

名古屋大学工学部 正 川本 隆万
 名古屋大学工学部 正 ○ 富樫 豊
 名古屋大学大学院 学 瀬田 信彦

Ⅰ.序 本報告は、岩盤を貫ぬくトンネルの施行時における地盤の安定性に関する問題、地表面直下に建設された地中構築物とそれの周辺にある振動源に対する応答の問題について若干の考察を与える。◇前者の問題：山岳地帯でのトンネル掘削施行時においては、岩盤掘削のための発破つまり衝撃により、既設トンネル部分に振動障害が、掘削位置周辺において地盤のゆるみを引き起こされると考えられるから、一般にトンネル及びその周辺地盤の力学的安全性は静的工区に対してのみならず動的なものとしてこの衝撃力に対しても検討されねばならない。ここでは、トンネル施行時における種々の安全性を調べることを目的とする第一段階として、地盤と無限均質等方弾性体とし、またトンネル掘削を無視した簡単なモデルにおいて、発破外乱として調和及びStep荷重とを考える。◇後者の問題：走向荷重、建設用クイ打撃等により既設及び建設中の半地中構築物の振動障害に関する問題もまたここで、半無限均質等方弾性体と其中に埋込まれた密着接触の半無限円柱の剛体及び空体としてモデル化された系において、定常及びStep状の円柱SH波に対する応答を調べることにより扱われる。

Ⅱ.半地中構築物 ◇**定常外乱** FIG 1 のモデルを考える。この系の変形場は波動方程式 $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \beta^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) u$ をみたす2つの場、つまり入カ外乱変形場と半円柱体の存在により生ずる散乱変形場が境界条件

$\Delta e^{i\omega t} = 0$ at $r=r_0$, $\frac{\partial u}{\partial z} = 0$ at $\theta = \pi/2$, $r < r_0$ を満足するように適当な重合により決まる。全変形場を特徴づける散乱波の場には、FIG 2 で示されるように、入射側方向に比較的高速したエネルギー放射がある。これと入射波とを重ねることにより得られる全変形場は、地表面応力自由の条件により地表面において比較的大きな変位振幅をもち、入射側での地盤変位振幅の位置に関する大きな増分量をもつ分布になる (FIG 3)。また、地表面における変位振幅は FIG 4 である。これらの図から分かるように、構築物が動かない ($\Delta=0$) と動く ($\Delta \neq 0$) 場合に前者の変位振幅値は後者のそれより大であり、また、構築物から源が離れるに従って、構築物及びその周辺地盤での変位振幅は減少する。一般に $\Delta=0$ の解析は容易であるが、 Δ の ω に対する変化 FIG 5 に示されるように、 ω が十分大又は r_0 が十分大の条件が必要である。◇**Step荷重** 構成係数 $E=500 \text{ ton/cm}^2$, $\nu=0.25$, $\rho=2.5 \text{ g/cm}^3$ をもつ地盤を有限要素に分割し、Step荷重を加速度 200 cm/s^2 を与えしめるものとしてその位置に載荷する (FIG 6)。源から放出された波は(空の)構築物により反射され鉛直方向に卓越して伝播される。従って、定常の場合(構築物は剛)との比較によって、構築物が軟いとき変形分布に“影”が生じる。

Ⅲ.トンネル構築物 ◇**定常波** 半無限体にP波の定常波源左先端にその開口部を有する系の far field 解を得るために、簡単のためその開口部(トンネル)をスリットとする (FIG 7)。この系における変形のポテンシャル場は、運動方程式の解 $\Phi = \sum_{n=0}^{\infty} a_n H_n^{(1)}(kr) e^{i\omega t}$ が境界条件 $\frac{\partial \Phi}{\partial r} = 0$ at $\theta = \pi$ を満足するようにして決められる。そしてそれは一簡単な解として $\Phi = \phi_0 H_0^{(1)}(kr) \cos \frac{\theta}{2} e^{i\omega t}$ であり、FIG 8 にこのときの変形が記される。この図から、far field において、掘削前面方向に半径方向の変位が、後面方向に接線方向の変位が卓越して生ずることが分かる。また、半径方向のポテンシャル分布は指数減衰的である。逆にこのことは高振動数領域において、掘削先端部に応力の集中部分が生ずることを意味する。◇**ステップ荷重** 系を far field でなく若干ミクロ的に眺める。系を FIG 9 のように有限要素に分割し、開口部先端に Step 荷重 200 ton を載荷させたときの等変位曲線は FIG 9 である。この図において、掘削点を中心として円状に波面が広がっている。

Ⅳ.おまけ ここでは、半地中及び地中構築物の定常波及び衝撃波に対する応答が調べられ、次の理解される。

(i) 半地中構築物 構築物周辺の1点にある源から放出される波に対して構築物から生ずる散乱波は、源の方向に

主に卓越して放出される。この傾向は源を無限に遠く構造物から離れたいある平面波の場合に対してどうか
えれる。また、源と反対方向の構造物周辺地盤において、比較的大きな変形がみられる。

(ii) トンネル構造物 円振動数 ω が大きくなるとその振動域地盤にお
いて変形挙動が位置によって集約される傾向が異なること、また振
動部分の形状を完全に無視しない若干のミクロ的立場における
Scap構造に対する応答の結果で変位分布が同心円状にあること
から、地盤のゆるみ領域は、振動点付近にほぼ同心円的に存在
するであろう。今後の計算において(1)構造物を弾塑性として
扱う必要が (ii) 地盤の成層状態、破砕帯、割裂として非弾性
材料特性
を考慮す
る必要が
ある。

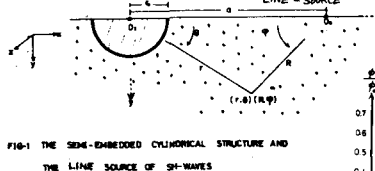


FIG-1 THE SEMI-EMBEDDED CYLINDRICAL STRUCTURE AND THE LINE-SOURCE OF SH-WAVES

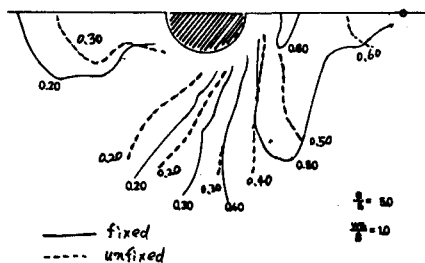


FIG3 DISTRIBUTION OF TOTAL DISPLACEMENT

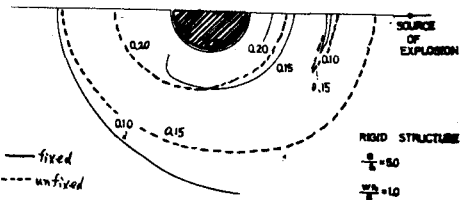


FIG2 DISTRIBUTION OF DISPLACEMENT BY RADIATION WAVE

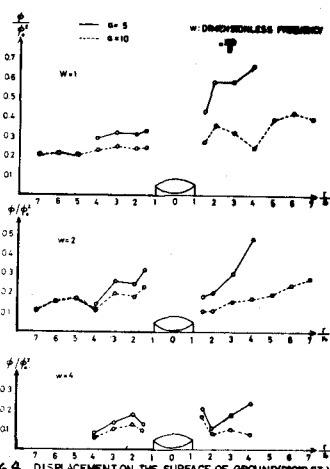


FIG4 DISPLACEMENT ON THE SURFACE OF GROUND (RIGID ST.)

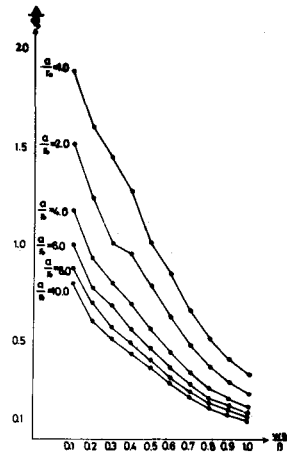


FIG5 DISPLACEMENT OF RIGID STRUCTURE VERSUS FREQUENCY OF INCIDENT WAVE

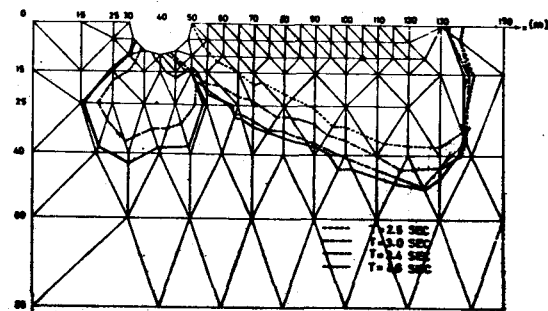


FIG6 DISPLACEMENT IN THE "X-DIRECTION" BY P-WAVE

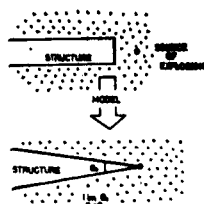


FIG7 ANALYTICAL MODEL

5. 参考文献

- (1) 富樫、水野、川本 "地中構造物の震害地盤5ヶ所調査報告" 土木学会研究報告 1975
- (2) 木野、十 "非弾性土質構造物の震害地盤5ヶ所調査報告" 第24回土木学会研究報告 1974
- (3) Yamakawa "Scattering and attenuation of Elastic waves" Geophys. mag., Tokyo 1962
- (4) 藤田 "地中構造物の震害地盤5ヶ所調査報告" 第24回土木学会研究報告 1975

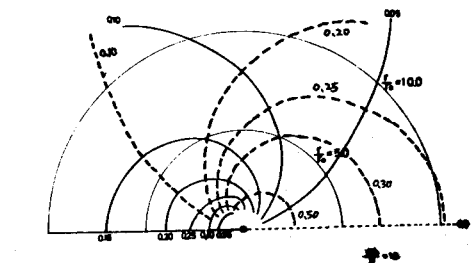


FIG8 DISTRIBUTION OF ISO-AMPLITUDE IN THE TANGENTIAL DIRECTION BY THE FIRST APPROXIMATION

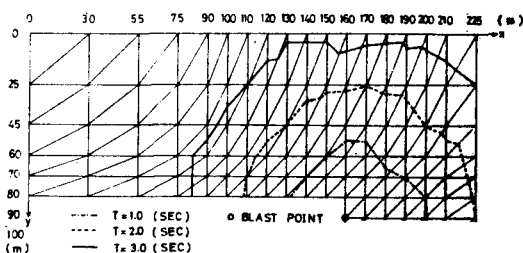


FIG9 PROPAGATION OF DISPLACEMENTS WITH SCALE OF 1 (cm) IN THE X DIRECTION AT EACH TIME AFTER BLAST