

ケーブル廃材利用地下埋設電線管「孔多くん」

Underground Cable Duct Using Recycled Cable Material, "Kohta-kun"

村上幸治*
Kohji Murakami

矢野正三*
Shozo Yano

小澤 聡*
Satoshi Kozawa

西山秀美*
Hidemi Nishiyama

概要 明治に始まった直埋ケーブルでの地中化は、都市の過密化に伴い管路方式が採用され、近年では軽量化や可とう性の点でポリエチレン製の波付け管が広く用いられている。これに対して波付け電線管の特徴を損なうことなく圧縮強度や耐衝撃性を改良し、かつ電線管の多条敷設にも対応できる新しい管路のニーズが高まり、これにこたえるべく廃プラスチック材料のリサイクル技術を応用した「孔多くん」を開発した。「孔多くん」は、廃プラスチックで成形した長尺管台を波付け電線管にかぶせ、耐圧縮強度や耐衝撃性を大幅に向上した二層構造体で、重機を必要とせず、現場で簡単に多条管の組立てができる等の特徴を有し、また財団法人日本環境協会のエコマークを取得したものである。本稿では、実現場での敷設例なども加え「孔多くん」の特徴を中心に紹介する。

1. はじめに

プラスチック材料は軽量で耐久性に優れるため、数多くの工業製品に使用されて来た。地中埋設電線管も例外ではなく、塩化ビニルやポリエチレン製の管路が広く用いられているが、従来からのコンクリート製品や鋼管と比べると土圧や車両重量によって管が扁平しやすく、耐圧縮強度等の点で劣る欠点がある。一方、近年プラスチック製品の廃棄処理は大きな社会問題となりつつあり、そのリサイクル化がクローズアップされている。そこで、我々はプラスチック製管路(ポリエチレン製波付け電線管)の課題を解決する方法としてプラスチックのリサイクル技術を応用し、「孔多くん」の開発を行った。以下には、従来の地中埋設電線管の問題点を整理しながら「孔多くん」の特徴を説明し、最後には本分野でのほかの廃プラスチック製品についても紹介を加える。

2. 従来の地中埋設用電線管

2.1 地中埋設管の変遷

明治時代に始まったケーブルの地中化は、当初直埋ケーブル地下埋設方式で行われていたが、その後ケーブル敷設を行う道路を掘削し、土管(陶器トラフ)を並べてその中にケーブルを納めて鉄平石の蓋をする埋設トラフ方式で行われるようになった。その後、都市の過密化に伴い、鋼管やコンクリート製のヒューム管などを使用した管路と鉄筋コンクリート又はレンガ造りのマンホールとの組合せによる管路式が採用され始めた。そして、より施工しやすい管路を求め、軽量化を図った塩化ビニル管や可とう性に優れた波付け電線管が使用されるようになった。また、一方では数多くの電線管をコンパクトに構成した多孔管のニーズもあり、このような用途には例えば多孔陶管が使われているのが現状である。

2.2 各種管路方式の比較

2.1で記載した各種の地中埋設電線管のうち、現在も広く使われている管路の特徴を整理して表1に示した。電線管としては、鋼管、塩化ビニル直管、波付け電線管の3種類、更には複数本の波付け電線管をコンクリートで打設(巻き)したものと多孔管タイプとして多孔陶管の計6種を設計・性能・施工性の観点からまとめてみた。このうち、鋼管は強度に優れるものの重く施工性に劣り、かつ耐震性能(伸縮性)に欠点がある。塩ビ管は重量と強度にバランスがとれたものであるが、可とう性や伸縮性をカバーできるものには成り得ない。一方、波付け管は施工性や伸縮性に優れるが強度の点で劣り、これを補強する方法としてコンクリートで巻く方法が取られている。しかしながら、この方法ではコンクリートの養生に時間が掛かることや波付け管本来の伸縮機能が損なわれる欠点がある。更に多条多段の敷設が必要な場合は、重く施工性に劣るものの、多孔管タイプの陶管が使用されている。つまり、現在のところ、比較的軽量で強度と可とう性を有し、施工性に優れて多条多段敷設に対応できる管路は存在せず、このような性能を備えた管路の出現が要望されている。

表1 各種管路方式の比較
Comparison of various duct systems

		単管			コンクリート巻	多孔管
		鋼管	塩ビ直管	波付け管	波付け管	陶管
設計	重さ	×~	○			×~
	強度		○	~○		○
性能	可撓性					
	伸縮性					
施工性	浅層埋設		○			○
	道路工事					
	規制時間					○
	道路線形					
	追従性					
	多条多段敷設性				○	

* 管路材事業部 開発部

(:優, ○:良, :可, ×:不可)

3. 廃材を用いた長尺管台方式「孔多くん」について

3.1 廃材利用と管路設計のコンセプト

波付け可とう電線管をコンクリートで打設する方法は、確かに強度アップは図れるものの、波付け管の特徴を損ねるため、必ずしもベストな方法とは言い難い。そこでコンクリートの打設工法に代わる方法として、近年、社会問題としてクローズアップされているプラスチック廃材を有効に利用しながら、波付け管の強度アップを図ることと多条多断敷設への対応可能な施工性を備えることを主眼として種々の検討を行った。その結果、図1に示すような長尺管台方式「孔多くん」を開発するに至った。

3.2 「孔多くん」の構造

プラスチック廃材としてはペットボトルを回収したものや日用雑貨品を回収したものなど多種多様なものがあるが、この中から押出成形や射出成形によって比較的成形しやすく、かつ適度な強靱性を有する廃材として、撤去電線から回収される電線被覆用低密度ポリエチレンを用いることにした。これを使って波付け電線管の強度を補う方法としては、軽量化とコンパクト化をねらって強度を維持できる程度に薄肉化し、これを波付け

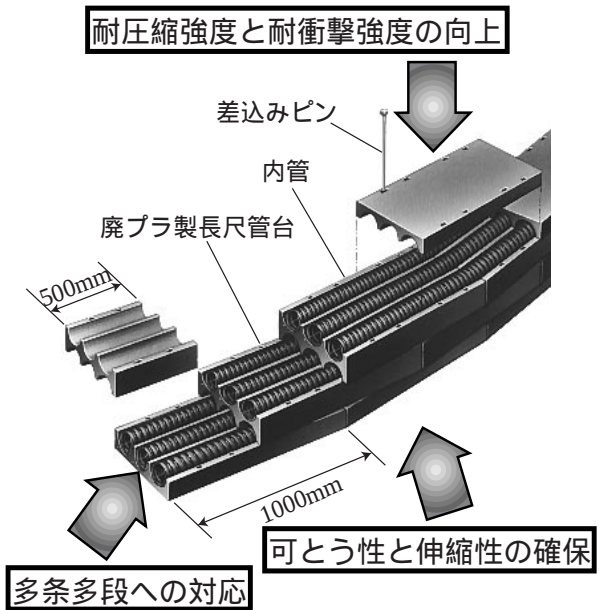


図1 長尺管台方式「孔多くん」
Cable duct of long continuous length with protecting shell, "Kohta-kun"

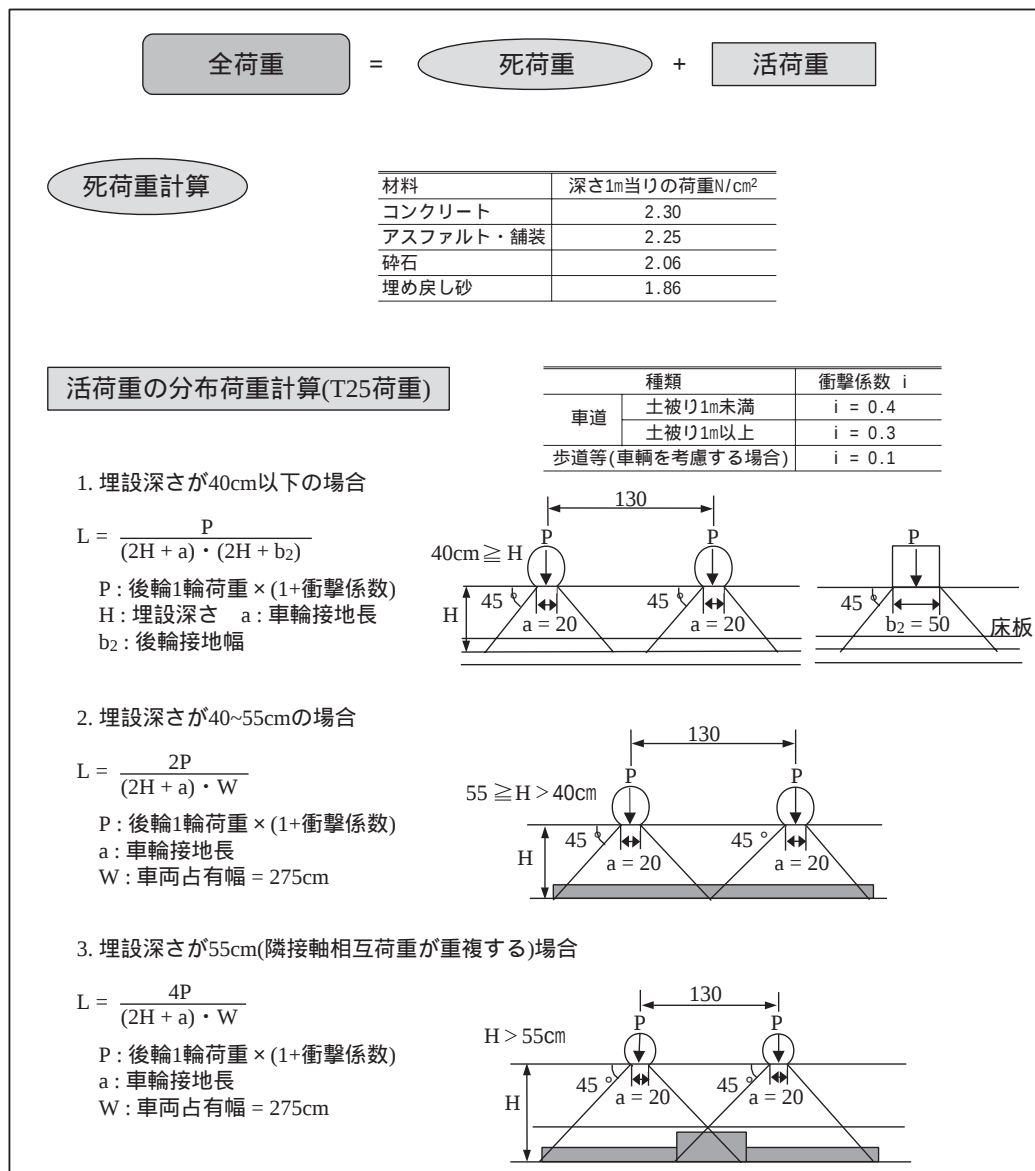


図2 「孔多くん」に掛かる荷重計算
Calculation of static and dynamic loads working on "Kohta-kun"

電線管にかぶせた二重構造体とした。そして重機を必要とせず
に人力で施工できる程度に標準長さを1mにして、これを現場で
簡単に組み立てて多条多段管路も容易に構成できるものとした。
以上のような、波付け管を廃プラスチック材料からなる長尺管
台で覆った「孔多くん」の構造とその特徴を以下に示す。

3.3 「孔多くん」の強度

孔多くんは、従来の波付け電線管を廃プラスチックの長尺管
台で覆った二重構造であり、強度的観点からみれば波付け電線
管単体で不足している強度を管台が補ったものとなっている。
これらについて以下に記す。

3.3.1 圧縮強度

地中埋設用電線管の選定で重要なポイントは、管が受ける土
圧や車両荷重によって偏平しない程度の強度を備えていること
が必要である。これを検証する方法として、電線共同溝の設計マ
ニュアルにそって、埋設深さによって作用する土圧（死荷重）と
車両荷重（25トントラックの活荷重）を算出し、これに安全率3
倍を掛け孔多くんの圧縮試験を行った。その荷重計算根拠を図2
及び結果を表2に示す。これにより、廃プラスチックの長尺管
台で覆った内管（波付け管）の内径に変形は認められず、孔多く
んは25トンのトラックの荷重が作用するような車道部において
もコンクリート打設をすることなく浅層埋設が可能ながわ
かる。

3.3.2 耐衝撃試験

コンクリート製の管路は、圧縮強度に優れるものの落とすと
割れたり、またプラスチック管は可とう性に優れるものの再掘
削時に工具や機械で損傷を受けやすい問題がある。これを検証
する方法として、以下の試験を行った。

1) 落錘試験

図4の写真に示すように、「孔多くん」の直上150cmの高さか
ら円柱重錘（25kg）を落としても、破損や亀裂の発生はないこと
を確認した。

2) つるはし試験

図5に示すように、0℃と常温（25℃）にて先端に16kg程度の
重量を有する先端つるはし形状のおもりを取り付けた長さ1m
のアームを、95度の角度から「孔多くん」に衝突させた結果、0℃
及び25℃のいずれの場合も、アーム先端が廃プラ製長尺管台
を貫通するようなことはなく、内管に異常は全く認められな
かった。以上のように「孔多くん」に使用する廃プラスチック製
長尺管台は、コンクリート製品のように割れたり、欠けたりする
ことがなくしかも軽いので、施工現場においても取り扱いやす

く、かつ再掘削の場合においては管台が防護の役目を果たすこ
とで内管の損傷を防ぐことができる。

3.4 「孔多くん」の多条多段敷設への対応

「孔多くん」は施工現場にて重機を用いず人力で簡単に多孔断
面を形成できる特徴がある。これを説明するにあたって、3条2
段の断面構成を例に「孔多くん」の施工手順を以下に示す。まず、
下段となる長さ1mの廃プラ製管台を敷き、その溝に内管となる
波付け管を落とし込むような格好で敷設する。その上に中間台
となる長尺管台を管路長手方向に下段に対して50cmずらして
並べる。出来あがった溝の上に内管となる波付け管を落とし込
むような格好で敷設していく。この作業をもう一度行い上段管
台を長手方向に50cmずらして蓋をする。このように50cmずら
して配置（千鳥構造）にする理由は、不等沈下や地震によるせん
断荷重を分散させるためである。最後に、差し込みピンを上段ユ
ニットに対して対角に2本さし込むことでピンは上下方向の構



図3 φ 80 x 2条の圧縮試験
Compression test of φ 80 x 2 lines

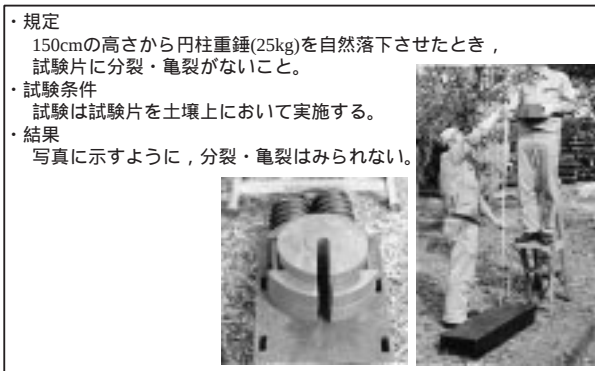


図4 重錘落下試験
Impact test using free-falling weight

表2 圧縮試験結果（φ 80 × 2 条）
Results of compression test (φ 80 × 2 lines)

埋設 深さ (cm)	全荷重 (mm)	圧縮 荷重 安全率3 (N/cm ²)	試験温度20		試験温度60	
			全体 の変位 (mm)	内管の 内径 変形率(%)	全体 の変位 (mm)	内管の 内径 変形率(%)
20	13.0	39.1	3.2	0	-	-
25	10.3	30.9	2.6	0	-	-
30	8.3	25.0	2.1	0	4.5	0
40	6.0	17.9	1.5	0	3.2	0
50	5.0	15.3	1.3	0	2.7	0
55	4.9	14.7	1.2	0	2.6	0
56	8.6	25.9	2.1	0	4.6	0
60	8.2	24.7	2.0	0	4.4	0

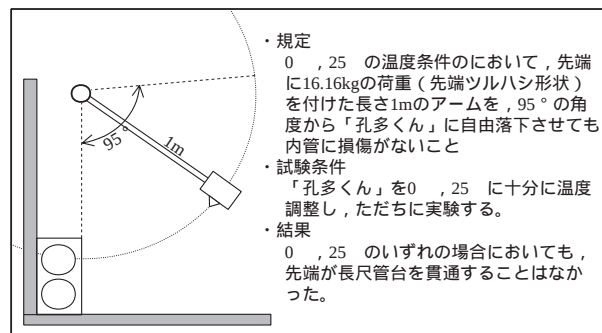


図5 つるはし試験
Impact test using pick

造体ユニットを貫通して孔多くんの数設は完了する。また、「孔多くん」は、3条、2条（それぞれ3段、2段、1段）タイプがあり、これらを組み合わせることでさまざまな断面に対応することができる。

3.5 「孔多くん」の可とう性(施工性)

「孔多くん」は1mごとの長尺管台、内管の組合せにより、現場の施工ルートに合わせた柔軟な配管ができる。基本的には、長尺管台をずらしながら配置することで上下、左右方向に曲がった線形の数設が可能である。また、長尺管台の端面を施工現場で切断しながら施工することで、更に小さな曲げ半径の管路の数設も可能である。数設の様子を図7に示した。

3.6 「孔多くん」の伸縮性(耐震性)

従来の波付け電線管は数設後、例えば地震等による地盤変化に追従可能な伸縮性を有する点に大きな特徴がある。これらについての「孔多くん」の適用性を以下に述べる。

3.6.1 三点曲げ試験

地盤変化にたいする追従性の重要な要素として、曲げ特性 曲げ剛性、曲げ半径 がある。そこでレンガ積みした「孔多くん」を

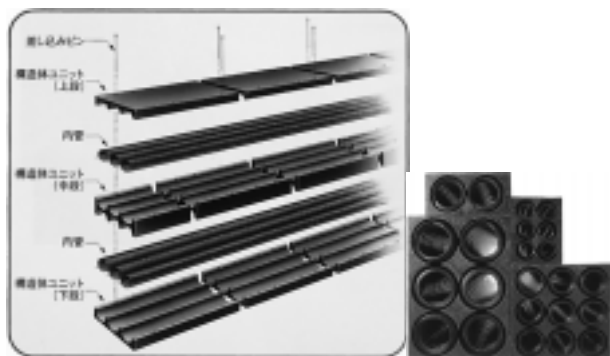


図6 「孔多くん」の多条多段敷設
Multi-line, multi-tier laying of "Kohta-kun"



図7 曲がり管路の敷設
Laying of curved lines

使い3点曲げ試験を行って、その変位と曲げ半径の関係を測定した。その結果を図8に示した。孔多くんはせん断荷重に対応して鉛直方向に半径2.31m、水平方向に2.15mと比較的小さな曲げ半径で曲げることが可能で、地盤の変位に対応し、管路を確保できると考えられる。

3.6.2 不等沈下実験

「孔多くん」は、せん断荷重を分散しながら地盤の変位に対して追従できるが、不等沈下によるせん断荷重は時としてハンド

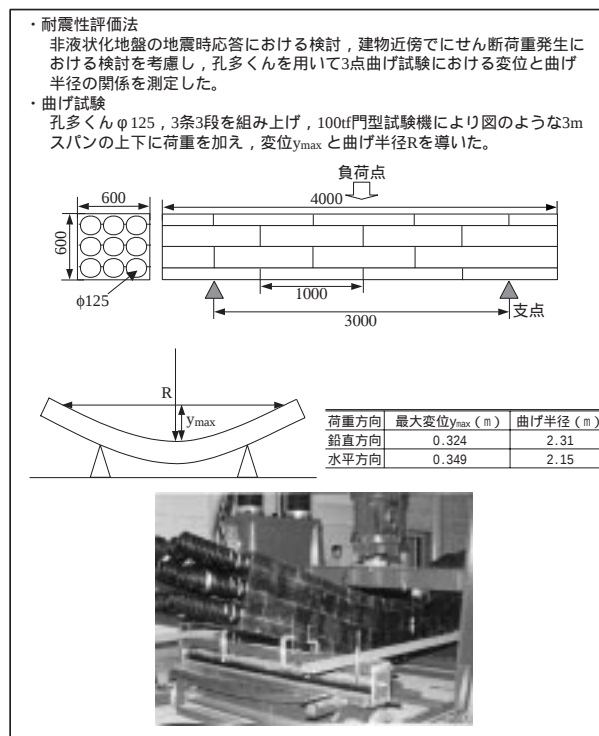


図8 三点曲げ試験
Three-point bending test

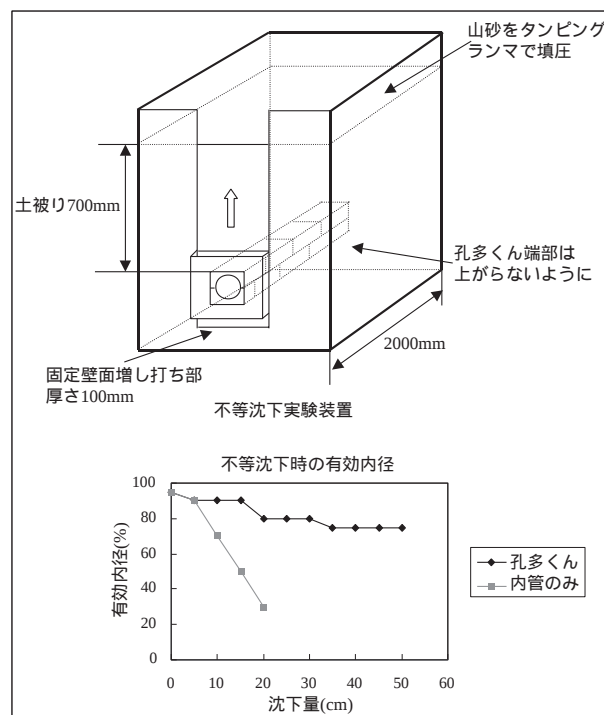


図9 不等沈下実験
Uneven subsidence test

表3 エコマーク取得申請
Application for the acquisition of "ECO-mark"

認定基準等	申請内容
プラスチック製品の一部部品に機能上（強度不足、法的な問題など）で再生プラスチック以外の部品を使用する場合又はプラスチック以外の製品を使用する場合は、再生プラスチックは製品重量の70%以上使用していること	本商品は長尺管台、内管および固定用差し込みピンから構成されている。そのうち長尺管台は電線被覆用低密度ポリエチレンの廃材を主成分とする100%廃プラスチックから成っており、再生プラスチックの製品重量に占める割合は85%以上である。
有害物質を含有していないこと	構造体ユニットは低密度ポリエチレン、内管は高密度ポリエチレン、差し込みピンはステンレス製であり、有害物質は含有していない。
廃棄物を増加させることになる商品（いわゆる使い捨て商品）でないこと	本商品は敷設後、半永久的に使用される場合が多い。万一廃棄された場合においても、再生可能である。
強度、耐用性が廃プラスチックを使用していない製品とほぼ等しいこと	本商品は従来の地中埋設管と比較して、強度、耐用性とも同等以上である。

ホール、マンホール等の取り付け部に集中する。そこで下記の実験装置を使って、せん断荷重が接続口に掛かったときの内管の有効内径について調査した。その実験の結果を図9に示した。これより50cmの不等沈下が発生しても「孔多くん」は、内管を保護しており内管は75%以上の有効内径が確保されることが確認できた。

3.7 まとめ

以上のように、「孔多くん」は波付け可とう管を廃プラスチックの長尺管台で覆った2重構造であり、波付け可とう管の長所である施工性や伸縮性の良さをいかしながら、強度を向上させ、かつ多条多段の敷設を可能にした管路材であり、施工現場において高い評価を得ている。また、「孔多くん」は表3等で財団法人日本環境協会へエコマークの申請を行い、御認定を頂いている。

4. 「孔多くん」の施工事例

「孔多くん」の可とう性と強度を生かした施工方法が多数開発されている。図10にその事例を示す。

5. 廃材を応用した製品の紹介

5.1 合成樹脂製トラフ「孔ーくん」

現在、コンクリート製のトラフや大口径管に複数本のさや管（内管）を引き入れる情報BOXの施工が全国各地で進められている。この情報BOXに使用されているアウター管に「孔多くん」のリサイクル技術を応用して、合成樹脂製トラフ「孔ーくん」を開発した。その概要を図11に示し、特徴を以下に示す。

(1) 人力による施工可能な樹脂製のトラフ

長さ1mで上下に二分割した構造体であり、重機を使わず人力により運搬、設置することができる。

(2) 施工現場での曲がりに容易に対応できる樹脂製トラフ

接続部材は本体の窪みに納まり、ここが首振り構造となつて



(a)



(b)



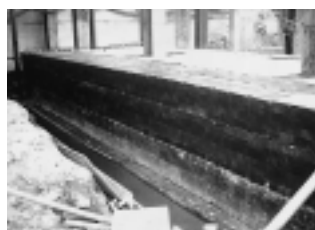
(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

図10 「孔多くん」の施工事例

- (a) 人力による運搬・施工
- (b) 長尺一括敷設
- (c) 布設ルートに応じた曲げ施工
- (d) 浅層埋設
- (e) 管（段）崩し
- (f) 多条管
- (g) 発生土を使った埋め戻し
- (h) 道路の早期復旧

Typical installation works of "Kohta-kun"

いるため、10mRで上下、左右に自由に曲げて配管をすることができます。また、接続部材のまわりに巻き付けられたパッキングが土砂の流入を防ぎ、接続部においてもモルタル処理が必要ないので、即埋め戻すことができる。

(3) 車道下でも圧縮強度、耐熱性を満足し、浅層埋設できる樹脂製トラフ

例えば埋設深さ10cmの浅層埋設に関しては、25トントラックの活荷重と埋設による土圧から「孔ーくん」にかかる荷重は

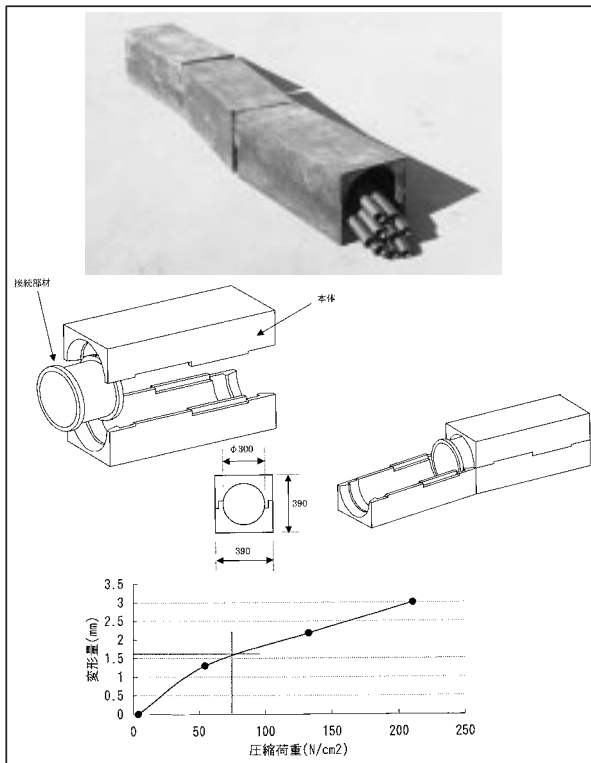


図 11 「孔ーくん」の構造と特徴
Structure and characteristics of "Kouichi-kun"



図 12 「孔ーくん」の施工例
An installation example of "Kouichi-kun"

24.5N/cm²となる。安全率3倍の73.6N/cm²の荷重を孔ーくんに加えた場合の圧縮試験結果を示した。図11を参考にすると変形量はわずかであり、浅層埋設できることがわかる。そして、その施工例を図12に示す。

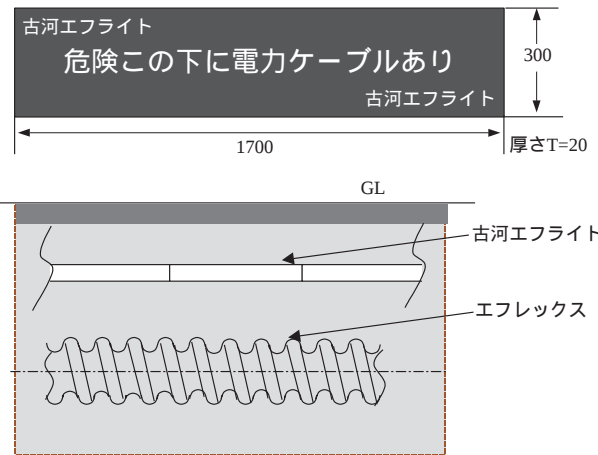


図 13 エフライトとその使用方法
Protection board "EFLITE" and its use

5.2 廃プラスチック防護板「エフライト」

地下に埋設された電線管は、つるはし、スコップ等による埋設物の掘り返し工事により損傷を受ける恐れがある。そのような場所を考慮に入れ、廃材を使って防護板を開発した。その具体的な使用方法を図13に示し、特徴を以下に示す。

(1) 軽量の樹脂製防護板

コンクリート製防護板と比較すると非常に軽く、1/4程度の重量である。

(2) 強靱

廃プラスチックを使った強靱な板であるので、従来のようにつるはし等により割れることはない。

(3) 表示

表面に埋設物の表示があるので、再掘削によるケーブルへの損傷を未然に防ぐことができる。

6. まとめ

近年の環境問題は我々メーカーが率先して取り組むべき課題である。それを現行製品の改良や新製品の創出に結び付けるために、各産業分野で活発な検討が行われている。本稿で取り上げた「孔多くん」は、従来の波付け電線管の長所をいかし短所を克服する手段として、廃プラスチック材料を有効に活用し得た意義は大きいと考える。しかもユーザーからは性能と施工性の両面から高い評価を頂くことができた。今後、更なる改良を加えながら、より信頼性が高い商品に仕上げていくとともに、「孔多くん」で培ったリサイクル技術に応用した新製品の開発を進めていく。