

技術情報

シリーズ第12回

「小口径管推進工法の高度化に関する研究」 取付管施工システム?

*高津 知司

建設省土木研究所
機械施工部
機械研究室
研究員

**毎田 敏郎

東急建設(株)
技術本部
土木技術部
部長

***鷹巣 征行

東急建設(株)
メカトロニクス開発室
室長

****佐藤 務

東急建設(株)
メカトロニクス開発室
副室長

*****長沼 昭二

東急建設(株)
横浜支店
管工事部

1. はじめに

近年、面整備に重点が移りつつある下水道や架空線の地下化などの管路は、環境問題や交通問題から推進工法の採用が増加している。その結果、小口径管推進工法が発達し、数多くの工法、装置が登場した。しかしながら、取付管の施工は依然開削で行っていることが多く、十分に推進工法のメリットが得られない状態にある。

本研究は、取付管施工において、開削を極力抑え、安全、確実に施工できる工法の確立を目的に昭和63年から平成2年にかけて研究したものである。

2. 研究概要

取付管施工は、既設埋設管(本管)位置を検出することにより、掘進機の据付け、掘進、さや管挿入、本管穿孔、取付管挿入、止水処理、モルタル注入、そして、内部処理の一連の作業で終了する。

既存技術を調査した結果、掘進、本管穿孔には各社特徴を持つものの、取付管施工の主要素となる本管位置の検出、掘進位置の管理法に関してはほとんど開発されていない。また、本管と取付管との接合法についても種々の工法が発表されているが、未だ最適な方式の完成はみない。

*略歴

高津知司(たかつ・ともじ)/昭和62年3月京都工芸繊維大学大学院工芸学研究科修了(工学修士)、同年建設省土木研究所研究員。現在に至る。

平成4年9月から平成5年9月まで科学技術庁の制度によりドイツのルール大学に派遣

*略歴

毎田敏郎(まいた・としろう)/昭和40年3月中央大学理工学部土木工学科卒業。同年3月東急建設(株)入社。昭和54年より土木技術部にて研究開発業務に従事。現在技術本部土木技術部長、技術士(建設部門)。

***略歴

鷹巣征幸(たかす・まさゆき)/昭和41年3月日本大学理工学部(機械専攻)卒業。同年東急建設(株)入社後、主に建設ロボット研究に従事し、現在メカトロニクス開発室室長、技術士(機械部門)。

****略歴

佐藤務(さとう・つとむ)/昭和50年3月法政大学工学部(電気電子専攻)卒業。同年東急建設(株)入社後、主に建設ロボット研究に従事し、現在メカトロニクス開発室副室長。

*****略歴

長沼昭二(ながぬま・しょうじ)/昭和42年3月兵庫県立豊岡実業高校(土木科)卒業。同年東急建設(株)入社。現在横浜支店管工事部参事。

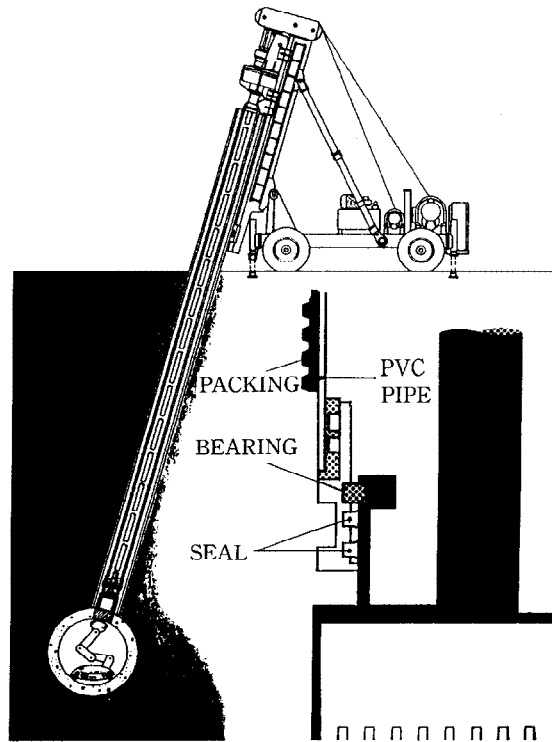


図-1 概要図

これらの問題点に対し、取付管施工の各要素技術を開発し、これらを一貫したシステムとして完成させるために、本研究においては、以下に示す3項目に的を絞った。

- 1) 本管位置の検知(非破壊型)
- 2) 掘進精度の管理
- 3) 接合部の処理法

3. 研究内容と成果

1) 本管位置の検知(非破壊型)

地上から本管位置を検知する方法には、埋設管図を参考にしたり、既設管内に人が入り測量するのが一般的であった。しかし、屈曲や蛇行のある管路では測量に時間がかかり、人の侵入できない箇所での位置決めは困難であった。そこで、地上から非破壊で簡易に本管を検知する方式の研究を行った。

現在、一般的に使用されている非破壊型埋設管検知技術には、以下の方式がある。

- ・電磁誘導法
- ・磁気探査法
- ・弾性波法

このうち、磁気誘導法は、地上の発信機から地中の管に磁界を誘起させ、その誘導磁界を地上で検出し、平面位置と深さを求める方式で、機器が軽量で精度も比較的良好。また、他の方式に比べ地質に左右されることが少なく、周辺環境から影響を受けることも少ないメリットがある。

電磁誘導法には、

- ・間接法……地上に発信機を設置し、その誘導信号による二次磁界を受信する
- ・直接法……管に探知信号を送り、その信号を受信機でとらえる
- ・ゾンデ法……低周波の小型発信機(ゾンデ)を管内に挿入し、発信機位置を探知する

などの方式がある。

本研究では、地下約4mにある埋設管の精度良

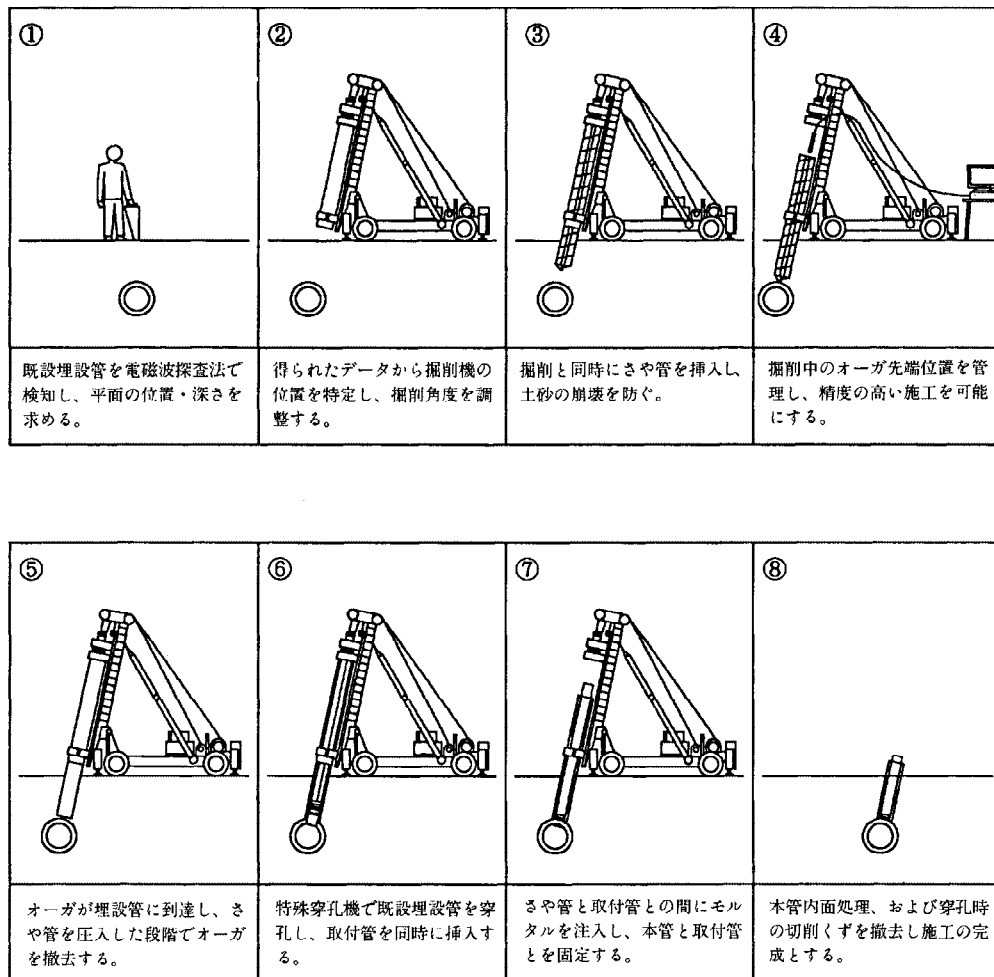


図-2 施工手順図

い検知技術が必要なことから、電磁誘導法のゾンデ法を選択した。

実験は検知精度を調査する目的で、横浜市宅地造成地内において、市販のRD-400型埋設管探知機を使用して行った。

その結果、本管接合部を除いて管路横断方向の誤差は最大55mmであった。この数値は地下4m、 $\phi 600$ mmの本管に $\phi 200$ mmの取付管を接合するときの許容誤差 ± 45 mm(計算値)を上回る値となる。

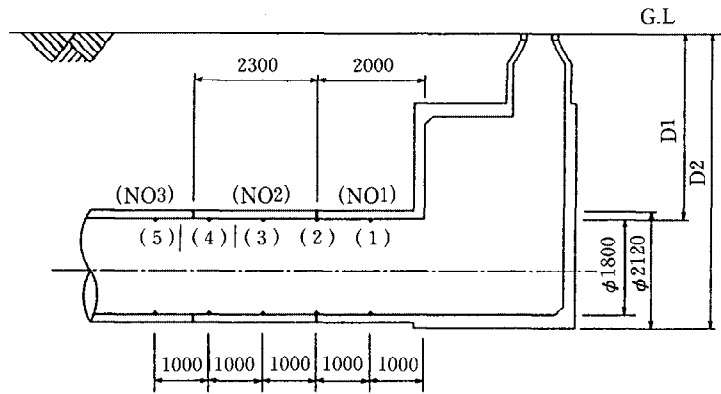
そこで、発信周波数と受信機レベルの改良を行い、市販機を精度の高い探査機に改造して再度実

験を試みた。改良点を以下に示す。

	市販機	改良機
発信周波数 (固有周波数に対し)	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.02\%$
感度レベル (導体より1mはなれ)	5 μ A	3.5 μ A

実験結果から、改良機はヒューム管接合部も検出可能で、管路横断方向の最大誤差は許容誤差を下回る25mmに減少した。

以上のことから、改良機は非破壊で本管を検出するのに有効な手段であると判断された。



* (1)～(5) 中型ゾンデの位置
X-Y座標の各中心点

図-3 実験概要図

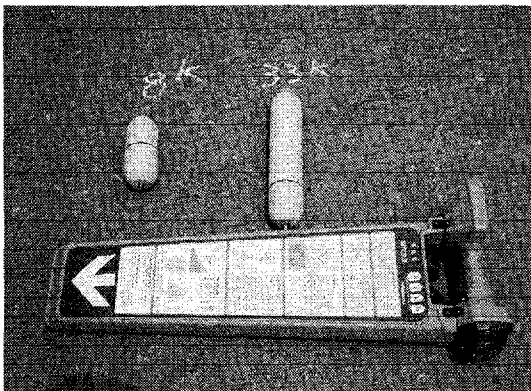


写真-1 埋設管探知機

2) 掘進精度の管理

本管を目指し、さや管、及び取付管を掘進するとき、地層の変化、管の自重等により、掘進中の管が湾曲することがある。このため、本管位置を正確に把握しても目的地に到達できないことになる。掘進中の管の位置、姿勢管理はこのようなとき、極めて重要であり、現状では作業員の勘に頼るほかなく、しばしば困難な状態に陥る。

本研究は、掘進中の管先端部の位置を連続して正確に、そしてリアルタイムに作業員に表示可能な方式として、ジャイロ方式を研究し、動作、精度実験を地上で行った。

実験に使用したジャイロは、光ファイバジャイロと3次元位置計測装置(振動ジャイロ)の2機種である。

光ファイバジャイロはリング状のファイバ内を光が回転する時、回転方向とその逆方向とはリング1周の光路長に差が生じ、この差から角速度を検出している。

振動ジャイロは音叉、ジャイロ信号検出器、圧電素子から構成され、音叉の開閉による軸のねじれを圧電素子で検出し、角速度を求める原理である。

使用したジャイロの仕様を表-1に記す。

実験は、取付管を模した塩ビ管に傾斜をつけて固定し、管内を通過する各ジャイロの位置と光学式測量機で計測した実測値とを比較した。

実験時の光ファイバジャイロは試作品であり、距離データに対応した位置情報が得られず、時系列で角度を表示する段階であった。光ファイバジャイロの計測結果は、すべて実測値より1°以上大きな値で変動幅も1.3～2.2°と大きかった。

3次元位置計測装置は、光ファイバジャイロに比較して軽量であり、計測位置が3次元座標でパソコンに表示できる。また、計測結果も実測値と比べて6mm以内と良好な数値であった。

しかし、ジャイロの欠点である

・計測までに時間がかかる。

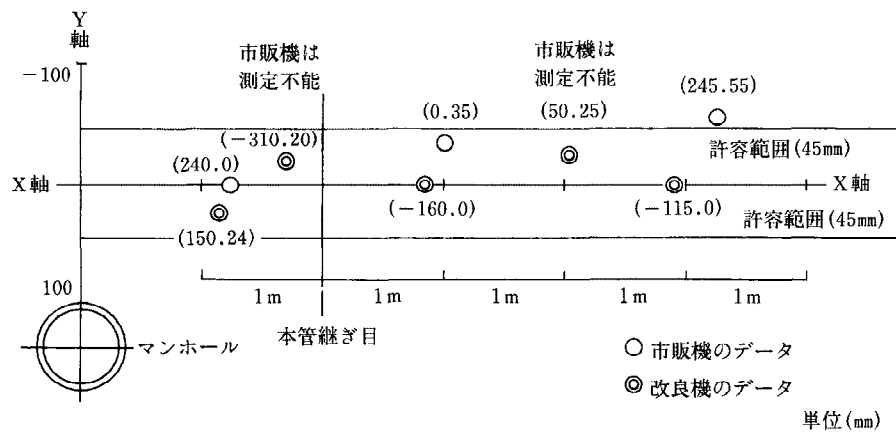


図-4 埋設管位置検知結果

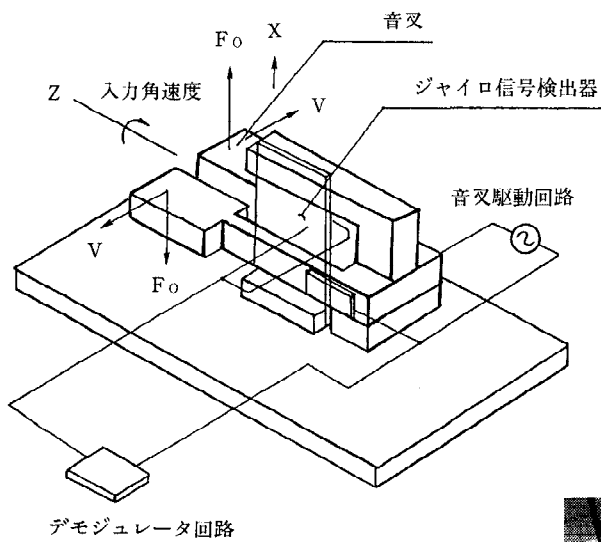


図-5 振動ジャイロ構造図

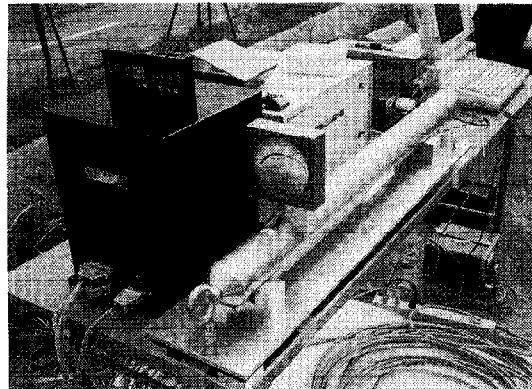


写真-2 光ファイバジャイロ

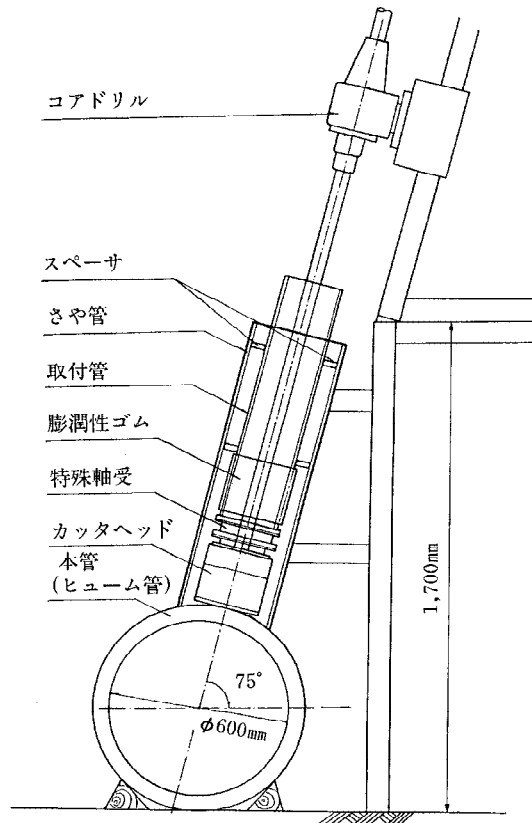


図-6 実験概要図

- ・ 1回の計測サイクルが短い。
 - ・ A/D変換器、信号処理回路がセンサ部と分離できないために装置全体が大きくなる。
- 等の問題点があり、これらの点に改良が加えられれば、取付管施工に有効な掘進管理法になると考えられる。

3) 接合部の処理法

従来の接合部処理法は、

- ・ ソケットを本管のストップとして使用する方式
- ・ ゴムパッキンを緩衝材として使用し、不等変位を吸収する方式
- ・ 接合部に膨潤性接着剤を使用する方式

等があるが、そのどれもが単独での止水効果は認められず、モルタル注入等による補助工法を必要としている。また、現状では本管穿孔と接合処理

が2工程で行われ、その間に本管へ流入する土砂の対策はできないでいる。

本研究は、これらの問題点に対処するため、単独で止水効果が得られるパッキン材の開発と本管穿孔と止水処理を1工程で施工するシステムを開発した。

本管穿孔後、速やかに止水効果を発揮するには本管と取付管との密着性が重要である。従って、使用するパッキン材は柔軟性に富み、取付管は本管に対し、ストップ的役目が必要となる。そこで地中の含水やモルタルの余剰水が利用できる水膨潤性ゴムのパッキンを調査し、作業性と適合性について実験した。

採用した膨潤性ゴムの特性を以下に示す。

実験は、φ600mmのヒューム管に高さ約1.7mの架台上から75°の角度で穿孔し、φ200mmの取

表-1 ジャイロの仕様

	光ファイバジャイロ	3次元位置計測装置
形 式	OFG-2SG-D	スネークジャイロ
測 定 範 囲	$\pm 360^\circ$	$\pm 180^\circ$
最小検出感度	$\pm 0.05^\circ$	$\pm 0.01^\circ$
出 力	TTLレベル	RS-232C

表-2 光ファイバジャイロによる実験結果

測定開始点からの距離	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m
実 測 地	44.0°	43.5°	43.5°	44.0°	43.5°	44.0°
計 測 値 (ジャイロ)	44.4°	44.8°	45.2°	45.5°	45.7°	46.0°

表-3 3次元位置計測装置による実験結果

測定開始点からの距離	1.5 m	2.5 m	3.0 m	4.5 m	5.0 m	6.5 m
実 測 値 水 平	-173 mm	-289 mm	-400 mm	-481 mm	-536 mm	-589 mm
垂 直	0 mm	-1 mm	-3 mm	-8 mm	-22 mm	-34 mm
計 測 値 水 平	-170 mm	-290 mm	-400 mm	-480 mm	-540 mm	-590 mm
(ジャイロ) 垂 直	0 mm	0 mm	-2 mm	-13 mm	-28 mm	-33 mm

表-4 膨潤性のゴムの特性

名 称	水膨潤性ゴム
比 重	1.208
伸 び	400%以上
引張強さ	25kgf/cm ²



写真-3 掘進精度の管理実験

付管を挿入し、固定するまでを1工程で行った。

また、本管と取付管との密着性を調査するために、膨潤性ゴムの厚み、溝の有無、傾斜角等の形状を変えて実験した。

その結果、穿孔径と膨潤性ゴムの外径とのギャップは約2.5mm、傾斜角1.5°のときが密着性、ストップ効果が最適であり、溝付きはフラットな形状に比べ、溝の部分にクッション効果が働

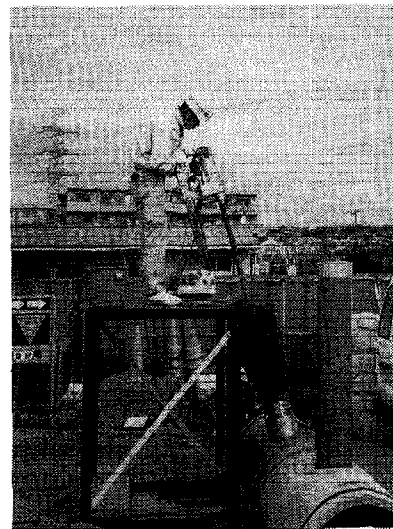


写真-4 接合部処理実験

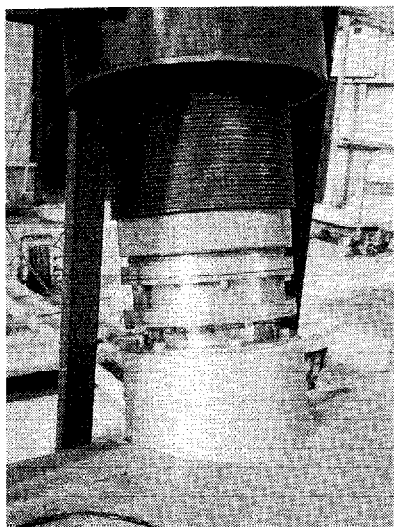


写真-5 穿孔状況

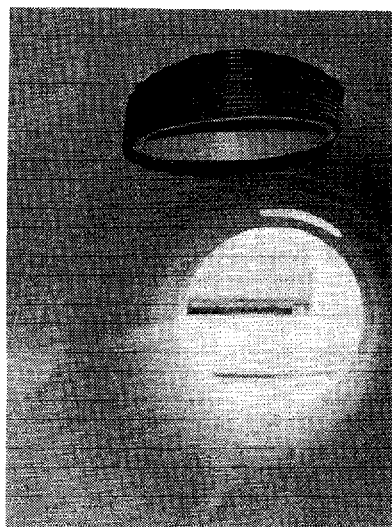


写真-7 止水実験



写真-6 穿孔状況



写真-8 止水実験

き本管との固定状態が良く、さらに、粒子の細かい上砂の流入も防止できると考えられた。

また、本管穿孔と止水処理を1工程で行うことから、カタヘッド、特殊軸受、取付管装着部で構成され、カタヘッドの回転を取付管に伝達しないように工夫した特殊ヒューム管穿孔装置を開発した。

特殊ヒューム管穿孔装置による孔開けは、平均

15～20分で、スペーサの効果から刃先の振れもなく、切断面も滑らかであった。

止水性は、さや管と取付管との間にモルタルを注入し、漏水状態を調査した。その結果、注入直後に、モルタル余剰水が取付管の周辺を伝わり若干の漏れが観察された程度で、その後の漏水はなかった。

4. 今後の課題

取付管施工法のシステム化を図るため、既存技術の調査を基に、現状の問題点を洗い出し、その解決策として各要素技術を研究し、試作、実験を重ねてきた。その結果、システム化する第1段階はクリアできたものと考ええる。しかし、接合部実験など、地上での実験であることから、今後、地中での諸要素を含んだ実験を進め、確実な施工シ

ステムとして完成していきたい。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、ご指導いただいた日本大学永田伸之教授、立命館大学竹下貞雄教授に感謝の意を表します。また、本研究に対し、種々の協力をしていただいた建設省土木研究所、および東急建設(株)の諸氏に感謝致します。

なにもせん柳

腹が立つ

腹が立つ工法増えて受注減り

(推進工法が五〇を超すと、当然)

腹が立つ辞表出したら感謝され

(まさか、受け取らぬと思ったのに)

腹が立つ過労死しないと妻が言い

(あんたの仕事ぶり見てたら、とても)

腹が立つ減る頭髪に増す小じわ

(逆になった夢を見たんだが)

腹が立つ親の夢消え子が育ち

(塾代や習い事の金、随分出した)

腹が立つ猫にやさしい妻の声

(何様が養っていると思ってるんだ)

腹が立つ一度はしめたい妻の首

(人の苦勞も知らず、よくも寝てるな)

腹が立つ地獄も呉れた可愛い娘

(このエイズ、どうもあの娘からか)

腹が立つ降りそな気配裏切られ

(次の駅でと思ったのに、また寝てる)

腹が立つ手が出た土地に猿も出た

(どうも安いと思っただが)

郷
顔