

## ある潤滑材を塗布し、シースを 使用しない鋼棒の引抜試験報告

西 野 祐 治 郎\*  
中 村 正 平\*  
柳 田 和 朗\*

### 1. ま え が き

従来は、P C桁のせん断補強鉄筋の代りにP C鋼棒を入れる場合、シースを配置し、これにおした鋼棒を緊張し、グラウトする方法を採ってきた。しかしこの方法では、狭いウェブに用心鉄筋や主桁方向ケーブルが配置されているため、太い縦方向のシースを配置するのはきわめてはん雑となり、かつコンクリートの打込み手間も増し、グラウトなども困難となる。今回の試験は、このシースを配置せずに、鋼棒に潤滑材のようなものを塗布し、直接にコンクリートに埋込んだのちに緊張することにより施工を簡易化しようという目的で行なった。この方法が可能であるならば、P C桁では、ウェブの縦方向緊張などの施工が簡単かつ確実となり、また他のP C構造物にも種々の応用が可能であるので、経済的な構造物の設計施工に寄与するものと信ずる。

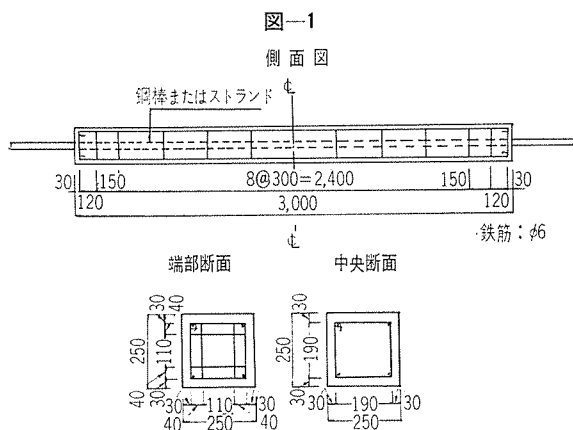
### 2. 引 抜 試 験

#### (1) 試験体の形状寸法

試験体はすべて 25 cm×25 cm の正方形断面で、長さ 3 m のブロックとした(図-1、写真-1、2 参照)。

#### (2) 材 料

a) 鋼 棒 試験に用いた鋼棒はすべて SBPC 110 である。鋼棒の公称直径の種類および数量はつぎのとおりである。



\*首都高速道路公団工務部第一設計課

写真-1 試験体の配筋状態

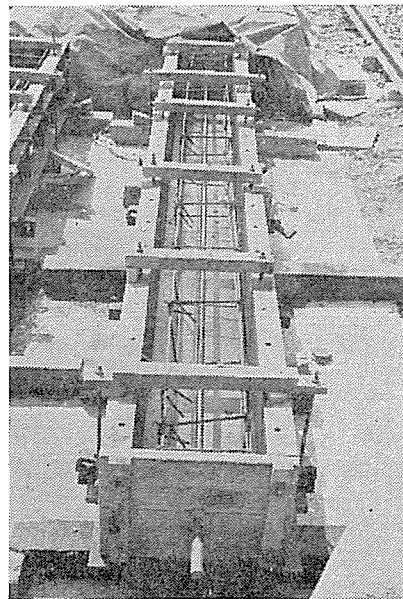
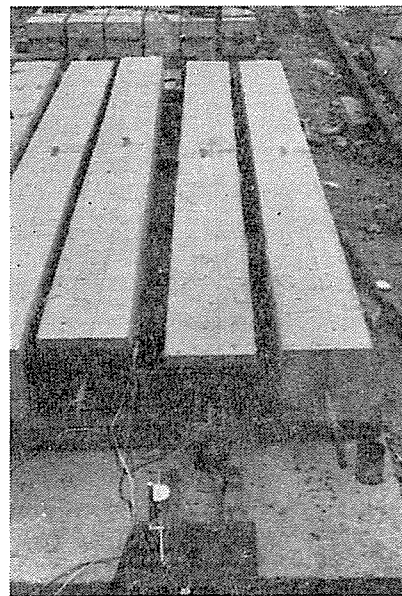


写真-2 試験体



りである。

$\phi 12$  mm (12 本),  $\phi 16$  mm (16 本),  $\phi 18$  mm (6 本),  $\phi 24$  mm (6 本)。

b) ストランド SWPC  $\phi 79.3$  mm を用い、試験

体数は6本である。

c) コンクリート ブロック製作に用いたコンクリートの配合は 表-1 のとおりである。コンクリートは前後8回に分けて打設した。その管理試験結果は 表-2 のとおりである。

表-1 コンクリートの配合表

粗骨材最大寸法(mm)	スランブの幅(cm)	空気量の割合(%)	単水量(w)(kg)	単位セメント量(c)(kg)	水セメント比(w/c)(%)	絶対細骨材率S/a(%)	単位細骨材量S(kg)	単位粗骨材量G(kg)	単位粗骨材率G/a(%)	単位AE剤量(ccまたはkg)
20	4±1	5±1	153	450	34.0	31.3	548	1216*	なし	

\* 粗骨材は砕石を用いる

表-2 コンクリート管理試験結果

打設回数	埋込み鋼棒径mm	打設時湿度℃	スランブcm	引抜時引抜材令日	引抜時強度kg/cm <sup>2</sup>	7日強度kg/cm <sup>2</sup>	28日強度kg/cm <sup>2</sup>
1	φ16	18	6.4	7	368	368	542
2	φ12	20	4.3	7	379	379	542
3	φ12 φ16	18	5.5	7	396	396	550
4	φ18	24	6.7	28	542	381	542
5	φ18 φ24	28	4.8	28	555	397	555
6	φ24	22	5.3	28	541	370	541
7	φ12	30	5.1	28	660	480	660
8	φ9.3 ストランド	32	4.7	1週ごとおよび36日	—	—	—

(3) 試験装置

本試験の引抜装置は 図-2 および 写真-3, 4 に見られるとおりである。すなわち、一端を固定し、他端を緊張端とする。各端部の鋼棒には2枚ずつストランドには3枚のワイヤーストレインゲージが貼布してある。

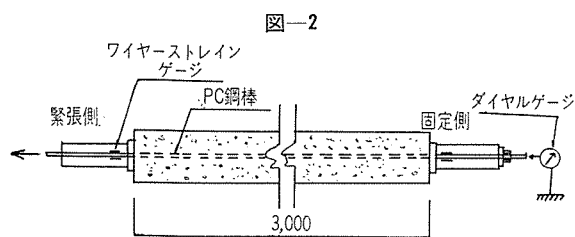


写真-3 緊張側測定装置

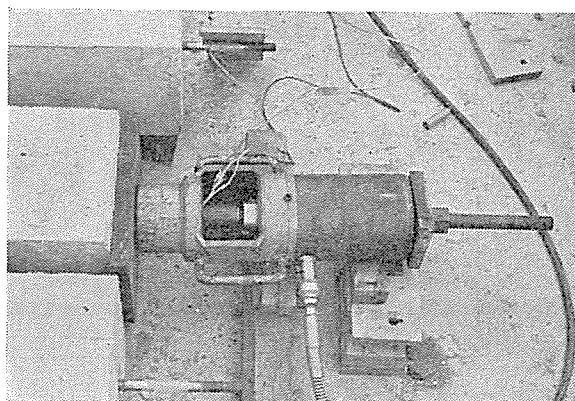
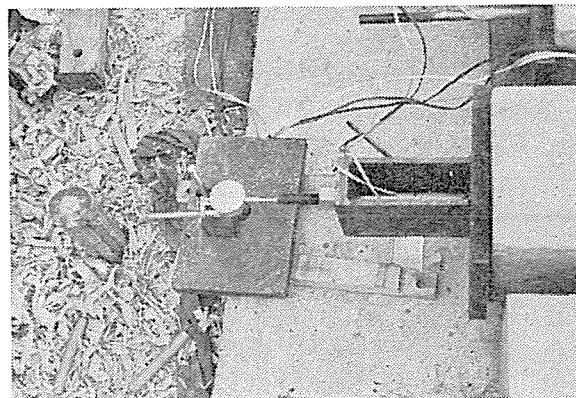


写真-4 固定側測定装置



(4) 試験方法

コンクリートブロック中に潤滑材として働らく、ある物質を塗布した鋼棒を埋め込み、片端固定の状態、鋼棒に直接応力を与える。同時に、鋼棒に貼布したワイヤーストレインゲージにより応力の伝達度を測定する。かつ緊張側の鋼棒の伸び量をノギスで測定し、固定側のアンカープレートなじみ量をダイヤルゲージで測定した。鋼棒緊張の際の引張り荷重のステップは、 $P=0, 20, 31, 44, 66, 88 \text{ kg/mm}^2$  の6段階としストランド緊張の場合のみにつき、これに加えて  $100, 120, 140 \text{ kg/mm}^2$  の9段階とした。なお、緊張をゆるめる場合にも、同ステップで測定を行なった。

3. 塗布材料

本試験の目的を満足すると思われる塗布材は種々あげられるが、試験体の数量には限りがある。したがって、より一般的な物質という点から、今回はカップグリス、シャーシグリス、パラフィン、ENSIS 352 グリス、Lubabon の5種類の物質を塗り、その他これらと比較対照のための無塗布のものを加えて6種類とした。つぎに各塗布材の性状の概略について述べる。

a) カップグリス (特性表: 表-3) ごく普通のグリスで、型わくなどにも塗るものである。塗布する場合にハケでは難かしいので布を用いた。

b) シャーシグリス (特性表: 表-3) 自動車シャーシ用グリスの一種、黒緑色の半液体でハケにより容易に

表-3 グリス類の特性

項目	品名	シャーシグリス A-2	カップグリス 250
混和稠度	25°C	265~295	230~270
滴点	°C	95 以上	98 以上
腐食		合格	合格
水分	%	1.0 以下	1.5 以下
遊離アルカリ	%	Ca(OH) <sub>2</sub> 0.3 以下	Ca(OH) <sub>2</sub> 0.3 以下
遊離脂肪酸	%	オレイン酸 0.2 以下	オレイン酸 0.3 以下
外観状態		合格	合格

報 告

塗布できる。しかし、均一な厚さに塗れないのが難点である。

c) 125° パラフィン (特性表: 表-4) 白色の固形、塗布時には溶融させて用いる。融点は約 50°, 固結が早い均一に塗布することは困難である。

表-4 125° パラフィンの特性

項 目	結 果
外 観	白 色
反 応	中 性
色 相	+30 以上
融 点	54.4
に お い	な し
油 分	0.44
針 入 度	60
味	無 味

d) Ensis 352 グリス (特性表: 表-5) 防錆用グリスの一種である。パラフィンとカップグリスの中間程度の固さで、ハケ塗りをするためには加熱溶融せねばならない。今回の試験結果では、溶融せずに直接布で塗った方が厚く塗れて効果も良かったようである。なお、本材料の有効防錆期間は 18 ヶ月であるが、コンクリート中に埋込むことを目的とする場合、長期間有効であると思われる。

表-5 Ensis 352 の特性

性 状	
稠 度 (未混和) 25°C	195
滴 点 °C	60.0
膜 厚 mm	0.05/0.5
膜の状態	軟性厚膜
平均有効防錆期間	外面: 屋内-長期 (18ヵ月) 屋外-中, 長期 (12, 18ヵ月)
使用法	加熱浸漬 加熱ハケ塗り

e) Lubabon (特性表: 表-6) ルガゾール系のリターダーで、表面付着遅延剤である。灰白色液で水溶性。塗布後 5~10 分で乾燥する。低温でも固結せず、適度のやわらかさがあり、一様な厚さに塗布できて、塗布材のうちもっとも適当である。

表-6 Lubabon の特性

pH	酸 性
粘 度	160 c.p. (20°C)
比 重	1.038
乾 燥 時 間	1時間 30分 ただし 20°C 0.9 kg/m <sup>2</sup>
色 調	クリーム状エマルジョン

図-3 は、Lubabon を塗布した φ18 mm 鋼棒の緊張側、固定側のおのおののひずみを示した図で、緊張側、固

定側はおのおのの矢印の方向にひずみが進行する。この図でひずみは、応力度 20 kg/mm<sup>2</sup> で最大であり、ついで緊張側応力を増大すると、そのひずみ差は減少している。また逆に 0.8σ<sub>pu</sub> から減少させると大体その線は平行線をたどって減少している。

図-4 は 図-3 と比較するために示した無塗布の φ18 mm 鋼棒の緊張側、固定側の、おのおののひずみを示した図である。

緊張側を 44 kg/mm<sup>2</sup> の応力が増すまで固定側に応力は伝達してこない。緊張側に 66 kg/mm<sup>2</sup> の応力を与えると、付着が切れ応力は急激に伝達し、88 kg/mm<sup>2</sup> では

図-3 PC 鋼棒に生じた引張りひずみ図

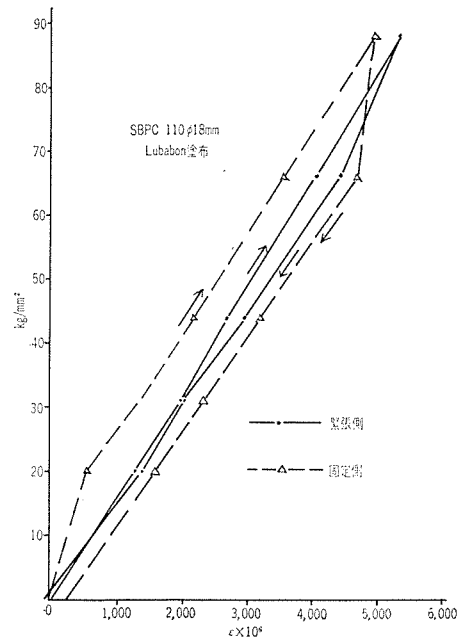
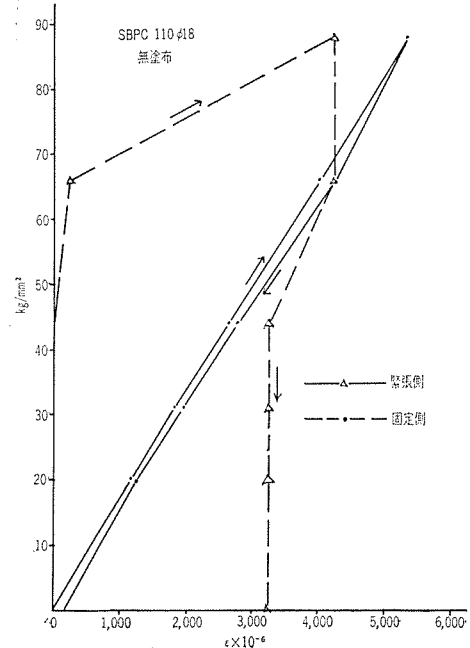


図-4 PC 鋼線に生じた引張りひずみ図



そのひずみ差は最小になっている。ついで、緊張側応力を下げていくと、緊張側ひずみは、直線的に0に下がるのにくらべ、固定側は緊張側が0になっても残留ひずみが  $3\ 200\ \text{kg/mm}^2$  も残っていることがわかる。

#### 4. 鋼棒およびストランド

試験に用いた鋼棒は高周波熱錬の SBPC 110 であり、公称有効径  $\phi 12\ \text{mm}$ ,  $\phi 16\ \text{mm}$ ,  $\phi 18\ \text{mm}$ ,  $\phi 24\ \text{mm}$  4種類とした。またストランドは SWPC  $7\phi 9.3\ \text{mm}$  を用いた。

#### 5. 考 察

##### (1) 材令の影響

一般に、コンクリートの材令と付着強度との関係についての資料は非常に少ない。図-5, 6 にみられるように  $\sigma_7$ ,  $\sigma_{28}$  では、 $\sigma_{28}$  の方が多少付着強度が増加する傾向にある。

しかし、 $\sigma_{28}$  は鋼棒の黒カワを除去してあるので、今回の試験のみで増加するとは決められない。いずれにせよ  $\sigma_{28}$  強度でも、 $0.8\ \sigma_{pu}$  ( $88\ \text{kg/mm}^2$ ) 程度の引張応力を与えれば、塗布材のいかに問わず力の伝達は行なわ

図-5 鋼棒径別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

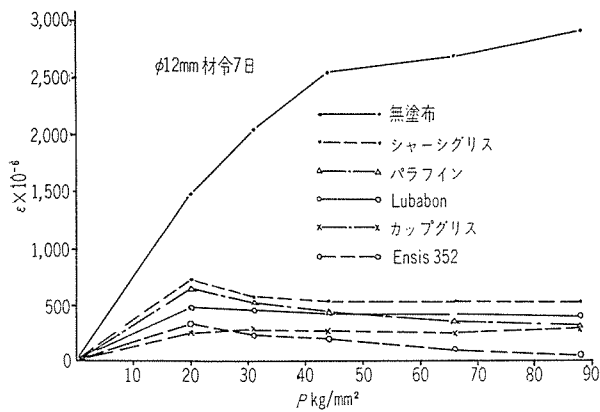


図-6 鋼棒別により  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

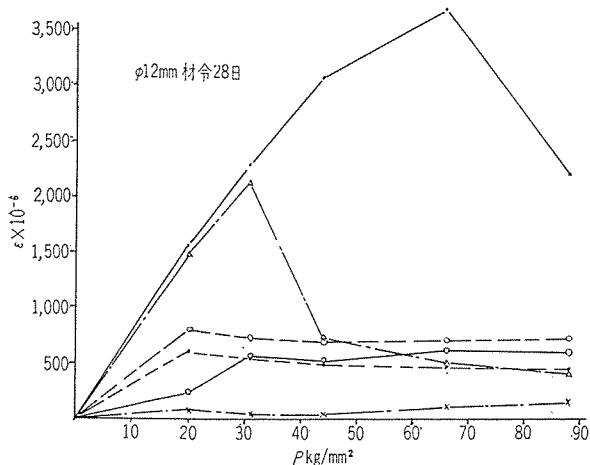


図-7 鋼棒径別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

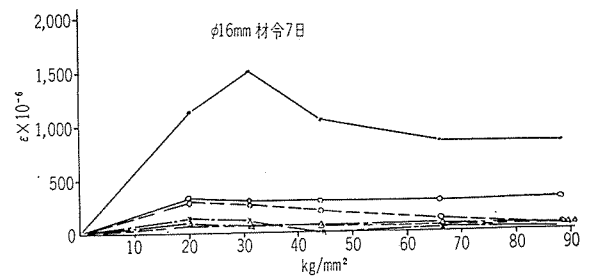


図-8 鋼棒径別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

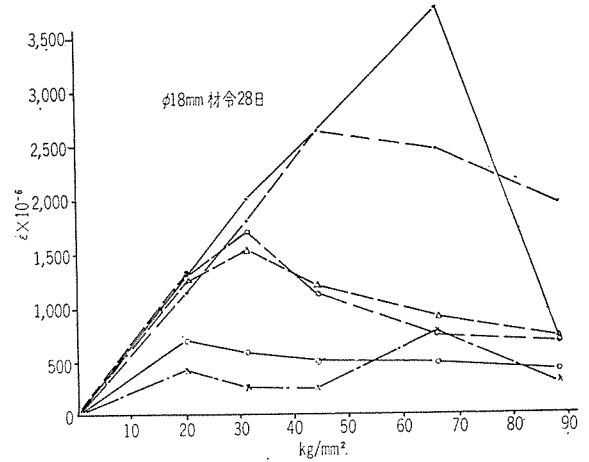


図-9 鋼棒径別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

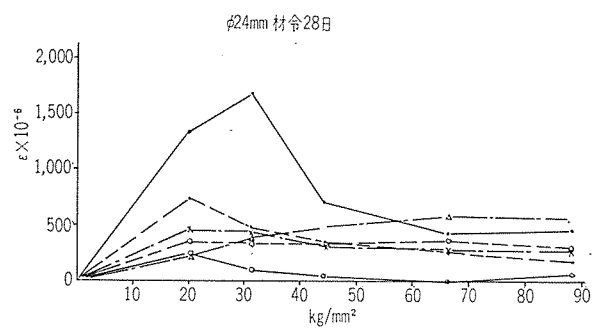
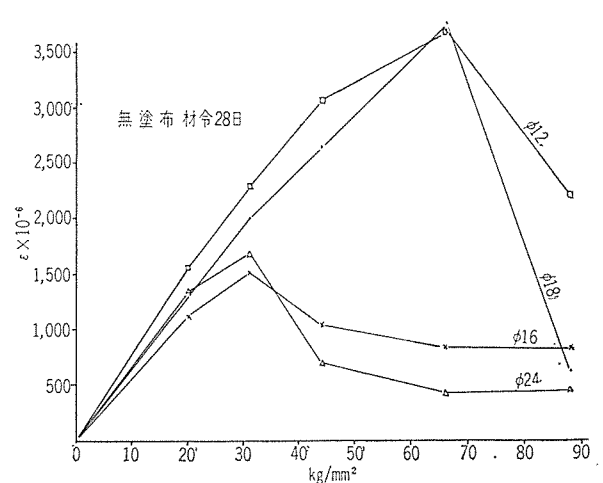


図-10 塗布材別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図



れており、その損失量は 17% 以内に押えられている。

(2) 鋼棒径による影響

塗布材の種類により多少の差異はあるが、同一材令のコンクリートに関しては、径の太細による差はあまりない。これについては、図-11~15 を参照されたい。

図-11 塗布材別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

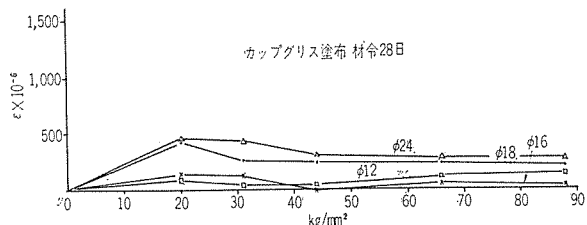


図-12 塗布材別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

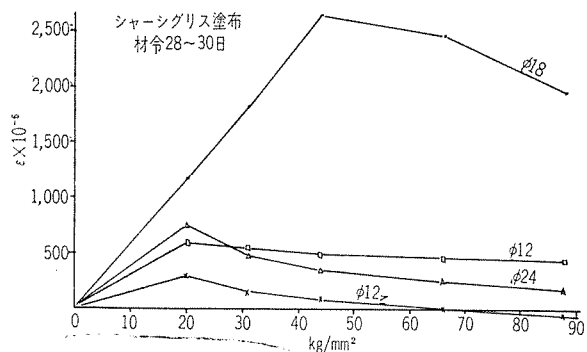


図-13 塗布材別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

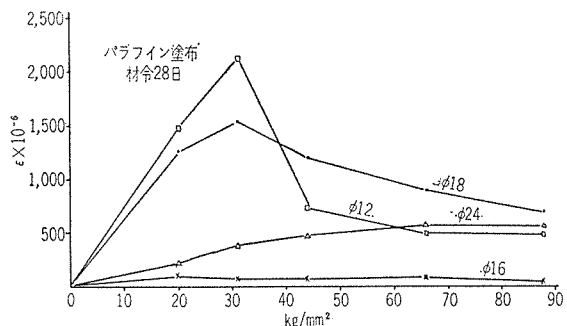


図-14 塗布材別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図

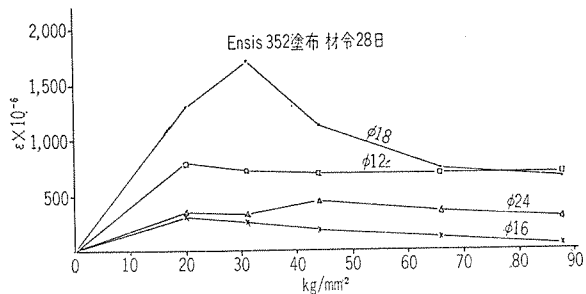
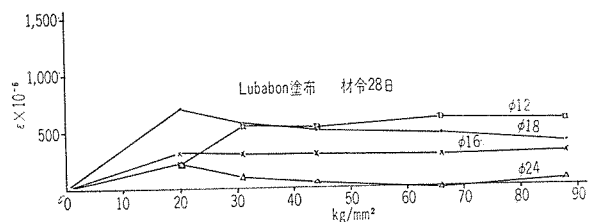


図-15 塗布材別による  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図



なお、鋼棒径別によるひずみ差は 図-5~9 である。

(3) 塗布材による影響

a) カップグリス 外気温が 25~30°C 程度の時は塗布も容易であり、試験結果もばらつきのない、きわめて良好な結果が得られる。塗布剤別による緊張側、固定側のひずみ差は 図-11 のとおりである。直径の変化によって、緊張側が 20 kg/mm<sup>2</sup> のとき、最大は 450 × 10<sup>-6</sup> であり、0.8  $\sigma_{pu}$  = 88 kg/mm<sup>2</sup> のとき、ひずみ差は 275 × 10<sup>-6</sup> 程度である。したがって無塗布の 図-10 と比較すると小さいことがわかる。

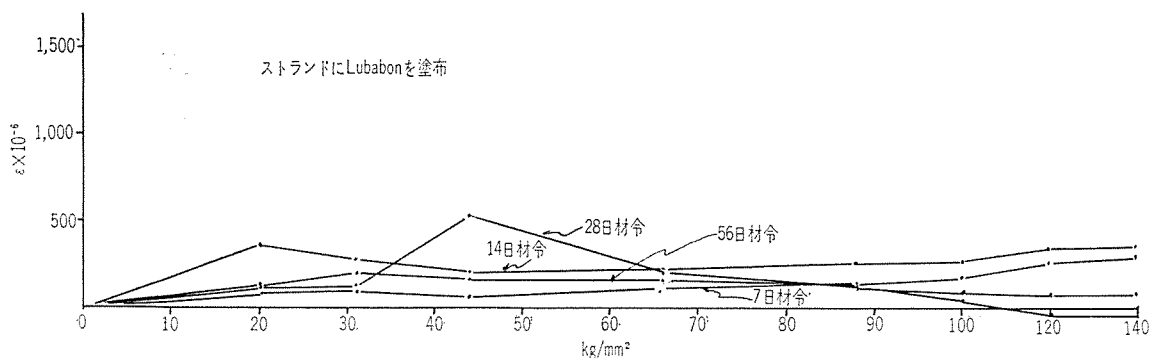
b) シャーシグリス 相当やわらかいため均一な厚さに塗布することは困難であった。そのためか 図-12 に示すように、φ18 mm 鋼棒には相当大きな付着応力が生じている。ばらつきが多いため塗布に注意を要する。応力減少は 0.8  $\sigma_{pu}$  = 88 kg/mm<sup>2</sup> において 44% と大きい。

c) 125° パラフィン 加熱融解し、ハケで鋼棒に塗布したが、+10°C 以下の温度では固結が速く、型わく鉄筋などに接触すると簡単にはく離する。また均一な厚さに塗布することが困難であり、鋼棒の下面にパラフィン液のしずくが固結し、異形鋼のリップのようになってしまう。図-13 に示すように φ12, φ18 mm の結果はよくない。しかし 0.8  $\sigma_{pu}$  = 88 kg/mm<sup>2</sup> では最大で、700 × 10<sup>-6</sup> のひずみ差を生じている。すなわち、緊張側、固定側との応力差は最大で 16% である。

d) Ensis 352 グリス このグリスを試験したのは防錆性があるため、グラウトをしない今回のような場合に良いのではないかと思ったためである。最大の付着応力の生ずるところは、緊張側が 20~30 kg/mm<sup>2</sup> の所であって、それ以後は付着が切れ、0.8  $\sigma_{pu}$  = 88 kg/mm<sup>2</sup> では 750 × 10<sup>-6</sup> である。すなわち、最大で 15 kg/mm<sup>2</sup> の応力減少となっている。したがって約 16.5% の減少である。図-14 に示すように、φ18 mm では 30 kg/mm<sup>2</sup> の緊張側応力のとき 1700 × 10<sup>-6</sup> ぐらいのひずみがでていたが、他の径では順当なカーブを画いている。

e) Lubabon 図-15 に示すようにバラツキの少ないカーブを画いている。緊張側が 20 kg/mm<sup>2</sup> で付着が切れ、その後はゆるやかに減少するか、または平行線をたどっている。緊張側 0.8  $\sigma_{pu}$  = 88 kg/mm<sup>2</sup> では、ひずみ差の最大は 600 × 10<sup>-6</sup> で約 14% の応力減少が生じていることがわかる。図-16 はストランド φ9.3 mm に Lubabon を塗布し、一週間ごとの材令別に 56 日強度まで試験した結果を示したものである。0.8  $\sigma_{pu}$  = 88 kg/mm<sup>2</sup> では 350 × 10<sup>-6</sup> のひずみ差であるので約 7 kg/mm<sup>2</sup> の応力減があり、約 8% の応力が減少していることにな

図-16 材令別引抜き  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  ひずみ図



る。しかし、表面付着遅延剤としての効果はないようであって、材令 56 日でも付着応力が回復していない。

## 6. あとがき

1) 以上5種類の塗布材について検討した結果、シースを使用しないで、塗布材によって付着応力を減じ、鋼棒またはストランドを緊張することは、実用上可能であるといえる。

その際、付着応力の最大は、3 m の鋼棒では緊張側鋼棒応力が 20~30 kg/mm<sup>2</sup> のところで最大であり、0.8  $\sigma_{pu} = 88 \text{ kg/mm}^2$  のところでは最大でも、ひずみ差は  $750 \times 10^{-6}$  である。カップグリスを塗布するとひずみ差は  $300 \times 10^{-6}$  である。固定側における応力度の減少は約 6 kg/mm<sup>2</sup> で、緊張力の率にして 93% である。すなわち 88 kg/mm<sup>2</sup> の緊張応力を与えると、固定側には 82 kg/mm<sup>2</sup> の応力が導入されていることになる。

2) コンクリート打設時、バイブレータが、塗布材の付着した鋼棒に接触しても、パラフィンのをぞいては大きな影響はない。

3) 塗布材の中で付着応力の小さい順序をあげると、カップグリ素、Lubabon、Ensis 352、シャーシグリ素でもっとも結果の悪いものはパラフィンである。

4) 今回の試験結果は図-10のごとく、無塗布の場合にも、0.8  $\sigma_{pu} = 88 \text{ kg/mm}^2$  の緊張をすると、付着が小さくなる場合がある。このことは通常行なわれているように、シースに鋼棒を入れて緊張し、グラウトをした

のちに、もしアンカープレートを撤去した場合には、付着応力がなくなり、プレストレスの減少が起こる場合もありうることを示しており、注目すべき現象であると思われる。

5) 今後の課題として残されるものに、付着のない鋼棒のコンクリート中におけるストレスコーロージョンの問題がある。しかしPC舗装のごとく、地中に埋込まれ、雨水の浸入が常時考えられるものに使用するなら別だが、大気中の桁に埋込まれた鋼棒では、コンクリートのアルカリ性の中で腐食は少ないであろうと考えられる。しかしこの点に多少の疑問があるので、本試験を完了した試験体に再緊張を与え、鋼棒端部をコンクリートでおおったのち、トラック交通のある道路上にならば、腐食の影響を測定中である。

6) また、もうひとつの課題として付着のない鋼棒をせん断鉄筋の代りに埋込む場合に、実際どのような応力が働らくかということである。その点については今後試験するつもりである。

7) なお、この結果を利用して首都高速道路公団 横浜羽田空港線、Y 33 工区のPCIIラーメンのゲルバー支承部分の補強に、本試験のようなシースを使用しない鋼棒を入れて緊張する設計を行なっており、現在施工する段階であるので、これについて、つぎの機会に改めて報告する予定である。

1966.1.27・受付