

## ヨーロッパにおける PC 滑走路および PC 試験舗装見学記

猪 股 俊 司

筆者は 1959 年 10 月中旬より再度のヨーロッパ旅行を約 45 日にわたって行った。各地の PC 構造物を見学し 7 年前の旧友と交を暖めると同時に、PC の長足の進歩に一驚したものである。橋、建築物、タンク、等への PC の応用はもちろんであるが、さらに PC を舗装、飛行場滑走路など、より大規模な土木工事に応用し、PC の将来の発展を望もうとする気運が非常に強いことを感じさせられた。

従来でも PC を飛行場滑走路または道路舗装に応用した例もあるが、これらはいずれも試験的な意味において比較的小規模なものに限られていたようである。しかし、PC を大規模に利用するという観点からすれば、この種構造物ほど適当なものはないであろう。また戦後の復興が大体終了するとともに、建築物を除いては土木工事の橋の数は将来次第に減少する可能性が考えられるのは当然である。これに対して舗装工事、飛行場滑走路、誘導路、などは将来ますますその発達が期待される分野である。

これらの新分野に対して PC に関係する学者、設計者、施工者が、新しい施工法を考え、また設計上の諸問題について検討を加え、より経済的な PC 滑走路、道路舗装を実現しようと努力することは当然な方向であろうと考えられる。

筆者が今回ヨーロッパを廻って見聞したこれら PC 滑走路、道路舗装、の現状から特に強くこの点を感じ、PC 応用の新分野として大いに期待が持てると確信するに至ったものである。

以下ヨーロッパにおいて実施されているこれらの新分野について見学した結果を簡単に述べ、読者の御参考に供したいと考える。

PC 滑走路はブラッセルにおいて現にほとんど完成している。この現物での話によると、全設計応募数は 11 におよび、従来の無筋コンクリート、鉄筋コンクリート、PC プレキャストコンクリート、など各種の設計が提案されたとのことである。このうち以下述べるような PC 滑走路がもっとも経済的であるとの理由で採用されたとのことである。この例から見ると PC 滑走路は試験期を過ぎて実用化の時期にあるといえるであろう。

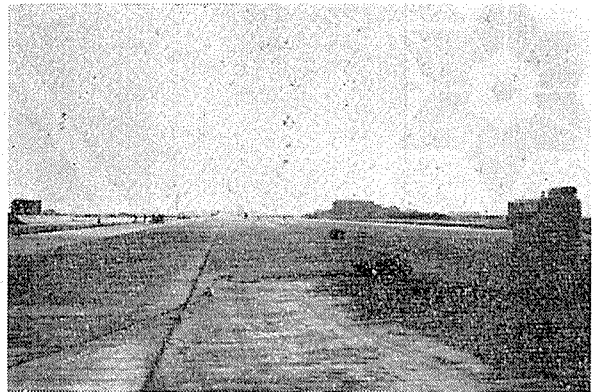
それに対し道路舗装はフランス、ベルギーの両例にお

いてもいずれも試験舗装という名称がつけられ、試験期であるという感を与えるものであるが、以下述べるようにその延長はいずれも 3 km にもおよび、本格的比較試験であって、単に PC 舗装が従来のコンクリート舗装に比して有利な性質を有することを示すというような意味の試験ではなく、PC 舗装をいかにして実用化すべきであるかを求めようとする本格的試験である。すなわち実験室試験の段階を出て、実用化試験の段階にあるのであって、これを考えても、関係者の PC 道路舗装への熱意がうかがわれるのである。

### 1. メルスブロク飛行場の PC 滑走路

この滑走路(写真-1)の延長は 3 390 m、巾員は 45 m であって、その厚さは 18 cm である。もちろんこの滑走路は長手方向とともに横方向にもプレストレスが与えられている。設計荷重は 1 輪が 45 t で、飛行機の総重量は 200 t であつた。

写真-1 滑走路全景



プレストレスングの方法は、長手方向にはフラットジャッキを用いるもので、滑走路両端にはアバットが配置されている。横方向にはプレストレスング用の PC 網線を配置したポストテンションングによってプレストレスを与えるようにしてある。

滑走路は 7.50 m 巾の帯に分けてコンクリート打ちがなされた。中央混合方式によるものであって、ミキシングプラントは完全な One-Man Control である。平均コンクリート打ち速度は 1 日に 450 m であつたとのことである。7.50 m 巾の帯はコンクリート打ちの進行にともなって、つぎつぎと長手方向にプレストレスを与えてゆき、コンクリートの乾燥収縮によるひびわれ、温湿度

変化によるひびわれを防止するようにした。

滑走路すべてのコンクリート打ちおよび長手方向プレストレッシングの一部が完了すると、横方向にプレストレスを与えた。この横方向プレストレッシング終了後、長手方向プレストレスの調節をし、この調節時の温湿度状態を考慮に入れて計算された最終プレストレスがえられるようにした。

以下さらに細部について述べると次のようである。

#### (1) 長手方向プレストレッシングの方法

長手方向プレストレスは、以下に述べる2つの継目中に挿入されたフレシネー フラット ジャッキに圧力を与えて、えられるようにしてある。

##### (a) 一時的継目 (joints provisoires)

##### (b) 作動継目 (joints actifs)

前述のように滑走路両端にはアバットが配置されており、これがフラット ジャッキによる水平反力をとるのである。

滑走路の長手方向には10個の作動継目と20個の一時的継目が配置してある。作動継目には5組のフラット ジャッキが挿入してあり、そのうちの1組は余備のものである。一時的継目には1組のフラット ジャッキが配置されている。

これらのフラット ジャッキは長さ2.35m(よって滑走路コンクリート打ちの1組の帯に対して3個となる)その高さは一時的継目および作動継目に対してそれぞれ15cm および21cmであった。その理由は作動継目部分では滑走路の厚さが25cmに増加されているからである。これらのフラット ジャッキは厚さ2mmの鋼板で造られており、約35mmの揚程を有している。

**(a) 一時的継目** 各一時的継目には、前記のように1組のフラット ジャッキが挿入されており、このフラット ジャッキはプレキャスト コンクリート ブロック内に埋込まれている。このブロックはコンクリート中に設けられた空けき中に挿入してある。

これらのフラット ジャッキは、コンクリートの圧縮強度が $40 \text{ kg/cm}^2$ 以上(一般にコンクリート打ち後約15時間後)に達すると、ただちに作動させられる。すなわちフラット ジャッキに $25 \text{ kg/cm}^2$ の圧力水を送り込んで、フラット ジャッキ付近のコンクリートに $12 \text{ kg/cm}^2$ の圧縮応力を作用させる。

この継目の間隔は110mであった。これら継目の中間では滑走路と路盤との摩擦によって、このプレストレスは減少する。コンクリート版と砂をしいた路盤との間の摩擦係数は0.6であったから、55m区間における摩擦による圧縮応力の減少量は $8 \text{ kg/cm}^2$ である。よってこの一時的継目におけるフラット ジャッキの最初の作

用によって、最悪の状態(各継目間の中央)においても、なお $12-8=4 \text{ kg/cm}^2$ の応力が作用していることになる。

作動継目の最初の1組のフラット ジャッキは一時的継目のそれと同じ作用をさせるために用いられる。

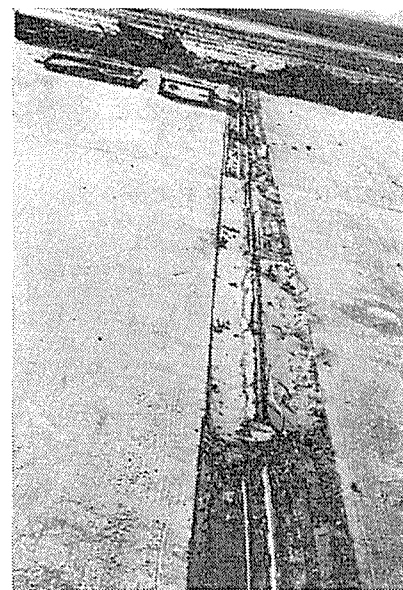
ジャッキに与える圧力が所定値に達すると、この圧力を減少させ、版と地盤との間の摩擦を小さくするようにさせる。

コンクリート打ち後最初の5日間は、与えてある応力をしばしば調節し、この初期におけるひびわれ発生の可能性を完全に消去するようにする。

コンクリート材令6日目に、一時的継目のフラット ジャッキを取出し、この空けきはコンクリートによって充填され、所要の表面に仕上げをする。

**(b) 作動継目(写真-2)** 前記のように作動継目には5組のフラット ジャッキが挿入され、そのうちの1組は予備のものである。最初の4組はプレキャスト コンクリート ブロック中に埋込まれて、注入口は上面に出ており、最後の1組(予備の組)は独立したプレキャスト コンクリート ブロック中に埋込まれ、注入口は下面に出してあって、滑走路上面に出してない。もしこの

写真-2 作動継目のフラット ジャッキ



余備を用いる必要がおこっても滑走路の使用をさまたげることのないようにしてある。

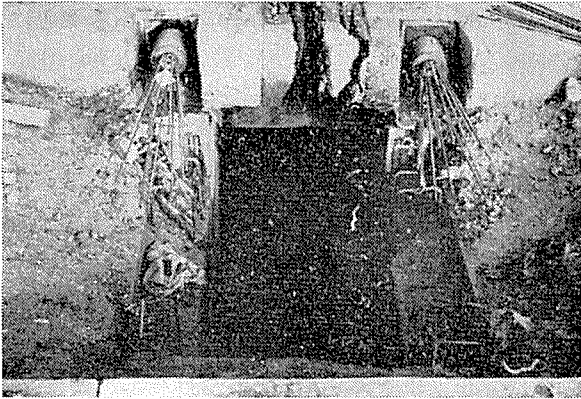
最初の1組(最初のブロック中に配置してあるもの)は一時的継目のフラット ジャッキと同じ作用に用いられるものであるが、これはあとで取去ることができないのでセメント注入がなされている。

最初の1組の作業が完全に終了すると、第2組のフラット ジャッキを第1組の注入後48時で作用させる。この圧力は1日中調節される。

第2組を作用させたのち、その注入を実施し、第3組を作用させる。

ジャッキの圧力中心と版の中心とか一致しないことによって、万一にも版の浮上がりがおこるような危険性を避けるため、版は作動継目部で鉄筋によって、版の下に

写真-3 作動継目部コンクリート版の浮上がり防止



配置されたコンクリート体中に結合されている(写真-3)。

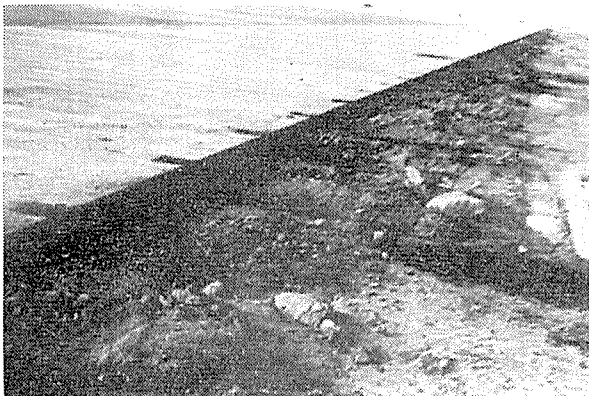
この作動継目におけるフラット ジャッキの圧力は、滑走路のコンクリート打ち作業中常に調節された。

(2) 横方向プレストレッシング(写真-4)

横方向には12φ7mmのフレシネーケーブルによってプレストレスが与えられている。ケーブルの間隔は1.75mであって、コンクリートの乾燥収縮、グリーブ、のおわったあとで、最悪の温湿度状態でも約10kg/cm<sup>2</sup>のプレストレスが作用しているようにしてある。

版の両側端にはコーンを配置するためのへこみが造られている。シースは鉄板製でφ44mmである。このシースの端はφ88mmに拡大されていて、相隣れる7.50mのコンクリート帯がプレストレスによって相互に異なる移動を示しても、PCケーブルの挿入があとで容易にできるようにしてある。

写真-4 横方向プレストレッシング用PCケーブル



(3) プレストレッシング時に測定された各種の数値、プレストレスなど

一時的継目において測定された移動量は一般に約15mmであった。コンクリートの帯の最初のもは、8月初旬にコンクリート打ちされたことを考慮に入れると、このとき(すなわち約2カ月後であるが)作動継目(実際には第3組のフラット ジャッキまで作動させた)のジャッキをつぎつぎに作動させてえられた移動量の総和

は約110mmである。よって全短縮量は(2×15)+110=140mm(330mの版の長さに対して)となっている。

この時期の温湿度状態を考慮すると、さらに約30mm移動させる必要があるように思われるとのことである。すなわち、年間における温湿度条件の最悪の場合にもなお約10kg/cm<sup>2</sup>の有効プレストレスを確保するため、補足的プレストレッシングが必要となる。このため、第4組のフラット ジャッキを、プレストレッシングの最後の調節時に作動させることになる。これは最も寒冷時である1月に実施するのが有利であると考えられる。

最い暑い時期(7月~8月)においては110kg/cm<sup>2</sup>の応力に達するものと考えられている。

(4) 両端のアバット

この設計に用いられたアバットは固定型式(des culées du type fixe)のものである。巾は45m、長さは45mである。版厚さは40cmであって、22本の垂直脚(長さ1.20m)を有しており、断面は多数の腹部を有するT形断面である。コンクリート打ちは2回に分けて実施され、突縁部は滑走路コンクリートと同時にコンクリート打ちされた。

このアバットの重量のために、摩擦と付着とを考えると、暑中の最大水平力に対して、安全率1.2で抵抗できることになっている。

(5) 基礎地盤、路盤工

滑走路版の下には、つぎの順序で路盤工が施工されている。クラフト紙、非常に細かい砂の層10cm(これは十分締固められる)、さらに10cmの砂利を配置し、その下は凍結防止工がなされている。

以上のようにしてメルスブロックの滑走路は施工され、筆者が見学したときにはほとんど完成に近いもので横締め作業中であった。

この設計のコンサルタントは、ブラッセルのPadaart氏(1'Université libre de Bruxellesの教授)であり、施工者はWEGEBOであった。

2. フランス Fontenay-Tresigny の試験 PC 舗装

本格的 PC 舗装の試験として実施されているもので筆者の見学した時は約50%程度の完成であった。4組のグループによってそれぞれ別な方法が用いられているのは非常に興味深ことである。ちょっとしたPC道路舗装コンクリートといった感じである。この4グループはつぎのようである。

- (1) Campenon Bernard
- (2) Grands Travaux de Marseille
- (3) Boussiron

(4) Entreprises routieres

個々のグループが採用した工法についてその概要を説明する。すべてのグループについて道路巾は 7.0 m であった。

(1) Campenon Bernard グループ

このグループの施工全長は 140 m である。PC 舗装として考えられる 3つの工法が用いられ、つぎの 3 区間からなっている。

- a) フラット ジャッキを用いてプレストレスを与える区間 (弾性継目を用いたもの, joints élastique) .....490 m
- b) 固定継目を用いたもの (Solution fixe) ...500 m
- c) ケーブルを用いてプレストレスを与えるもの .....150 m

以上に対してアバットは 3 個設けられている。

弾性継目によって作用される水平反力を受けるために東端に 1つのアバットが設けられている。前記全区間の中央に設けられた小さいアバットが一基あって、これは弾性継目を有する区間と固定継目を有する区間との中間にある。最後のアバットは西端にあって固定継目からの水平反力を受けるためのものである。

1) アバット 最初 Campenon Bernard グループの提案したアバットは、重力式の物であって、その水平抵抗力は、コンクリートの重量と、地盤中に突出した腹部とによつて、えられるようにしてあった。この構造方式は工費は高いものとなるが、確実なものであり、地盤の悪い場合にも応用できるものである。しかし他のグループのアバットは非常に軽快であったので、これらとの比較の上から興味があるので、このアバットが採用されたのである。

横方向プレストレスは  $\phi 10$  mm の PC 鋼棒にアスファルトをぬったものをコンクリート打ち前に配置し、ポストテンションングによってプレストレスを与えている。

舗装の厚さは 12 cm であるが、路端では厚さを 18 cm に増加させてある。また継目の付近も同様に版厚を増している。

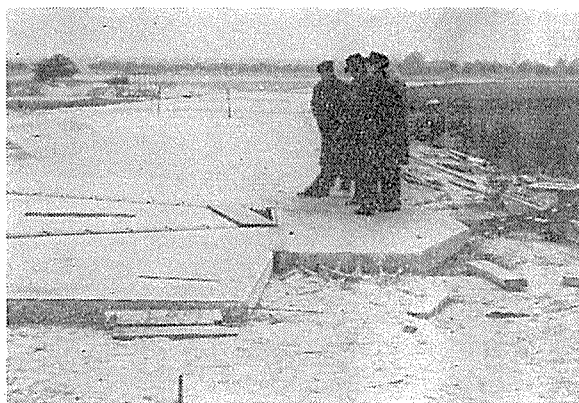
2) 弾性継目 弾性継目として 3 種類の工法が採用されている。

a) 舗装の下に配置されたコンクリート版中に挿入された長手方向のケーブルを有する継目。

b) T.C. (traction-compression) と呼ばれる一種のスプリングを有する継目：これは引張力を受けている PC 鋼線と圧縮力をうけている鋼管とからなっており、これらは相互に挿入されている。

c) デルタ形継目 (写真-5)。台形の部材からなっ

写真-5 デルタ形継目



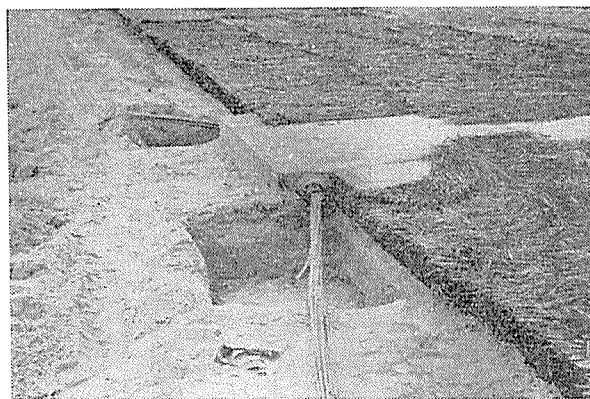
おり、この部材は両隣りの 2つの舗装版の間に挿入されている。この台形部材はスプリング (PC 鋼線に引張力を与えたもの) によって、舗装版に強く押しつけられ (その相接する箇所には球のベアリングが挿入してある) ている。これによって台形部材の両隣りの舗装版の水平反力は釣合ってほとんど一定に保たれる。

(2) Grands-Travaux de Marseille グループ

このグループの施工長さは 350 m である。ケーブルを用いてプレストレスを与える工法 (写真-6) を用いた 117 m の 3 区間である。舗装版は 12 cm 厚さであって縦横両方向にプレストレスが与えられている。プレストレスの値はこれら 3 区間について変えてある。長手方向には 32 t のケーブル 3, 4, 5 本をそれぞれ用い、横方向には 11 t のケーブルを間隔を変えて (0.90, 1.20, 1.50 m) 配置している。各区間の間の目地には、型鋼とネオプレンとを組合わせたものを用いている。

このグループでは曲線区間においても舗装に対する横方向支持材を配置しなかった。すなわち、地盤との摩擦

写真-6 G.T.M. グループの PC ケーブル端

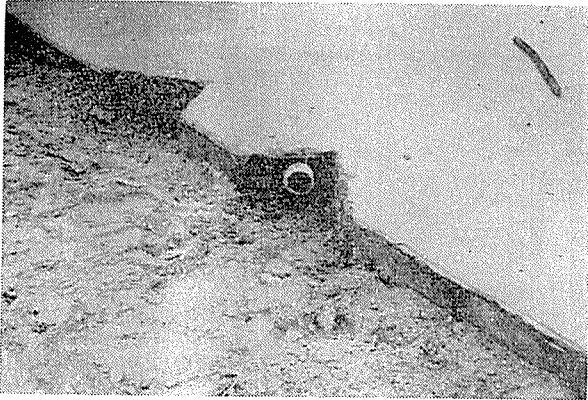


が十分張出しに抵抗できると考えている。

(3) Boussiron グループ

このグループの施工する区間は全長 530 m であるが、115 m および 415 m の 2 区間に分割されており、この中間に第 4 グループの舗装が挿入されている。

写真一7 Boussiron グループの P C 鋼線端定着



115 m の最初の区間は前記 b) の G.T.M. グループの西側であって、P C ケーブルを用いてプレストレスングされている(写真一7)。厚を 12 cm の舗装版に縦横両方向プレストレスを与えるため、交差させてケーブルが配置され、端定着は版の側面にある。

第 2 区間 415 m は弾性継目を有するもので、その型式としてつぎの 3 つが試験されている。

a) スプリング(圧縮力をうける P C 鋼棒と引張力をうけた P C 鋼線とからなる)を有する継目。

b) 弾性的区間を有する継目であって、スプリングは人工ゴムを用いてこれより弾性を与えるもの。

c) ゴム管に圧縮空気を挿入して弾性的に作用させる部材を用いた継目、このゴム管は鋼ピストンの外端に結合されている。

版厚は 12 cm である。

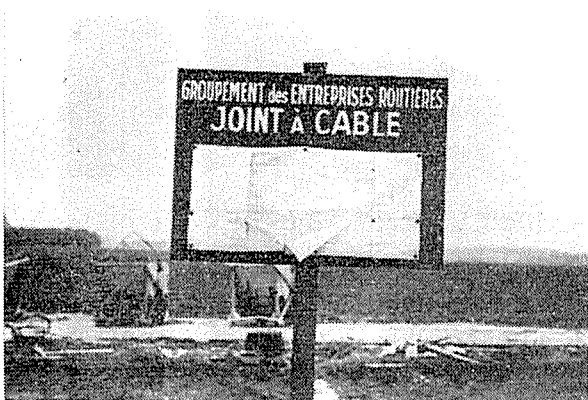
#### (4) Groupement des Entreprises Routieres

このグループのメンバーはつぎのようである。

S.A.C.E.R. Societe Francaise de Travaux Publics, Societe des Routes Modernes.

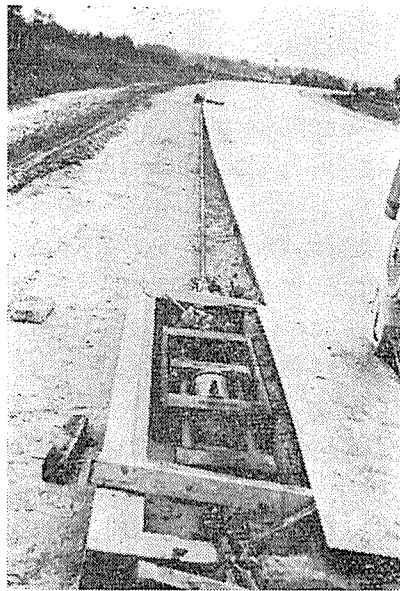
この区間 350 m は前記 Boussiron グループの 2 つの区間の間にはさまれている。この区間に外的にプレストレスを与えられた舗装版であって、2 つの継目工法が試験されている。すなわち、

写真一8 Groupement des Entreprises Routieres の継目説明図



a) 第一のものは Jeuffroy 氏の案による継目であって、ケーブルが舗装に造られた継目の間に数個の彎曲を有して挿入されている(写真一8)。このケーブルは舗装版の外側に沿って配置され、これに引張力を与えると、

写真一9 ケーブル配置とジャッキ



ケーブルの彎曲部に舗装に対する水平力を生じ、これがプレストレスを舗装版に与えることになる(写真一9 参照)。

b) 第二のものはゴム製の管であって、これに低圧を加え、舗装版を押広げる作用をする。

この第 4 の区間には横方向のプレストレスを与えて

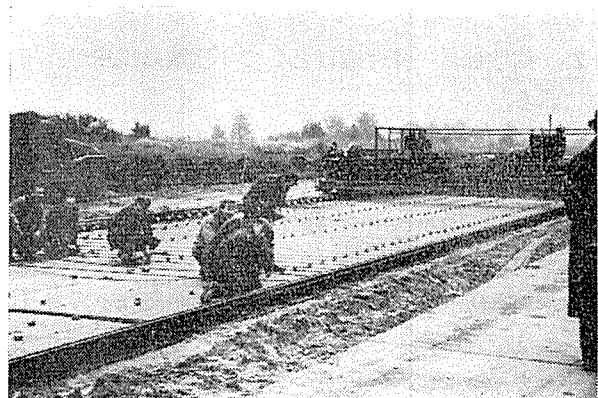
いない。それは版厚を 15 cm に増加されているからである。

以上のように試験道路舗装の総延長は 2370 m におよんでおり、各種の考案を利用していることは非常に興味あるもので、将来の報告が待たれるものである。

### 3. ベルギーにおける試験道路舗装

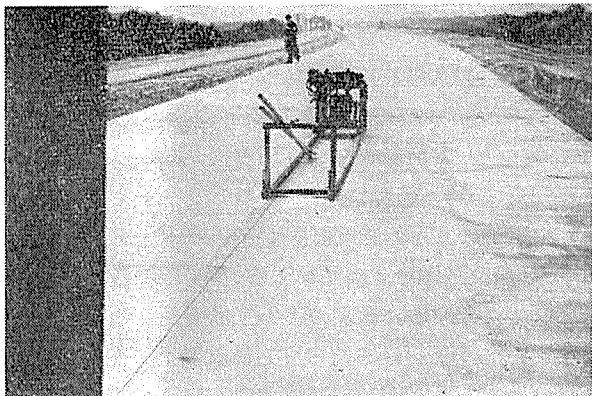
ベルギーにおける試験舗装は総延長約 3000 m であって、長手方向のプレストレスはすべてフラットジャッキによっている。巾員は 7.0 m で、コンクリート版の厚さは 8, 10, 12 cm の 3 種類である。横方向のプレストレスは、 $\phi 10$  mm の P C 鋼棒にビチューメンをぬってコンクリート打ち前に配置し、これをポストテンションしてプレストレスを与える工法を用いている(写真一10)。

写真一10 P C 鋼棒の配置



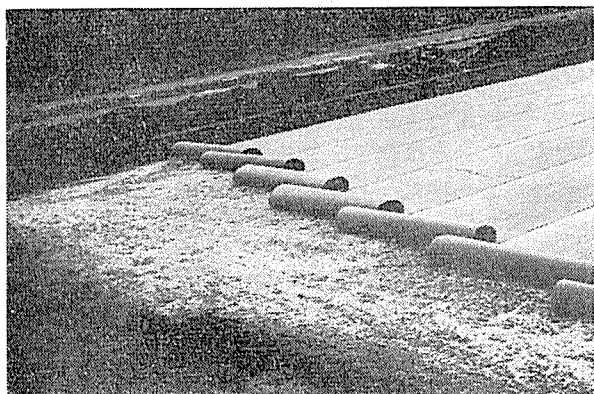
PC 鋼棒の配置間隔は 30 cm, 40 cm, 60 cm の 3 種とし、これを前記の 3 種のコンクリート厚と組合わせて試験をしている。ただしある区間は横方向にはプレストレスを与えないで、道路巾の中央にカッターによって目地を切って 3.50 m の巾にした試験区間も設けてある。

写真-11 カッターによる目地切り



コンクリート打ち前に路盤に砂層を造り、その上に紙をしいている (写真-12)。コンクリート打ちには普通の舗装コンクリート施工機械が用いられている。

写真-12 路盤に砂層を設け、その上に紙をしく

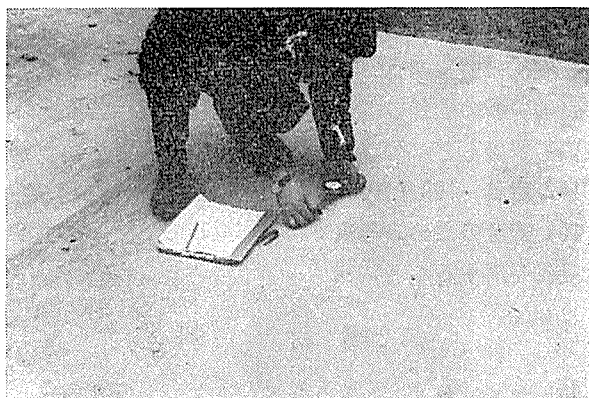


この試験舗装区間には曲線区間が挿入されており、長手方向プレストレスングによって、横方向に張出すのを防ぐため、外側に沿ってコンクリート アバット状のものが配置してある (写真-13)。

写真-13 曲線部の張出し防止



写真-14 コンクリートひずみの測定



筆者が見学したときはまだ完成しておらず、コンクリート打ちも行われている時期であったが、コンクリートの材令が若いときおこるひびわれを防止するため、毎日の温度、湿度、を測定し、また同時にコンクリートひずみを測定し (写真-14)、フラット ジャッキに作用させる圧力を調節していた。

以上筆者が短期間に見聞した PC 滑走路、PC 道路舗装のごとく大体を述べたものである。筆者の聞き誤り、思い違いがないとはいえないのであるが、PCをこれらの構造物に応用しようというヨーロッパの気運を理解してもらうために本報告を書いたものである。

(筆者：極東鋼弦コンクリート振興KK設計部長)

## 訂 正

本誌第 2 巻第 2 号 (4 月) 号坪井善勝教授提供の口絵写真のうち、右下の写真は、「セメント技術研究所で試作中のシエル (スイス)」とありますのは、(スペイン) の誤りにつき訂正いたします。

## 入会のおすすめ

協会の活動は会員の多少に左右されます。たびたび御願していることですが一人でも多く入会して頂くために皆様の御協力を切望する次第です。第一期目標として本年度中に現在の 2 倍である 1000 名程度の協会に育てたいと思っておりますので、何卒友人・知人にお知らせの上、多数御入会方おすすめ下さい。入会申込書は協会事務局あて御申出下さればお送りします。