いた。この図から、計算値(U_2)は、常温に比べ低温では、実験値(U_{max})にほぼ一致していると思われる。また、横方向鉄筋が4本になると2本の時に比べて、特に常温では、計算値(U_2)は安全側となっている。

以上のことより、極低温下において横方向鉄筋のある重ね継手強度算定には、今回の結果を用いるのが妥当であると思われる。今後、含水量や配合が異なる場合について検討する必要があると思われる。

尚、本研究は文部省科学研究費(一般研究B)によって行なわれたものであり、また実験に御協力頂いた卒業生三浦泰則氏に深く感謝いたします。

(継続) 1) 三浦 泰則: 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

2) 鈴木 三浦: 三浦: 極低温下において引張を受けるコンクリートの挙動について

昭和60年度土木学会東北支部技術発表会概要集, 1985年3月

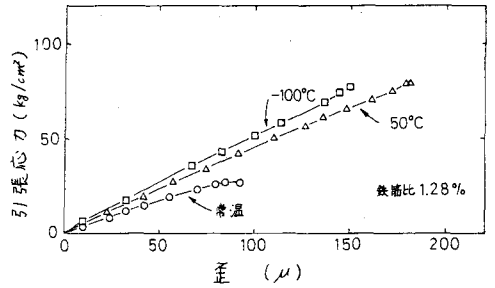


図-4 引張力を受ける時のコンクリートの応力-歪曲線の一例

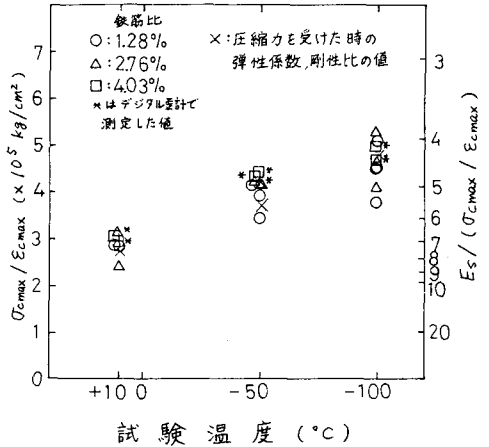


図-5 $\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}}$ と試験温度および $E_s/(\sigma_{\text{cmax}}/\epsilon_{\text{cmax}})$ と試験温度との関係

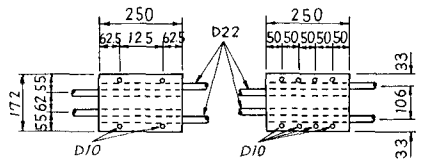


図-6 重ね継手供試体破壊断面図

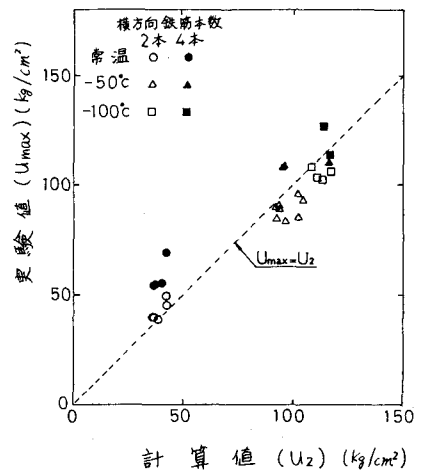


図-7 重ね継手強度の実験値(U_{max})と計算値(U_2)と比較