

V-34

アラミドロープを外ケーブルとしたPRC桁の低温下の耐力及び変形挙動

北海道大学大学院	学生員	金丸辰也
北海道大学工学部	正 員	佐伯 昇
北海道工業大学	正 員	堀口 敬
北海道大学工学部	正 員	志村和紀
日本高圧コンクリート(株)	正 員	秦 滋康

1. はじめに

気候が温暖な地方に比較して、寒冷地は冬期間において、利用用途、移動範囲、移動手段等が制限され開発が遅れてきたが、寒冷地を機能的に利用しなければならなくなっている。既に建設されている、あるいは以降行われるであろう開発に伴って建設される寒冷地の道路・橋梁等の社会資本の多くは、将来より多大な交通量を支えていかなければならないことが考えられる。また諸外国との貿易の自由化に伴い、日本国内での規格とは異なった貨物を輸送しなければならなくなると、これによって交通荷重の増大も予測される。設計時点で過剰な交通量や交通荷重を予測して設計すれば、それだけ多くの工費を要することになり、多くの建設を必要とする社会資本としては困難である。また、それらが増大した時点で新しく建設することも、工費を再支出しなければならないうえ、交通に与える影響は大きい。少ない経費で、かつ交通に与える影響を最小限に抑えつつ補強整備することが望まれよう。そのための一つの手段として、現在、外ケーブルを利用することによって、既存の鉄筋コンクリート橋の耐力向上が提案されている。

本実験は、鉄筋コンクリート橋に注目し、寒冷地において既に建設されたそれが、設計時点で予想した交通量や交通荷重を越える交通に対応しなければならなくなった場合を想定し、低温下においてアラミドロープを外ケーブル補強材として用いた場合の耐力及び変形挙動の考察を行うことを目的として行ったものである。

2. 実験方法

2. 1 供試体

供試体の形状は、図-1に示すように全長250cm、桁高30cm、上フランジ幅50cm、ウェブ幅15cmのT型断面のRC桁である。このRC桁に対し、アラミドロープを用いて外ケーブル方式によりプレストレスを与え、PRC桁とした。鉄筋量は、0.4%である。

支間中央部から左右それぞれ35cmの位置には、外ケーブル曲げ上げのための厚さ10cmの横桁を両側面に設け、ケーブルとの接触位置には曲率半径が30cmとなる深さ6.5mmの半円形の溝を付けた。スパンは210cmである。

コンクリートは目標強度350kgf/cm²、スランプは8cmとした。セメントには普通ポルトランドセメント用いた。配合は、単位セメント量350kg/m³、水セメント比48.3%、細骨材率44.0%、空

Behavior of Strength and Deformation of External Prestressing RC-Beam Using Aramid Rope under Low Temperature

by Tatsuya KANAMARU, Noboru SAEKI, Takashi HORIGUCHI, Kazunori SHIMURA and Shigeyasu HATA

気量5%とした。

鋼材は、圧縮鉄筋及びスターラップにSD295A、引っ張り鉄筋はSD345を用いた。鉄筋の純かぶりは30mm、引っ張り鉄筋は2段配置となっている。配筋図を図-2に示す。

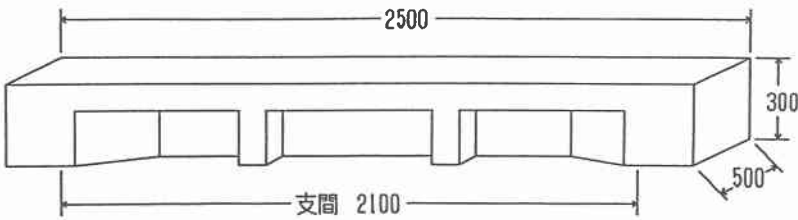


図-1 供試体寸法

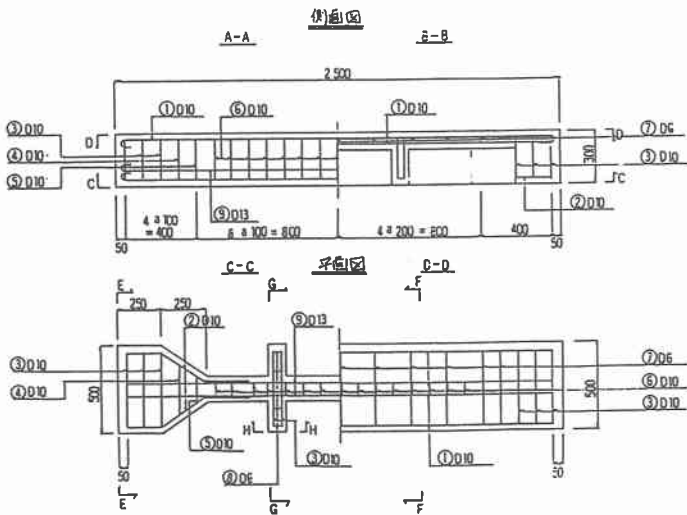


図-2 配筋図

2. 2 アラミドケーブル

本実験で用いた緊張材は、図-3に示すようにパラフィルロープTYPE G、外径13.5mmで公称破断荷重が10.5tfのものである。カタログによれば、破断応力は $1.96 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ (繊維実断面積 0.5347 cm^2)、弾性係数は $7.92 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ である。このロープは鋼材と比べて非常に軽量であり、本実験に用いたものでは100mあたり14.4kgとなっている。またロープの構造は、心材のケブラー29繊維が平行に並べられてポリエチレンシースの中におさめられたものとなっており、FRPロッドのような繊維のより合わせや、組み紐状の構造をもたず、また樹脂なども含浸させてもいない。このため非常に柔軟で、実験に用いたケーブルでは、曲げ剛性EIは 250 kgfcm^2 と

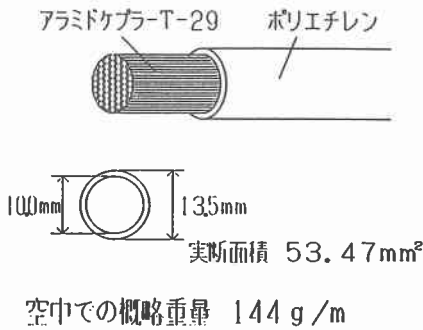


図-3 アラミドケーブルの断面図

いう小さな値となっている。ロープがある曲率半径 R をもって曲げられた状態にあるときの引っ張り強度は、ロープの半径 r に対して、 $R/r=5.9$ のときこそ公称破断荷重に対して 65.1% の強度としかならないが、 $R/r=10.4$ 以上とすれば、85% 以上の強度を保っている。本実験では定着部で 37、曲げ上げ部で 60 である。ロープのリラクセーション特性は、破断荷重の 60% の継続載荷に対して、1000 時間後 10% となっている。また破断荷重の 50% 以下のクリープ荷重であれば、100 年後にクリープ破断することはないと推定されている。

2. 3 ケーブルの設置・定着及び緊張

ケーブルの定着は、図-4 に示すように桁の両端に取り付けた溝の付いた曲率半径 18.5cm の半円形治具を用いて、片方の側面からもう一方の側面へと曲げ返されている。もう一方の桁端部において、ケーブルは半径 18.5cm の定着用金具に巻き付けられ、その端部をアルミニウム合金製の末端コネクターで固定した。ケーブルは、図-5 に示すように部材軸中心から 18.5cm 離れた外側において、桁の両端部では桁高の $1/2$ の高さ、ケーブルを曲げ上げる横桁の部分では桁の下位に位置するような配置とした。曲げ上げ角度は、 $9^{\circ} 27'$

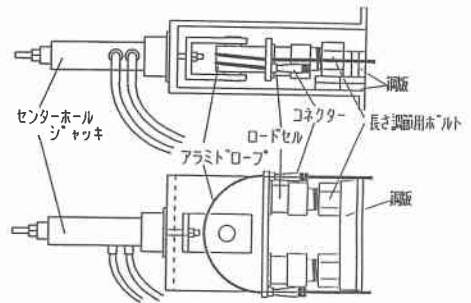


図-4 ケーブル定着用治具

である。桁のそれぞれの側面のケーブルは連続した 1 本のケーブルである。横桁に付けられたケーブル用の溝とケーブルとの摩擦、桁端部にケーブルを通すために開けられたダクトとケーブルとの摩擦を極力取り除くために、摩擦部にテフロンシートを張っておいた。

ケーブルの緊張には、センターホールジャッキを用いた。P C 鋼棒、及び治具を介し、定着用金具ごと引っ張ったあと、金具と桁端部の鋼板との間に 2 つのロードセル、長さ調節用ボルト、鋼板をはさんだ。次にジャッキの圧力（緊張）をゆるめ、ケーブルによるプレストレスの反力をロードセルによって測定した。ロードセルによる測定値が所用の値となるまで、そして桁の両側面のケーブルの張力に偏りがなくなるまで以上の作業を繰り返した。

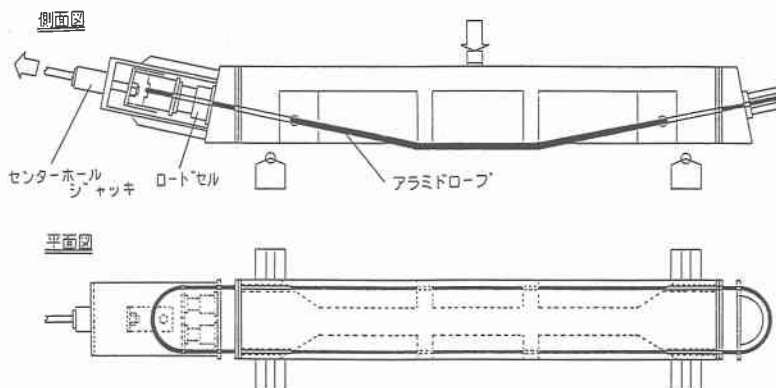


図-5 ケーブル緊張図

2. 4 実験方法及び測定項目

本実験は大きく静的試験と動的試験に分けられるのでその二つについて述べる。

支点は試験機に付属している直方体台座に直径5cmの丸鋼棒が固定されているものである。載荷点には幅65mmの鋼板及び鋼棒を石膏で固定した。導入プレストレスは、ケーブル1本あたりの張力が3.5tfとなるように与えた。

静的試験では荷重と変形をなじませるために、3回の繰り返し載荷を行い挙動を調べた。載荷途中で、最初に生じたひび割れ箇所にひび割れゲージを接着剤にて取り付け、桁の破壊に至るまで静的に載荷を加え桁の耐力を測定した。低温静的試験では、プレストレス導入の前に桁を冷却した。

動的試験も、桁の設置、プレストレスの導入までは静的試験と同じである。この試験は全て低温で行うため、プレストレス導入前に供試体を冷却した。そのあと載荷レベルを変化させることによって、4本の供試体について実験を行った。載荷レベルは、下限はどの供試体も1tfで、上限は17tf(No.1)、13tf(No.2)、9tf(No.3)、5tf(No.4)の4種類である。実験中、桁が疲労破壊した時点で載荷を中止した。

引張鉄筋・圧縮鉄筋には、支間中央にスターラップが位置しているのでそこからおおむね2、3cm離れた位置に、またスターラップには桁高中央となる位置に、それぞれひずみゲージを接着剤を用いて接着した。またコンクリート表面には、支間中央部側面の上端から1、3、5、7、9cmの位置においてひずみゲージを接着剤にて貼付した。

鉛直変位計は圧縮試験機のラム上端に固定し、ラムの鉛直変位量を測定し載荷点の変位とした。

3. 実験結果及び考察

3. 1 常温及び低温静的試験結果

図-6は荷重-変位関係を表すグラフである。低温時の終局耐力が常温時のそれよりも約1(tonf)ほど上がっていることが解る。また、低温時の終局変位は常温時の約1/2ほどである。破壊形態も、常温時ではコンクリートの圧壊と引張鉄筋の破断の両方が発生していたが、低温時では引張鉄筋の破断のみで、顕著な状態の圧壊は発生していなかった。また、図-7と8は常温と低温でのコンクリートのひずみ値をグラフ化したものである。低温試験のときのひずみ値は常温試験のそれよりも小さくなっていることが解る。これらのことより、常温と低温の違いはコンクリートのヤング率に大きく影響を与えていることが解る。

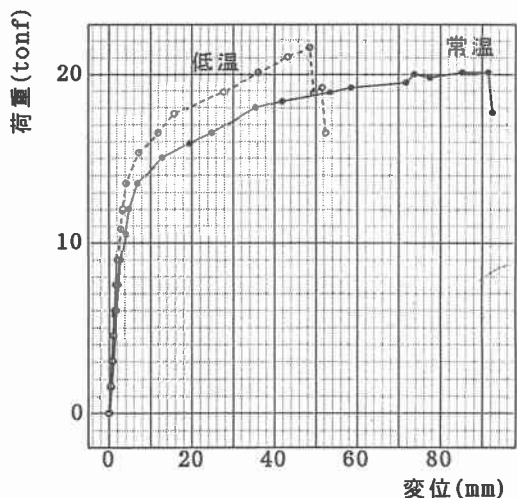


図-6 荷重-変位

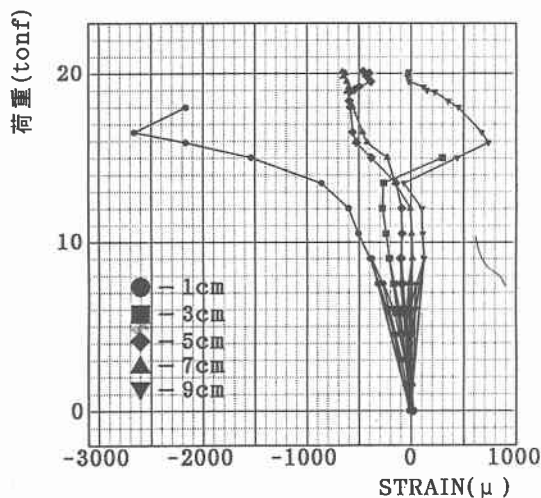


図-7 コンクリートのひずみ（常温）

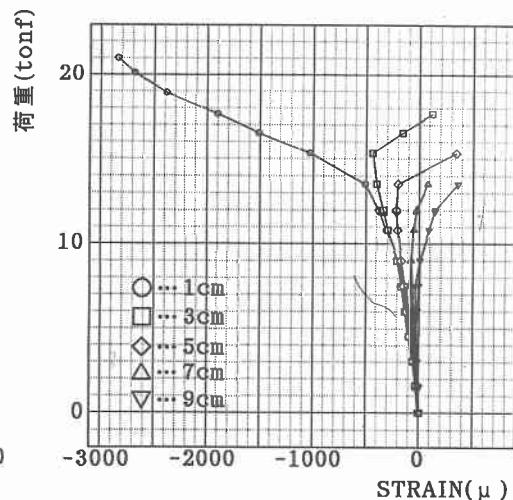


図-8 コンクリートのひずみ（低温）

3. 2 低温動的耐力

低温下（供試体内部が -20°C ）における動的試験における破壊形態は鉄筋の破断によるものであり、コンクリートの圧壊及びアラミドケーブルの破断は起こらなかった。そこで、動的耐力を求めるために鉄筋の引っ張り応力度（ $\log S$ ）と繰返し回数の（ $\log N$ ） $S-N$ 曲線を求めることにした。疲労試験における鉄筋の上限応力は、供試体中央の最下部の鉄筋のひずみを、鉄筋の引張試験による応力-ひずみ曲線に対応させて求めた。下限応力は、グッドマン線図によって0に修正した。その結果、鉄筋の引張応力度と破壊までの繰返し回数の関係をグラフ化したものが図-9である。応力度が 760kgf/cm^2 の供試体は、繰返し回数が300万回で破壊しなかったので、この点を除けばほぼ直線上にあるのが解る。

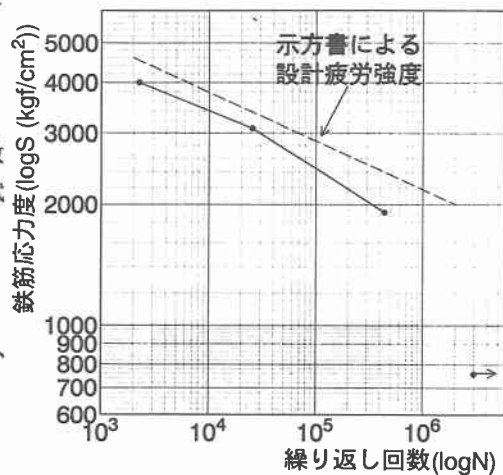


図-9 低温動的試験

3. 3 低温動的試験での載荷幅－変位関係

図-10は低温動的試験（供試体番号No.3・載荷幅は1tonf-9tonf）における載荷幅と変位の関係を繰り返し回数ごとにグラフ化したものである。繰り返し回数が1回目のときの傾きを1とすると30万回目のそれは0.83で、1回目に比べ小さな値になっている。また、表-1は他の供試体の載荷幅－変位関係のグラフから得られた傾きの変化（剛性の変化）を表したものである。

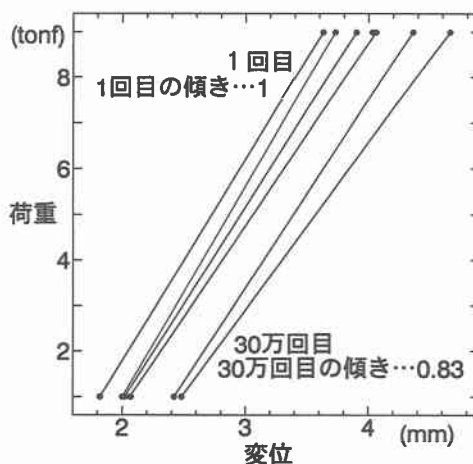


図-10 載荷幅－変位関係(1tonf-9tonf)

表-1 剛性の変化

	1回	100回	1000回	1万回	30万回	300万回
No. 1	1(3.21)	0.58	0.56	-	-	-
No. 2	1(2.66)	1.08	1.00	0.99	-	-
No. 3	1(4.42)	1.05	0.96	0.90	0.83	-
No. 4	1(4.76)	1.09	1.08	1.12	1.08	1.06

・ No. 1～No. 4は供試体番号。

・ () 内の数値は実験値。それ以外は1回目を1としたときの比。

・ 単位はtonf/mm

4. まとめ

- (1)アラミドロープを外ケーブルとして用いたP R C 桁は常温下に比べて低温下では耐力が向上するが、靱性が小さくなる。その主因はコンクリートの低温下における強度の増加およびひずみ挙動の差異によるものと考えられる。
- ②アラミドケーブルを外ケーブルとしたP R C 桁の低温下の疲労試験では、鉄筋の破断が生じ、強度は示方書の示す疲労強度より低い値を示していた。実験本数が少ないので、原因を明らかにするための実験を行う必要がある。

5. 参考文献

- (1)F.N.Pannell : The Ultimate Moment of Resistance of Unbonded Prestressed Concrete Beams Magazine of Concrete Research, vol.21, No.66, 1969
- (2)池田 哲郎 : 外ケーブルを用いたP R C 部材の変形と耐力 平成4年度修士論文
- (3)土木学会 : コンクリート標準示方書 (1991)