

東北大学 正員 ○阿部喜則

東北大学 正員 三浦 尚

東北大学 学生員 杉本文和

1) まえがき

今日まで、常温下および極低温下における鉄筋コンクリートの重ね継手強度に関する研究が三浦¹⁾らによって明らかにされてきた。この研究によると、鉄筋の重ね継手強度は、コンクリートの強度のみに依存するのではなく、一緒に配筋された横方向鉄筋の影響が大きいため、この鉄筋による強度増分を鉄筋の弾性係数 (E_s) とコンクリートの引張破壊時弾性係数 (E_{ct}) (破壊時の伸び能力によって決まる) との剛性比 (E_s/E_{ct}) を用いコンクリート断面に置き換えることにより鉄筋の重ね継手強度をより精度よく推定できる算定式を提案している。極低温下では、常温下と異なりコンクリート内の含水状態で大きく物性が異なるためこの算定式を用いるためには、各種の条件下におけるデータ (E_s/E_{ct}) を蓄積し検討を重ねる必要がある。

本研究の目的は、極低温下においてコンクリートの含水状態が高い場合におけるコンクリートの伸び能力および引張破壊時弾性係数を求めることであるが、これに関する研究は、これまでにほとんど行なわれておらず不明点が多い。本実験でのコンクリートの種類は、砕石コンクリートと人工軽量骨材コンクリートとの2種について行なった。一般に、常温下での人工軽量骨材コンクリートの伸び能力は普通コンクリートに比べ大きいことから極低温下における挙動が注目される。また、引張を受けるコンクリートのポアソン比の特性についてもあわせて実験行なった。

2) 実験材料

早強ポルトランドセメント (比重3.13)、細骨材は、川砂 (表乾比重2.56)、粗骨材は、砕石 (表乾比重2.87)、人工軽量骨材 (表乾比重1.66)、最大寸法は、砕石20mm、人工軽量骨材15mm、A E減水剤、市販の横ふし異形鉄筋D22 (SD30)、をそれぞれ使用した。配合は、 $W/C=50\%$ 、 $s/a=38\%$ 、 $C=388\text{ kg/m}^3$ とした。

3) 供試体

実験には、図-1に示す両引供試体を用い鉄筋比2.76%のものについて行なった、長さは、供試体が引張を受ける時応力分布が一定になるよう各条件下に対し定めた。供試体は、+20℃の室温内で制作し1日静置後脱形、その後+20℃の水中に入れ6日間養生した。材令7日目に取り出し水分の蒸発を防ぐため膜養生剤を塗布した。供試体の両側面に低温びずみゲージを貼付けびずみを測定した。

4) 実験方法

供試体は、滑車と重りを使い自重を相殺し図-2に示すように設置した。

温度および冷却方法は、供試体内に埋め込んだC C熱電対により温度を見ながら毎時20℃以内に納まるよう液化窒素の噴射量を制御した。供試体温度が所定の温度に達した後、載荷装置に設置したジャッキにより供試体に引張力を与えびわれが発生するまで載荷した。

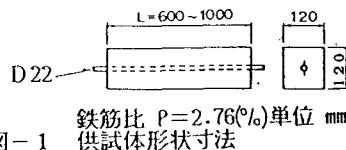


図-1 鉄筋比 $P=2.76(\%)$ 単位 mm
供試体形状寸法

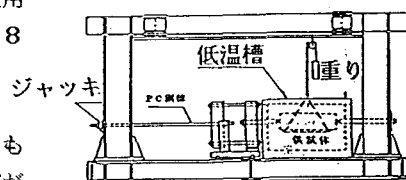
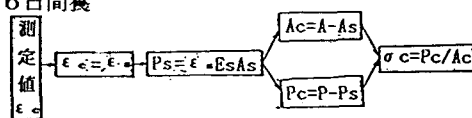


図-2 載荷装置



A: 供試体全断面
Ac: コンクリートの断面積
As: 鉄筋の断面積
P: 全引張荷重
Pc: コンクリートの引張荷重
Ps: 鉄筋の引張荷重
σc: コンクリートの引張応力
εc: コンクリートの歪
εs: 鉄筋の歪
Ec: コンクリートの弾性係数
Es: 鉄筋の弾性係数

図-3 コンクリートの引張応力計算手順

データの処理の手順を図-3に示す。鉄筋のひずみは、同断面のコンクリートひずみと同じであると仮定した。鉄筋の弾性係数は、低温下においてもそれほど変わらないことが分かっている

5) 実験結果および考察

図-4に温度と引張破壊時弾性係数 (E_{ct}) との関係を示す。これより、碎石コンクリートでは、低温下になるに従い増大してゆき -100°C 近傍で最大に達することが分かる、その値は、約 $6.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ と常温値の約 2.4 倍となっており、これより低温下になると逆に減少する。人工軽量骨材コンクリートでは、碎石コンクリート同様 -100°C まで増大し $-100^{\circ}\text{C} \sim -150^{\circ}\text{C}$ 間では頭打ちとなる。図-5に温度と引張破壊時弾性係数増加量 (ΔE_{ct} : 低温値-常温値) との関係をコンクリートの含水比別に表わした。これより、コンクリート内の含水比の増減により弾性係数値が変化することが分かる。(図中①②③は文献1より抜粋) 人工軽量骨材コンクリートは、含水比が高い割には増加量が少ない。図-6にコンクリートの伸び能力と温度との関係を示す。碎石コンクリートでは、 -50°C 付近まで急速に伸び能力が増加するが、しかし、人工軽量骨材コンクリートは、それほど急速な増加を示さない、伸び能力は、碎石コンクリートおよび人工骨材コンクリート共に -50°C 付近でピークに達しそれ以下の低温下になるに従い減少する。人工軽量骨材コンクリートの伸び能力値は、常温下で約 200μ と碎石コンクリートの 1.7 倍と大きい低温下になると 1.1~1.2 倍と、その差が縮まる。図-7に人工軽量骨材コンクリートが引張を受けた場合のポアソン比と引張応力度 (破壊応力に対する百分率) との関係を示す。人工軽量骨材コンクリートは、常温下で 0.2 前後と圧縮試験で求めた場合とほぼ同じ値であったが、低温下では約 0.28 前後と多少大きくなる、温度別に見ると -50°C が最も変形し易く -100°C 、 -150°C となるに従い減少を示す。この傾向は、碎石コンクリートにおいても同様な結果であった。

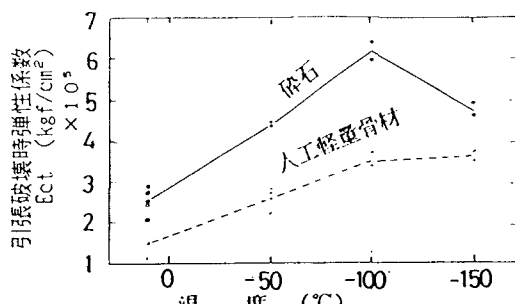


図-4 温度とコンクリート引張破壊時弾性係数との関係

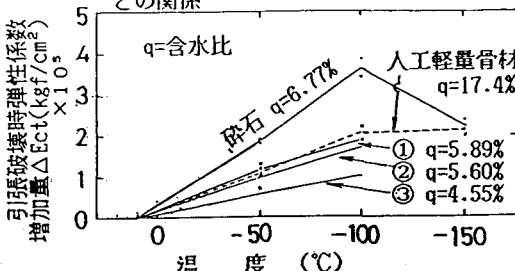


図-5 温度とコンクリート引張破壊時弾性係数増加量との関係 (含水比別の比較)

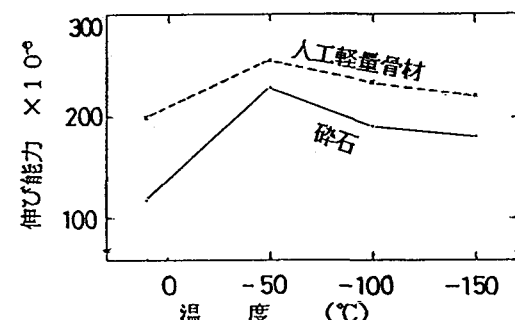


図-6 温度とコンクリートの伸び能力との関係

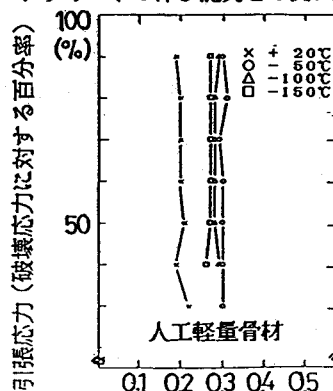


図-7 引張を受けるコンクリートのポアソン比と引張応力との関係 (温度別比較)

文献1), 三浦・鈴木: 鉄筋の重ね継手強度における方向鉄筋の効果について 土木学会論文集N0.378/V-6, 1987.2