

車両荷重による合成樹脂地下埋設管の変形特性

Deformation behavior of buried synthetic resin pipes under vehicle loads

鳥野清*, 荒巻真二**, 吉川丈次***, 成瀬久和****

Kiyoshi Uno, Shinji Aramaki, Jyouji Yoshikawa, Hisakazu Naruse

*工博 九州共立大学工学部教授 (〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8)

**工修 九州共立大学工学部助手 (〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8)

*** 九州地方整備局鹿児島国道工事事務所交通対策課 (〒940-0005 鹿児島県鹿児島市下伊敷 1-52-2)

**** (有) シビルテクノ (〒813-0035 福岡県東区松崎 4-14-4)

A synthetic resin pipe has been more superior in economy than a hume pipe and a steel pipe for cheap. But we suppose that a quantity of displacement by vehicle load is big because the stiffness of the pipe is small. We laid five kinds of synthetic resin pipes, which let shape and materials of the pipe were devised and stiffness increase, under the road. We make a confirmation examination in deformation behavior having burdened vehicle load to these pipes. As a result we identified that the quantity of maximum displacement of examination satisfied the permission displacement.

Key Words: buried pipes, synthetic resins pipe, vehicle load, displacement, strain

キーワード: 埋設管, 合成樹脂管, 車両荷重, 変位, ひずみ

1. はじめに

高度情報化社会の発展とともに、光ファイバーネットワークの形成をはじめとした情報通信インフラの整備が、全国的に推進されようとしている¹⁾。こうした状況において、道路、河川の管理情報用光ファイバーケーブルは都市中心部や都市間の主要幹線道路の地下に敷設が進められている。情報BOX管は、各種の情報源を伝送するための光ファイバーケーブルを敷設するに際して、その施工性、保護、メンテナンスを容易にするための管路である。この管は光ファイバーケーブルを区分通線するための「内管」と、内管を保護するための「外管」とで構成され、内管と外管の間には将来の増設、または敷設替えに対応できる空間部がある。情報BOX管に求められる機能としては、道路地下に敷設されるため道路線形に無理なく追従できることや道路地下にはガス、水道、下水道等の多種多様な管材が既に敷設されているため占有スペースを極力小さくすることが望まれる。また、敷設にあたっては、交通量が多い市街地近郊では夜間工事の必要性があるため、その作業時間に制約があるので作業性に優れていることが必要である。その他、ケーブルの敷設、撤去に支障にならないような通過性、埋設後の車両や埋土等の重量、土圧に対する十分な強度、耐震性²⁾、耐久性等に優れていることなどがあげられる³⁾。

情報BOX外管に塩化ビニルやポリエチレン樹脂等を材

料とする管を用いた場合、ヒューム管や鋼管と比較して、軽量で安価であることから作業性、経済性に優れているが、その反面、剛性が小さいため、車両荷重、土圧等の外力による変形が大きいことが考えられる。

本研究は道路路面下に埋設された塩化ビニルやポリエチレン樹脂等を材料とした情報BOX外管の変形性能を確認するため試験を行ったものである。一般に、地下埋設管の許容変形量は直径の5%未満と定められているが、現場試験での変形量の実測は不動点が取れない理由から直接測定することは困難である。そこで、室内試験として、現場試験とほぼ同じ条件の地盤を砂箱内に製作して、情報BOX外管を埋設し、載荷試験によりひずみと変位の関係を求めた。次に、これから得られた校正係数を用いて現場で実測した車両走行時の管ひずみから変形性能を推定することにした。

2. 供試体の特徴

一般に、情報BOX外管の肉厚を厚くすれば剛性が強くなるが、管重量も大きくなり、材料コストの面から経済性が失われてしまう。この理由から、管表面の形状や管材料にそれぞれ工夫を凝らして剛性増加を図っている。

以下に室内・現場試験に用いた各情報BOX外管の特徴(表-1)を示す。なお、管の外径は全て直径300mmである。

表-1 供試体の特徴

タイプ	形 状	
	断面	側 面
A		
B		
C		
D		
E		

Aタイプ:管外面は鋼板とポリエチレン樹脂を用いた複合波リブ構造となっており、管内面は滑らかである。

Bタイプ:材質は塩化ビニルを用いており、管の剛性を保つために管外周面にリブを設けた。また、Aタイプと違って、環状リブ構造になっている。

Cタイプ:材質は強化プラスチック用液状不飽和ポリエステル、ガラス繊維や、ごみ、泥、有機物を含まない適度な粒度を持つ骨材、ゴムなどを用いており、管外周面は滑らかである。

Dタイプ:ポリエチレン樹脂を用いていて、3層構造になっている。管の内外周面は滑らかである。

Eタイプ:ポリエチレン樹脂を用いており、三重壁構造になっている。管外周面はフラットタイプの波形状になっている。

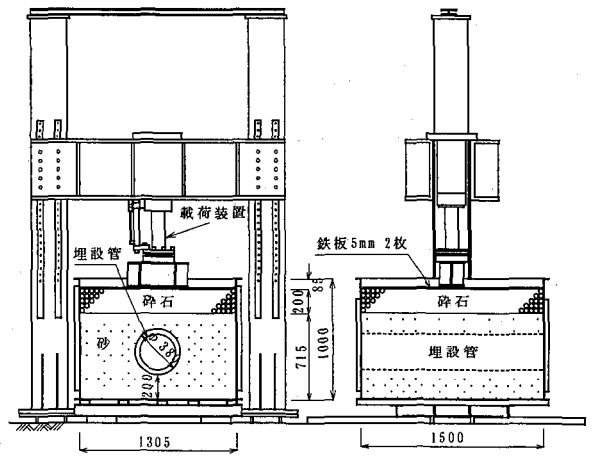
3. 室内試験

(1) 室内試験

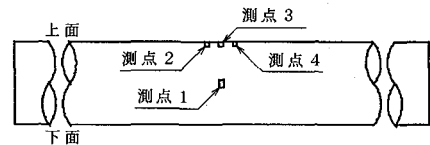
図-1に示す最大荷重294.0kNの載荷装置に、縦1.50m、横1.31m高さ1.00mの鉄製の砂箱を設置した。この砂箱の前面中央には底面からの高さ0.490mの位置を径の中心とする直径0.380mの穴を開けた。この穴は情報BOX外管の出し入れと変位計設置用のために設けたものである。砂箱の高さは現場試験とほぼ同じ土かぶりを確保できる深さとし、横の寸法は載荷板を通して作用する載荷荷重が地盤表面から45°の角度で伝達するものとして、砂箱側面の影響を受けないよう決定した。

地盤作成と埋設管の設置手順は次の通りである。

- 砂箱底面から0.200mの高さまで、砂（比重2.55、吸水率1.42%、粗粒率2.56%）を入れ、水を散布しながら人力によって締固める。
- 情報BOX管を穴の中央位置になるように設置し、底面から高さ0.715mまで砂を締固めながら入れる。



(1) 試験装置



(2) ひずみゲージ貼付け位置

図-1 室内試験概要図

穴と管の隙間はゴム粘土で塞ぐ。

- 砂の上面にビニールシートを敷き、その上に高さ0.200mまでJIS 2005の砕石を入れ締固める。
- 砕石上に幅1.280m、長さ1.460m、厚さ5mmの鉄板2枚を敷き、この鉄板中央部に幅0.200m、長さ0.500m、厚さ15mmの載荷板を設置する。次に補強した200×200×10mmのH形鋼を設置し、この上から載荷装置によって鉛直荷重を載荷する。

予備試験において、砕石上に直接載荷板を設置し荷重をかけたところ、荷重が大きくなるにつれて載荷板が徐々に沈下し、荷重作用領域が局所的になった。現場の路面下に埋設された情報BOX外管は、砕石上に舗装されたアスファルトを通して車両荷重を受けていることから、これとほぼ同じ条件にするため厚さ5mmの鉄板を2枚設置することにした。

図-1に示すように各タイプの管外表面中央部の天端に3ヶ所、側面に1ヶ所ひずみゲージを貼付した。ひずみの測定方向は全て管円周方向とした。次に、砂箱の外に固定した鋼材を穴から管の中央位置まで入れ、この鋼材を不動点としてひずみ式変位計（最大変位25mm、感度500μ/mm）を設置した。変位計で管内中央部の上面と下面の変位を実測し、これらの変位から管の相対変位を算出した。

測定方法としては、載荷荷重を4.9kN刻みに増加させ、この時の荷重、管中央部のひずみと変位を測定した。載荷方法は、荷重49.0kNまで載荷後、4.9kNまで除荷したものを1サイクル、次に98.0kNまで載荷後、除荷したものを2サイクル、最後に許容変位量の1/2倍程度となる管の変位が6~7mmになるまで載荷後、除荷したものを3サイク

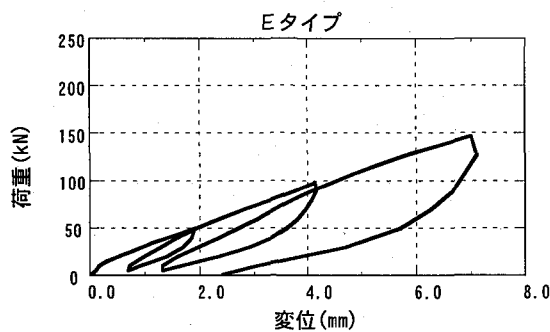
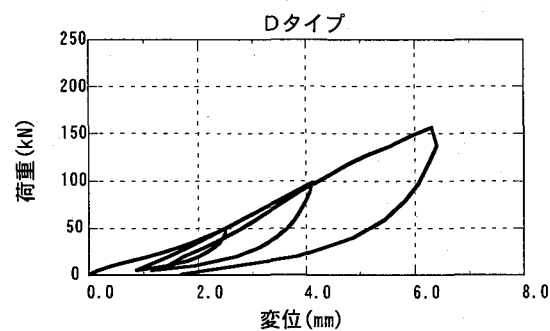
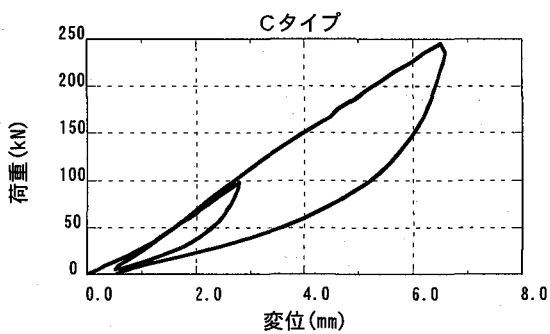
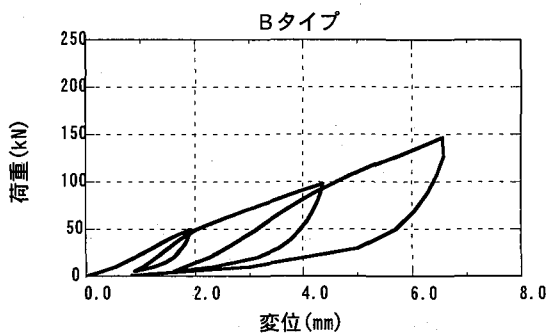
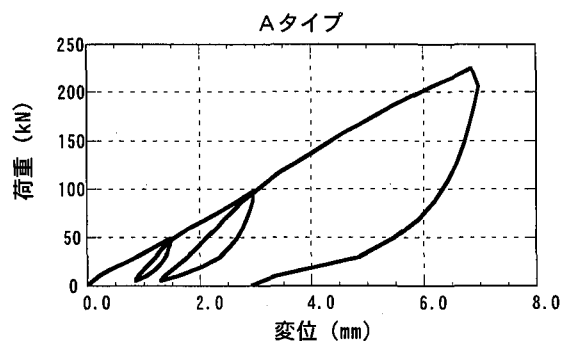


図-2 荷重-変位曲線

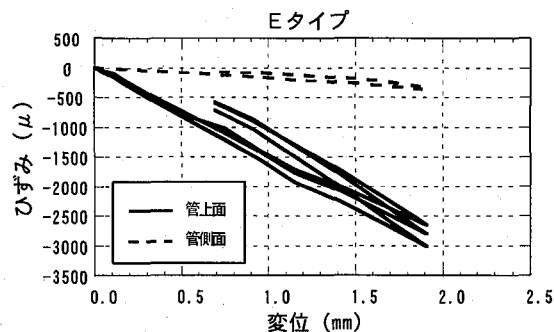
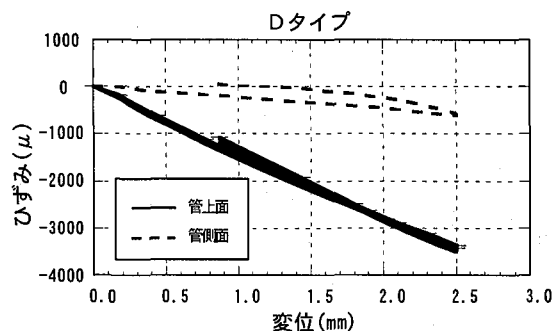
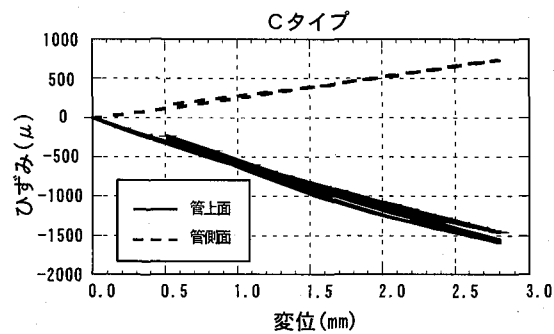
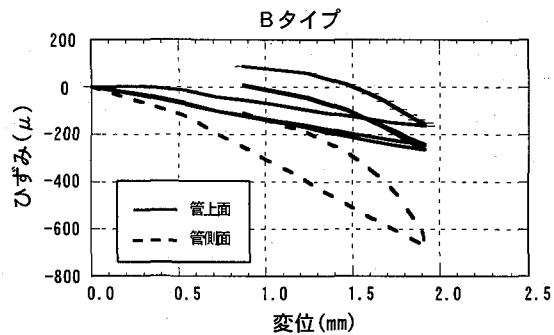
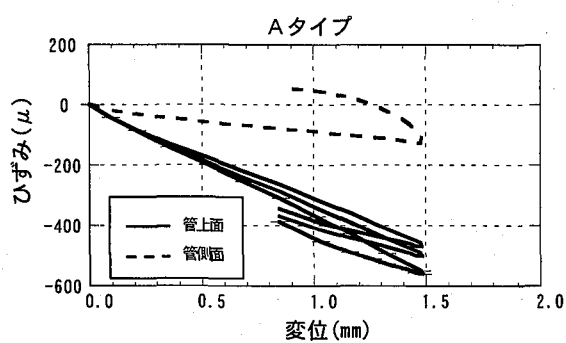


図-3 ひずみ-変位曲線 (1サイクル目)

ルとした。これらの試験を各情報 BOX 外管に対して2回ずつ実施した。

(1) 試験結果

図-2は各タイプの情報 BOX 外管の荷重-変位曲線を示したものである。図において各タイプとも荷重-変位曲線の勾配(ばね係数)は最大変位までほぼ直線になっている。また、ばね定数の大きさからA、Cタイプが他のタイプに比べて剛性が高いことが判る。通常196.0kNトラックの後輪荷重は137.2~147.0kNと考えられていることから、後輪荷重の片側だけでは68.9~78.4kNとなる。したがって、本試験での最大荷重はほぼ通常の2倍の過積載車が通過したときに相当する。

図-3は1サイクル目の管のひずみと変位の関係を示したものである。現場試験における車両荷重による管のひずみが非常に小さかったこともあり、第1サイクル目のひずみと変位から校正係数を求めることにした。図-3縦軸のひずみの値が各タイプでかなり異なっているが、管形状が違っていることから、この値で管全体の剛性を評価することはできない。図よりC、Dタイプにおける管上面の3個のひずみは載荷時および除荷時とも同じ経路をたどり、線形性が強い。一方、Bタイプは除荷時における非線形性が強く、A、Eタイプはこの中間となっている。

次に、管外周面が滑らかな形状のCタイプでは上面ひずみが圧縮、側面ひずみが引張となっている。それに対して、周面もしくは管内が波状リブ構造、波付形状となっているA、D、Eタイプでは上面ひずみ、側面ひずみともに圧縮となり、側面ひずみは上面ひずみに比べて小さい値となっている。また、環状リブ構造となっているBタイプでは上面ひずみ、側面ひずみともに圧縮ではあるが、側面ひずみは上面ひずみに比べて大きい値となっている。このように管の構造、形状によって、ひずみの特性に違いがみられる。

表-2に現場試験で実測されたひずみから変位を計算するための校正係数を第1サイクルの最大荷重とその時の管上面ひずみから算出したものである。

表-2 1サイクル目の最大値と校正係数

タイプ	荷重 (kN)	変位 (mm)	ひずみ (μ)	校正係数 (mm/ μ)
A	49.0	1.48	560	0.00264
B	49.0	1.92	264	0.00727
C	102.9	2.87	1585	0.00181
D	49.0	2.51	3444	0.00073
E	49.0	1.91	3012	0.00063

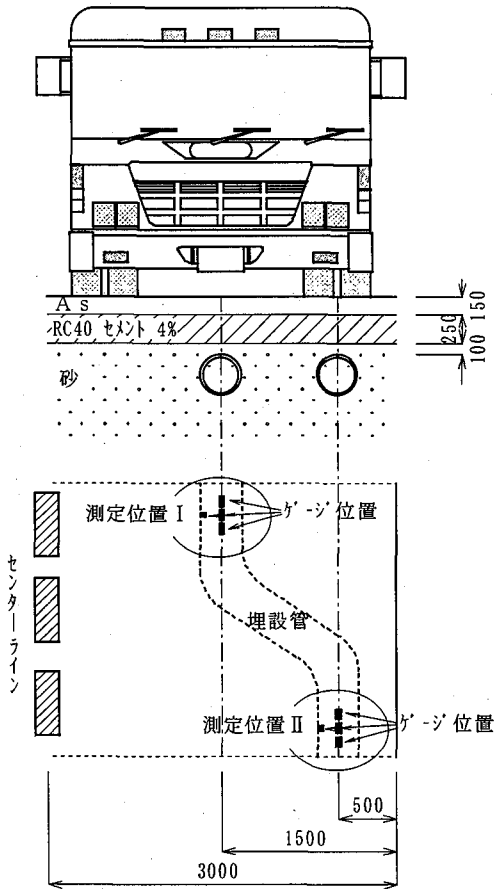


図-4 現場試験概要

4. 現場試験

(1) 試験概要

現場試験はアスファルト舗装された片側一車線の国道3号線で実施した。図-4に示すように、管底面が路面から深さ約0.800mの位置になるように5種類の情報BOX外管を埋設した。この埋設深度は車両荷重の影響が出やすいように実際に施工されている埋設深度の約1/2程度とした。また、埋設位置は、車線中央位置になるよう埋設すると共に、さらに通常走行している車の車輪の真下に管がくるように管路を変えて設置した。これは通常、情報BOX外管が埋設される車線中央部における管の変形特性を求めるだけでなく、車の輪荷重が直接管上面に作用した場合の特性も検証するためである。A、E、Bタイプは上り車

線、C、Dは下り車線に埋設した。ひずみゲージは室内試験で貼り付けた位置と同じで、外管外面の上面3カ所、側面1カ所とした。また、ひずみの測定方向も室内試験同様全て管円周方向とした。データの測定方法としては連続データの波形の最大・最小値を極大値極小値解析ソフトでピックアップし、頻度計を用いて収録した。収録した毎日のひずみデータの最大値、最小値、平均値を約40日に渡って測定し、室内試験の校正係数と現場試験の最大ひずみから、現場に埋設した情報BOX外管の最大変位を推定した。

(2) 試験結果

図-5は通常走行しているトラックが埋設管上を通過したときの測定位置IIにおける各管のひずみ時刻歴であ

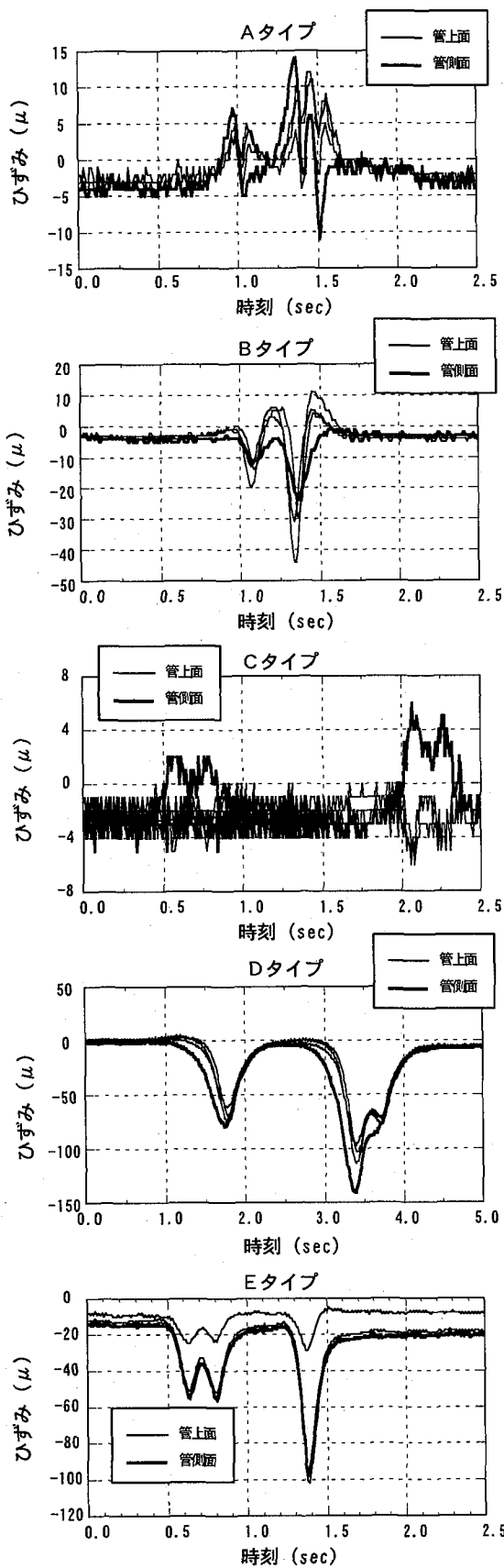


図-5 車両荷重による管ひずみ

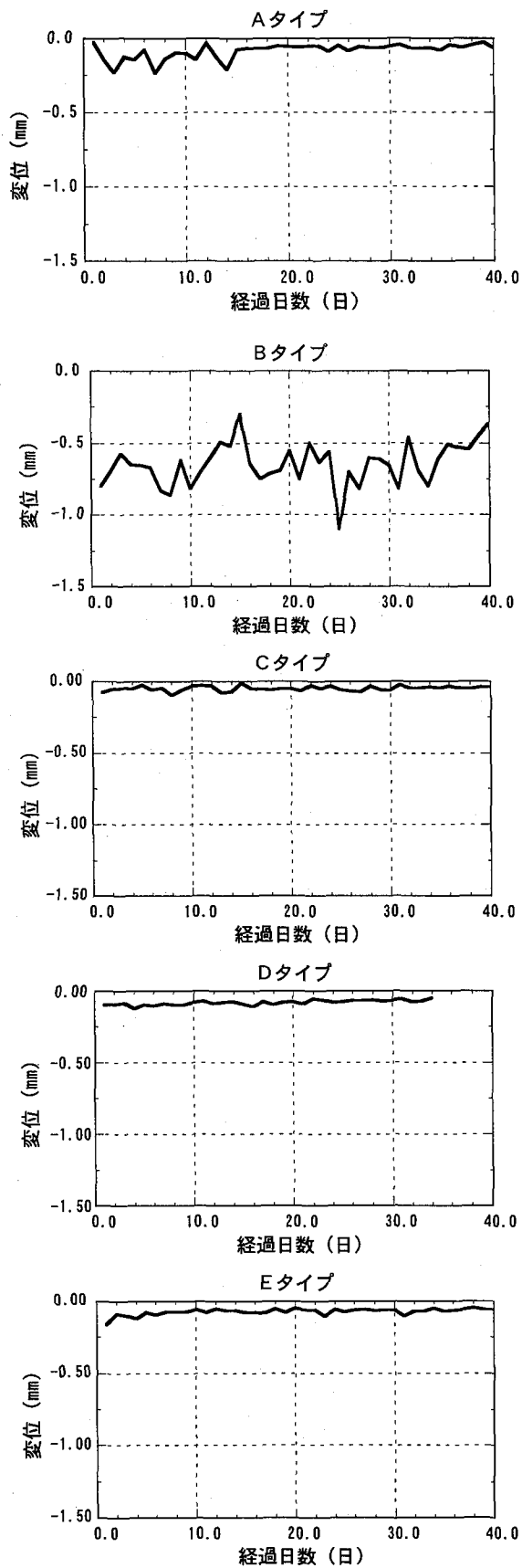


図-6 最大変位量

る。図-5のひずみの値は室内試験結果の図-3と比較して非常に小さい。図-4と図-1に示すように、室内試験の碎石、鉄板はそれぞれ現場試験における25cmのRC40セメント4%（40mm以下の再生クラッシャーランに4%のセメントを混入した舗装材料）、厚さ15cmのアスファルト舗装に対応している。したがって、現場試験ではアスファルト舗装の剛性が鉄板に比べて非常に大きくなっており、埋設管に伝達される輪荷重がかなり小さくなっているものと思われる。このことより、現場試験の管ひずみが室内試験よりも小さくなったものと考えられる。特にCタイプは管剛性がかなり大きいことから、管ひずみが6 μ 以下となり、雑音による誤差も大きい。

図-3と図-5のひずみを比べると、Cタイプでは室内・現場両試験とも管側面ひずみが引張となっている。一方、Bタイプ以外では現場試験での管側面ひずみと管上面ひずみがほぼ同じ値となっており、管側面ひずみが小さい室内試験結果に比べて変形形状が多少異なっている。この理由としては室内試験での鉄板と比較して現場でのアスファルト舗装部分の剛性が相対的に高いこと、現場では車のもう一方の輪荷重の影響を受けていることなどが考えられる。また、現場では機械でかなり密に締固められた路床を管幅より若干大きめに掘削して管を敷設して埋め戻しているため、管に作用する側圧が室内試験とは異なっていたのではないかと考える。

一方、車線中央側の管（測定位置Ⅰ）の計測結果は輪荷重を直接受ける管と同様な傾向を示し、そのひずみ量は輪荷重を直接受ける管に比べて約60~70%の値であった。

図-6は測定位置Ⅱにおける管上面の毎日の最大ひずみに校正係数を掛けて算出した最大変位を測定日ごとに示したものである。図より、Cタイプの変形量が0.04mmと最も小さく、Bタイプの変形量が1.2mmと最も大きくなっている。また、A、D、Eタイプは約0.20~0.25mm程度である。したがって、全情報BOX外管の変形は許容変位である15.0mm以内となっている。

今回行った室内試験と現場試験の情報BOX外管の敷設深度は、実際に施工される深度の約1/2程度と浅くなっていたにも関わらず、車両荷重による変形量は小さい値となっている。実際の埋設深度になると車両荷重の影響はますます小さくなることが予測できる。

5. まとめ

管表面の形状や管材料に工夫を凝らして剛性増加を図った5種類の塩化ビニル管を情報BOX外管として道路下に埋設し、車両荷重による変形性能の確認試験を行った。

試験は各管の校正係数と求めるための室内試験と国道を使った現場試験を行った。その結果以下のような結果が得られた。

- ①室内試験では過積載車の2倍相当の荷重が作用しても各管とも荷重-変位の関係はほぼ直線である。また、ひずみ特性は管の構造、形状によって違いがみられた。
- ②現場試験の管ひずみが室内試験と比較して小さかった。この原因としては、現場のアスファルト舗装対応する室内試験の鉄板が、アスファルト舗装の剛性に比べてかなり小さいかっただものと考えられる。
- ③室内試験により求めた校正係数を用いて推定した現場埋設管の最大変位量は許容変位に比べてかなり小さいことが確認された。

参考文献

- 1) 建設省情報通信ネットワークビジョン要旨、建設省建設政策、1997.7
- 2) 情報BOX管路システム技術資料、情報ボックス管路システム研究会、1997.
- 3) 下水道施設の耐震対策指針と解説、（社）日本下水道協会、1997

（2000年9月14日 受付）