

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 395 Sept. 1981

埋設・配管方式による航空灯火の現場実用試験

佐 藤 勝 久
八 谷 好 高

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 研究の背景	3
2.1 わが国の現状および問題点	3
2.2 欧米各国の現状	5
2.3 新しい航空灯火設置工法の開発	5
3. 試験舗装での現場実用試験	6
3.1 試験する航空灯火の種類	6
3.2 試験舗装の構造および製作	7
3.3 各種測定計器の設置	21
3.4 試験の種類および試験方法	21
4. 灯火が舗装へ及ぼす影響	25
4.1 舗装の構造へ及ぼす影響	25
4.2 舗装の施工性へ及ぼす影響	31
5. 灯火の構造評価	33
5.1 電線路管	33
5.2 アンカーコンクリート	35
5.3 ベースボックス	37
5.4 灯 器	39
6. 灯火の施工性評価	39
6.1 灯器基礎および電線路管	39
6.2 灯器の設置	43
6.3 施工管理	43
7. ま と め	43
7.1 灯火が舗装へ及ぼす影響	43
7.2 灯火の評価	44
8. あ と が き	45
参 考 文 献	46

Field Tests of Airport Lighting Systems by the Installation of a Base and Conduit System

Katsuhisa SATO*
Yoshitaka HACHIYA**

Synopsis

In order to achieve more advanced operations of aircraft such as CAT II or CAT III, instead of conventional inset installation of airport lights in which lots of troubles such as breaking down of wires often occur, developments of more reliable installation techniques have been strongly desired.

In this report, we have studied the applicability of a new installation method of airport lights that is so-called a base and conduit system. The construction methods, the structural strength of lighting system under large aircraft loads, and the influences of the lighting system to pavements have been evaluated based on the results of the construction of the test pavements and the loading tests by the use of a loading cart with a dual tandem wheel arrangement similar to that of large aircraft.

As a result, it has been made clear that the installation of lights by a base and conduit system is not disadvantageous for the pavement construction and pavement structure, and that the stability of this new type of airport lighting system is quite well sufficient.

* Chief of Runways Laboratory, Soils Division
** Member of Runways Laboratory, Soils Division

埋設・配管方式による航空灯火の現場実用試験

佐藤 勝久*
八谷 好高**

要 旨

航空機のより高度な運航を図るためには、断線等の事故の多い従来の切込・接着方式による航空灯火に替り、信頼性の高い航空灯火の技術開発が望まれる。

本研究では、新しい埋設・配管方式による航空灯火の設置工法に関して、その施工性を評価し、灯火の安定性や灯火の設置が舗装へ及ぼす影響等を評価した。実規模の試験舗装に実際の航空灯火を設置し、大型航空機と同等の荷重による繰返し走行試験等を実施して検討した。

その結果、この方式の灯火の設置は、舗装構造にとって特に不利とはならず、舗装の施工性にもあまり影響を及ぼさないことが認められ、また、灯火自体の安定性も十分なものであることがわかった。

1. ま え が き

近年の航空需要の増大は著しく、航空輸送の交通体系および社会生活に占める役割も極めて大きくなっていることから、航空機の運航の信頼性ならびに安全性の向上を一層図っていかねばならない。航空保安施設の一部である航空灯火の充実もその1つである。

従来の航空灯火には問題点が多く、航空機のカテゴリーⅡあるいはⅢというより高度な運航を行うには、新しい技術開発による航空灯火の信頼性の向上を図ることが不可欠である。そしてこの技術開発では、灯器の性能向上だけに止まらず、これを設置する工法や、常時これを維持・管理するまでの、体系的な取り組みが要求される。

昭和53年度新東京国際空港公団からの委託により照明学会に組織された「航空灯火調査研究委員会」は、灯器ならびにその設置工法等を体系的に研究し、航空機のより高度な運航にとって有効と考えられる新しい航空灯火の方向を提示した。灯器については、干渉透過膜フィルターの実用化と、二重構造の採用による光学系のユニット化・軽量化であり、埋込型航空灯火の設置工法としては、埋設・配管方式の適用であった。

どのような技術開発でもいえることであるが、特に大型化・高速化した航空機を対象とする空港では、新しい技術の適用に際しては、他の場所での実規模の実用試験

が強く望まれる。埋設・配管方式による航空灯火についても実用試験を行うことにし、昭和54、55年度、港湾技術研究所野比実験場で、試験舗装中へ新しい航空灯火を埋め込み、大型航空機荷重による載荷試験、電気的・光学的試験等を実施した。

本資料は、この埋設・配管方式の航空灯火の現場実用試験のうち、設置工法と灯火構造についての試験結果を取りまとめ、それらの評価を行ったものである。

埋設・配管方式による航空灯火は、従来の切込・接着方式による航空灯火での問題点を克服し、大型航空機ならびに気象その他の環境条件に対しても十分な耐久性を持つことがわかり、わが国の今後の航空灯火にとって大きな適用性があると考えられた。

2. 研究の背景

2.1 わが国の現状および問題点

わが国の空港の埋込型灯火は、ほとんどすべて切込・接着方式によって設置されている。切込・接着方式とは、アスファルト舗装あるいはコンクリート舗装を施工した後、これらの既設舗装表面に、ボーリングマシンまたはカッターを用いて円形孔および溝を切り込み、ここに灯器および電線を配置し、接着剤および目地材によって固定したり、密封したりする方法である。

この切込・接着方式によって設置されたわが国の灯火

* 土質部 滑走路研究室長

** 土質部 滑走路研究室

においては、問題の発生が多く、その問題も多様である。表-2.1は、昭和50～52年度（一部53年度第1/4半期を含む）におけるわが国の空港の灯器および電線の事故の統計である¹⁾

このうち断線は、舗装・目地・配線溝などの変形・伸縮・蛇行に電線の伸びが追従できなかった事故とみられ、材料・構造などの配線方法に問題がありそうである。これに接着剤のはく離・浮上りなどの接着と舗装に関連する事故を含めると、事故の大半が設置方法としての切込

・接着方式に原因が帰着されそうである。

写真-2.1はアスファルト舗装における配線溝の蛇行の状況で、写真-2.2はアスファルト舗装の配線溝の目地材が接着不良ではく離している状況である。

このように切込・接着方式による灯火には問題の発生が多いため、欧米でかなり実績を上げてきている埋設・配管方式による灯火が、千歳空港の滑走路延長工事においてコンクリート舗装に適用された。

表-2.1 わが国の空港における灯火の事故の分類（昭和50～52年度）

① 事故の状態別

事故	断線	接着剤のはく離、浮上り	絶縁不良（短絡）	灯器の浮上り	焼損	配線溝の周辺のひびわれ	電線の露出	除雪による断線	その他（落雷） （樹脂不良）	合計
件数	250	61	42	29	15	6	5	4	3	415
%	60	15	10	7	4	1	1	1	1	100

② 空港別の事故件数

空港	設置から事故発生までの経過年数	事故の全件数	接着と舗装に原因する事故件数	空港	設置から事故発生までの経過年数	事故の全件数	接着と舗装に原因する事故件数
		1年間（平均）				1年間（平均）	
那覇	不明	6	1	大阪	不明	5	1
鹿児島	1	1	0.5	名古屋	2～5	7	2
宮崎	不明	1	—	小松	不明	2	—
大分	4.5	1	—	羽田	0.5～75	16	8
熊本	1～5	2	1	仙台	6	2	2
長崎	3	1	—	函館	4	1	—
福岡	不明	93	25	千歳	6～14	24	—
広島	不明	1	1	釧路	4～5	9	5

③ 舗装、灯器と配線、原因別の事故件数

アスファルトコンクリート舗装				セメントコンクリート舗装			
灯器		配線（溝）		灯器		配線（溝）	
電氣的事故件数	接着と舗装の事故件数	電氣的事故件数	接着と舗装の事故件数	電氣的事故件数	接着と舗装の事故件数	電氣的事故件数	接着と舗装の事故件数
45(58%)	33(42%)	228(75%)	75(25%)	0	0	33(97%)	1(3%)
78(28%)		303(80%)		0		34(100%)	
381(92%)				34(8%)			
415(100%)							



写真-2.1 アスファルト舗装における配線溝の蛇行

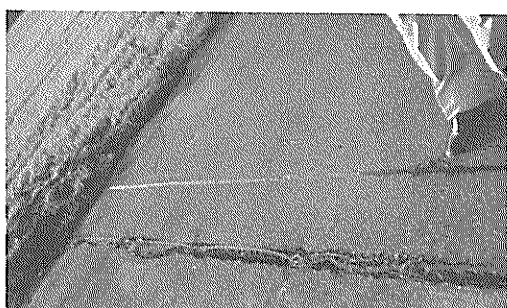


写真-2.2 アスファルト舗装における目地材のはく離

また灯器本体については、現在使われているすべての灯器が日本製品であるが、国産開発を進めた当時の状況から、米国製品をモデルとし短期完成がなされたため完全とはいえ、高温多湿のわが国の実状から防錆対策の必要性や、メンテナンス上で軽量化等の改良要求が出され、あわせて新しい国際民間航空機構（International Civil Aviation Organization, 以後 ICAO と略す）の新しい要求²⁾からも性能向上が望まれた。

2.2 欧米各国の現状

欧米各国でも、切込・接着方式では、灯器と舗装の接着、配線溝の埋め戻し材と舗装のなじみ等に問題が多い

ことから、最近では新設舗装（オーバーレイを含む）にはあまり採用していない。これに代るものとして、埋設・配管方式の適用が多くみられる³⁾

埋設・配管方式にも、ベースボックスにトランスを内蔵する深型ベースボックス方式、トランスは別置きする浅型ベースボックス方式がある。

浅型ベースボックス方式は、米国では既設舗装のオーバーレイ時に採用されている。図-2.1は、ニューヨークポートオーソリティーで実施したものである。電線が舗装中の電線路管に入れられるので、この面のトラブルが少なくなると同時に、既設の空港で、オーバーレイ工事に対し時間的制限や、作業方法・作業区域の制限の多い所には効率のよい方法である。英国の浅型ベースボックス方式は、米国の金属製ベースボックスの使用に対し、コンクリート製のベースボックスを使用する。そして必ずしもオーバーレイ時だけでなく、舗装の構造によって使い分けている。図-2.2は英国民間航空庁（Civil Aviation Authority of United Kingdom, 以後 C.A.A. と略す）の浅型ベースボックス方式航空灯火の標準設計である。

深型ベースボックス方式では、浅型ベースボックス方式同様電線を舗装中の電線路管に入れ、また灯器とトランスを一緒に設置する。このため、従来の方式より信頼性が高まると評価されている。図-2.3が米国での実施例で、アトランタ空港のコンクリート舗装の場合である。英国の C.A.A. の場合は若干異なり、図-2.4が標準設計となっている。

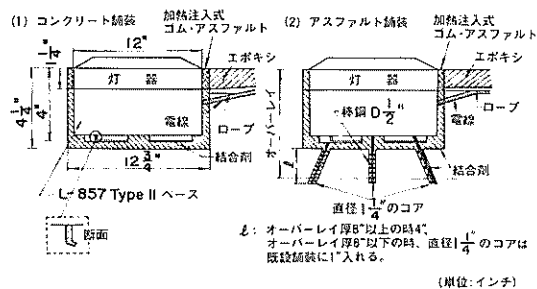


図-2.1 ニューヨークポートオーソリティーの浅型ベースボックス方式の灯火

2.3 新しい航空灯火設置工法の開発

米国でも英国でも、埋設・配管方式の航空灯火への移

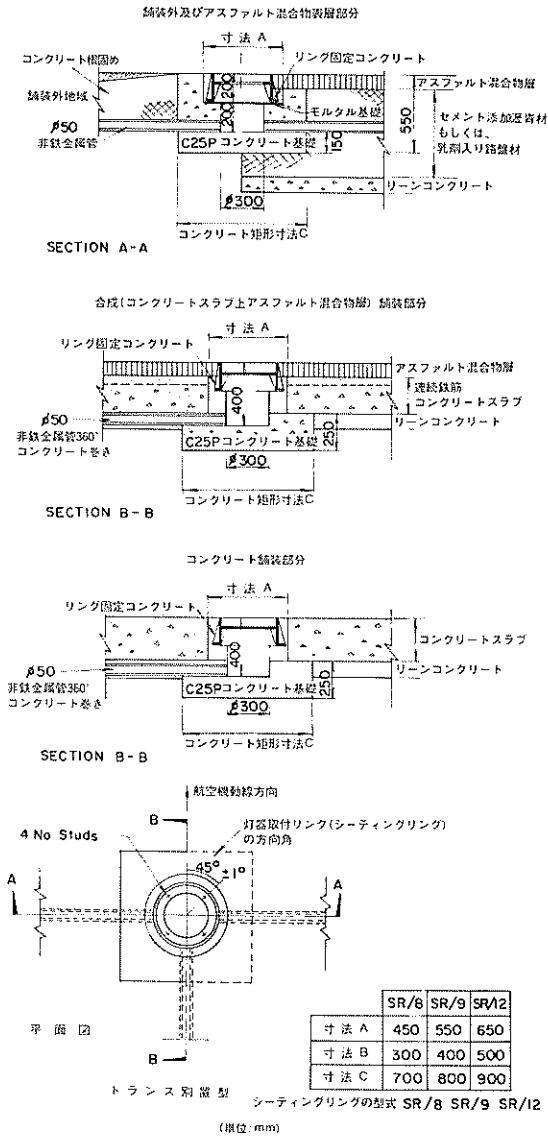


図-2.2 C.A.A.の浅型ベースボックス方式の灯火

行の傾向がある。しかしこの灯火も、米国と英国でその方法が異なるように、まだ確立された灯火構造および工法があるわけではなく、その実施において問題点も見受けられ、また特に工法的には、各国・各地の事情からくる特殊性も考慮していかなばならないため、わが国に適する灯火の開発が望まれている。

米国や英国での実施例を参考にしながら、わが国の気

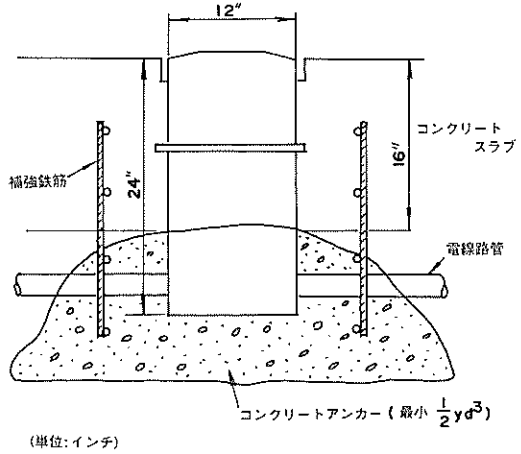


図-2.3 アトランタ空港での深型ベースボックス方式の灯火

候や地盤条件その他を考慮した埋設・配管方式の航空灯火を考えた^D。

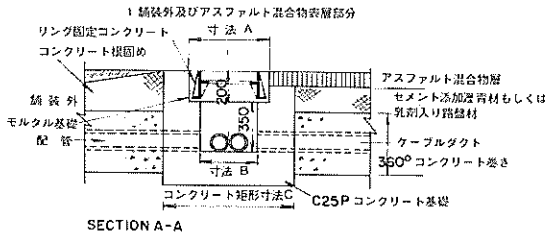
浅型ベースボックス方式の灯火は、2次側ケーブルが長くなり電氣的にロスが多くなるなどの点で、深型ベースボックス方式の灯火より劣り、新設舗装への適用はあまり得策でないため、既設舗装のオーバーレイを念頭に置いて考えた。この浅型ベースボックス方式のうちの英国タイプは、わが国での舗装工事に適用しにくい面が多いため、今回は米国タイプを中心に考えることにしたが、オーバーレイは通常アスファルトオーバーレイであることと、米国タイプの浅型ベースボックスをコンクリート舗装に適用するには問題が多いことから、アスファルト舗装での浅型ベースボックス方式についてだけを対象とした。構造的・施工的その他種々の検討から、最終的に決められ、実地試験に供されることになった浅型ベースボックス方式の灯火の構造は、図-3.6のようである。

深型ベースボックス方式の灯火も、浅型ベースボックス方式の灯火の場合と同様な理由から、米国タイプを中心に考え、コンクリート舗装・アスファルト舗装それぞれに対し、図-3.1~3.5のような標準的な構造を決めた。

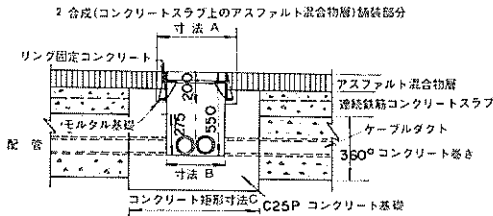
3. 試験舗装での現場実用試験

3.1 試験する航空灯火の種類

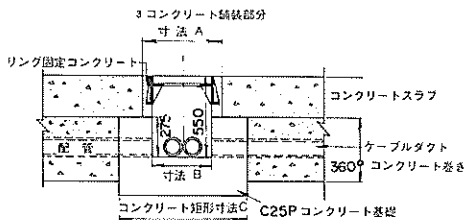
試験舗装に設置した航空灯火は、図-3.1~3.6、表-3.1に示す8種類の埋設・配管方式によるものである⁴⁾。



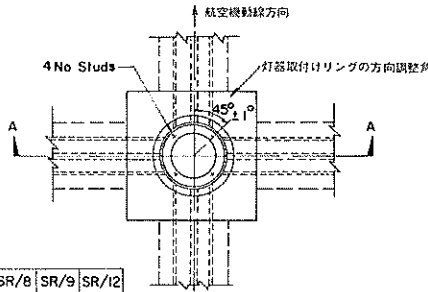
SECTION A-A



SECTION A-A



SECTION A-A



	SR/8	SR/9	SR/12
寸法 A	450	550	650
寸法 B	300	400	500
寸法 C	700	800	900

トランス 1 体型

(単位:mm)

シーティング・リング SR/8 SR/9 SR/12

図-2.4 C.A.A.の深型ベースボックス方式の灯火

L-1~L-7は、深型ベースボックス方式の灯火であり、電線路管を路盤中に配すために舗装の新設時に用いられるのに対し、L-8は灯火内にトランスを収容しない浅型ベースボックス方式の灯火であり、既設舗装をコーポリングやカッティングして設置することもできる方式のために、舗装の新設時の他に、オーバーレイ時

にも用いられるものである。また、L-1~L-6は、コンクリート舗装に、L-7とL-8は、アスファルト舗装に設置した。

L-1とL-3は、ベースボックスが図-3.7のように、ベースボックスと舗装の間に荷重伝達はないと考えられるので、灯器上加わった荷重はすべてアンカーコンクリートに伝わるものとし、アンカーコンクリートをフーチングとして設計したものである。

L-2は、ベースボックスにキーリングを付け(図-3.8)、灯器上加わる荷重のかんりの部分がこのキーリングによりコンクリート版に伝達されるものとして、アンカーコンクリートをベースボックスの根巻き程度とした灯火である。

L-4とL-6は、L-1と直径が異なるだけで(L-1の直径は45cm、L-4とL-6は30cmである。図-3.9参照)、その設計方針は同一である。

L-5は、L-2と同様にベースボックスにキーリングを付けた他に、ベースボックス下部にスパイダーを取り付けて、アンカーコンクリートおよびコンクリート版と緊結して荷重伝達を図るもので、アンカーコンクリートの規模は他の灯火に比して小さい。

L-7は、L-1と同一の方針で設計されたもので、アスファルト舗装に設置された。図-3.10がベースボックスである。

L-8は、前述のように、浅型ベースボックス(図-3.11)によるもので、アンカーコンクリートを有さない。

図-3.12にこれらの灯火の設置位置および電線路管の配管位置を示す。なお電線路管は、L-1~L-7に対してはクラッシャーラン層内に、L-8に対しては基層アスファルトコンクリート内に配管された。

3.2 試験舗装の構造および製作

(1) 試験舗装の構造および製作

図-3.13、3.14は、それぞれ、試験舗装の平面図、断面図である。コンクリート舗装は、路床・路盤の設計支持力係数 K_{75} をそれぞれ、3.5、7kgf/cm³とし、表-3.2に示すB-747-II型航空機を設計荷重として設計された⁵⁾。またアスファルト舗装は、路床の設計CBRを5.5とし、コンクリート舗装と同様に、B-747-II型航空機を設計荷重として設計された⁶⁾。

試験舗装は野比実験場内に、基本的には実験場の現地盤を所定の深さまで掘削し、仕上げた後、各区画・各層ごとに材料をまき出して転圧し、全区画が平均して立ち上がるように製作された。

(2) 航空灯火の設置

舗装製作中の所定の時点で、航空灯火および電線路管

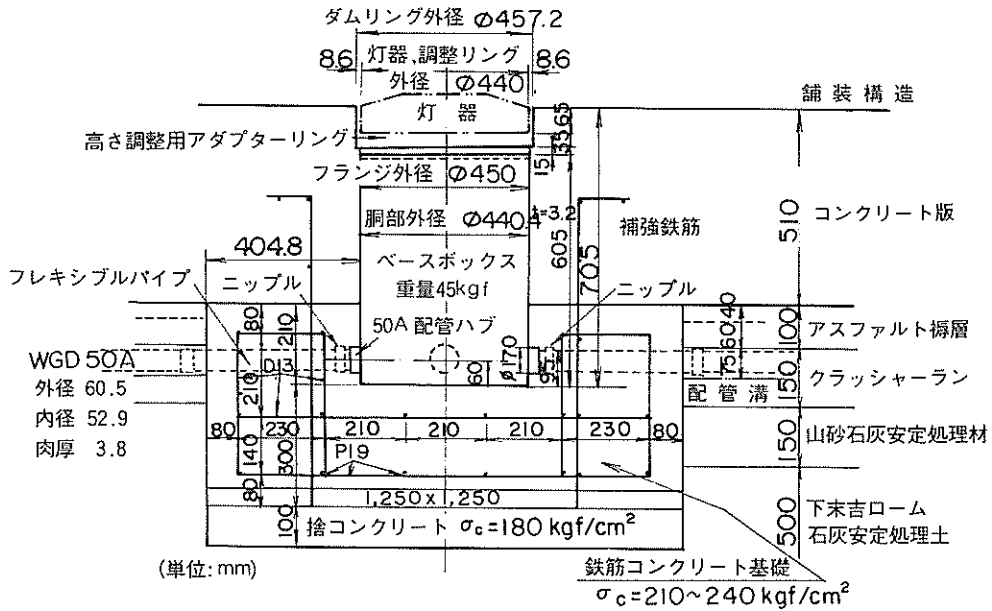


図-3.1 試験する航空灯火の構造 (L-1, L-3)

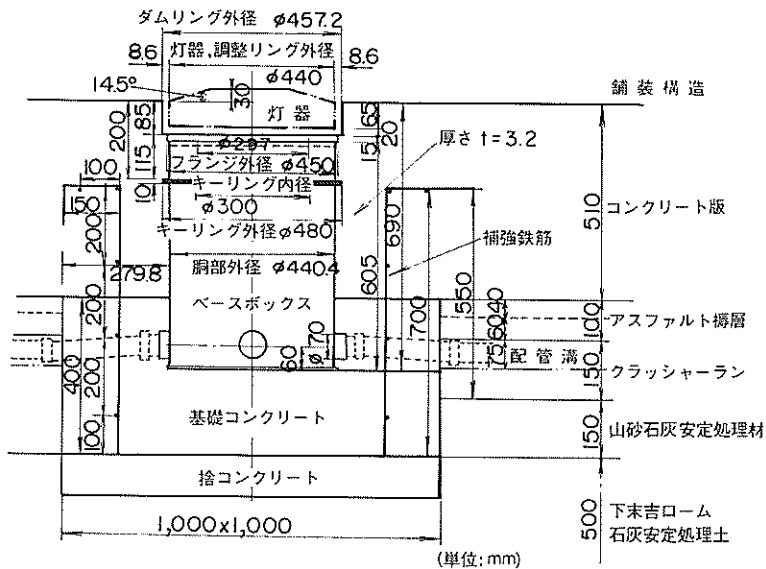


図-3.2 試験する航空灯火の構造 (L-2)

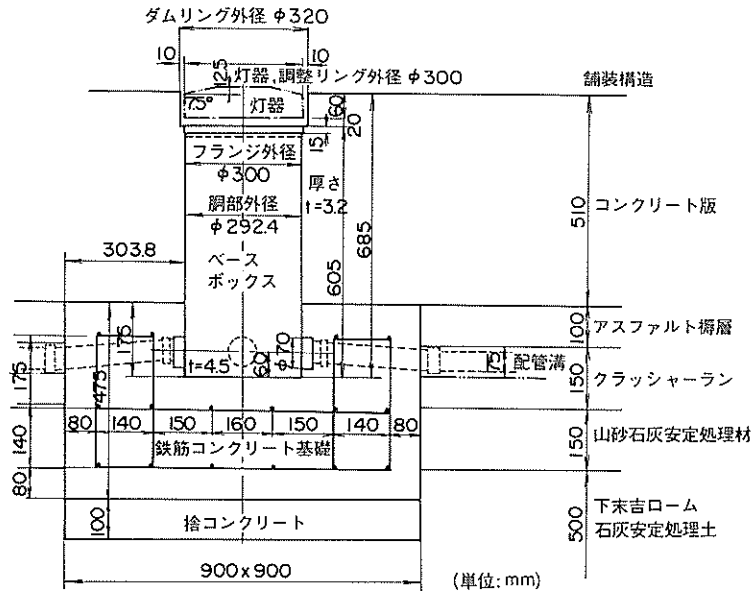


図-3.3 試験する航空灯火の構造 (L-4, L-6)

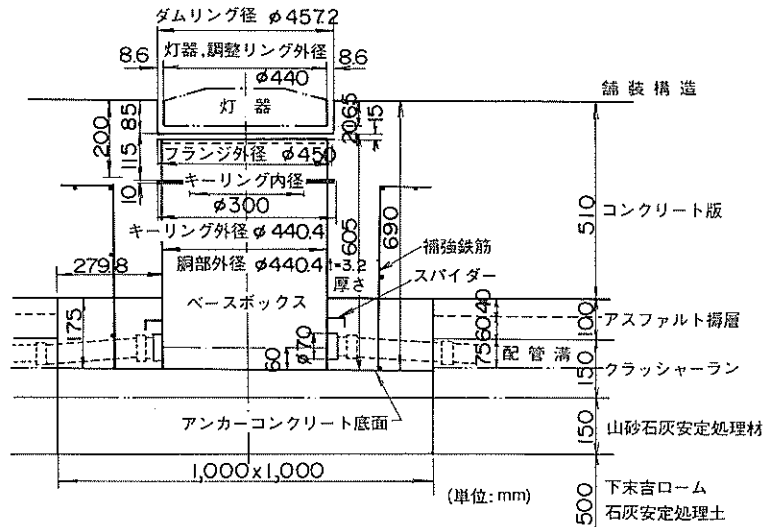


図-3.4 試験する航空灯火の構造 (L-5)

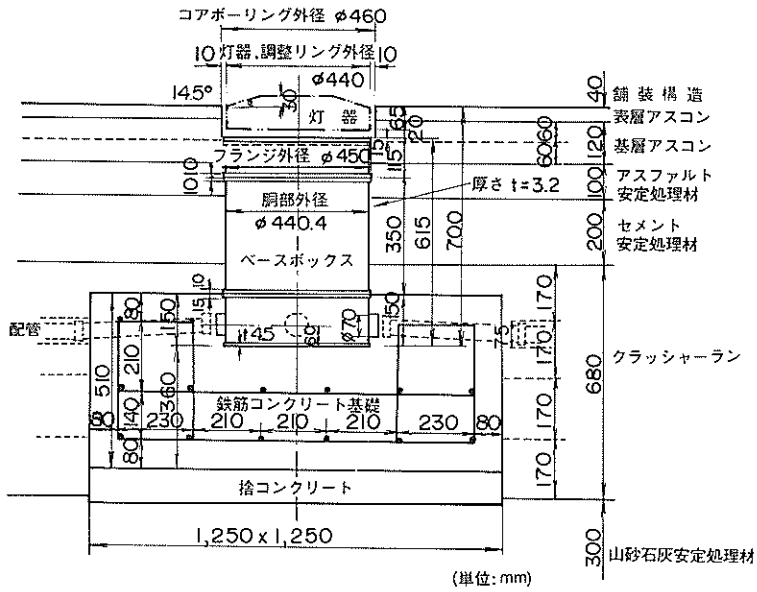


図-3.5 試験する航空灯火の構造 (L-7)

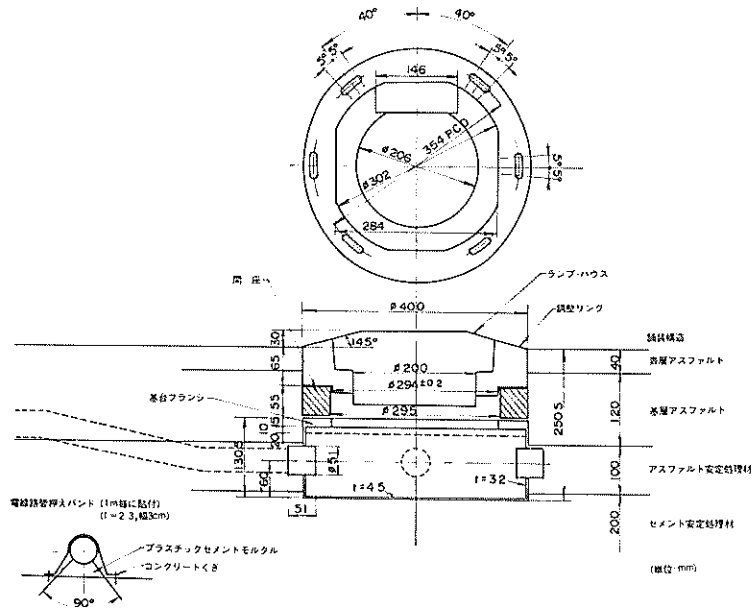


図-3.6 試験する航空灯火の構造 (L-8)

表-3.1 試験する航空灯火の種類

灯 火 号	灯火埋設位置	アンカーコンクリートの種別 (注1)	ベースボックスの種別 (注2)
L-1	C-1の中央	125×125×30	Dφ45
L-2	C-2の中央	125×125×15	Dφ45K
L-3	C-3の施工目地部から75cm離れ	125×125×30	Dφ45
L-4	C-4の施工目地部から75cm離れ	90×90×30	Dφ30
L-5	C-4の中央	125×125×0 スパイダー	Dφ45K
L-6	C-2とC-4の施工目地	90×90×30	Dφ30
L-7	A-3	125×125×36	Dφ45
L-8	A-3	—	Sφ40

(注1) 寸法は、縦×横×ベースボックスの下の厚さ

(注2) Dは深型ベースボックス, Sは浅型ベースボックス, Kはキーリング付き

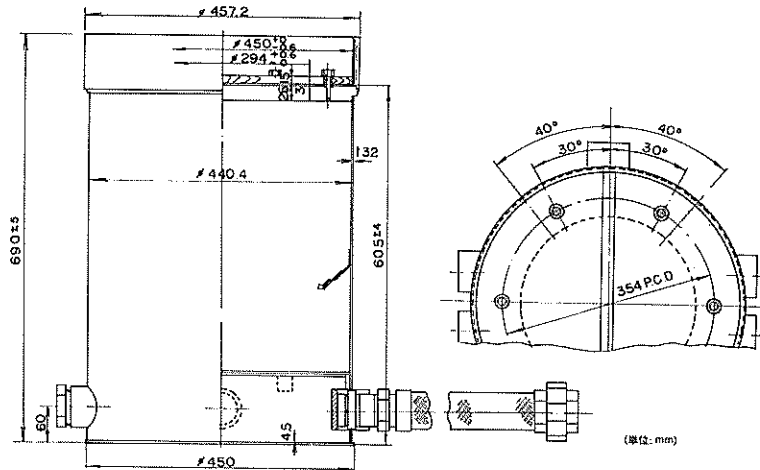


図-3.7 φ450mm 板金製コンクリート舗装用ベースボックス (キーリングなし)

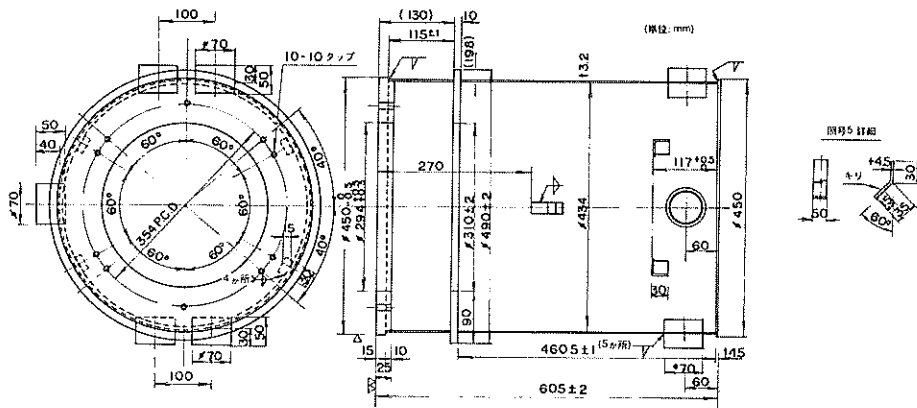


図-3.8 φ450mm 板金製コンクリート舗装用ベースボックス (キーリング付き)

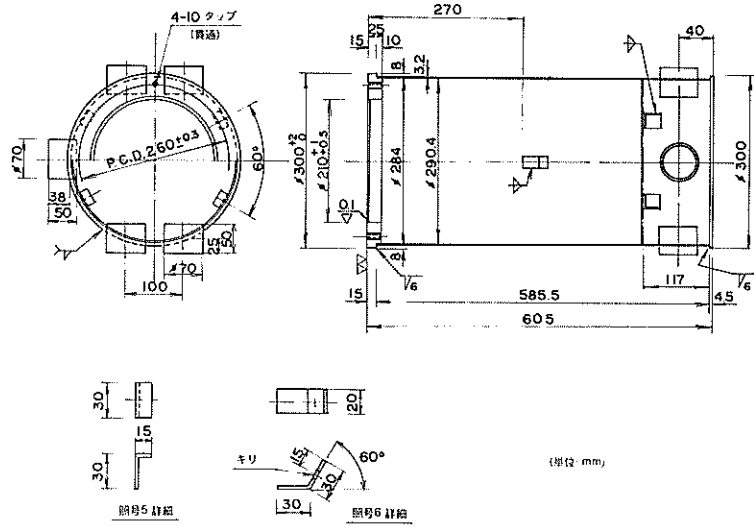


図-3.9 $\phi 300$ mm 板金製コンクリート舗装用ベースボックス（キーリングなし）

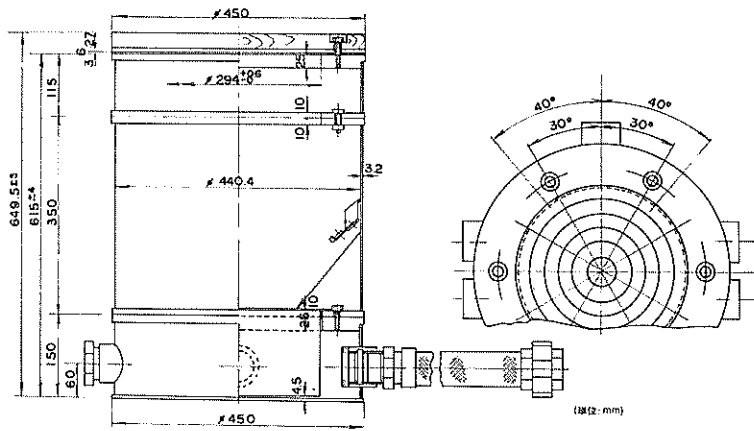


図-3.10 $\phi 450$ mm 板金製三段積型ベースボックス

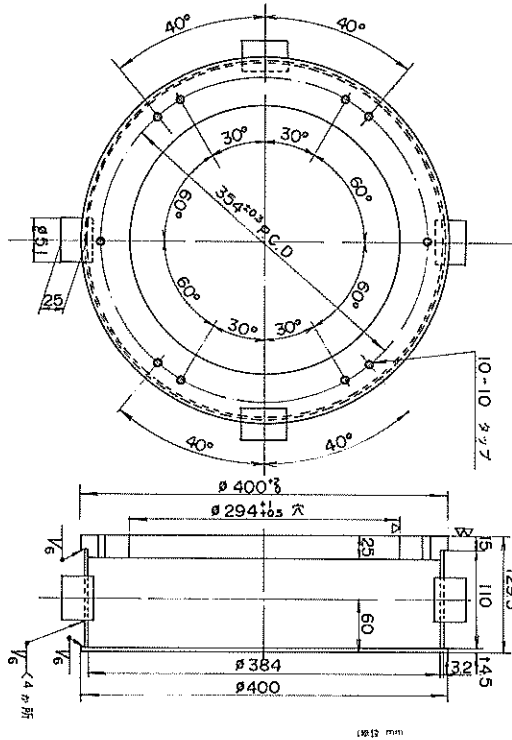


図-3.11 浅型ベースボックス

を設置した。その手順は以下のとおりである。

(a) 電線路管

(イ) 電線路管

測量で求めた灯器位置に沿い、クラッシャーラン層上で採寸し、炭素鋼鋼管の切断、管用テーパネジ切り、フレキシブルパイプの接続、ダミー用短管の現場製作をした。電動テーパねじ切り機により内面取りも行った。

(ロ) 配管

灯器位置間の距離が短いため先に管をならべ、ソケットによる接続箇所は気密のためヘルメシールを塗布し、パイプレンチにより固く締め付け、管長を決めて、チョークでクラッシャーラン層上にマークし、これにしたがって掘削した。

灯器位置アンカーコンクリート下部に土圧計・沈下計等の計測器を入れた場合(L-1, L-2, L-5およびL-7), 灯器位置中心がこれらの計器保護用ビニールパイプのため明示できない所もあったため、ダミー配管は突き合わせてキャップ止めとした(このとき、次の項目で述べるダミー管の位置をベースボックスハブにできるだけ合わせて固定する配慮が欠けた。)

2本並列配管の所は、ベースボックスのハブの間隔が100mmであるので、電線路管も中心位置で100mm離すように布設した。

配管溝の掘削は、つるはし、バール等でクラッシャーラン層を所定の寸法・形状で掘削した(写真-3.1)。炭素鋼鋼管1本配管の所は、深さ8cm, 幅10cm,

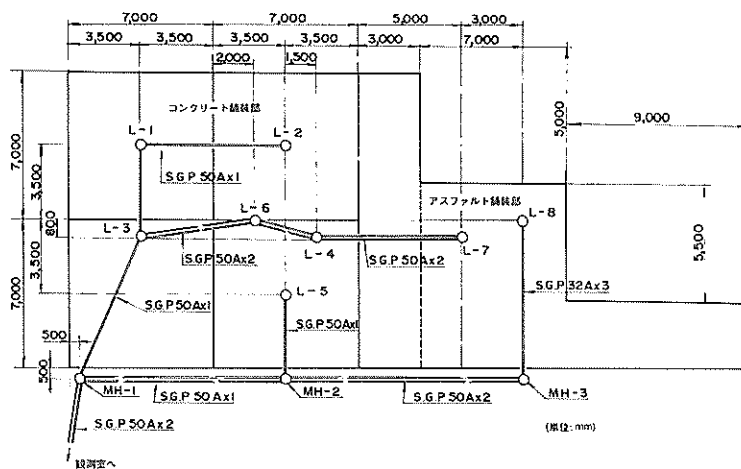


図-3.12 灯器設置ならびに配管位置図

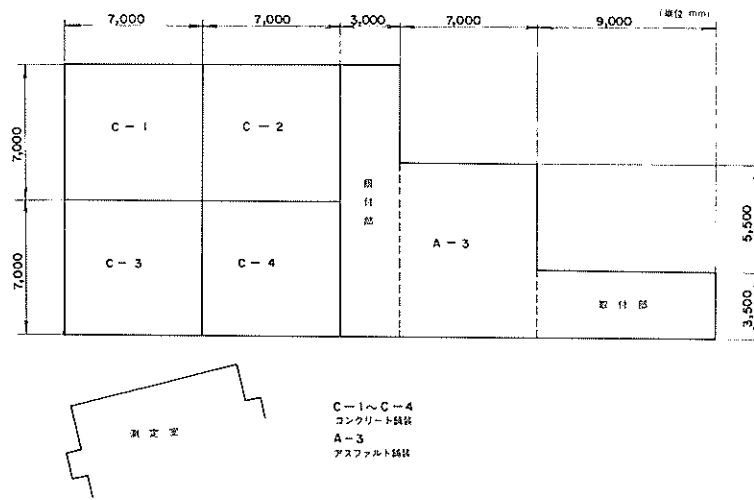


図-3.13 試験舗装平面図

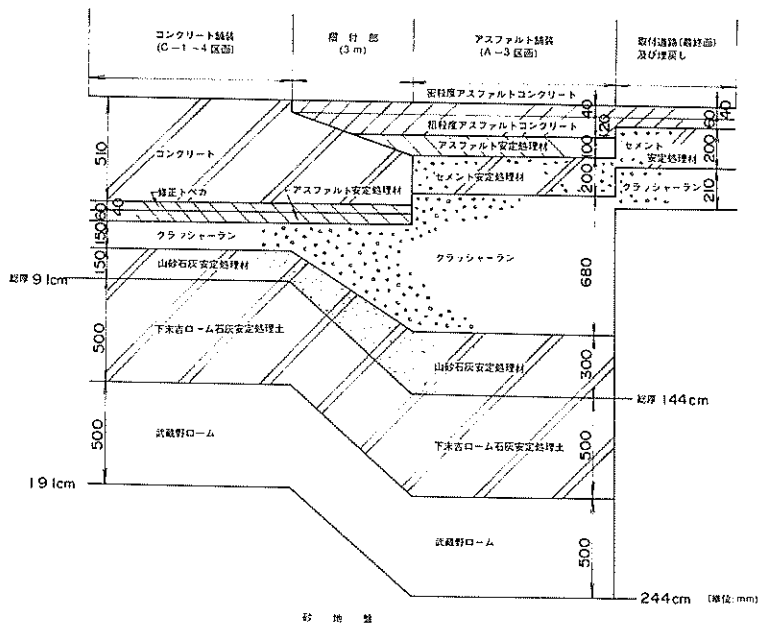


図-3.14 試験舗装断面図

表-3.2 B-747-II型航空機諸元

航空機の種類	B-747-II	
総重量(満載時)	500 tf	
脚荷重(満載時)	121 tf	
車輪の配置形式	複々車輪	
複車輪の横中心間隔 S	111.8 cm	
複々車輪の縦中心間隔 S_L	147.3 cm	
タイヤ内圧 p_i	18.4 kg f/cm ²	
タイヤ接地圧 p	18.4 kg f/cm ²	
タイヤ接地面積(満載時) A	1644 cm ²	
一車輪の接地幅 D	34 cm	
脚配置形式	B-747型	
脚中心間隔	S_1	381 cm
	S_2	360 cm
	S_3	307 cm



写真-3.1 配線溝の掘削状況

2本配管の所は、深さ8 cm、幅20 cmとし、配管後セメントモルタルで埋め戻した。ただしベースボックス廻りのフレキシブルパイプ周囲は、ベースボックスとの接続時のフレキシビリティ保持および衝撃に弱いフレキシブルパイプの保護のため、山砂で埋め戻した。

イ) 電線路管とベースボックスとの接続

配管先行であり、アスファルト褥層施工完了後、アンカーコンクリート位置をカッターで切断して掘削し、アンカーコンクリート打設前に、ベースボックス据え付けおよび埋設してあったフレキシブルパイプとベースボックスハブとの接続をした。写真-3.2はこの状況である。

使用したフレキシブルパイプは、L-1およびL-7が $L=300$ mmの両端ユニオンで、全部アンカーコンクリートの中に入るようになっており、L-2、L-3、L-4、L-5、L-6は、いずれも $L=400$ mmで、L-2を除きフレキシブルパイプでカーブをとることにしていた(図-3.15参照)。

しかし、ベースボックスの位置を確認(上部フランジ面の水平度、方位、設置高を設計図どおりに)して固定した場合、L-2、L-5以外では、電線路管とベースボックスハブの位置のずれをフレキシブルパイプのアンカーコンクリートの掘削範囲内だけで吸収して、ユニオンカップリングで合わせたが、フレキシビリティの限界になるほど曲げて接続したことになってしまった。

またL-2、L-5は、ベースボックスの据え付け方法の関係から、ベースボックスの固定前に、ベースボックスとフレキシブルパイプを接続し、問題はあったが、フレキシブルパイプを曲げ、ベースボックスを定位置に

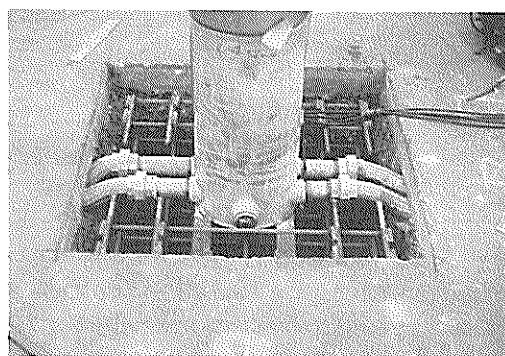


写真-3.2 電線路管とベースボックスの接続(L-4)

押し付けておいて固定する方法をとった。

また、アンカーコンクリート用組立鉄筋とフレキシブルパイプがぶつかったり、ねじ締めのためのパイプレンチが入らない等、不都合が生じ、アンカーコンクリート補強鉄筋を一時切断しなければならない所もあった。

(b) アンカーコンクリート

イ) アンカーコンクリート部の掘削

アンカーコンクリートの所定面積にチョークで印を付け、エンジンカッターによりアスファルト褥層の切断を行った。アスファルト褥層の厚さが10 cmであり、配管

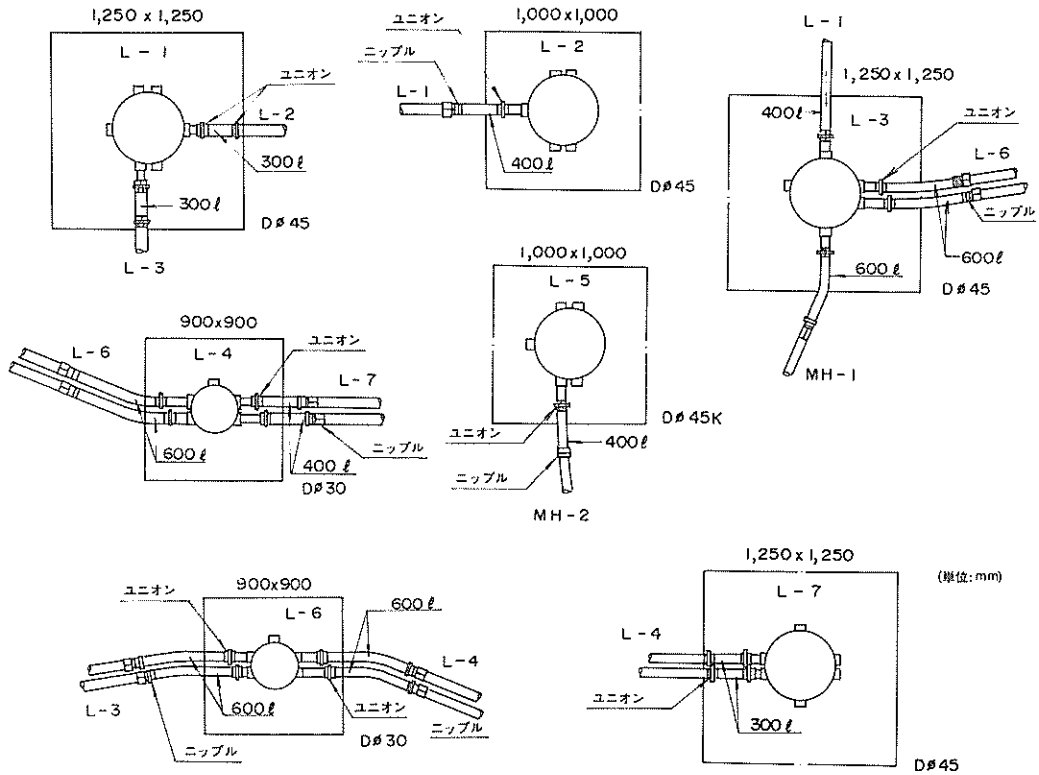


図-3.15 電線路管とベースボックスとの接続

はクラッシャーラン層の仕上がり面より1 cm 下がりの位置にしてあるので、エンジンカッターにより電線路管に損傷を与える可能性がある。このため、切断厚さの目標は、9.5 cm として施工した(図-3.16)。

掘削するアンカーコンクリートの深さは、舗装面の横断勾配が1.3%あり、ベースボックスを水平に保つ必要があるため、基準点の位置によって変わってくる^(注)。今回は、ベースボックスのセンターの計画高から所定掘削深さをとるようにした。

掘削したアンカーコンクリートの大きさは、L-1, L-3, L-7は1250×1250mm, L-2, L-5は、1000×1000mm, L-4, L-6は900×900mmであり、深さは修正トベカ上面より、L-1とL-3は510mm, L-2は400mm, L-4とL-6は475mm, L-

5は175mm下がりであり、L-7はクラッシャーラン層仕上げ面より600mm下がりである(図-3.1~3.6参照)。

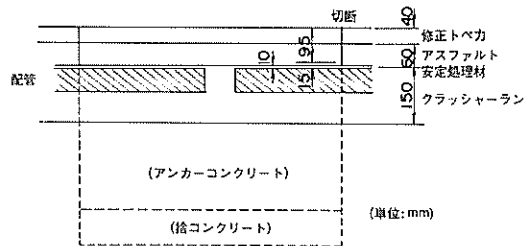


図-3.16 アンカーコンクリート部の掘削

(注) アンカーコンクリートの大きさは、一番大きいもので125m×125mであり、この場合、すでに両端で16cm(125×0.013)の高低差を生じており、ベースボックスのセンターからは±8mmの高低差を生じる。

掘削は、電線路管に注意しながらブレイカーでアスファルト層をはった。このときピックによりフレキシ

ブルパイプに傷が入りやすいので、配管場所には石灰で印を付けておき、配管のしていない所からはつり、アスファルト層を除去後、クラッシャーラン、山砂石灰安定処理材の掘削を行った。クラッシャーラン層、山砂石灰安定処理材層も十分締固められていたため、ブレーカーを使用した。このとき、再度配管の位置に石灰で印を付け、十分注意したが、フレキシブルパイプに損傷を与えてしまった（L-2、L-3とも直径2 cmほどの穴を開けた。）。

またL-2は、掘削面が山砂石灰安定処理材層の中間になり、数cm残して掘削するのは難しく、山砂石灰安定処理材層を全部除去してから所定の深さまで埋め戻し、十分に転圧して掘削深さをとった。

L-5は、掘削面がクラッシャーラン層の中間の位置にくるので、掘削中にクラッシャーラン層の残った部分も乱すことになり、再転圧を行った。

他のアンカーコンクリートにおいても、掘削周囲の緩み、乱れのある所は除去し、整形をし、コンクリートを打ち込み準備をした。写真-3.3は、アンカーコンクリート部の掘削後の状況である。

(a) コンクリートの打ち込み

(c)のベースボックス据え付け後、材令28日の圧縮強度 $\sigma_c = 210 \text{ kg f/cm}^2$ のコンクリートを打設した。締固めには棒状バイブレーターを使用し、ベースボックス底面下で締固め不足とならないように注意した。

仕上げ面はできるだけアスファルト層の勾配に合わせた。ベースボックス廻りのコンクリート版補強鉄筋は、8本の脚のうち4本だけアンカーコンクリートの中へ入れて施工した。

(c) ベースボックスの据え付け

(f) アングル支持による据え付け

鉛直方向4本、水平方向2本の等辺山形鋼（以下アングルと略す）で、ベースボックスを設置する台（支持台と称す）を作り、これにベースボックスを置く方法である。写真-3.4は、ベースボックスを据え付けた状況である。

(i) 支持台の施工

掘削後、先を鋭角にしたアングル杭（ $50 \times 50 \times 6 \times 1000 \text{ mm}$ ）4本をアスファルト層表面より15 cm下まで打ち込んだ。このときアンカーコンクリート補強鉄筋を仮置きし、アングル杭が当たらないような位置にする。

仮置きしたアンカーコンクリート補強鉄筋を取り外し、捨コンクリート10 cmを打設し、アングル杭を固定した。

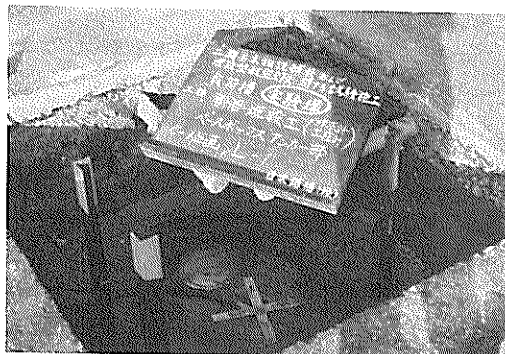


写真-3.3 掘削後のアンカーコンクリート部 (L-1)



写真-3.4 ベースボックスの据え付け状況 (L-1)

アンカーコンクリート補強鉄筋を所定の位置にアングル杭に溶接して設置した。

この据え付け方法では、水平度が不正確であれば、ベースボックスの上面が不正確になり、仕上げ時の灯器の水平度はおのずと不正確になるので、慎重に行うことが大切である。したがって、この点に注意して以下のように施工した。

水準測量を行い、アングル杭にベースボックス底面の計画高に印を付ける。この印を目安にしてアングル杭に支持アングルを横に渡し、しゃこ万力で仮締めし、水準器で水平度を調整、確認してから溶接した。次にもう1本のアングルを同様に固定した。ただしこの場合の支持アングルは、前に溶接した支持アングルと同一平面上にあり、なおかつ水平になるように調整しながら溶接した（微調整は、しゃこ万力締め付け後ハンマーでたたいて

実施した。)

ベースボックスとフレキシブルパイプを接続した。このとき、フレキシブルパイプの位置にアンカーコンクリート補強鉄筋の横筋が当たり作業上困難なため、一時切断し、作業終了後復旧した。

(ii) 据え付け

横に渡した2本の支持アングル(水平面が上)にベースボックスを乗せる。高さはすでに支持アングルを溶接するときに計測してあるので、ここでは、位置と光軸方向が問題になる。トランシットをのぞき、ベースボックスの位置・光軸方向を微調整し、水平度を確認した後、支持アンカーに隅肉溶接した。なおベースボックスの重量は、比較的軽量(1個あたり約60kg)なので、2~3人で持ち運びができ、人力で据え付けた。

(iii) 設置用治具による据え付け

設置用治具は三角形の上面を持ち、その中心にベースボックスの吊り下げ装置を通す穴があり、3本の脚によって支えられている。吊り下げ装置は、1本のねじ切り吊り下げ棒($l=800\text{mm}$)である。3本の脚には、移動を容易にするためロック付きキャスターが付けられ、そこには水平度調整用ねじが切っており、高さが自由になるようになっている(図-3.17)。

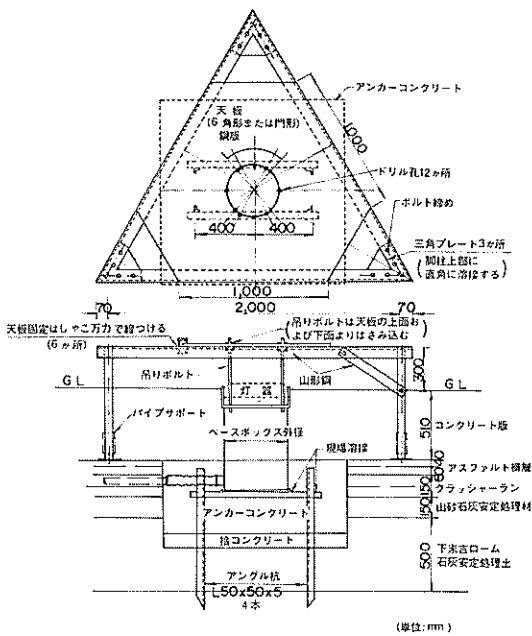


図-3.17 ベースボックス据え付け治具

ベースボックスの底面は舗装計画高より69cm下がりであり、コンクリート版厚が51cmのためアスファルト褥層より18cm下がった位置にくる。アスファルト褥層の路面状態などから、最低20cm以上の上下動が容易にできる装置が必要であったが、上下動用ねじの長さが不足していた。

ベースボックスを水平にする場合、治具の上面での水平度が必要となるが、ベースボックスの吊り下げ棒が1本のため、水平度の精度はこの吊り下げ棒に拘束され所定の水平度を得ることは難しかった。

治具の三脚にはキャスターが付いているから、固定するためこれをロックする。また高さ調整のためのねじが切っているが、キャスターが脚パイプの中に入っているだけなのでしっかり固定できず、またキャスターによる高さ調整および水平度を得ることは難しかった。

トランシットをのぞき、ベースボックスの光軸を見通し、位置・光軸方向を決定するが、治具の吊り下げ棒はセンターに1本あるだけなので、このためベースボックスの光軸方向が見通せなかった。

このようなことから、治具による方法を試みたがうまくいかず、結局別の方法で施工を行った。

(iv) チェア(台座)による据え付け

所定の掘削面の高さになってからチェアを設置した。このチェアは、単なるベースボックスの座布团的役割を果たすだけであり、アンカーコンクリートを補強するためではない。

また、チェアは少し山砂石灰安定処理材層にささるようにして、所定の高さに固定した。

次にチェアの上にベースボックスを置き、トランシットをのぞき、位置・光軸方向を調整してチェアにベースボックスを溶接した。写真-3.5は、チェア上に

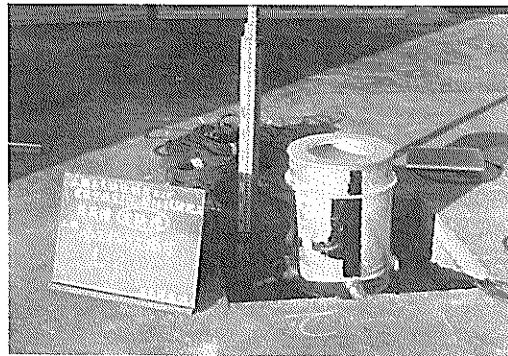


写真-3.5 ベースボックスの据え付け状況(L-2)

ベースボックスを据え付けた状況である。

(c) 路盤上に直接置いての据え付け

クラッシャーラン層表面の凹凸を砂を敷くことによって均し、ベースボックスの座りをよくする。

ベースボックスの高さ、位置、水平度は敷砂により調整しながらトランシットにより光軸方向を合わせた。

(d) 間座

(i) 間座の採寸・製作・取り付け

(ii) ベースボックスフランジ面と舗装表面との間隔測定

舗装工事完了後、ベースボックスフランジ面の水平度と共に、ベースボックスフランジ面と舗装表面との間隔を測定した。

マッドプレート、盲合板蓋（フランジ面保護用）を取り外し、フランジ面を清掃し、水平器を使用してフラン

ジ面の水平度をチェックした。

舗装面は、コンクリート部では、ゴムリング周囲をコンクリート打設直後手仕上げしているため凹凸があり、ベースボックスフランジ面と舗装表面との間隔は平均値をとらざるを得なかった。測定はノギスによる。

測定結果を図-3.18に示す。

(iii) 間座の製作

間座は、ベースボックスの高さが20mmの調整代に對しどの程度になるかがわからなかったため、厚さ20mm、15mm、4mmのもの、各1個を製作しておき、あとはすべて現場合わせで製作することにした。

図-3.18の寸法測定の結果を忠実に間座に反映させ、灯器の水平度を正確にだすようにし、特に試験工事で、今後の走行試験による影響を明確にしようとの意図のもとに間座を製作することにした。

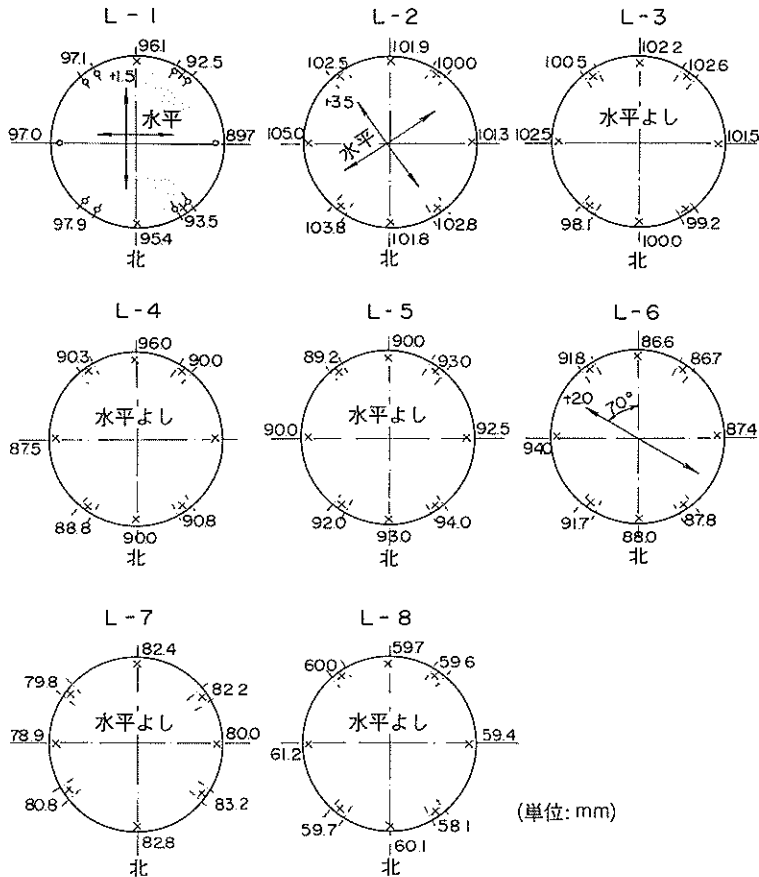


図-3.18 ベースボックスフランジ面と舗装表面間の間隔実測結果

ベースボックスの据え付けの水平度については、昭和53年度の照明学会報告で±0.5°の許容差が認められており、これは直径45cmのベースボックスでは3.9mmの高低差が許容されることになる。

測定値はこれを満足しているが、今回の試験施工では、可能な限り正確に水平を保持すべく1/10mm単位で間座を製作した。その結果ごくわずかなテーパを必要とするものを生じた。

なお間座製作にあたっては、すでに試作済みのものとの組み合わせ使用も考え、1枚使用、2枚使用、3枚使用の場合等、間座の枚数による影響も考えられるよう配慮した。

現地合わせで製作した間座の寸法は、図-3.19のとおりである。

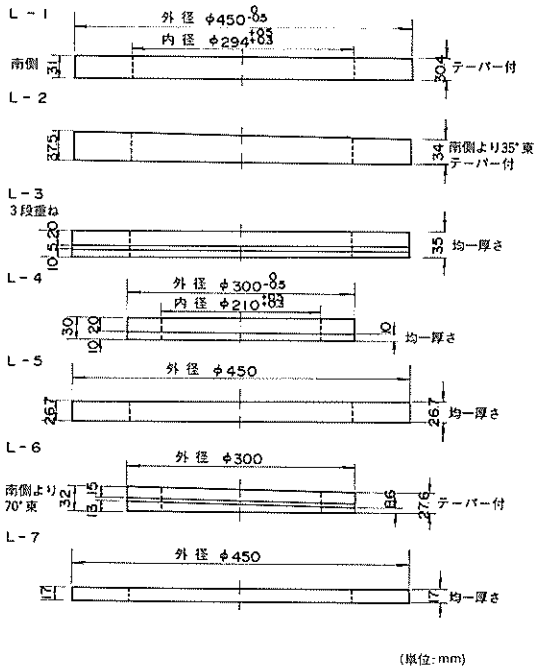


図-3.19 製作した間座の寸法

III 間座の取り付け

ケーブル通線、トランス設置、結線終了後、最終工程での灯器取り付け時に間座を挿入、設置した。

この場合、米国連邦航空局(F.A.A.)の仕様では、永久的に完全密封のため、自己水平型のGE製RTV118のシール材を塗付することになっており、今回はこれに

ならってシリコンシール材を使用した。

(e) 灯器

舗装工事と共に進められたベースボックス埋設であるが、ベースボックス上の舗装厚さが灯器取り付けに必要な寸法精度で施工するのが困難であるので、調整のために間座が作られている。

間座は場所によって寸法が違うので、舗装の厚さを測定して製作された。

間座は場所によってはテーパが付いているので、ベースボックスの上へ灯器と共に乗せて周辺の舗装面とのレベル差を見ながら、また灯器固定ボルトの穴位置も合わせながらセットした。

ベースボックス設定、配管、舗装作業中に、測量、チェックし、最終的に舗装面にマークした灯器の光軸方向を、水糸によって確認しながら灯器固定ボルトを締めつけた(写真-3.6)。



写真-3.6 灯器の取り付け状況

(f) 浅型ベースボックス方式による灯火

アスファルト舗装でアスファルト安定処理材層施工後、この層上で位置出しをし、ベースボックス部のアスファルト安定処理材を除去し、ここにあらかじめフレキシブルパイプと鋼管を接続したベースボックスを所定の高さ、水平度、光軸方向をとりながらプラスチックモルタルで固定した。電線路管は、アスファルト安定処理材層上をころがし配管したが、基層アスファルトコンクリートの施工中にそれが移動しないように押えバンドにより固定し、プラスチックモルタルを巻いた。写真-3.7は浅型ベースボックスの据え付け状況である。

(g) 切込・接着方式による灯火

舗装工事の完了した舗装表面(アスファルトコンクリ

ート)に、コアボーリングマシンにより直径306.5mm、深さ80mmの穴を開けた。穴の底部をできるだけ平らになるようきりのみを用いて仕上げ、きりかすやごみのないように掃除した。また湿気が残らないよう十分に乾燥させておいた。

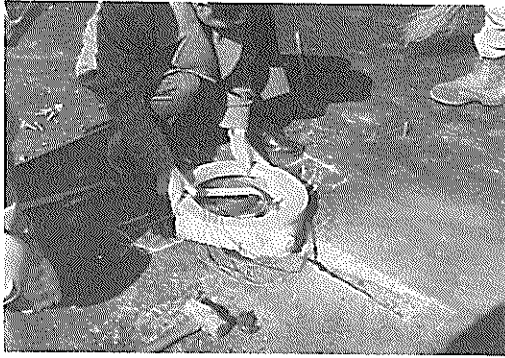


写真-3.7 浅型ベースボックスの据え付け

(e)と同じように灯器の光軸を正確にチェックしながら、あらかじめ製作しておいた灯器固定金具を用いて水平度も十分にチェックした。

灯器とアスファルトコンクリートとの接着については、灯器を設置した後、エポキシ樹脂を用いて穴の底面、側面に十分流し込み固定した。

また、配線溝にもエポキシ樹脂を流し込み充填した。灯器廻り目地にはシリコンシール材を使用した。

3.3 各種測定計器の設置

(1) 灯火部

灯火部には、図-3.20に示すように、沈下計(差動トランス式)、土圧計(ひずみゲージ式)、ひずみ計(ひずみゲージ式)および温度計(CC式)を設置した。

沈下計はL-1, L-2, L-5およびL-7に設置した。設置位置はほぼ灯火中心部でアンカーコンクリート底面下である。

土圧計は、沈下計同様、L-1, L-2, L-5およびL-7の灯火中心部でアンカーコンクリート底面下に設置した。

アンカーコンクリート部に埋設型ひずみ計を設置した。またベースボックス内側には貼付型ひずみ計を設置した(L-1, L-2, L-4, L-5およびL-7)。

温度計は、L-1とL-2の灯器内部に設置した。

(2) 舗装部

C-3区画(灯火のないコンクリート版)と灯火を設置したコンクリート版の性状を比較するために、沈下計、土圧計をその中央部のコンクリート版底面下の位置に設置した。また、灯火が舗装へ及ぼす影響を把握するために、コンクリート版下面には埋設型ひずみ計を、コンクリート版上面には貼付型ひずみ計を設置した。設置位置を図-3.21, 3.22に示す。

温度計は、舗装自体の温度変化を測定するためのほかに、灯火点灯時の舗装温度の上昇量を測定するために灯火の照射方向にも設置した。(L-4とL-5の照射方向で、図-3.20に示す。)

3.4 試験の種類および試験方法

試験舗装製作完了後、表-3.3に示す載荷試験を実施した。載荷試験の実施地点を図-3.23に示す。また灯器の電気的・光学的諸性能を評価する各種試験も実施した。

個々の試験の詳細は以下のとおりである。

(1) 脚載荷試験

この試験は、1車輪のみならず他車輪の影響をも考慮する、すなわち実際の車輪による載荷試験であり、次の手順により実施された。トレーラー(図-3.24, 表-3.4)に所定数のインゴットを積み上げた後、各種試験位置に載荷車輪を設置して測定を行う(写真-3.8)。これを所定の荷重(28.2, 50.8, 78.5, 90.3 tfの4種類)ごとに繰返す。また、この試験の開始前と終了後に、コンクリート版の目地幅の測定および灯火と周辺舗装の高さを測定した。

(2) 単輪載荷試験

この試験は、単独の車輪を用いて舗装自体の挙動、目地の荷重伝達性および灯火自身とその舗装に及ぼす影響等を明らかにする目的で実施された。試験手順は、所定の試験位置に直径50cmの硬質ゴム版を設置し、ジャッキにより前述のトレーラーを反力として最大30tfまで舗装に荷重を加え、各種の測定を行うことによる。この試験では、3.3の測定計器によるもののほかに、平板載荷試験と同様の方法で、路面沈下をダイヤルゲージにより測定した。また、(1)と同様に、試験前後に目地幅および灯火と周辺舗装の高さを測定した。

(3) 走行試験

この試験は、最大5000回の繰返し走行により、舗装および灯火の挙動の変化を明らかにする目的で実施された。載荷重は90.3tfであり、走行回数は3000回(走行線1, 3), 5000回(走行線2)の2種類である。また、1つの走行線に片寄らないように、各走行線

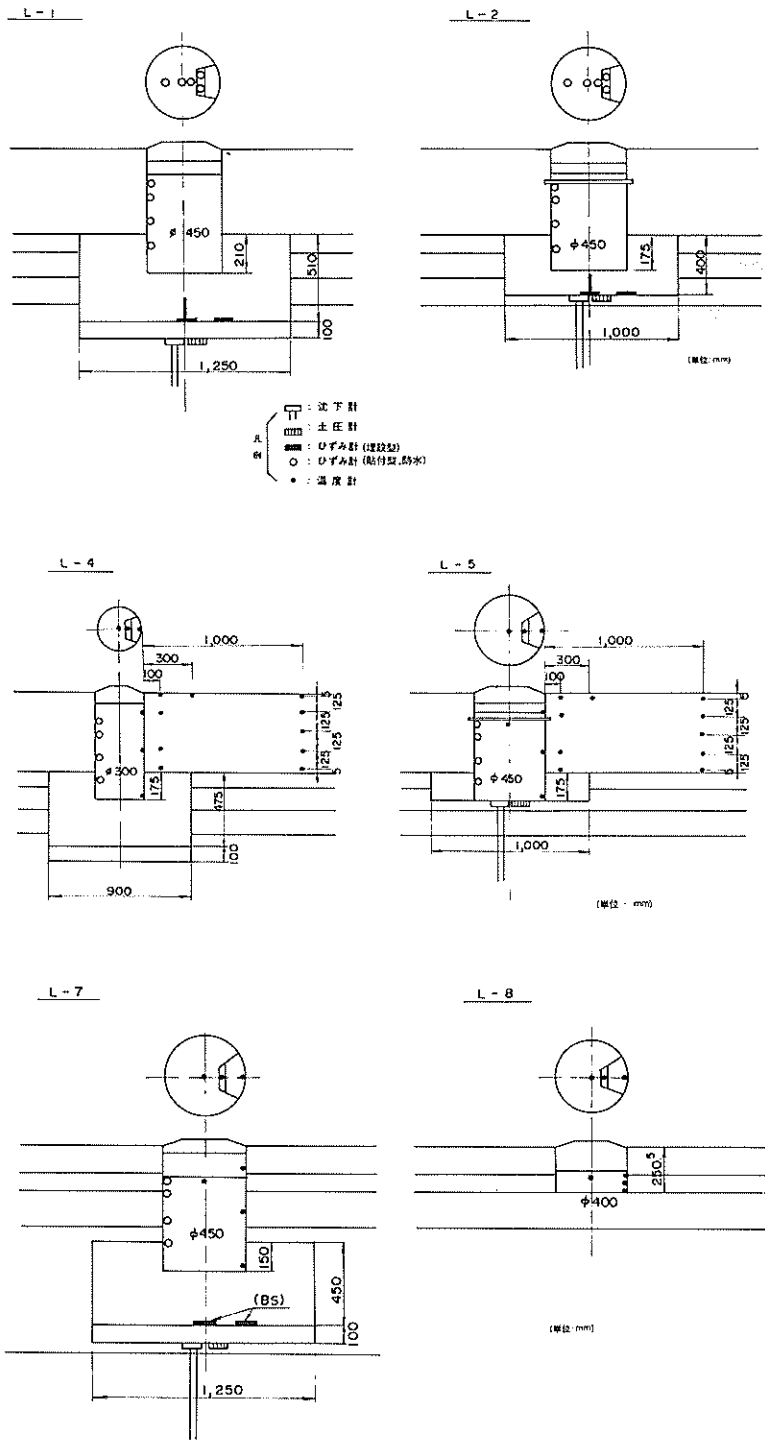
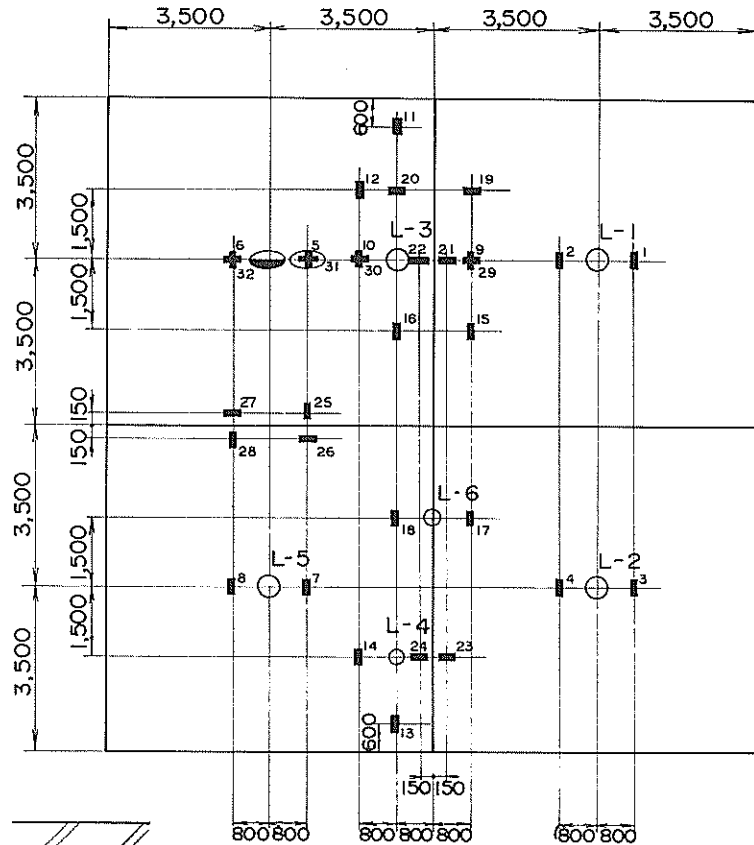


図-3.20 灯火および灯火周辺の各種測定計器設置位置図



コンクリート版

- ひずみ計(BS)
- : 沈下計
- : 土圧計

(単位:mm)

(注) 図中、1～32の番号は計器番号である。

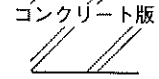
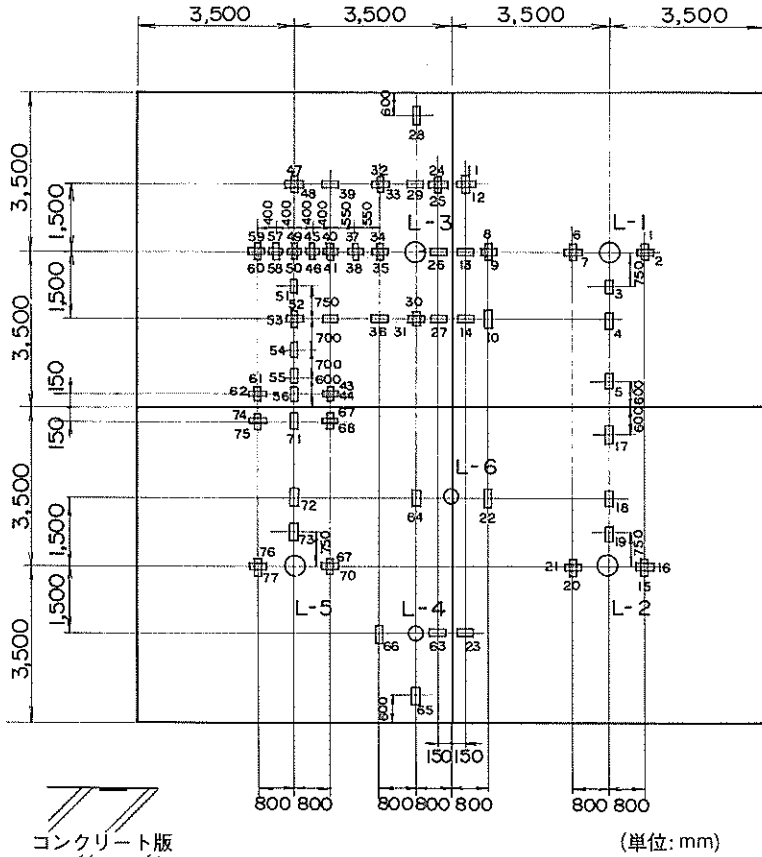
図-3.21 コンクリート版下面計器設置位置図

をほぼ均等に走行した。各走行線で所定の走行回数に達した時点で、所定の位置に荷重車輪を固定し、各測定を実施した。また、特に走行線1と3および走行線10と11については、荷重車輪を各々、70cmおよび80cm間隔で移動して各測定を実施した。また、(1)および(2)と同様に、試験開始前、終了後、および所定の走行回数ごとに、目地幅の変化および灯火と周辺舗装の高さを測定した。

これらの試験に用いた荷重車輪は、DC-8型航空機の実物大車輪(1脚)であり、タイヤ内圧を14kgf/cm²に保った。この荷重車輪を組み込んだトレーラーは、

トラクターで牽引でき、荷重車輪の荷重は、トレーラーの上載荷重を増減することにより調整できる。この上載荷重としては、1個約2.8tfのインゴットを用いた。

また試験時には、3.3で述べた測定計器による測定のはかに、表-3.3に示す時点で、コンタクトゲージによる目地幅変化の測定、レベルによる灯火および周辺舗装の高さ変化の測定、および水系方式による灯火付近の縦横断プロフィール測定を実施した。コンタクトゲージ用のポイントは、舗装製作時に設置した。また、レベルによる測定には、1mm目盛のコンベックスルールを貼り付け



コンクリート版表
面下 1 cm に貼付

□ : ひずみ計

(注) 図中, 1 ~ 77 の番号は計器番号である。

図-3.22 コンクリート版上面計器設置位置図

表-3.3 載荷試験の種類

載荷試験の種類	測定箇所	載荷重 (tf)	備考
脚載荷試験	11か所	28.2 50.8 73.5 90.3	走行線 1, 3 ~ 3000 回走行 " 2 ~ 5000 回走行 走行線 10, 11は走行することなく, 脚を移動しての載荷試験を実施した。 目地幅変化, 灯火および周辺舗装の高さ変化の測定は, 各試験の開始前と終了後, および走行試験の 1000, 2000, 3000, 5000 回走行時に実施した。
単輪載荷試験	11か所	0 ~ 30 5tf おき	
走行試験	68か所	90.3	

たスタッフを用いた。

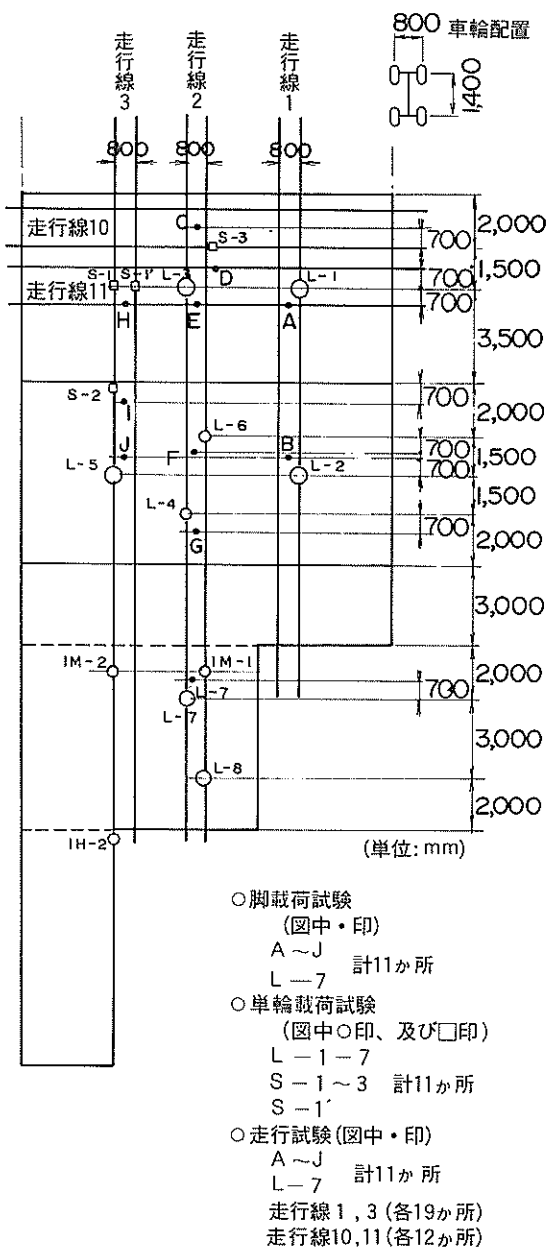


図-3.23 載荷試験位置図

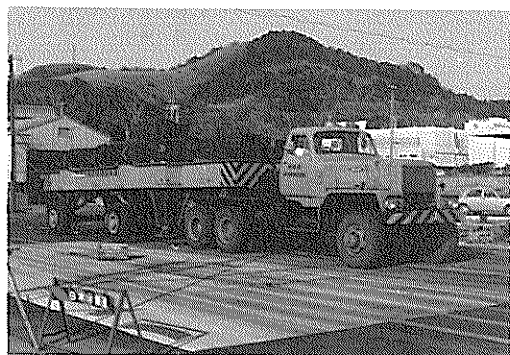


写真-3.8 原型走行荷重車

4. 灯火が舗装へ及ぼす影響

4.1 舗装の構造へ及ぼす影響

(1) コンクリート舗装の場合

埋設・配管方式による航空灯火がコンクリート舗装に及ぼす影響を、単輪載荷試験、脚載荷試験および走行試験におけるコンクリート版の底面ひずみ、灯火のアンカーコンクリート底面下の地盤の沈下量および垂直応力により考察した。設置位置により灯火を3種類に分けて以下で考察する。

① コンクリート版中央部に設置した灯火(L-1, L-2およびL-5)

ベースボックスの径は同一であるが(φ45cm)、キーリングの有無とアンカーコンクリートの形状が異なるL-1, L-2およびL-5について考察する。

図-4.1~4.3は、走行試験における灯火付近の走行線上のコンクリート版底面ひずみを示す。キーリングのないベースボックスを有する灯火(L-1)の設置が、舗装に及ぼす影響はほとんど認められないが、キーリングのある場合(L-2とL-3)には、灯火のない場合に比べて、コンクリート版の最大底面ひずみ(底面ひずみ計の直上に試験車輪が載った場合)が若干大きくなっている。しかし、これは、走行試験によるコンクリート版底面の応力($E = 3.5 \times 10^8 \text{ kg f/cm}^2$ として、最大10 kg f/cm^2 程度)を考慮しても、この舗装のコンクリートの曲げ強度が50 kg f/cm^2 であるため、舗装にとって問題のあるものではないと考えられる。

次に、灯火のアンカーコンクリート底面下の地盤の沈下量と垂直応力、疲労による挙動を含めて、灯火の有無による

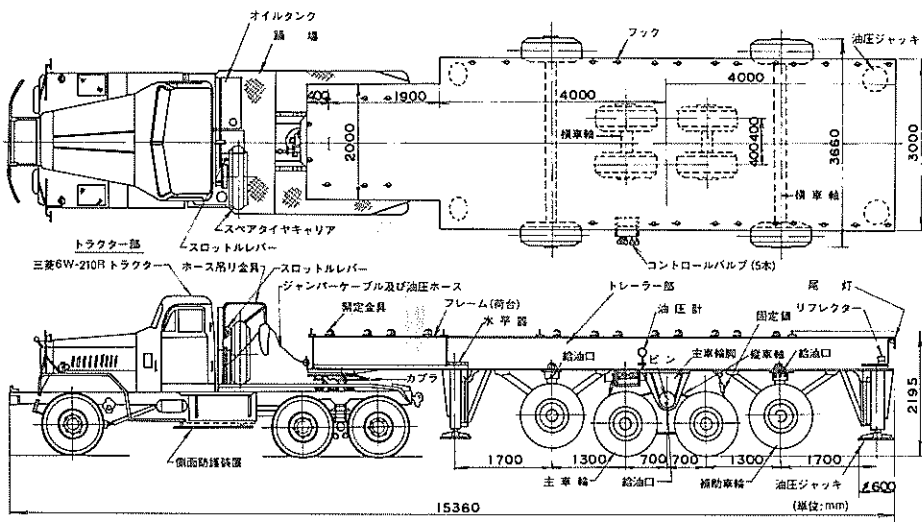


図-3.24 原型走行荷重車

表-3.4 原型走行荷重車の諸元

(1) トラクター性能概要	
(a)	名称：三菱6W-210R
(b)	カブラーに加わる許容荷重（第5輪荷重）：14.5tf
(c)	車両重量：9.9tf
(d)	車両寸法：全幅2.5m，全長7.085m，全高2.8m
(e)	最大牽引力：17.45tf
(f)	最高速度：30km/h
(g)	最小回転半径：11m
(h)	エンジン：200PS/2000rpm
(i)	タイヤ：11.00-20-14PR
(j)	燃料：タンク容量260ℓ，軽油使用
(2) トレーラー性能概要	
(a)	空荷全重量：23tf（トラクター連結部に2tf，主車輪脚に21tfが加わる。）
(b)	全幅：3.66m（補助車輪外側幅）
(c)	荷台幅：3.00m
(d)	トラクター+トレーラー全長：15.36m
(e)	主車輪脚許容荷重：100tf（自重21tfを含む）
(f)	主車輪タイヤ型式：DC-8-55用タイヤ，44×16-28PR
(g)	主車輪タイヤ破壊圧：規格最小値52kgf/cm ² ，計算値93.1kgf/cm ²
(h)	主車輪タイヤ使用空気圧：14kgf/cm ² 前後
(i)	補助車輪許容荷重：25tf/1個
(j)	補助車輪タイヤ型式：主車輪と同じ
(k)	補助車輪上下移動量：35cm
(l)	油圧ジャッキ耐力荷重：50tf/1個
(m)	油圧ジャッキ上下移動量：60cm

相違がほとんど認められないことから、上記のことが裏付けられよう(図-4.4と4.5)。

(b) 縦目地(キジョイント)より75cm離れた地点

に設置した灯火(L-3とL-4)

設計の考え方は同一であるが、ベースボックスの径の異なるL-3($\phi 45\text{cm}$)とL-4($\phi 30\text{cm}$)を比較する。

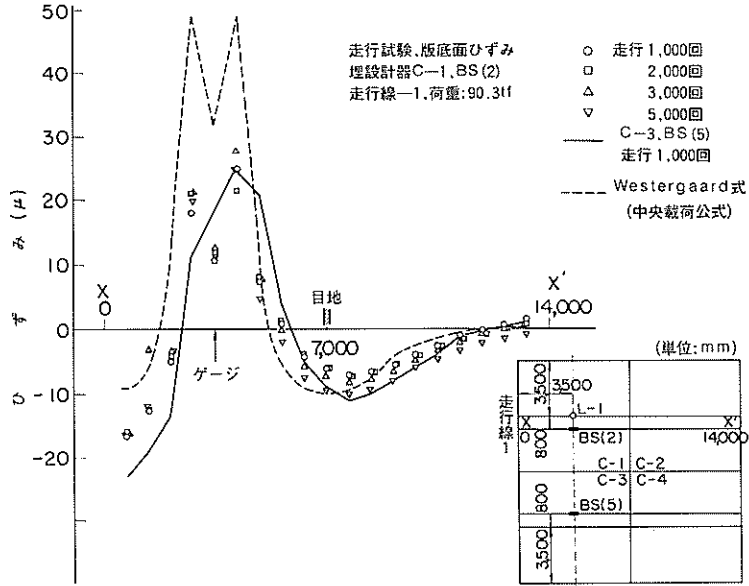


図-4.1 灯火周辺のコンクリート版底面ひずみ(L-1)

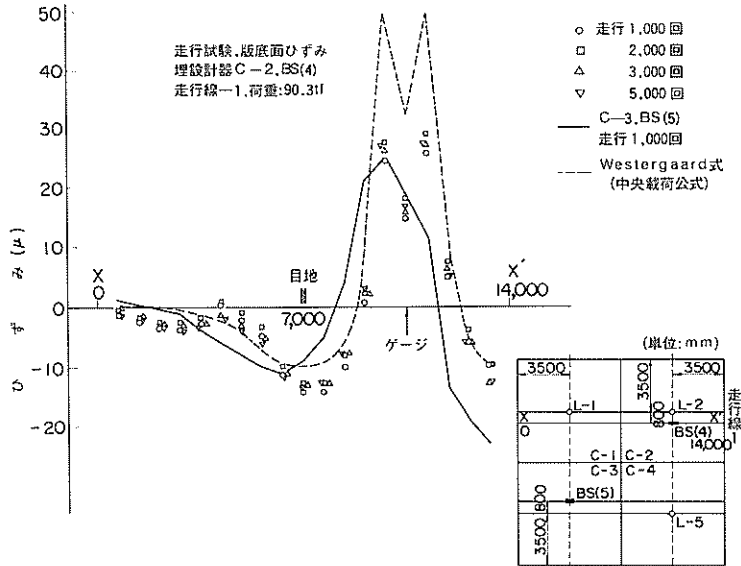


図-4.2 灯火周辺のコンクリート版底面ひずみ(L-2)

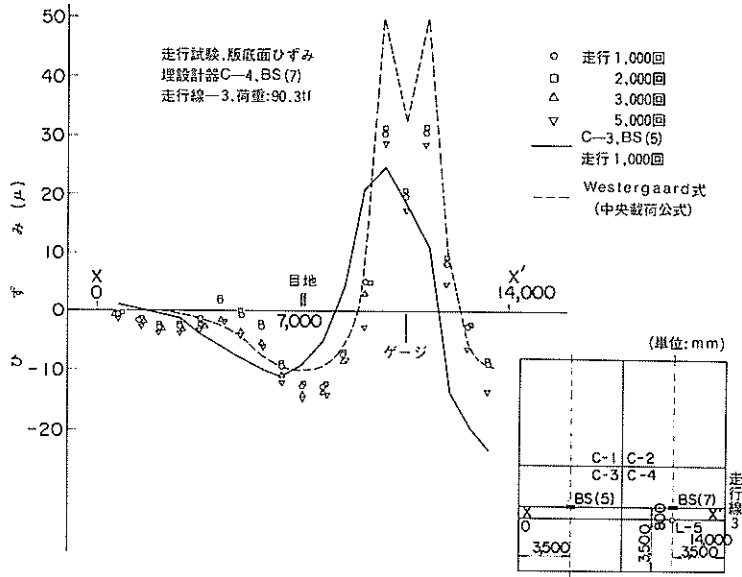


図-4.3 灯火周辺のコンクリート版底面ひずみ (L-5)

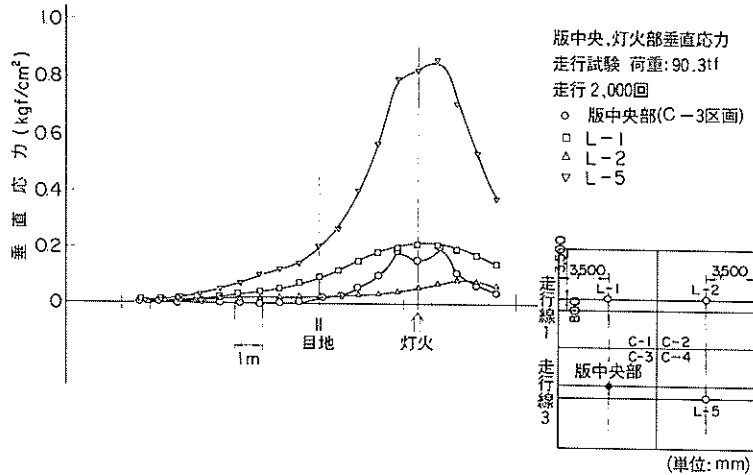


図-4.4 灯火のアンカーコンクリート支持面の垂直応力

図-4.6は、灯火(L-3とL-4)に車輪が載る位置での脚載荷試験の結果である。目地付近では両者のコンクリート版底面ひずみがほぼ等しいが、目地よりやや離れた地点ではL-3の付近の底面ひずみがL-4の2倍程度になっている。L-3とL-4の設置位置が同一ではない(横目地からの距離が異なる)ため、これをそのままベースボックスの径による差違とみなすことは適

当ではない。しかし、この両者の相違は、ベースボックスの径による舗装と灯火の付着程度の差(径が小さければ、灯火と舗装との付着程度が小さいこと)によって生ずるとも考えられるが、今回の試験の範囲では明らかにすることができなかった。

灯火が舗装へ及ぼす影響を調べるために、L-4に車輪の載る地点と、灯火がないことが異なるだけでほかの

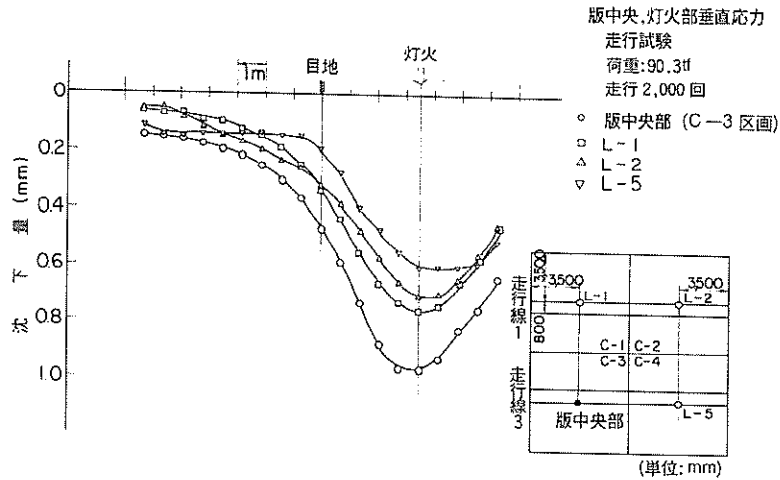


図-4.5 灯火のアンカーコンクリート支持面の沈下量

条件が同一である地点において実施した脚載荷試験の結果を図-4.7に示す。灯火のない場合がある場合よりもむしろ小さなコンクリート版底面ひずみを示すのが認められる。

以上のように、ベースボックスの径による灯火が舗装へ及ぼす影響の差違は明らかではないが、L-4の設置により舗装版の底面ひずみが灯火のない場合よりも減少すると結果から、灯火の設置が舗装にとって、特に構造的に不利なものとはならないと考えられる。

(c) 縦目地部に設置した灯火(L-6)

図-4.8は、L-6に車輪が載る地点と、それに対応した灯火のない地点における脚載荷試験の結果である。両者の底面ひずみ量に差違がないとみなせるので、灯火の設置により目地(キージョイント)の荷重伝達性には変化がないと考えられ、灯火が舗装に及ぼす影響はほとんどないといえよう。

しかし、この舗装の解体調査時に、ベースボックス周囲への雨水の浸入やアンカーコンクリートに目地に沿ってクラックが入るなどの灯火に不都合な点が見られたので、このような観点からは、できるだけ目地部には灯火を設置すべきではないとも考えられる。

(2) アスファルト舗装の場合

灯火がアスファルト舗装に及ぼす影響を調べるために、灯火および周辺部のアスファルト舗装の累積塑性沈下量に注目する。

(a) L-7

3.1で述べたように、L-7は灯器基礎を有する型式

の灯火である。図-4.9は、L-7および周辺舗装の縦横断プロフィールである。走行5000回終了時に灯火自体が1.7cmの累積塑性沈下量を示すのに対し、アスファルト舗装部は最大2.5cmの累積塑性沈下量である。ここで、特に灯火のごく近い部分の舗装の沈下が著しいことから、灯火周辺部の舗装の締固めを十分に行う必要性のあることが指摘できよう。

このように、灯火のごく近くの舗装部分は灯火に比して大きな累積塑性沈下量を示すが、走行線上で灯火より1m程度離れた地点の舗装の累積塑性沈下量が灯火自体の累積塑性沈下量とほぼ等しいことから、L-7の灯器基礎は十分な強度を有するものであると考えられる。また、実際の空港では、今回の走行試験のように一車線を集中的に走行する状況は考えられず、灯火と周辺舗装との段差は今回の試験で認められたものよりかなり小さくなるものと考えられるため、この型式の灯火を空港に用いることには、まったく問題はないであろう。

(b) L-8

L-8はL-7と異なり、灯器基礎のない型式の灯火である。図-4.10に示すとおり、走行5000回終了時における灯火自体の累積塑性沈下量は2.9cm、周辺舗装の最大累積塑性沈下量は3.7cmと、両者ともL-7に比して1.2cm大きい。また、走行線上で灯火より1m離れた地点での舗装の累積塑性沈下量が灯火自体のそれとほぼ等しいことは、L-7と同様である。

このように、L-8自体および周辺舗装の最大累積塑性沈下量がL-7に比して大きいことは、L-8を設置した

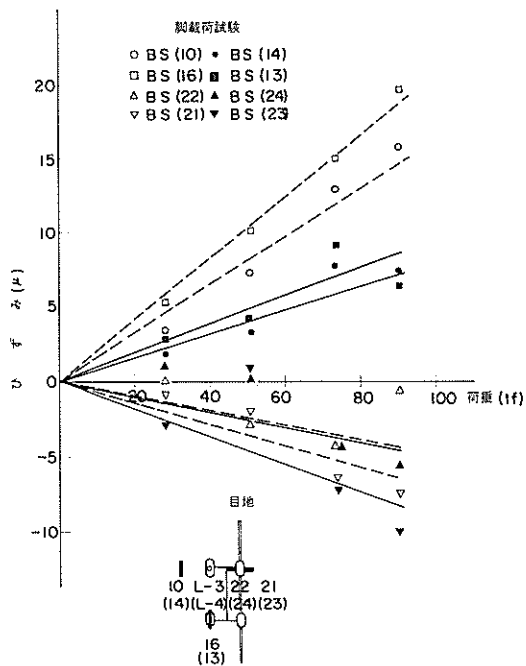


図-4.6 荷重～コンクリート版底面ひずみ(L-3, L-4)

地点が舗装の端部であることや各種重機の走行等により路盤以下が幾分乱れていると考えられることから、必ずしも灯火構造の違いによるものとはいえない。L-8の灯火自体と周辺舗装との段差がL-7と等しいこと、L-8と在来の切込・接着方式による灯火およびその周辺

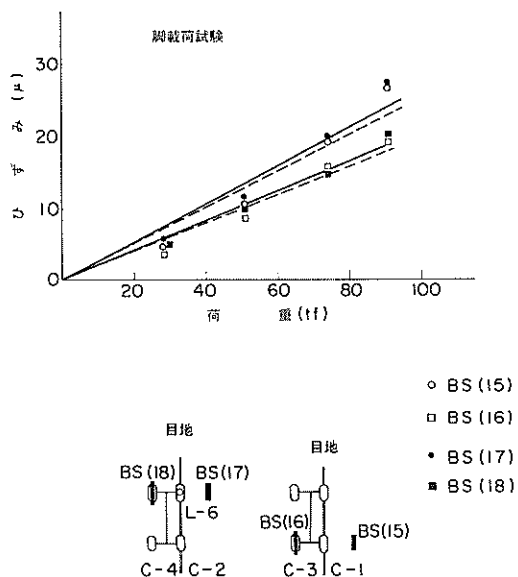


図-4.8 荷重～コンクリート版底面ひずみ(L-6)

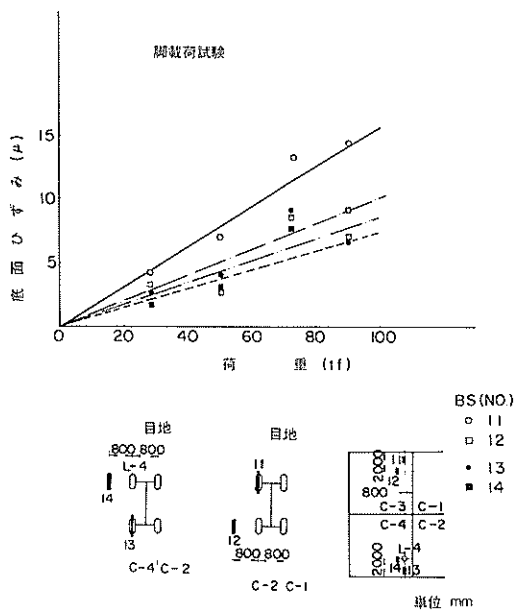


図-4.7 荷重～コンクリート版底面ひずみ(L-4)

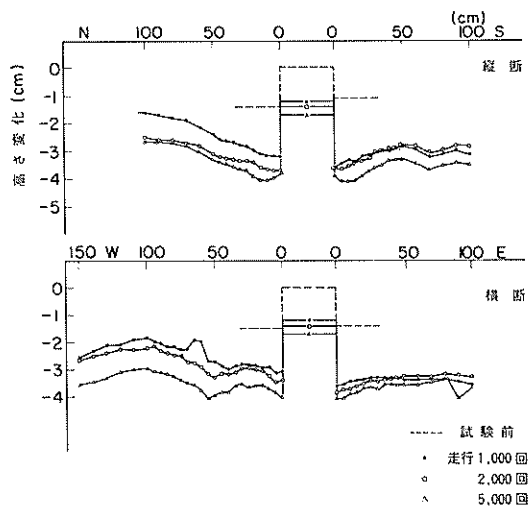


図-4.9 L-7およびその周辺舗装の縦横断プロフィール

部の累積沈下量との間に顕著な相違が認められないこと（図-4.11），今回の走行試験は一車線上を集中的に走行する促進試験であることなどを考慮すると，この型式の灯火を実際の空港に用いることには特に問題はないと考えられる。

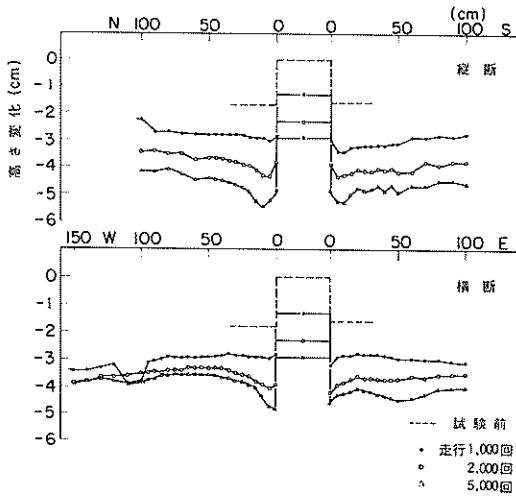


図-4.10 L-8 およびその周辺舗装の縦横断プロフィール

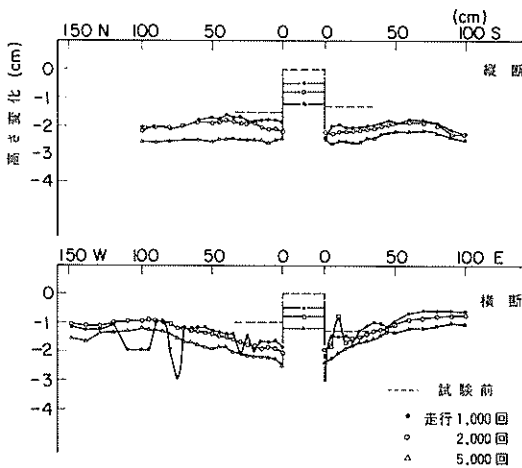


図-4.11 在来型の切込・接着方式による航空灯火とその周辺舗装の縦横断プロフィール

4.2 舗装の施工性へ及ぼす影響

(1) コンクリート舗装

路盤のクラッシャーラン層へ電線路管を配管するまでは，通常の舗装の施工となんら変わらない。またクラッシャーラン層の上のアスファルト褥層も通常どおりなので，路盤までの施工では灯火の存在が問題になることはほとんどないといえる。ただクラッシャーラン層施工後に配管という工種が入るので，次のアスファルト褥層の施工との関連で工程に気を付ける必要がある。

灯火の存在が舗装の施工に影響を与えたとしたら，次のコンクリート版の施工に際してであろう。

コンクリート版打設に先立って型枠の設置においては，縦目地部にくる灯火のベースボックスおよびその補強鉄筋が問題となった。まず補強鉄筋は，縦目地部の場合，型枠設置のため半円形にしておかなければならない。また，ベースボックスの高さは，レールの取り付けに差しつかえないように配慮しておかなければならない。

コンクリート版打設に入っては，コンクリートの荷卸し，敷き均し，締固め，仕上げの各工種に対し，灯火の存在が次のような点で影響を及ぼしている。

まずコンクリートの荷卸しについては，ダンプトラックからアスファルト褥層上に直接卸すようにしたが，この場合，ダンプトラックの進入が，ベースボックスと型枠によってかなり制約された。しかしこの方法は，注意深い施工によれば特に問題になるものではないであろう。

コンクリートの敷き均しは，ブレード型スプレッダーで行ったが，ブレードによるベースボックスの破損を避けるために，ベースボックスに目印を立て，周囲は人力で敷き均す必要がある。

灯火廻りのコンクリートの締固めには，内部振動型フィニッシャーが使えないので，灯火位置前後 1.5 m はフィニッシャーの走行を中断し，棒状バイブレーターで人力により締固めた。

第 2 回目の締固めの表面加圧振動型フィニッシャーの場合は，加圧振動板がベースボックスに当たる心配はないので，灯火位置に関係なく連続走行できた。

このように，灯火の存在はコンクリートの締固め方法に影響を及ぼすが，では仕上がったコンクリートの密度等はどのようになっているであろうか。表-4.1 に，試験舗装の解体時にコンクリート版からコアを採取して密度を測定した結果を示す。L-1 周辺は，灯火の存在しない一般部に比べ若干密度が小さくなっており，L-2 の周辺は，一般部とほぼ同様であることがわかる。このようにことから，灯火の存在がコンクリートの締固め度

表-4.1 コンクリート舗装のコンクリート密度

区分	区画	供試体番号	密度試験結果 (g/cm ³)						備考	
			0~10 cm	10~20cm	20~30 cm	30~40cm	40~50cm	全層		
セメント コンクリート	一般部	C-1	14	2.442	2.417	2.423	2.408	2.424	2.418	コア密度 φ15 cm h 50 cm * 印供試体については圧縮試験を実施
			13	2.435	2.391		*	2.411	2.401	
		C-2	12	2.456	2.409	2.430	2.430	2.462	2.434	
			11	2.446	2.438		*	2.459	2.443	
			10	2.466	2.437		*	2.486	2.476	
		C-3	5	2.484	2.474	2.454	2.461	2.483	2.467	
			7	2.459	2.468		*	2.518	2.476	
			4	2.480	2.449		*	2.475	2.461	
		C-4	2	2.467	2.436	2.434	2.443	2.472	2.447	
			1	2.475	2.433		*	2.455	2.443	
	平均		2.461	2.435	2.436	2.436	2.465	2.447		
	灯器 周辺部	C-1	15	2.399	2.498	2.361	2.371	2.380	2.381	L-1
			16	2.380	2.445	2.382	2.355	2.386	2.371	
			17	2.435	2.425	2.352	2.412	2.435	2.404	
			18	2.408	2.373	2.355	2.369		2.370	
C-2		19	2.464	2.506	2.443	2.444	2.464	2.444	L-2	
平均			2.417	2.449	2.379	2.390	2.416	2.394		

に影響を及ぼす可能性はあるが、これは注意深い施工により問題にならなくなるであろうと考えられた。また万一灯火周辺のコンクリートが締固め不足になった場合に備えて、今回実施したように、コンクリート版に補強鉄筋を入れておくことも必要と考えられた。

一応通常の表面仕上げが終了した後、灯器部の別途仕上げを行った。ベースボックスの盲合板蓋上のコンクリートを取り除き、この部分にゴムリングを入れ、ゴムリング周囲をコンクリートで埋め戻し、木ゴてでタンピングしながら締固めた。舗装自体には1.3%の横断勾配が付いており、このままでは灯器自体が横断方向に突き出してしまうことになるので、ゴムリング周囲の半径1mの範囲内は、勾配を付けずできるだけ平坦に仕上げた。

しかし、このように注意深い施工にもかかわらず、6.2(1)にみるような間座高さの不均一を招いた。間座の製作指針、灯器の舗装面からの凹凸度の所要、等との関連で、舗装表面の平坦度を再検討していく必要がある。

ゴムリングは、養生開始後2~3時間経過し、コンクリートが凝固した時点で、周囲のコンクリートが破損しないよう注意深く抜き取った。取り外し時期やゴムリング周囲のはく離剤にもよるが、今回の作業は大変苦労がいった。

作業性を上げ、問題なく作業ができるようにするためには、ゴムリングを正確に円形に作る、側壁を正しく鉛直にする、十分なはく離剤を塗る、抜き取り時期を誤らない、等の注意が必要である。

以上今回の試験施工での実績から、灯火を含むコンクリート版の施工に際して問題となるいくつかの項目について述べてきたが、いずれも特別複雑で解決困難というほどのものでなく、総じていえば、灯火の存在はコンクリート版の施工性を極端に悪くするものではないといえよう。

(2) アスファルト舗装

アスファルト舗装での深型ベースボックスの場合でも、配管、下部ベースボックス掘え付け、アンカーコンクリート打設までの工程は、コンクリート舗装の場合とほぼ同じで、舗装工事へほとんど影響を与えない。

クラッシャーラン層の残りの部分とセメント安定処理材層を通常どおり施工後、第1段ベースボックス上のクラッシャーランとセメント安定処理材を除去し、第2段ベースボックスを継ぎ足すが、継ぎ足し部のフランジ外径(φ450mm)がベースボックス外径(φ440.4mm)より多少大きいため周囲に空隙ができ、この部分への埋め戻しが必要となった。フランジ外径をベースボックス

外径に合わせておいた方が、埋め戻し材の締固めその他にとって良好と考えられた。

第2段ベースボックスをそのまま埋め殺してアスファルト安定処理材層を舗装した後、ベースボックス上の安定処理材を除去し、第3段ベースボックスを継ぎ足した。この第3段ベースボックスは、アスファルト安定処理材層より約6 cm 突き出すため、基層第1層の施工時には、ベースボックス周囲の転圧だけは、ボマーグ振動ローラーを使わざるを得なかった。走行試験でこの部分の締固めに起因するような問題は発生していないので、今回実施したような転圧方式により実際の空港でも施工できると考えられる。この場合も前記フランジの問題があった。

基層第2層と表層の施工については、もし灯器の取り付く部分をコア抜きするのであるならば、通常行うように実施でき問題はなからう。今回の試験施工では、第3段ベースボックス上に円形合板蓋を重ねながら基層・表層アスファルトコンクリートを転圧したが、この場合、もし円形合板蓋が高いと、周囲のアスファルトコンクリートが転圧不足になる恐れがあるので注意を要する。またこの方法では、舗装後基層・表層中から合板蓋を抜き取るのがむずかしく、周囲のアスファルトコンクリートに損傷を与えてしまう恐れが大きい。

今回の試験施工で用いたベースボックスは昭和53年度製作したもので、ベースボックスの深さや継ぎ足し位置が試験舗装の層構成に合致していないため舗装の施工において若干やりにくい面がみられた。しかしベースボックスの改善がなされたならば、今回試験施工で得られた経験などにに基づき、十分良好な舗装ができるものと考えられる。

浅型ベースボックスの場合、アスファルト安定処理材層施工後に、ベースボックスの据え付けと配管という工程が入ってくる。この場合の配管は、ころがし配管なので、深型ベースボックスの場合に比べ作業性はよく、したがって、舗装工事の施工性に与える影響も小さい。基層・表層の舗装に際しての問題は、先の深型ベースボックスの場合とほぼ同様である。

5. 灯火の構造評価

5.1 電線路管

本試験施工に用いた電線路管は、JIS G 3452に規定された亜鉛メッキを施したφ50mmおよびφ32mmの配管用炭素鋼管である。ここでは、深型ベースボックス方式の灯火付近(L-1, L-2およびL-7)の電

線路管と、横目地(スリッパー)部の電線路管を重点的に検討する。

L-1, L-2およびL-7での単輪載荷試験の結果を図-5.1に示す。舗装や灯火の種類の相違により電線

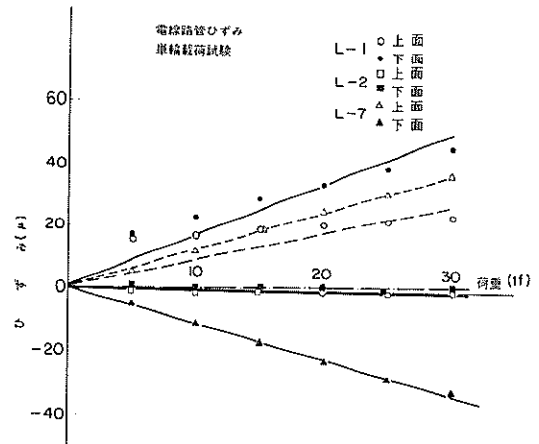


図-5.1 荷重～電線路管ひずみ(単輪載荷試験)

路管の挙動に差が見られる。L-7付近では電線路管が曲げを受けているのに対し、L-1付近では単純引張を受けている。またL-2付近の電線路管には、ほとんど応力が生じていない。L-7とL-1とで電線路管の応力状態が異なる理由は、前述のようにアスファルト舗装は局所的な変形をしやすいために灯火に荷重が加わった場合灯火の沈下量が周辺舗装のそれよりも大きくなり、電線路管に曲げ応力が生ずるのに対し、コンクリート舗装では、灯火とコンクリート版とが一体となって挙動するために、灯火付近の管全体に引張応力が生ずるのであろう。また、L-2付近の電線路管にはほとんど応力が生じない理由は、灯火と電線路管とを接続しているフレキシブルパイプがL-1とL-7では完全にアンカーコンクリート中に入っているのに対し、L-2ではそれが半分程しか入っておらず、荷重による灯火の動きをフレキシブルパイプが吸収するためであると考えられる。

走行試験の結果を図-5.2(1)～(3)に示す。走行による電線路管の疲労はほとんどないと思なすことができる。また、載荷車輪が舗装版の目地部に載ったときに、その直下の電線路管部が最大ひずみを示すのがわかる。目地部が灯火付近(版中央部)よりも大きなひずみを示すのは、Westergaardの載荷公式などによっても裏付けされることである⁷⁾。

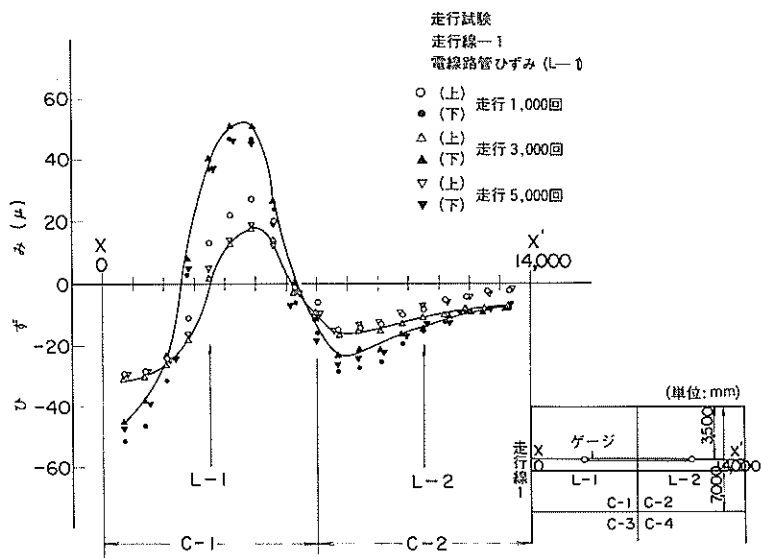


図-5.2(1) 電線路管のひずみ (L-1 付近)

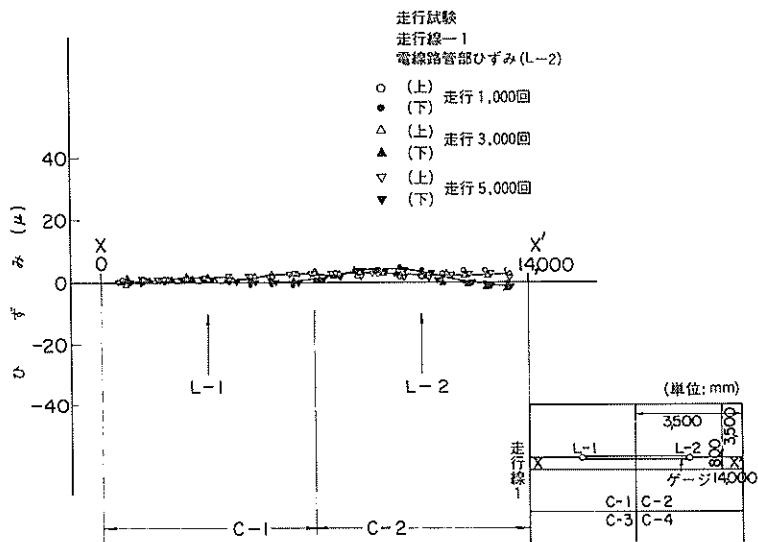


図-5.2(2) 電線路管のひずみ (L-2 付近)

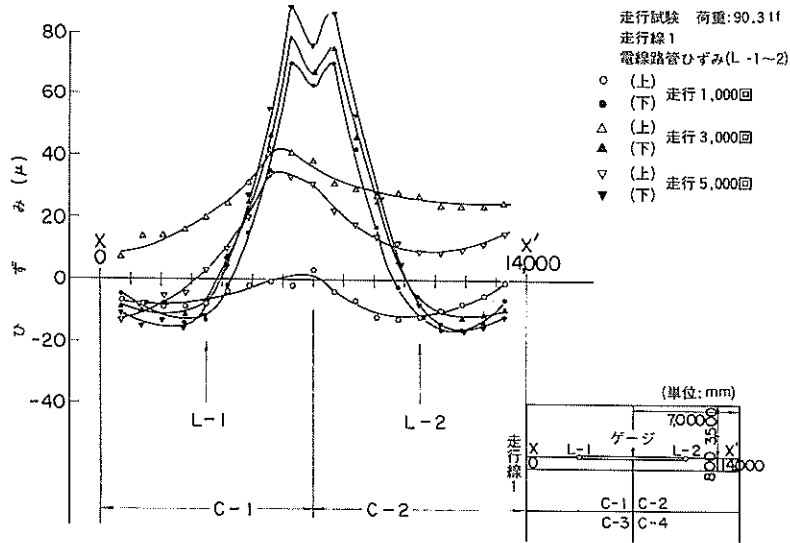


図-5.2(3) 電線路管のひずみ(横目地部)

これらの結果から、電線路管の目地部で約 90 μ、灯火付近で約 50 μの最大ひずみを示すことがわかる ($E = 2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ として 180 kgf/cm^2 の応力) が、この配管用炭素鋼鋼管の引張強度が 3000 kgf/cm^2 以上であるので、この程度の応力による疲労破壊も考えられず、電線路管は構造的に何ら問題のないものである。

今回用いた電線路管の材質は炭素鋼であったが、ほかの材質についてもここでその適用性を調べることにする。一般的なものとして塩化ビニール管が考えられるので、これについて考察する。

JISの規定により塩化ビニール管(塩ビ片)の強度は 480 kgf/cm^2 (20°C , 引張試験)である。電線路管が舗装の層中に配管されていることを考えると、その材質が代った場合でも今回認められたひずみ量と同程度のひずみが生ずるものと推測される。したがって、最大 90 μ程度のひずみで、 $E = 3 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ として 3 kgf/cm^2 程度の応力が管内に生じることになる。そしてこの程度の応力は、前述の強度との比較から判断して、塩化ビニール管にとって繰返し载荷による疲労問題も含め構造的に何ら問題を生じさせないと考えられる。

このように荷重による応力については、塩化ビニール管でも十分対応できると考えられる。今回検討がなされていないが、強度の他に長期間にわたる環境条件に対する耐久性を明らかにし、これが問題なければ、塩化ビニール管も、このような航空灯火の電線路管として適用していけ

る可能性は大きい。

5.2 アンカーコンクリート

各種の測定計器を設置したアンカーコンクリートは、L-1, L-2, L-5およびL-7である。ここでは、アンカーコンクリート中のひずみとアンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力・沈下量とを分けて、以下の節で考察する。

(1) アンカーコンクリート中の垂直および水平ひずみ
各々の灯火の直上における単輪載荷試験の結果を図-5.3に示す。各々の灯火のアンカーコンクリートは、その中央部、縁部とも、同程度のひずみを示している。アンカーコンクリートの垂直ひずみは最大 5 μ (圧縮) であり、まったく問題のない値である。また、水平ひずみは最大 10 μ 程度 (引張) であるが ($E = 3 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ として応力は 3 kgf/cm^2)、これはコンクリートの曲げ引張強度の 10 % 未満であると考えられるので、疲労特性も含め、構造的には何ら問題がないであろう。走行試験の結果(図-5.4)からも、特に疲労といった現象は認められない。

(2) アンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力と沈下量

灯火の直上における単輪載荷試験および脚載荷試験の結果(アンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力)を図-5.5に示す。

L-1, L-2およびL-7のアンカーコンクリート底

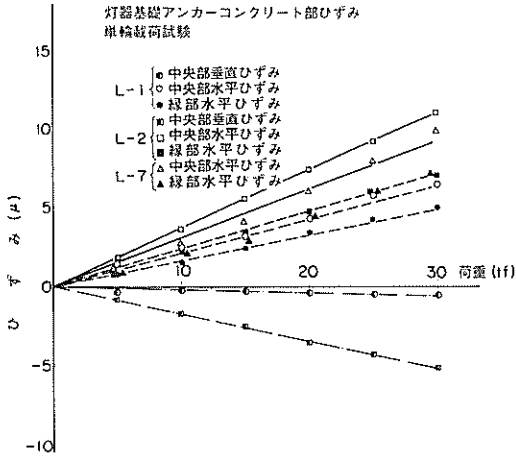


図-5.3 荷重～アンカーコンクリートひずみ(単輪載荷試験)

面下の地盤の最大垂直応力は、 $0.2 \sim 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。これらのアンカーコンクリート底面の位置は山砂石灰安定処理材層や下末吉ローム石灰安定処理土層であり、各々の層の構成材料の一軸圧縮強さが $3, 10 \text{ kgf/cm}^2$ であることを考慮すると、灯火の支持状態にはほとんど問題を生じないであろう。

また、L-5のアンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力はL-1、L-2の6～7倍となっており、最大垂直応力は 1 kgf/cm^2 程度であるとみなされる。しかし、

この場合のアンカーコンクリート底面はクラッシャーラン層に位置するため、その支持状態には問題はないであろう(L-1、L-2に比してL-5のアンカーコンクリート底面が舗装の上部に位置しているため、かなりの荷重分散効果を期待できる。)

このように、4種類の灯火の中でL-5のアンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力が最大であるのに対し、沈下量ではL-5が最小となっている(図-5.6)。垂直応力が最大を示す理由は、ベースボックスにキーリングが付いているため灯火に加わる荷重のかなりの部分を舗装に伝達するといえ、アンカーコンクリートの規模が極めて小さいことであり、沈下量が最小となっている理由としては、クラッシャーラン層と山砂石灰安定処理材層でかなり荷重による応力が分散されて路床には小さな応力しか伝播されないために、舗装の沈下量はかなり大きな部分を占める路床沈下量が小さくなっていることが指摘できよう。

L-2のアンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力、沈下量はともにL-1よりも小さくなっているが、これはベースボックスに付けたキーリングにより灯火に加わる荷重のかなりの部分が舗装に伝達された結果であろう。

アスファルト舗装に設置したL-7のアンカーコンクリート底面下の地盤の沈下量はコンクリート舗装に設置した灯火のそれの3倍程度となっている(約 2 mm)。しかしこれは、原型載荷槽内に製作した、このアスファルト舗装と同一の構造を有するアスファルト舗装に対して実施した載荷試験の結果から算出した、灯火のない場合の沈下

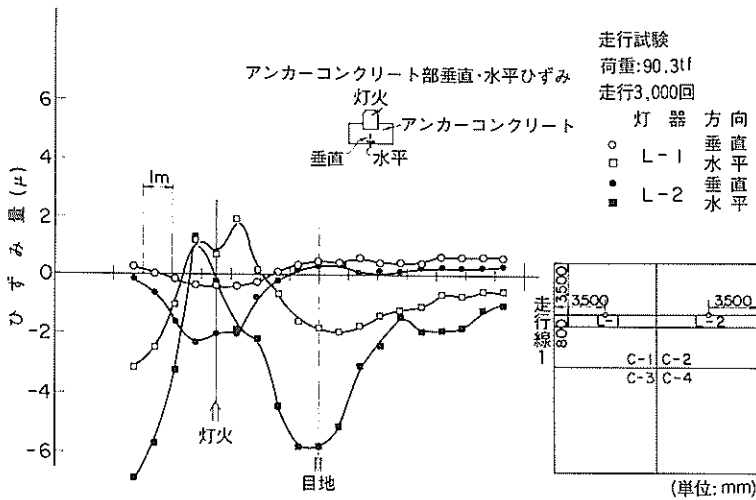


図-5.4 アンカーコンクリートひずみ(走行試験)

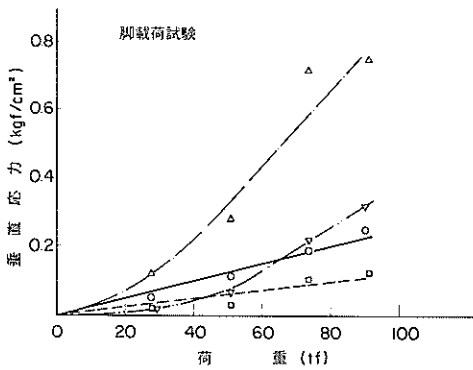
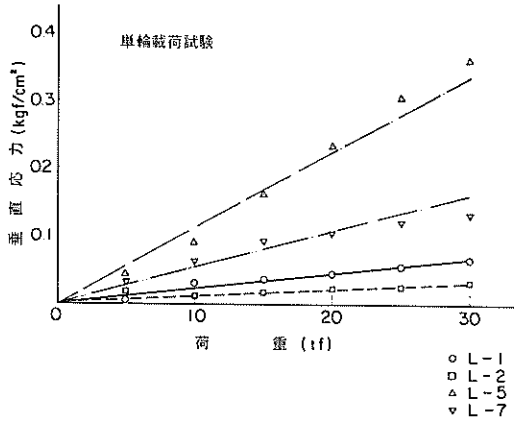


図-5.5 荷重～アンカーコンクリート支持面垂直応力

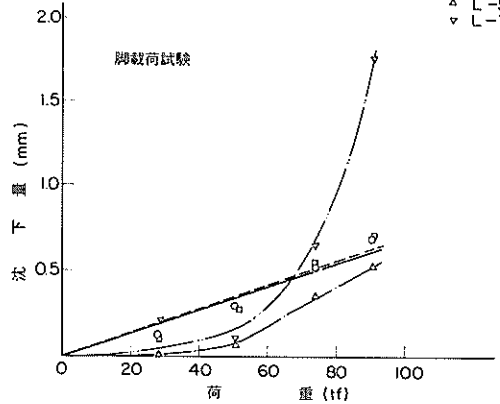
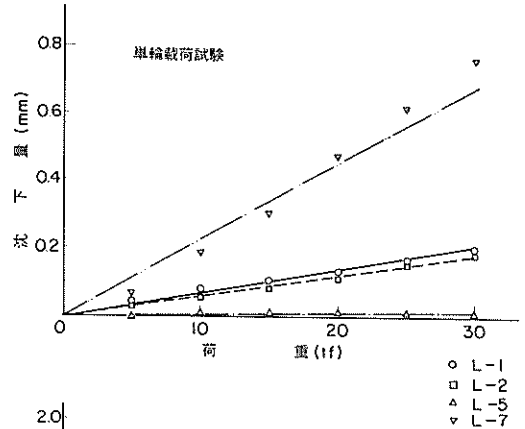


図-5.6 荷重～アンカーコンクリート支持面沈下量

量とはほぼ等しくなっていることから、L-7のアンカーコンクリートの規模が十分なものであると考えられる。

走行試験による累積塑性沈下量を図-5.7に示す。コンクリート舗装に設置した灯火は、その構造が異なるにもかかわらず、累積塑性沈下量の増加割合がほぼ同一であるが、L-7の場合はこれらに比してその増加割合が著しく大きい。L-7のアンカーコンクリート底面下の地盤の垂直応力が 0.3 kgf/cm^2 と非常に小さいにもかかわらず、累積塑性沈下量がこのように過大である理由は、舗装構造の違い（一般に、アスファルト舗装はコンクリート舗装よりも累積塑性沈下量が多い）、完全に灯器基礎だけで灯器を支持すること（後述のベースボックスのひずみ分布に顕著に認められる）などであると考えられる。累積塑性沈下量はこのように大きな値を示すが、これは、舗装全体としてみた場合、前述したように、特に問題とはならない。

上記の考察から、L-1とL-7のアンカーコンクリートの規模は、十分なものであるといえよう。また、ベースボックスにキーリングを付けた構造の灯火の場合に

は、L-5よりもL-2のアンカーコンクリートの規模が妥当なものであると考えられる。

5.3 ベースボックス

(1) 強度

ベースボックスに貼付型ひずみ計を設置してその挙動を調べた灯火は、L-1、L-2、L-4、L-5およびL-7である。

図-5.8、5.9に単輪荷重試験および走行試験の結果を示す。ベースボックスの径、キーリングの有無および灯火を設置した舗装の種別により、ベースボックスの軸方向ひずみ分布が異なっていることが認められる。

L-2、L-5のベースボックスのひずみ分布は、L-1のそれと非常に異なっている。これに対しては、キーリングが荷重のかなりの部分を舗装に伝達するためにキーリングより上方の部分が大きなひずみ量を示すものと考えられていたが、そのことが実証されたといえよう。

アスファルト舗装に設置されたL-7のベースボックスのひずみ量は、コンクリート舗装に設置されたものよ

りも数倍大きな値を示す。これは、L-7のベースボックスのひずみ分布が他の灯火のベースボックスのそれと異なっていることから認められるように、L-7のベースボックスに対する周囲の舗装の拘束の程度が小さいためであると考えられる。

L-4のベースボックスのひずみ分布が、灯火の設計方針の同一であるL-1のそれと若干異なり、L-7の場合に類似していることは、ベースボックスに対する周囲の舗装の拘束の程度が若干小さいことを示していると考えられる。

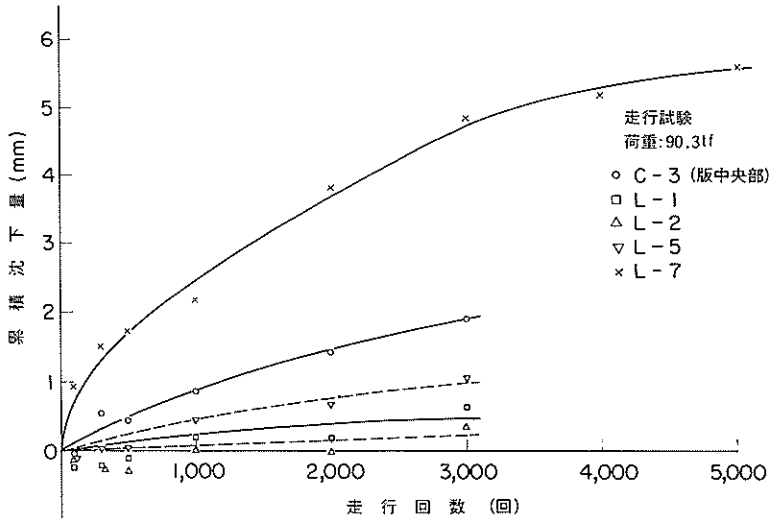


図-5.7 アンカーコンクリート支持面累積塑性沈下量

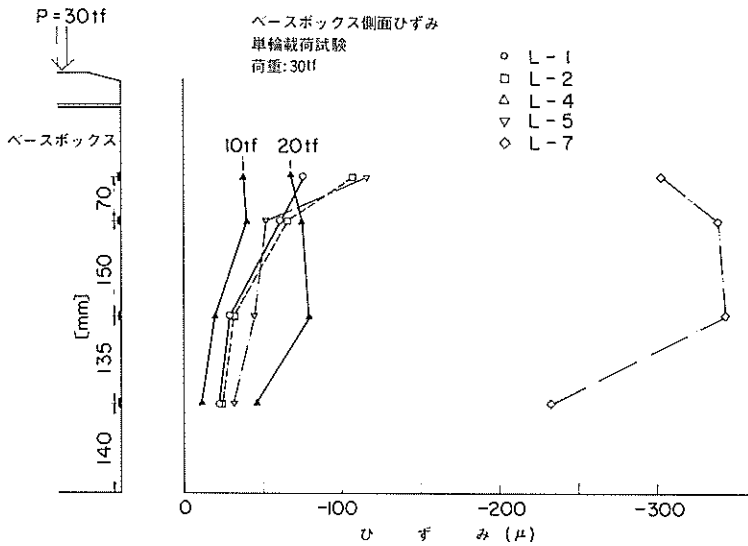


図-5.8 ベースボックス側面ひずみ分布(単輪載荷試験)

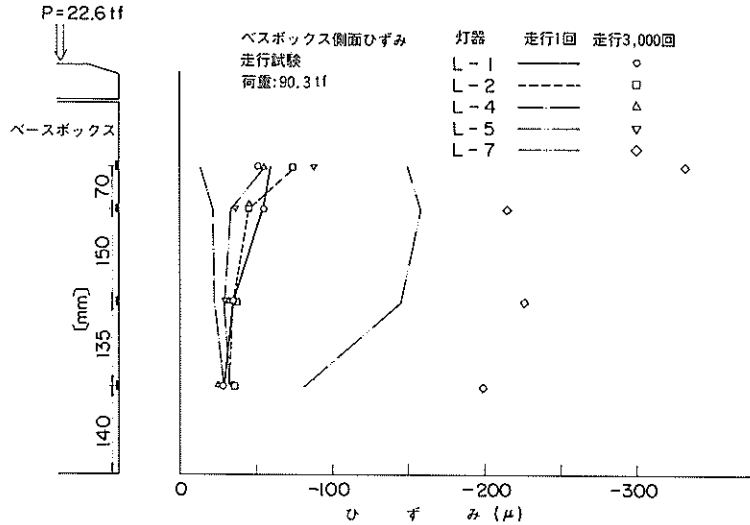


図-5.9 ベースボックス側面ひずみ分布(走行試験)

また、走行試験の結果からは、特に疲労による影響も認められないため、今回の試験舗装に用いた灯火のベースボックスは構造的に何ら問題のないものと考えられる。脚荷重 90.3 tf に対するベースボックスの最大ひずみは、コンクリート舗装に設置された灯火の場合で 100μ、アスファルト舗装では 300μ である。

(2) 防水性

ベースボックス上には間座を介して灯器がボルトで固定される。この場合、ベースボックスと間座、間座と間座、間座と灯器の間から水がベースボックス内へ浸入する恐れがある。ベースボックス内には深型ベースボックスの場合トランスが設置され、トランスは一応防水になっているものの、長期的にみた場合ベースボックス内の水は好ましいものではない。

そこでベースボックス内への水の浸入をなくす目的で、ベースボックスと間座、間座と間座、間座と灯器の間にシール材を塗布し、また灯器と舗装との隙間にもシール材を入れた。しかし設置後 2 箇月経過後に灯器を取り外して中を観察した結果は、ベースボックスの下部に 2~4 cm の滞水があり、このようなシール材では防水が不完全であることがわかった。

今回の試験での経験から判断すると、ベースボックスの構造等で水の浸入を防ぐことは極めてむずかしいと考えられるので、ベースボックス中へ入った水をいかに排水するかの検討が重要であろう。また、電氣的により耐水性の大きな機器の開発といった面の検討も必要と考え

られた。

5.4 灯器

原型走行荷重車による走行試験の結果から、灯器とその周辺舗装との相関について以下の事がわかった。

走行試験中における灯器の構造的不具合点は認められなかった。特に、コンクリート舗装内の灯器は安定が保持され、舗装への影響も発生していない。

アスファルト舗装内に設置された灯器(L-7, L-8)については、比較用として設置した従来の切込・接着方式による在来型灯器との特性上の差異はなく、初期性能は満足できるものであった。

周辺舗装との関連では、5000 回の走行試験結果から確認されたこととして、切込・接着方式による在来型灯器はいずれも、舗装面の変化(わだちぼれによる傾斜)に追従していて、舗装との段差は認められなかったが、配光ビームの傾斜が舗装面の傾斜と同一に変化していた。これに対して埋設・配管方式による新型灯器は、舗装のわだちぼれにより灯器と舗装との間に段差が認められたが、灯器配光ビームの変化はほとんど認められなかった。

6. 灯火の施工性評価

6.1 灯器基礎および電線路管

(1) 深型ベースボックスの場合

(a) 配管

クラッシャーラン層に配管溝を掘削し、電線路管を布

設する作業そのものは容易である。配管後クラッシャーラン層上にアスファルト層を舗設する場合の配管溝の埋め戻し材としては、施工しやすさの面からセメントモルタルが適当である。なお解体調査での観察でも、セメントモルタルにクラック等はみられず、この材料は良好である。

このようなクラッシャーラン層への配管で問題なのは、布設した電線路管の管端がアスファルト層の転圧により若干下がることである。

電線路管の布設は、ベースボックスのハブと同一方向、同一深さであることが望ましい。しかし施工上の各種誤差から、図-6.1のようなずれは、若干はどうしても避けられない。このずれを吸収し、鋼管部電線路管とベースボックスを容易に接続するためにフレキシブルパイプを入れる。

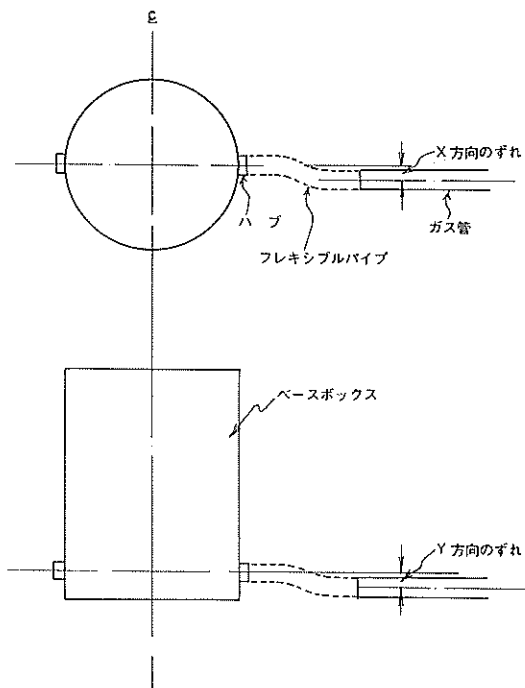


図-6.1 ベースボックスハブと電線路管のずれ

表-6.1は、試験施工での各灯火におけるずれの実測結果である。今回の試験施工では、昭和53年度に試作したベースボックスを使用したことなどから、このずれのうちの高低差は、当初の予想より大きいものとなった。通常は、X方向にみられた30mm程度を施工誤差と考

ておけばよからう。

一方今回使用したフレキシブルパイプの性能は表-6.2で、表-6.1をこの性能と比較してみると、X方向に対しては $L=500\text{mm}$ が、Y方向に対しては $L=600\text{mm}$ が必要になってくる。

表-6.1 ベースボックスハブと電線路管のずれ

灯火番号および方向	水平(X)方向のずれ	鉛直(Y)方向のずれ
L-1		
L-2方向	15	40
L-3方向	15	30
L-2		
L-1方向	10	30
L-3		
L-1方向		20
L-6方向		30
"		20
HH1方向		
L-4		
L-6方向	20	20
"	30	30
L-7方向	10	15
"	10	30
L-5		
HH2方向		40
L-6		
L-3方向	0	45
"	5	20
L-4方向	10	25
"	20	25
L-7		
L-4方向	15	45
"	0	40

(単位: mm)

前述したようにY方向については特殊な事情があったので、これを考慮すれば、先行配管での所要フレキシブルパイプ長は、 $L=500\text{mm}$ ということになる。

その他配管については、将来の電気回路の多重化を考慮し、ベースボックス間を管路1本のみで連絡するのではなく、2本平行布設も実施しその施工性もみた。今回の試験施工では、ベースボックスハブの間隔が100mmであったため、電線路管をベースボックスへ接続する箇所、ユニオンの締め付けそのほかで苦労があった。施工性だけからいえば、ハブの間隔は150mmは必要である。

(b) アンカーコンクリートの打設

アスファルト層舗設後、所定位置をカッターで切

表-6.2 フレキシブルパイプの仕様

平面寸法(L)	有効長(l)	最小曲率半径(R)	変位角(θ)	許容変位量 X軸	許容変位量 Y軸
300mm	240mm	810mm	7.1°	9.18mm	11.3mm
400mm	340mm	810mm	10.0°	13.23mm	24.3mm
500mm	440mm	810mm	13.0°	17.01mm	42.1mm
600mm	540mm	810mm	16.0°	20.79mm	63.2mm

(注) X軸とは、管長手方向(すなわち、伸び縮み量)
Y軸とは、X軸と直角方向(すなわち、縦、横、斜めの段違い量)

し、ブレーカーで掘削したが、十分な注意にもかかわらずブレーカーによりフレキシブルパイプに損傷を与えた。このような先行配管を採用する場合は、ブレーカーにより傷付けられやすいフレキシブルパイプを鉄板などで防護する必要があるだろう。

アンカーコンクリート中に補強鉄筋を配置する場合は、前述の配管および後述するベースボックスの据え付けとも関連し、補強鉄筋の形状および組み立ての方法に工夫を要する。今回の試験施工では、工場製作の補強鉄筋とフレキシブルパイプがぶつかり、一部を切断するといった事態になった。

アスファルト褥層まで舗設してからアンカーコンクリート部を切断・掘削し、補強鉄筋とベースボックスを据え付け、その後コンクリートを打設する方法は、上記のような問題が若干あるものの、全体的には周囲の層材料の十分な締固めも得られており良好なものといえよう。

なおアンカーコンクリートの大きさについて、施工上の配慮からだけでいえば、(a)に述べたようにフレキシブルパイプの長さを500mmにすると、図-6.2のような寸法が必要になってくる。この場合のアンカーコンクリートは、今回試験したアンカーコンクリートの約2倍のコンクリート容積となる。

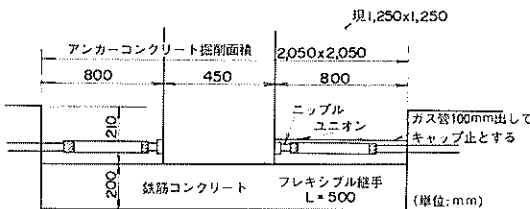


図-6.2 フレキシブルパイプ長を500mmとした場合のアンカーコンクリート寸法

アンカーコンクリートの構造上の検討結果も考慮する必要があるが、施工上からだけいえば、アンカーコンクリートを不必要に大きくしないためには、より可撓性の大きなフレキシブルパイプの開発か、アスファルト褥層施工後に管路もカッター切削し、ベースボックスと同時に配管する方法を採用することを考える必要があるだろう。

(c) ベースボックスの据え付け

今回試験した4つの据え付け方法のそれぞれの評価は次のようである。

① アンクル杭・アンクル支持台による方法

この方法は、今回試験した4つの方法の中では最も優れたものであった。

② 据え付け治具による方法

今回用いた治具は図-3.17のようで、試験使用した結果、ベースボックスの吊り下げ用ねじの有効長が不足していた、吊り下げ棒が1本のためベースボックスの所定の水平度を得ることが困難であった、吊り下げ棒がベースボックスのセンターにくるためベースボックスの光軸が見通せなかった、三脚による固定およびキャスターによる高さ調整がうまくいかなかった、等の不具合が多くみられ、現状のままでも実用にはならないことがわかった。

実際の工事での使用には、抜本的な改良が必要であろう。

③ 据え付け用チェアーによる方法

鉄筋を組み立てたチェアー上面は凹凸が多く、ベースボックスの設置時に、その安定が悪い。またアンカーコンクリート打設時に、ベースボックスが若干動く恐れもある。据え付け精度にもよるが、路盤へのチェアーの差し込みだけでは不十分であるようである。

④ 路盤面を修正して据え付ける方法

今回の試験施工では、クラッシャーラン層を修正してここに直接ベースボックスを据え付けたが、この段階までの作業、すなわちベースボックスを水平にするなどは

比較的容易である。しかしベースボックスと電線路管を接続したり、アンカーコンクリートを打設したりするときは、外力によりベースボックスが移動しやすいという欠点を持つことがわかった。

ベースボックス据え付けの施工性評価の1つの要因として、据え付け精度も重要である。図-6.3は光軸の精度で、表-6.3は水準の精度である。これらから次のよみな評価がなされる。

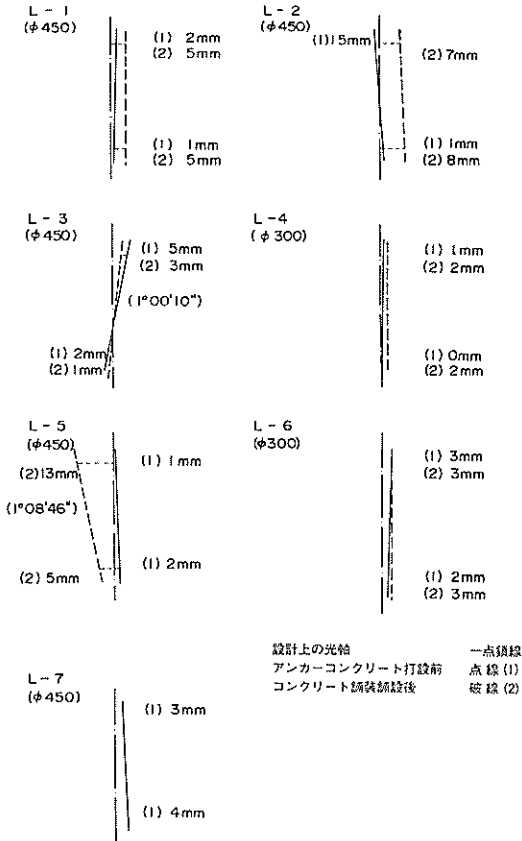


図-6.3 ベースボックスの据え付け精度（光軸）

① いずれの方法でも当初は、ほぼ同様な精度でベースボックスの据え付けがなされる。

② アンクル杭・アンクル支持台による方法の方が、据え付け後のベースボックスの移動が少ない。

③ チェア上に据え付ける方法や、路盤面を修正して直接据え付ける方法では、アンカーコンクリート打設時にベースボックスの移動がみられる。

表-6.3 ベースボックスの据え付け精度（水準）

灯火番号	計画高よりの高低差
L-1	+3
L-2	+1
L-3	+1
L-4	+3
L-5	+9
L-6	+2
L-7	-1

(単位：mm)

④ ベースボックスの設置高さは、計画高さに対してすべて10mm以内に収まっている。このような中で、路盤面を修正し直接据え付ける方法の場合が、他の方法に比べて若干大きい差がでている。

⑤ ベースボックスの寸法の違いによる精度の差はないようである。

以上の結果を総合すると、ベースボックスの据え付け方法としては、アンクル杭・アンクル支持台に溶接固定するのが最も実用的であるとの結論になる。

(2) 浅型ベースボックスの場合

(a) 配管

アスファルト舗装に適用が考えられる浅型ベースボックスの場合は、一般に基層中へ配管される。今回の試験施工では、アスファルト安定処理材層施工後その層上に行き配管を実施した。基層施工時の移動を避けるため、管路を押えバンドで固定した。

このような配管では、1層目の基層の施工時に、管路上にリフレクションクラックが発生したが、その他には問題もなく、良好な施工性であった。

(b) ベースボックスの据え付け

浅型ベースボックスの場合は、ベースボックスの据え付けと配管が同時なので、深型ベースボックスの場合に問題となった電線路管とベースボックスの接続時にベースボックスが移動しやすいといったことはない。

プラスチックセメントで固定されたベースボックスが、上層の基層や表層の施工時に何らかの移動があるかどうかについて確認したところ、ほとんど移動がなく、今回試験施工したような方法で実際の工事も実施可能と考えられた。

ただ、上層の施工に際してベースボックスのフランジ上面を保護し、しかも水密を保つために用いるマッドプレートと盲合板蓋が、舗設層中に食い込み、それらの取り外しに苦労した。材質・形状等に工夫を要する。

6.2 灯器の設置

(1) 間座の製作と据え付け

間座製作のための採寸に先立ち、マッドプレートおよび盲合板蓋の取り外しを行う際、今回の試験施工では盲合板蓋の周囲にコンクリートが食い込み、取り外しに苦労があった。ダムリングをフランジ面まで深く入れるなどの工夫が必要である。

間座の寸法を決めるためのベースボックスフランジ面と舗装面との間隔は図-3.13 のようで、この測定結果を忠実に反映させ灯器の水平度を正確にだすには、テーパー付きの間座が必要になる。しかし昭和53年度の調査研究結果¹⁾の $\pm 0.5^\circ$ の許容値を考慮すれば、今回の試験施工での結果はすべてこの許容値内に入っている。今回の試験施工程度にベースボックスの水平度をだせば、テーパー付き間座は不要であり、 $\pm 0.5^\circ$ の許容値が施工上からも妥当といえるようである。

埋込型灯器は、航空機に及ぼす影響を考え、舗装面よりの突出高を大型灯器で30mm以下、小型灯器で13mm以下と規定している。したがってベースボックス設置では、灯器がこの規定以上に高くないように灯器とベースボックスフランジ面との間に高さ調整代を取っている。

この高さ調整代としてF.A.A.では3/4" (19mm)を採用しているが、わが国で舗装工事の出来形管理そのほかを考慮した場合、この値で妥当かどうかの検討が必要である。

コンクリート舗装の場合の路盤の基準高さの規格値は ± 15 mmで、またコンクリート版厚は-5mmまで許容される。

灯器が規定以上に舗装面より突出する恐れは、路盤が低く仕上り、コンクリート版が薄く、しかも十分な調整代がない場合であるので、上記15mmと5mmを加えた20mmは調整代として最低限必要ということになる。またベースボックスの側からは、これが所定の高さより高く仕上がっている場合、調整ができなくなる可能性もある。今回の試験施工の実績(表-6.3)から判断すると、L-5を除いてすべて+5mm以内である。この5mmも調整代として考慮すると、先の20mmにこの値を加えた25mmが調整代となる。

しかしここで考えてきた条件はすべて高さ調整にとって最も厳しいものばかりで、今までの経験から判断して実際の施工でこのようなケースはまず起り得ない。高さ調整代をあまり大きく取っておくと、施工誤差が逆方向にいった場合、極めて厚い間座が必要となり不経済であると同時に、結合用ボルトが長くなり構造上の問題がで

る恐れが大きくなる。米国での実績なども考えると、20mmの調整代が妥当性のある値といえよう。

アスファルト舗装の場合も規格値はほぼ同様なので、コンクリート舗装の場合と同じ調整代を用いておいてよいであろう。

また、灯器の設置自体には特に問題はなかった。

6.3 施工管理

電線路管の位置、ベースボックスの位置・方位・高さ・水平度、灯器の方位・高さ・水平度が規定どおり求まるように測量を行う。

最終的に取り付けられる灯器は、高さと水平度は間座で、光軸方位はボルトの長孔で、ある程度修正できる。しかし位置は修正がまったくできない。特に、光軸方位からの離れには細心の注意が必要である。

要求される灯器の設置精度にもよるが、今回試験施工した経験から判断すると、灯火に対して舗装工事とは別の測量が必要であるようである。要求される設置精度の確保が可能な測量手法はもちろんのこと、施工工程との関連で専門の測量班も必要かもしれない。

舗装内に設置された灯器が十分な性能を発揮するためには、灯器が据えられるベースボックスが、所定の規格以内に設置されていなくてはならない。

航空機に対する灯器の設置精度と灯器設置時に修正できる許容差を考慮し、また今回の試験施工での経験と実績から、ベースボックスの設置に際し許される誤差としては表-6.4のような値が考えられる。

表-6.4 ベースボックスの設置に許容される誤差(案)

項目	許容誤差
灯火間隔	± 10 cm
通りのずれ	25mm
水平度	$\pm 0.5^\circ$
水準	± 20 mm
光軸方位	$\pm 1^\circ$

7. ま と め

今回実施した埋設・配管方式による航空灯火の現場実用試験の結果明らかになったことを、2節に分けて以下で述べる。

7.1 灯火が舗装へ及ぼす影響

(1) 舗装の構造へ及ぼす影響

埋設・配管方式による航空灯火の設置が舗装の構造へ及ぼす影響については、以下のとおりである。

(a) コンクリート舗装の場合

① ベースボックスにキーリングを付けた場合は、付けない場合に比して、その灯火に加えられた荷重をコンクリート版によく伝達する。しかも、このキーリングがコンクリート版の構造等へ悪影響を及ぼすようなことはない。

② 灯火を設置する位置による灯火が舗装構造へ及ぼす影響の差は、ほとんど認められない。ただし、L-6のように目地部に設置された場合は、そのベースボックスの周囲への雨水の浸入や、アンカーコンクリートに目地に沿ってのクラックが入るなど、不都合な点があったので、できれば目地部への設置は避ける方が望ましいかもしれない。

③ ベースボックスの相違（キーリング、直径）や灯火の設置位置の相違などにかかわらず、灯火の設置により、舗装の構造上不利となることは特に認められなかった。

(b) アスファルト舗装の場合

① 深型ベースボックス方式による灯火（L-7）、浅型ベースボックス方式による灯火（L-8）共、灯器周辺の舗装が局部的な沈下を呈していること以外には、舗装へ及ぼす影響は認められなかった。なおこの沈下も、従来の切込・接着方式による灯器の場合に比べて特に著しいものではない。

(2) 舗装の施工性へ及ぼす影響

これらの航空灯火の設置が、舗装の施工性へ及ぼす影響については、以下のようにまとめることができる。

(a) コンクリート舗装の場合

① 灯火の設置は、路盤までの施工に関してはほとんど問題がなく、コンクリート版の製作時にその影響があった。

② コンクリート版打設のための型枠の設置に際して、目地部に設置される灯火のベースボックスの高さ、補強鉄筋の形状などがレールの取り付けに差しつかえないように配慮すべきである。さらにコンクリートの荷卸しに際しては、ダンプトラックの進入が灯火によってかなり制約された。

③ 灯火廻りのコンクリートの敷き均し、および締固めは、ベースボックスの破損を避けるために人力により実施せざるを得なかった。しかし、コンクリートの締固め度は、注意深い施工がなされれば特に問題となることはないと考えられる。

④ 灯火廻りの表面仕上げは、手作業によらなければ

ならない。また、ゴムリングの抜き取りの作業性が問題となったが、その対策として、その抜き取り時期を誤らないこと、十分なはく離剤を塗ること等が挙げられる。

(b) アスファルト舗装の場合

① コンクリート舗装の場合と同様に、配管以前の舗装の施工性には灯火の及ぼす影響はない。

② 深型ベースボックス（L-7）は、3段積形式であるが、その継ぎ足し部のフランジ外径とベースボックス外径の寸法が異なるため周囲に空隙ができ、この部分を埋め戻す必要があったので、このような空隙ができないようベースボックスを改良すべきである。

③ 浅型ベースボックスの場合、ベースボックスの据え付けと配管の工程は、アスファルト安定処理材層施工後に入ってくるので、深型ベースボックスの場合に比べ作業性は良好であり、舗装工事の施工性に与える影響は小さい。

7.2 灯火の評価

今回実施した試験の結果から、灯火自体については、以下のようにまとめることができる。

(1) 灯火の構造評価

① 灯火に加えられた荷重により電線路管に生ずる応力状態は、それが設置された舗装により異なり、アスファルト舗装では曲げを受けるのに対して、コンクリート舗装では単純引張りである。またコンクリート舗装の目地部の電線路管には、コンクリート版中央部に比して大きな応力が生ずるが、今回用いた配管用炭素鋼管にとって構造的に問題となるものではなく、塩化ビニール管を電線路管として使用する場合にも問題となるような応力ではない。

② アンカーコンクリートの荷重に対する安全性や、アンカーコンクリートを支持する舗装の安全性にはほとんど問題はない。アンカーコンクリートの規模としては、L-1とL-7のそれは妥当なものであり、ベースボックスにキーリングを付けた場合にはL-2程度が妥当であると考えられる。

③ ベースボックスに付けたキーリングの効果は、ベースボックスのひずみ分布において明らかに認められる。また、灯火に対する周囲の舗装の拘束の程度が灯火を設置した舗装により異なることがわかった。さらに、このベースボックス自体の安全性は、疲労問題も含め、十分なものであると考えられる。

④ ベースボックスへの雨水の浸入が認められたので、防水構造を再検討するか、ベースボックスからの排水システムを考慮すべきである。

⑥ 間座を3段程度重ねたり、またテーバー付きの間座を使用しても、それらが極端にならなければ、構造上何ら問題にならない。

⑥ 航空機荷重の繰返し走行により、切込・接着方法による在来灯火では、配光ビームの傾きが舗装面の傾斜と同一に変化しているのに対し、埋設・配管方式による灯火では、配光ビームの変化はほとんどなく、埋設・配管方式による灯火構造が安定性の大きなものであることがわかった。

(2) 灯火の施工性評価

(a) 灯器基礎および電線路管

① 深型ベースボックスの場合で、配管をベースボックスの据え付けに先立って行う先行配管の場合には、次のような方法が望ましいと考えられる。

電線路管とベースボックスを容易に接続するためのフレキシブルパイプの所要長さは、500 mm程度である。また、アンカーコンクリートを打設するための路盤の掘削作業時に、ブレーカーでフレキシブルパイプに損傷を与えるという事態になりやすいので、それを鉄板で保護するなどの対策が必要である。ベースボックスの据え付け方法としては、アングル杭・アングル支持台による方法が最良である。

② 配管、ベースボックスの据え付け等の施工上からは、コンクリート舗装の場合、クラッシャーラン層への先行配管より、アスファルト層の製作完了後ここで配管溝とアンカーコンクリート部を掘削し、配管とベースボックス据え付けを同時に行う同時配管の方が望ましいと考えられる。また、この方式でも舗装構造に大きな影響はないと考えられる。

③ 浅型ベースボックスの場合は、配管とベースボックスの据え付けを同時に行うので、その配管、ベースボックスの据え付けとも、その施工性は良好であった。

(b) 灯器の設置

① 灯器とベースボックスフランジ面との間の高さ調整代としては、20mmが妥当であると考えられる。また、灯器の取り付け自体の作業には、特に問題となる点は見られなかった。

(c) 施工管理

① 今回の試験施工の経験から、灯器を設置するために舗装工事とは別の測量班が必要であると考えられる。

② 灯火の施工における管理基準としては、表-6.4が使えると考えられる。

8. あとがき

埋込型航空灯火について2箇年にわたり現場実用試験を実施した結果、埋設・配管方式による航空灯火は、安定性・耐久性が大きく、従来の切込・接着方式による航空灯火より信頼性が大きいことが証明され、一部改善を加えれば実用性も大きいと考えられた。社会生活の中で大きな位置を占めるようになり、一層の信頼性を要求される航空輸送にとって、この新しい航空灯火は、今後の適用をとおして大いなる意義を持つものとなろう。

ただ今回の試験は、非常に限定された条件下でのものであるため、すべての面で答えが得られたわけではなく、今後の追加検討が望まれる面もある。特に、灯火の、大型航空機の高速走行荷重や衝撃荷重に対する安全性等の評価、および広大な舗装中での挙動とその影響等である。

しかし、このようないくつかの残された課題があるにもかかわらず、基本的には、埋設・配管方式による航空灯火の適用性は極めて大きいと考えられることから、今後は、本資料の成果に基づき、早急に実際の空港での適用を図り、残された課題の解明ならびにこの方式による航空灯火の実用性を高めていくことが切に望まれるものである。

なお本資料は、照明学会の委員会で作られた航空灯火の調査研究の成果を受け、昭和54、55年度に新東京国際空港公団が港湾技術研究所に委託した、「埋設・配管方式による航空灯火の現場実用試験」の成果の一部を取りまとめたものである。これらの成果は、広く一般にも利用可能と考えられたので、本資料として公開するものである。

(1981年6月30日受付)

謝 辞

本研究の機会を与えていただいた新東京国際空港公団の関係各位に厚く御礼申し上げます。

また、試験遂行に際し御教示いただいた、照明学会航空灯火試験計画作成委員会の西沢委員長はじめ委員各位に深く感謝申し上げます。

最後に、試験舗装の製作ならびに載荷試験に従事し、終始熱意を持って事に当たられた日本舗道(株)、東芝電材(株)、小糸工業(株)の関係各位に心から感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 照明学会航空灯火調査研究委員会：航空灯火調査研究報告書（新しい ICAO の要求に対応する標識灯および埋込方式），昭和 54 年 3 月，181 pp.
- 2) 運輸省航空局：ICA O 第 8 回航空会議報告書，1949 年，135 pp.
- 3) 照明学会航空灯火調査研究委員会欧米航空灯火調査団：欧米航空灯火調査報告書，昭和 54 年 3 月，75 pp.
- 4) 照明学会航空灯火試験計画作成委員会：航空灯火調査研究報告書（航空灯火現場実用試験に係る試験計画），昭和 55 年 1 月，67 pp.
- 5) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，昭和 52 年 3 月，105 pp.
- 6) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領，昭和 51 年 3 月，90 pp.
- 7) 例えば，福手 勤：空港コンクリート舗装厚設計への電算プログラムの応用，港湾技研資料，No. 262，1977 年 6 月，20 pp.

港湾技研資料 No.395

1981・9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日青工業株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.