

# オランダ坂トンネル工事による地表部の振動騒音に関する住民アンケートの調査と解析

村 里 静 則\* 村 嶋 光 明\*\*  
伊 東 博 司\*\*  
蔣 宇 静\*\*\* 棚 橋 由 彦\*\*\*\*

## Investigation on Vibration and Noise at the Surface during Hollandzaka Tunnel Excavation by a Questionnaire Survey.

by

Sizunori MURASATO\*, Mitsuaki MURASHIMA\*\*

Hiroshi ITO\*\*, Yujing JIANG\*\*\* and Yukihiko TANABASHI \*\*\*\*

Hollandzaka Tunnel is a typical urban tunnel which being excavated through thin overburden below the mass residential areas. There are many claims against the vibration and noise at the areas between 30 to 60 meters of overburden. The vibration and noise on the cutting face are measured in order to clarify the influence on the life environment. The questionnaire survey is also carried out area around the claimed to investigate the status of injuries.

### 1. トンネルの概要

長崎市は、地形的な制約から、市中心部に集中する一点集中型の幹線道路となっているため、慢性的な交通混雑が大きな課題となっている。オランダ坂トンネルはこの交通混雑を緩和し、地域の活性化および地域間交流の促進を図るために計画された出島バイパスの中心的構造物となるものである。

当トンネルは長崎市新地町から九州横断自動車道の起点となる早坂町（仮称/長崎I・C）までを結ぶ自動車専用の道路トンネルで上り線（全長2918.0m）、下り線（全長2961.5m）の長さを持ち、完成すると長崎県内では最長の道路トンネルとなる。

オランダ坂トンネルは、長崎市の住宅密集地の下を薄い土被りで掘削するため、掘削は発破を用いず日本最大級のロードヘッダS-300にて実施されている（表1はオランダ坂トンネル工事諸元を示す）。施工は、新地側の用地的な問題などにより早坂側から下り勾配  $i=2.65\%$  の片押しで2本同時に行い、吹付けコンクリートとロックボルトを主要な支保部材とするNATM工法で実施されている。

表1. オランダ坂トンネル工事諸元

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 掘削方法 | 機械掘削（ロードヘッダS-300kw級）              |
| 掘削工法 | 上半先進ショートベンチカット工法<br>補助ベンチ付全断面掘削工法 |
| 掘削延長 | 上り線：L=2918.0m<br>下り線：L=2961.5m    |
| 掘削断面 | 約70m <sup>2</sup>                 |
| 総断面積 | 下り勾配 $i=2.65\%$                   |

### 2. 調査の経緯

オランダ坂トンネルは、市街地の下を薄い土被りで掘削するため、計画当初から掘削による振動騒音問題が懸念されていた。そこで、土被りの特に薄い新地側坑口部付近の影響を事前に予測するため、トンネル工事着工と同時に早坂側坑口部直上において振動測定を実施した（表2）。その結果、振動レベル( $L_{10}$ )はトンネルからの直線距離が約20m以上のとき50dB以下（図1）であり、表3に示す「人に対する影響状況」から判定すると振動による影響は新地側坑口部の一部に限られると判断した。

ところが、施工が早坂側坑口から800m程度進んだところにおいて、当初の予測よりも土被りの厚い地域からトンネル工事に対する苦情が寄せられた。

平成12年10月27日受理

\* 長崎県出島バイパス建設事務所 所長

\*\* 応用地質株式会社 (OYO Co., Ltd.)

\*\*\* 長崎大学工学部社会開発工学科 助教授

\*\*\*\* 長崎大学工学部社会開発工学科 教授

表2. 振動測定結果一覧(早坂坑口)

| 地点 NO. | 切羽からの最短距離 (m) | 振動レベル(L <sub>10</sub> ) (dB) |
|--------|---------------|------------------------------|
| 1      | 13.0          | 50                           |
| 2      | 21.6          | 43                           |
| 3      | 31.5          | 42                           |
| 4      | 51.3          | 36                           |
| 5      | 62.4          | 34                           |
| 6      | 90.0          | 25                           |
| 7      | 10.4          | 61                           |

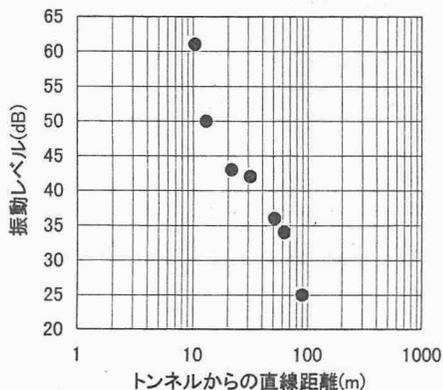


図1. 距離と振動レベル(ロート・ヘック)

表3. 建設機械・設備振動による人への影響<sup>1)</sup>

| 対象      | 影響状況      | 振動レベル |
|---------|-----------|-------|
| 人に対する影響 | 苦情なし      | 40~50 |
|         | 極一部苦情発生あり | 50~60 |
|         | 一部苦情発生あり  | 60~70 |
|         | 広範囲の苦情あり  | 70~80 |
|         | 精神的な影響あり  | 80~90 |
|         | 多大な影響あり   | 90~   |

単位 dB

振動・騒音レベルを明らかにする目的で、苦情が寄せられた地域における切羽の直上およびその周辺で再度2度に渡り振動・騒音の測定を実施した。その結果は、振動レベルが最大40dBであり早坂坑口で実施した測定結果とほぼ同じであったため、表3に示した影響評価との間にずれがあることが判明した。また、騒音レベル(L<sub>5</sub>;表5参照)についても、表6に示す評価基準では「静か」~「普通」程度の評価となった。

人が「不快」と感じるのは、振動や騒音そのものの大きさが主要因ではあるが、それが小さいレベルの場合、振動・騒音のもつ周波数特性や建物・周囲の状況、人による「感じ方」の違いにより差が生じると予想される。

以上のことから、苦情の寄せられた地域に対しアン

表4. 振動測定結果一覧(追加測定)

| 地点 NO.  | 切羽からの最短距離 (m) | 振動レベル(L <sub>10</sub> ) (dB) |
|---------|---------------|------------------------------|
| 追加測定1回目 |               |                              |
| A       | 46.2          | 40                           |
| B       | 56.3          | 35                           |
| C       | 110.4         | 29                           |
| 追加測定2回目 |               |                              |
| D       | 31.8          | 38                           |
| E       | 40.1          | 34                           |
| C       | 77.5          | 33                           |

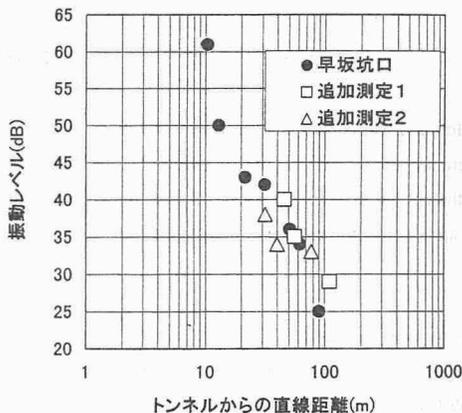


図2. 距離と振動レベル(ロート・ヘック)

表5. 騒音測定結果一覧

| 地点 NO.  | 切羽からの最短距離 (m) | 騒音レベル(L <sub>5</sub> ) (dB) |
|---------|---------------|-----------------------------|
| 追加測定1回目 |               |                             |
| A       | 46.2          | 46                          |
| B       | 56.3          | 47                          |
| 追加測定2回目 |               |                             |
| D       | 31.8          | 41                          |
| E       | 40.1          | 40                          |

単位 dB

ケート調査を行い、振動・騒音に対する「感じ方」をまとめ、今後の掘削区間での影響範囲の予測に役立てることとした。

### 3. 聞き取り調査

#### 3.1 調査の概要

聞き取り調査は、実際に苦情の寄せられた愛宕町を中心にその周辺地域において、実際に住民の方に直接質問し回答をいただく方式をとった。なお、今回の調査は緊急に行ったため、調査対象宅はトンネル直上を中心に限定した範囲で197人とし、うち112人(56.9%)の方から回答をいただいた。

調査は、平日の9時から17時までとしたため、回答者は

表6. 騒音レベルと相互関係表<sup>2)</sup>

| 騒音レベル | うるささ                | 環境の騒音レベル                  |
|-------|---------------------|---------------------------|
| 120   |                     | ●ロックバンド(聴覚としての限界)         |
| 110   | 聴力機能障害<br>(難聴 音痛)   | ●自動車のクラクション(約1m前)         |
| 100   | きわめてうるさい<br>(いらだち大) | ●鉄道ガード下                   |
| 90    |                     | ●トラック                     |
| 80    | うるさい                | ●乗用車                      |
| 70    |                     | (高い声)                     |
| 60    | 普通<br>(日常生活で望ましい範囲) | 会話の範囲(低い声)                |
| 50    |                     | (第4種区域の夜間<br>郊外住宅地)       |
| 40    | 静か                  | (第2, 3種区域の夜間<br>(静かな住宅内)) |
| 30    |                     | (第1種区域の夜間)                |
| 20    | きわめて静か              | ささやき<br>(騒音許調限界)          |
| 10    |                     | 呼吸の音                      |
| dB    |                     | 聴覚の限界                     |

表7. 聞取り調査項目 (基本事項) N=112

| 項目   |          | 人  | %    |
|------|----------|----|------|
| 性別   | 男性       | 25 | 22.3 |
|      | 女性       | 87 | 77.7 |
| 年齢   | 20歳未満    | 2  | 1.8  |
|      | 30歳未満    | 3  | 2.7  |
|      | 40歳未満    | 6  | 5.4  |
|      | 50歳未満    | 20 | 17.9 |
|      | 60歳未満    | 16 | 14.3 |
|      | 70歳未満    | 33 | 29.5 |
|      | 80歳未満    | 26 | 23.2 |
|      | 80歳以上    | 6  | 5.4  |
| 建物構造 | 木造       | 88 | 78.6 |
|      | 鉄筋コンクリート | 24 | 21.4 |
| 築年数  | 10年未満    | 7  | 6.3  |
|      | 20年未満    | 19 | 17.0 |
|      | 30年未満    | 25 | 22.3 |
|      | 30年以上    | 43 | 38.4 |
| 居住状況 | 不明       | 18 | 16.1 |
|      | 常にいる     | 80 | 71.4 |
|      | 夜しかいない   | 26 | 23.2 |
|      | 昼しかいない   | 2  | 1.8  |
|      | ほとんどいない  | 1  | 0.9  |
|      | その他      | 3  | 2.7  |

表7に示すように「男性」が22.3%、「女性」が77.7%と女性が多く、年齢構成は60歳以上の方が多くなっている。建物構造は、「木造」が78.6%、「鉄筋コンクリート」が21.4%で、築年数は30年以上が多く、古い木造住宅が多

い。居住状況についても、調査時間帯の関係で「常にいる」方が71.4%と最も多くなっている。

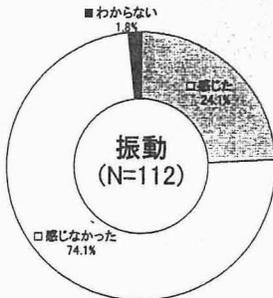


図3. 振動の有無

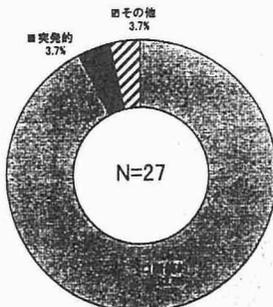


図4. 振動の状況

### 3.2 振動の調査・分析

聞取り調査の結果、振動を「感じた」人は図3のように24.1%であった。

振動の感じ方は「断続的」が92.6% (図4) と圧倒的に多い。

また、振動を感じた人は、図5に示したように74.0%が「よく感じた」「普通にわかった」と回答している。揺れ方については、「わからない」が44.4%で「その他」

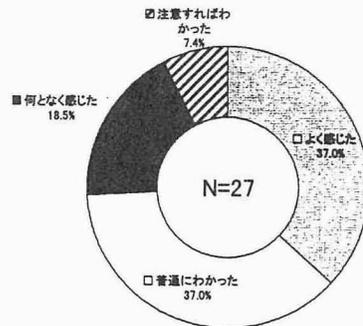


図5. 振動の感じ方

(地震かと思った)が25.9%であった (図6)。振動を感じた時間は「一日中」が44.4%、「夜のみ」が40.7%とほぼ同じ割合で大半を占めた (図7)。

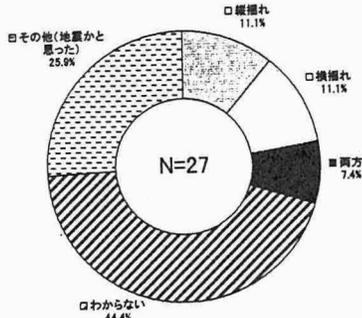


図6. 振動の揺れ方

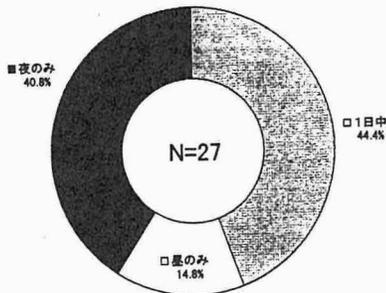


図7. 振動を感じた時間

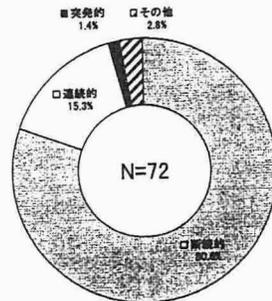


図9. 騒音の状況

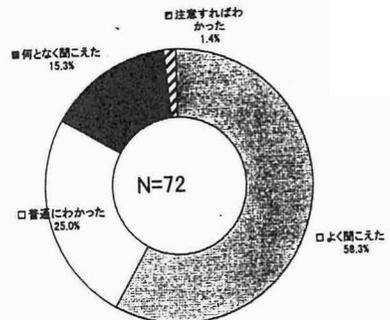


図10. 騒音の聞こえ方

3.3 騒音の調査・分析

聞取り調査の結果、図8に示すように騒音が「聞こえた」人は64.3%で、振動を「感じた」人の約3倍であった。

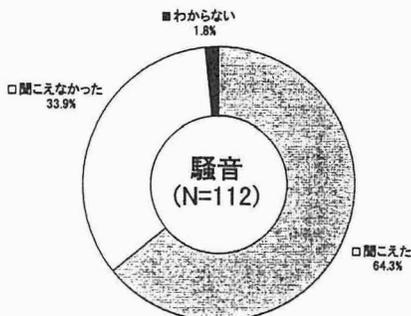


図8. 騒音の有無

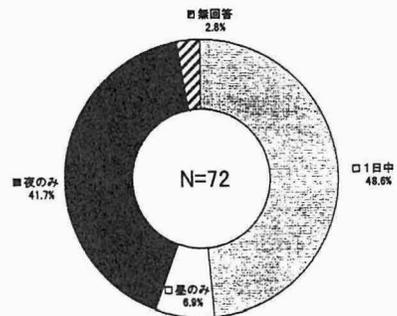


図11. 騒音の聞こえた時間

4. 周囲への影響に関する考察

4.1 人的影響について

トンネル工事による振動・騒音については、「夜寝られない」などの苦情が多く寄せられたため、生理的な影響の程度を把握することとした。その結果、図12に

音の状態(図9)は「断続的」が80.6%で振動と同じく大半を占めるが、振動では回答の無かった「連続的」も15.3%の人が回答している。

また、音が聞こえた人のうち83.3%が「よく聞こえた」「普通にわかった」と回答し(図10)、音の聞こえた時間については、「一日中」が48.6%と最も多く、次いで「夜のみ」が41.7%で大半を占めている(図11)。

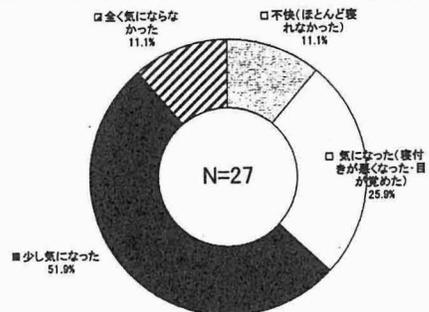


図12. 振動による生理的影響

示すように振動を感じた人のうち51.9%が「少し気になった」と答えているが、11.1%の人は「不快(ほとんど寝られなかった)」と回答している。

一方、「騒音」では図13に示すように52.8%の人が「少し気になった」と回答し、振動とほぼ同じであるが、「不快(ほとんど寝られなかった)」と回答した人は振動の約2倍の20.8%であった。

このような結果から、人は振動より騒音をより感じ、不快と思うことが明らかとなった。

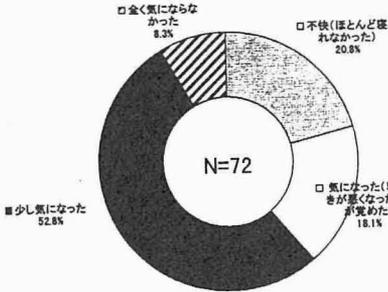


図13. 騒音による生理的影響

#### 4.2 影響範囲について

今回発生した振動・騒音問題は、聞き取り調査の結果「騒音」に対する苦情がかなり多いことが判った。

この「音」というものは、空気中を伝わり人の耳に入ってくることから、切羽で発生した「音」が直接地表部に伝わっているのではなく、発生した「振動」が地盤を伝わり地表部において「音」に変わっているものである。「振動」は地盤を伝わる間に減衰する為、工事による影響範囲は、トンネルと地表部の住宅地との距離に比例すると考えられる。よって、ここでは聞き取り調査によって得られたデータとトンネルから被調査者との直線距離との関係により影響範囲を推定した(トンネルから被調査者との直線距離は、トンネル計画高から8m上部の天端と被調査者宅の敷地境界のうち最もトンネルに近い所とを結ぶ直線の長さとする)。

その結果、図14、15に示すように、振動および騒音ともにトンネルからの距離が60m以内であれば、「不快(ほとんど寝られない)」という人がいる。また、振動ではトンネルからの距離が80m以内になると感じる人がおり、騒音では100m以内になると聞こえる人がいるという結果になった。

このような結果から、今後土被りが薄くなる区間についての影響範囲は図16のようになると考えられ、トンネルからの距離が60m以内の家屋については何らかの対策が必要と判断される。

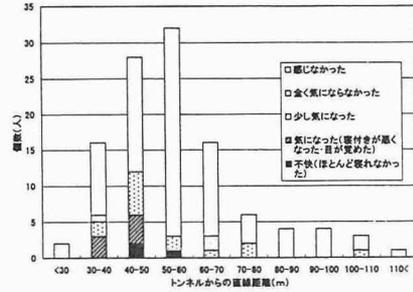


図14. 距離と気になる程度(振動)

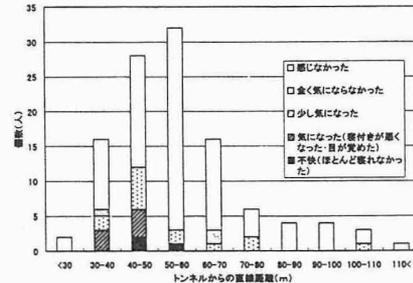


図15. 距離と気になる程度(騒音)

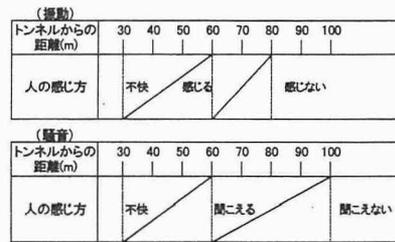


図16. 工事における影響範囲(概念図)

#### 5. 考察

今回の調査では、振動・騒音の測定値の評価と実際の苦情について差異が生じたことに対して以下のような現象が想定される。

- ① 一般的な指標は、振動レベル・騒音レベルそれぞれを単独で感じた/聞いたものであり、今回の事例のように振動・騒音を同時に感じた場合、これらの指標とは必ずしも一致しないことがわかる。
- ② 人が生活している屋内では、屋外と比較して振動が増幅している。また、周波数の特性から、人が不快と感じやすい振動・騒音が発生している。

特に②については、今回の調査で家屋内部での測定が実施できていないため、今後の施工状況に合わせて実施する方針である。また、人は同じ大きさの振動レ

ベル・騒音レベルであっても周波数の違いにより感じ方が異なることが知られていることから、周波数特性についても今後検討する予定である。さらには、起振源の振動レベルについても地表部の測定と同時に実測し、地盤を伝わる際の内部減衰常数等を検討する予定である。

## 6. 振動・騒音に対する対策

聞き取り調査の結果から、振動・騒音による苦情の実態が明らかとなり、今後土被りの薄い区間においてこれまでと同じ施工法ではさらに被害が大きくなることが予想される。このため、以下に示すような対策が必要と考えられる。

- ① 時間制限（夜間作業の中止）
- ② 静的破碎の使用
- ③ 発破掘削の検討

①については、施工速度が落ちるため、切削速度を速める手法を検討しなければならない。あるいは②の手法を夜間作業に採用するなどの工夫が必要と思われる。③については、①の時間制限を行って昼間の切削速度を速めることも目的としているが、トンネルルート上および周辺地域住民の理解が必要となる。また、発破振動による地盤への影響も考慮し、観測などを含め検討する必要がある。

最後にトンネル工事に関してのイメージを調査したところ図17のように公共工事として容認されている方がほとんどであり、また、聞き取り調査の中で振動・騒音については事前にどのような音がするか、いつ頃からするかなど情報があれば、感じ方も違っていたという話が多く聞かれた。なお、事前に自治会を通じてトンネル工事の予定を回覧により事前に知らせていたにもかかわらず十分に地元伝わっていないことが明らかとなった。よって、これからの土被りの薄い区間を施工するにあたり、住宅密集地の直下を通ることも考えれば、地域住民の理解を得ることなしにトンネル工事を進めることはかなり厳しいことが予想されるため、地元に対して事前に十分な説明を直接行い、トンネルに対してマイナスのイメージが増えないように対応していく方針が進められる予定である。

また、事前説明についても、今まで調査したデータをわかりやすく説明し、認識を十分持っていただくことも理解を得るための大きな要因と考えられる。

このためにも、今後表層部の調査を数多く実施していきたい。

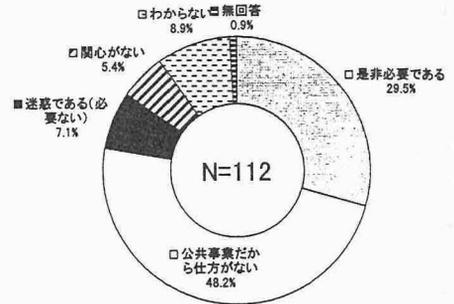


図17. トンネル工事に対するイメージ

## 参考文献

- 1) 東京都建設局：工事に伴う環境調査要項，pp.168，1977.
- 2) 建設技術－騒音防止ガイドブック，共立出版，1984.