

(105) アラミド織布を利用した袋詰め型による緊張材の定着に関する基礎的研究

九州共立大学 正会員 ○高山俊一
 九州共立大学 成富 勝
 九州共立大学 正会員 牧角龍憲
 小野田(株) 技術部 桧田俊晴

1. まえがき

車両の増大および大型化によって橋梁の劣化が予想を越える速さで進行していると聞いている。これに対処するために、補修・補強を十分に行ない、橋梁の使用期間を延ばさなければならない。橋の補強工法の一つとしてアウトケーブル工法が考えられる。アウトケーブル工法は両端部の定着個所が非常に大切である。アラミド織布を用いたハイバックアンカーに関する研究^{1) 2) 3)}から、亀裂の多い地盤・岩盤や砂地盤では本工法が有効であるものと考えられる。織布を利用した袋詰め型による定着工法は、このハイバックアンカー工法を利用したもので袋状の織布から流動性に富んだグラウトが流失することなく、確実な定着が行なえるものとする。したがって、この織布を用いた定着工法が、既存コンクリートでの定着に利用できないかと考え、膨張材を添加した膨張圧を中心に基礎的研究を行なった。

2. 実験の概要

2. 1 膨張材混合による膨張圧の測定法 (外管法)^{4) 5)}

膨張材混合を行なったセメントの膨張圧の測定は、鋼管(無継ぎ目管)にストレンゲージを貼付して行なった。膨張材には主成分が酸化カルシウム(比重3.14、粉末度3500cm²/g、秩父小野田(株)製の小野田エキスパン)のものを使用した。膨張圧の測定は表-1に示すように4シリーズに分けて行なった。単にセメントに膨張材を混合しても、膨張量は経過時間とともに乾燥収縮によって減少するのが一般的である。そのために、図-1に示すように膨張材がほとんど減少しないようにするために、酸化カルシウム(化学成分、粒度分布等を表-2に示す)および収縮低減剤(比重1.02、pH7±1、主成分ポリエーテル系)を添加した(シリーズ3、4)。シリーズ1では、膨張圧の測定は直径が異なる2種類の鋼管を使用して行なった。シリーズ2以降では内径43.9mm、肉厚2.35mm、長さ約23cmの鋼管を使用し、膨張材量を変えて膨張圧を測定した。鋼管長さの約1/2の位置の表面2箇所、縦・横の2軸方向のひずみを測定できるストレンゲージ(FCA-2-11、リド線付き)を貼付し、

さらにゲージ表面に防湿処理を行なった。膨張圧の測定は20±2℃の恒温室で、デジタル静ひずみ計(TDS-302、東京測器研究所製)を使用して行なった。

表-1 膨張圧測定試験

| シリーズ | 膨張材混入率 | 混和剤及び鋼管 |
|------|------------|-----------------------------------|
| 1 | 15, 30, 50 | 鋼管は2種類 外径48.6mm, 42.7mm |
| 2 | 10, 15, 20 | 鋼管は1種類、 48.6mm, 長さ23cm |
| 3 | 10, 15 | 炭酸カルシウム (20%)の有、無 |
| 4 | 8, 15 | 炭酸カルシウム(20, 30, 40%) 収縮低減剤(5%) |

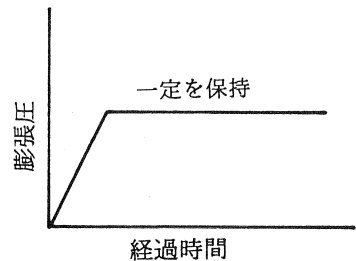


図-1 膨張圧と経過時間

表-2 炭酸カルシウムの化学成分、粉末度および粒度分布

| 付着水分 (%) | 化学成分 (%) | | | | | | | 炭酸カルシウム | 粉末度 残分% 74 μm | 粒度分布(残分 %) | | | |
|----------|----------|--------|----------|-------|---------|----------|-------|---------|---------------------|------------|------|------|------|
| | 強熱減量 | 二酸化ケイ素 | 酸化アルミニウム | 酸化第二鉄 | 酸化カルシウム | 酸化マグネシウム | 合計 | | | (単位 μm) | 40 | 30 | 20 |
| 0.06 | 43.73 | 0.14 | 0.09 | 0.05 | 55.42 | 0.39 | 99.82 | 98.96 | 4.0 | 6.0 | 18.2 | 29.8 | 44.0 |

表-3にはグラウトの配合の一例を示す。定着体の強度が十分に確保されるために水セメント比は45%とし、流動性を確保するために高性能減水剤を添加した。流動性はJAロートで管理し、流下時間を16~20秒とした。

表-3 グラウトの配合の一例

| 水セメント比 (%) | 膨張材混入率 (%) | 炭酸カルシウム混入率 (%) | 単 位 量 (kg/m ³) | | | | |
|------------|------------|----------------|----------------------------|--------|-----|---------|-------|
| | | | 水量 | 普通セメント | 膨張材 | 炭酸カルシウム | 収縮低減剤 |
| 45 | 10 | 0 | 578 | 1172 | 130 | 0 | 0 |
| | 8 | 20 | 513 | 938 | 104 | 261 | 65.1 |
| | 15 | 30 | 513 | 716 | 195 | 391 | 65.1 |

高性能減水剤量 7.86kg(セメント質量 1302kg×0.6%)
消泡剤量 セメント質量 1302kg×0.02%

2.2 アラミド織布を用いた既存コンクリート部材での定着工法

アラミド繊維は引張強度、弾性率等の力学的性質に優れ、耐酸・耐アルカリ等の耐薬品性にも安定した芳香族ポリアミド繊維(比重1.44)である。織布は繊維を袋織りとし、1m当たりの質量が252g、φ140mmの寸法になっている。本定着工法は図-2に示すように両支点の横桁にコア掘削機によって穴を開け、孔中にアラミド織布で覆った定着体を挿入し、グラウトを袋の中に注入して定着体とするものである。定着を確実にするため定着体の強度を大きくし、膨張量を大きくする必要がある。

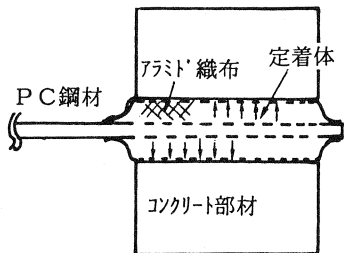


図-2 コンクリート部材での定着状況

表-4 模擬岩盤の配合

| 種類 | W/C (%) | s/a (%) | 単 位 量 (kg/m ³) | | | | |
|----------------|---------|---------|----------------------------|------|------|-----|-----|
| | | | 水 | セメント | 粗骨材 | 細骨材 | 減水剤 |
| ポーラス コンクリート | 30 | — | 90 | 300 | 1988 | — | — |
| 普通 コンクリート | 45 | 45 | 162 | 360 | 1060 | 819 | 3.6 |

模擬岩盤の寸法は、直径が60.5cmで、高さが100cmである。岩盤は表-4のコンクリートの配合によって作製した。孔は打設前に塩化ビニル管(外径113mm、厚さ7mm)を鉛直に立て、コンクリート打設後に塩化ビニル管を引抜いて作製した。岩盤を強化するため格子状の異形鉄筋(D13、鉛直に4本、水平方向に12cmピッチで8本)を孔の周辺に配置した。PC鋼棒(SBPD 930/1080)はD32(公称直径31.49mm、

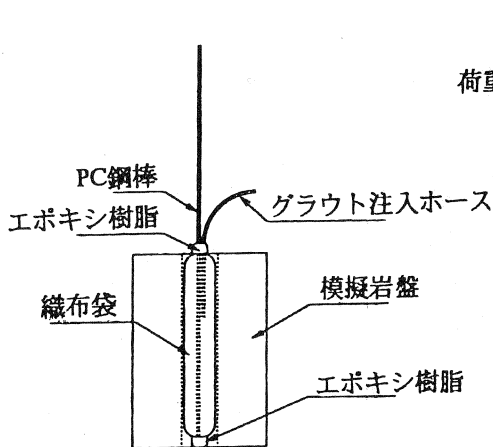


図-3 定着体の概要

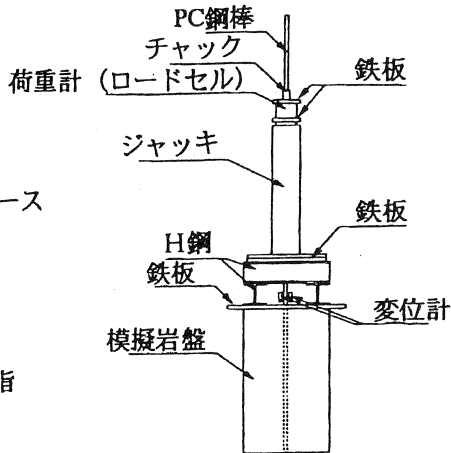


図-4 引抜き試験状況

降伏荷重831 k N、引張荷重955 k N、引張強度1188N/mm²)を使用した。定着体は、グラウト注入の際にグラウトがすきまから流出しないように、エポキシ樹脂で上・下端の織布を袋状態にした後、1.8mmの針金で強く巻き付けて作製した。定着体の概要を図-3に示す。グラウト注入はφ2.13cmのホースを織布袋の中央箇所まで挿入して行った。定着体を岩盤の孔中に入れ、水セメント比45、55%のグラウトを圧力0.98N/mm²と一定に保ち5分間保持して注入した。グラウトの注入後3~4週間養生後、センターホール型ジャッキ(100 t f、最大ストローク300mm)を用いて引抜試験を実施し、最大引抜荷重および変位量を測定した。引抜試験の概要を図-4に示す。変位計(感度1mmが500μ)は、定着体の上部の2カ所に設置し、引抜き量を測定した。

3. 定着性向上のための膨張材混入による膨張圧の変化

図-5はシリーズ1での膨張圧と経過日数の関係を示す。同図によると、膨張材50%混入での膨張圧は10N/mm²以上にもなっている。この高い膨張圧のため定着体の織布が裂けてしまった。膨張材30~50%の混入は袋詰め型に適さないものと考えられる。したがって、シリーズ2以降では膨張材量を20%以下とした。図-6はシリーズ2での膨張圧の変化を示す。膨張材20%の場合の最大膨張圧は約11N/mm²にも達している。また、膨張材量20%および15%の膨張圧は膨張圧が最大値を示した後、経過日数とともに減少する傾向を示した。

シリーズ3では膨張材量を10%、15%とし、収縮量の低減を抑えるために炭酸カルシウム微粉末を添加した。シリーズ3の結果を図-7に示す。炭酸カルシウムが無混入の場合は、膨張圧がピークに達した後、急激に膨張圧が減少しているが、炭酸カルシウム混入の場合の膨張圧は、ピーク後の膨張圧の減少が小さく同一膨張圧を時続する傾向が認められた。したがって、シリーズ4では膨張圧の安定のために炭酸カルシウムの添加量の変化および収縮低減剤を添加し、膨張圧の経時変化を測定した。膨張材量は8%および15%、炭酸カルシウムの混入量は20、30%および40%とし、収縮低減剤(セメント量の5%)の有無とした。図-8は収縮低減剤が無混入の場合を、図-9には混入した場合の結果をそれぞれ示す。両図によると、膨張材量15%での膨張圧は約5N/mm²であるが、8%の場合のそれは2~3N/mm²となり膨張圧は膨張材量に比例している。図-8の膨張圧の経時変化は、膨

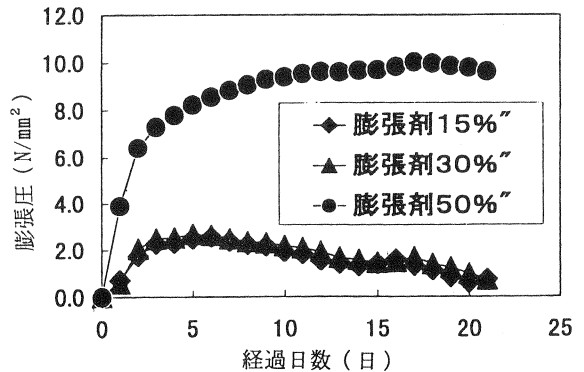


図-5 膨張圧と経過日数(シリーズ1)

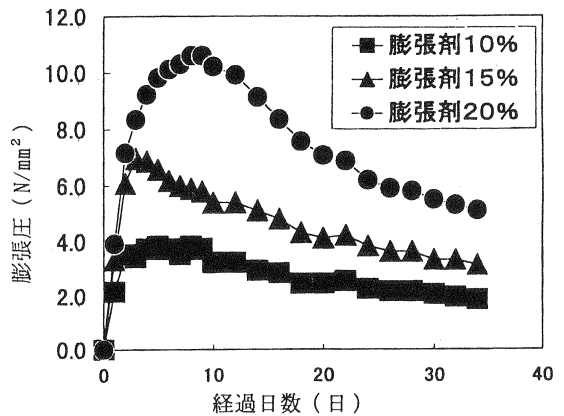


図-6 膨張圧と経過日数(シリーズ2)

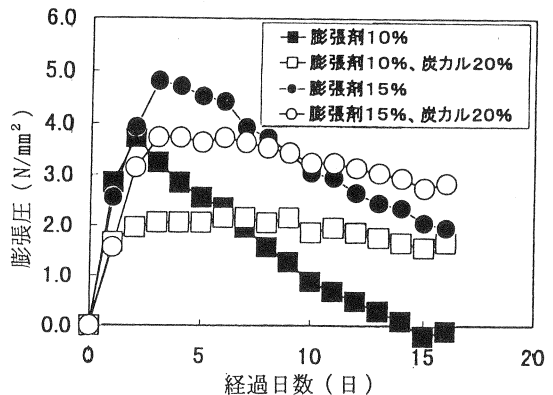


図-7 膨張圧と経過日数(シリーズ3)

張材量15%の最大膨張圧は約5N/mm²であったが、87日後のそれが約2.67N/mm²と約53%となり、膨張圧が最大値を示した後、緩やかではあるが減少している。また、炭酸カルシウムの添加量が多い場合、膨張圧が小さくなっている。特に、膨張材量15%の場合、炭酸カルシウム40%での膨張量は、炭酸カルシウム20%でのそれに比較し約1/2倍程度にとどまっている。図-9の収縮低減剤の混入の場合の膨張圧の経時変化は、膨張材量15%の最大膨張圧は約5N/mm²であったが、87日後に約3.7N/mm²となり74%に留まっている。収縮低減剤混入、膨張材8%および炭酸カルシウム40%の膨張圧の経時変化は、87日後で僅か約11%の減少であるが、同一配合の収縮低減剤の無混入の場合(図-8)は約76%も減少している。炭酸カルシウム30%を混入した場合の膨張圧は、経時変化による膨張圧の減少が最も小さいように見られる。したがって、膨張圧の安定には、炭酸カルシウムおよび収縮低減剤の添加が必要であるものとする。

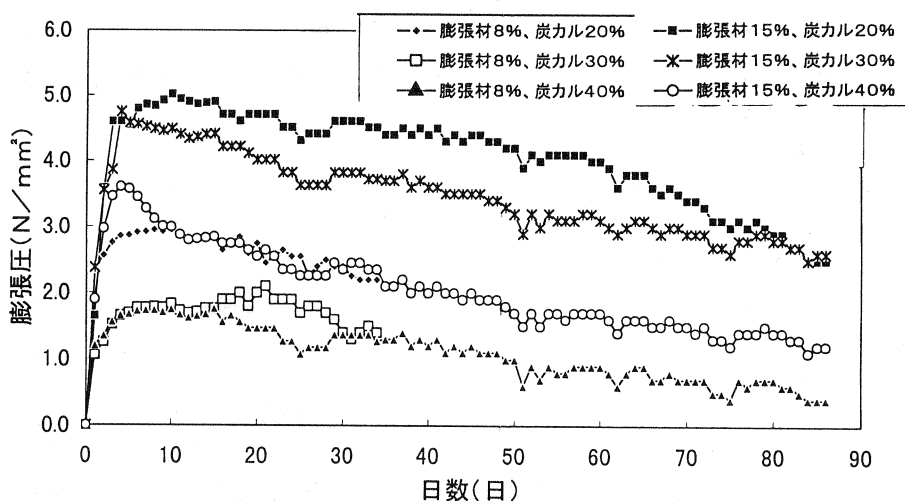


図-8 膨張圧と経過日数(シリーズ4, 収縮低減剤無し)

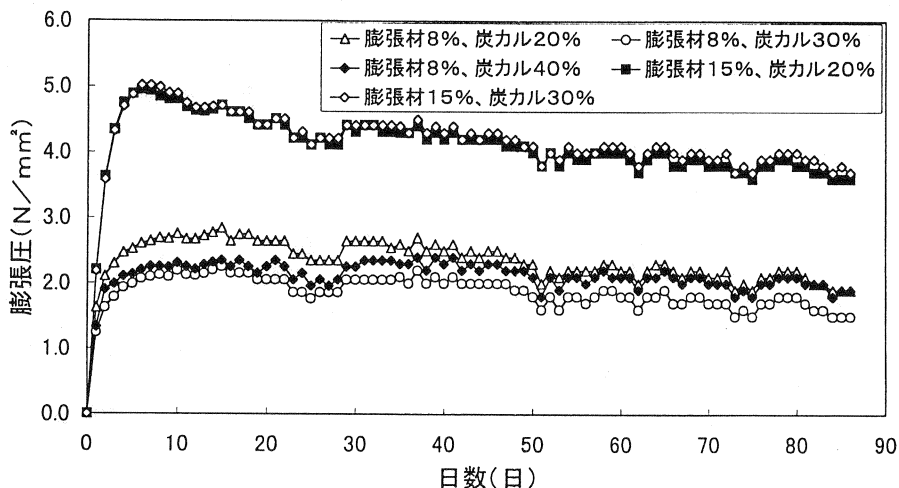


図-9 膨張圧と経過日数(シリーズ4, 収縮低減剤有り)

図-10は圧縮強度(φ5×10cmの缶製の型枠で、強度試験まで缶に詰めた状態で放置)と炭酸カルシウム量の関係を示す。同図によると、膨張率8%の場合の強度は、膨張率15%の場合より10~15N/mm²大きくなっている。また、炭酸カルシウムの混入量が大きくなるほど強度の減少がみられる。膨張材量が同一の場合、炭酸カルシウムが多いほど普通セメント量が少なくなり、密実性が劣るようになるため強度が小さくなるものと考えられる。

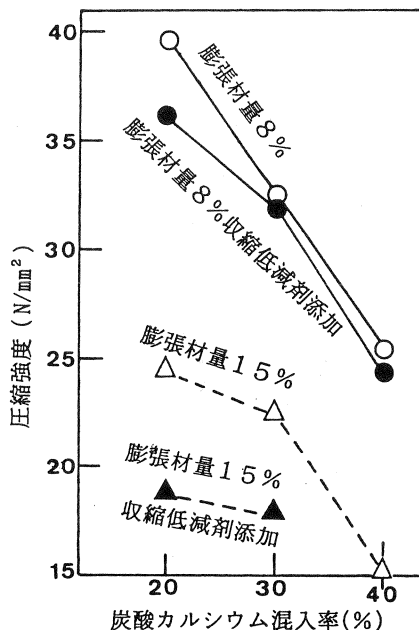


図10 グラウトの圧縮強度(材齢43日)

4. 引抜き試験結果および考察

表-5には模擬岩盤を用いた定着体の引抜き試験結果を示す。同表によると、膨張材8%を混合した場合の最大引抜き荷重は857kNに達し、他の定着体の引抜き荷重に比べて最も大きくなった。膨張材15%を混入した岩盤では、引抜き試験前にすでに膨張力によってひびわれが発生していた。そのために、定着体が引抜きやすくなり、最大引抜き荷重は約660kNにとどまり、荷重が約200kNも小さくなったものと考えられる。ポーラスコンクリートの供試体(φ15×30cm)の圧縮強度は13~16N/mm²であった。既存のコンクリートの強度は約40N/mm²以上に達しているものと考えられるため、膨張材を15%混合しても、定着個所のコンクリートが膨張力によってひびわれが発生することはないものとする。したがって、模擬岩盤のひびわれはコンクリートの強度不足によるものと考えられる。膨張材を混合していない定着体の最大引抜き荷重は720~770kNであり、織布の種類によって若干異なっている。この引抜き荷重は膨張材を8%混合した場合の引抜き荷重857kNに比べて約100kNほど小さい。この相違が膨張率による定着性向上によるものかは、測定数が少ないために明白なことは論じられない。

図-11に引き抜き荷重と変位量の関係を示す。同図によると、引抜き荷重の増大とともに変位量も増加し、PC鋼棒の降伏荷重約830

kN以上となると変位量が3mmを越えて急増し、以後変位量のみが大きくなっている。模擬岩盤を用いた定着体の引抜き試験は、さらに実験を継続中である。

表-5 模擬岩盤による最大引抜き荷重と破壊状況 (PC鋼棒はD32)

| 織布の種類 | 膨張材の混合量 (%) | 最大引抜き荷重 (kN) | 破壊状況 |
|---------|-------------|--------------|-----------------------|
| アラミド | 8 | 857 | PC鋼棒は降伏、岩盤にひびわれ無し |
| | 15 | 578 657 | |
| ナイロンC | 15 | 652 | 試験前の岩盤に、ひびわれ有り |
| アラミド* | 0 | 768 | PC鋼棒の引抜け時に、岩盤にひびわれが発生 |
| アラミド(S) | | 746 | |
| ナイロンE | | 720 | |

注 *1996年の結果

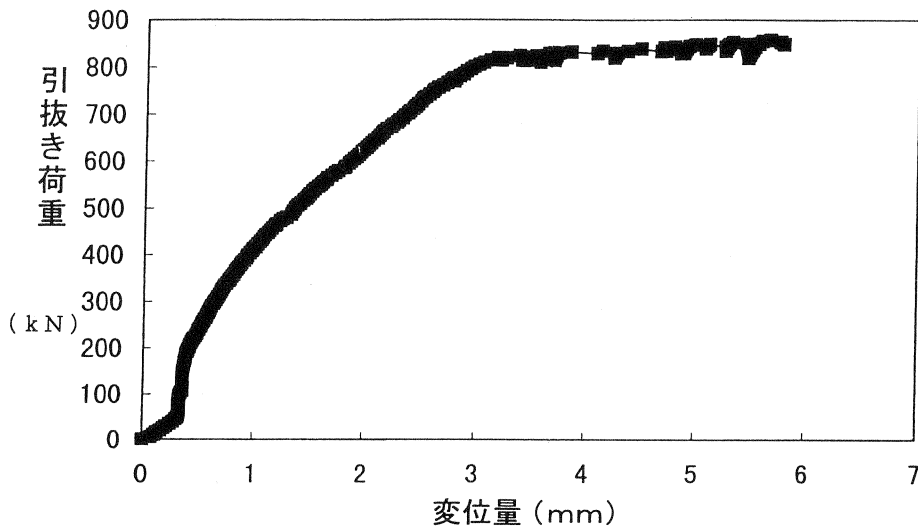


図-11 引抜き荷重と変位量 (膨張材8%、炭酸カルシウム20%、収縮低減剤入り)

5. まとめ

本研究から得られたことをまとめて示す。

(1) 膨張材を混入したグラウトの膨張圧が乾燥収縮量が小さく、安定して得られるためには、炭酸カルシウムおよび収縮低減剤の添加が必要であるものと考えられる。

(2) 模擬岩盤を用いた定着体の引抜き試験では、測定数が少なく明白なことは述べられないが、膨張材の混入、炭酸カルシウムおよび収縮低減剤を添加した場合、最大引抜き荷重の増加がみられた。

終わりに、本研究に対して御協力を戴いた新技術工営(株)、竹本油脂(株)および花王(株)の各社に謝意を表します。

参考文献

- 1) 出光隆・高山俊一・下岸正史・阿比留孝行：ハイパックアンカーのグラウト強度と周面摩擦抵抗に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, No.1, pp.1193~1196, 1990.6
- 2) 高山俊一・阿比留孝行・佐々木孝一・田村富雄：ナイロン織布を用いたハイパックアンカーの適用性、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.1219~1224, 1997.6
- 3) 高山俊一・阿比留孝行・佐々木孝一・牧角龍憲：繊維の種類が異なるハイパックアンカーの引抜き耐力、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.2, pp.1273~1278, 1998.7
- 4) 渡辺明・後藤司・松田浩：静的破砕剤によるコンクリート構造物の解体に関する実験的研究、セメント技術年報、36巻, pp.183~186, 1982
- 5) 原田哲夫学位論文：静的破砕剤を用いたコンクリート構造物の解体に関する基礎的研究、東京大学提出, p.14, 1988.10