

(43) 大阪地盤深部基盤構造と それに起因する地震動特性

(財) 大阪土質試験所 香川敬生
 " 岩崎好規
 " 澤田純男
 大阪市立大学 中川康一
 阪神高速道路公団 江見 晋

はじめに これまで大阪地盤を対象として、その地震動特性の把握に努めてきたが¹⁾、大阪平野の地盤構造については不明の点が多く、その構造に関しては推定モデルによらざるを得なかった。このため、大阪平野の深部基盤構造の把握を目的として、昭和63年12月26日に大阪湾北港北地区において大規模発破実験が実施され、発破点を中心として大阪平野の南北に観測点を配置した。また、昭和63年11月18日には紀伊半島の地殻構造を対象とした爆破地震動研究グループの発破実験がおこなわれ、このうち最北の発破点となる河内長野市小深における発破地震動を大阪湾北港発破実験の逆測線記録とみなして観測をおこなった。これらの観測記録の走時を用いて、大阪平野の深部基盤構造の解析をおこない、おおまかな基盤構造を把握することができた。また、発破実験より推定した基盤構造に対してAL法^{2),3)}を用いた地震動シミュレーションを実施した。

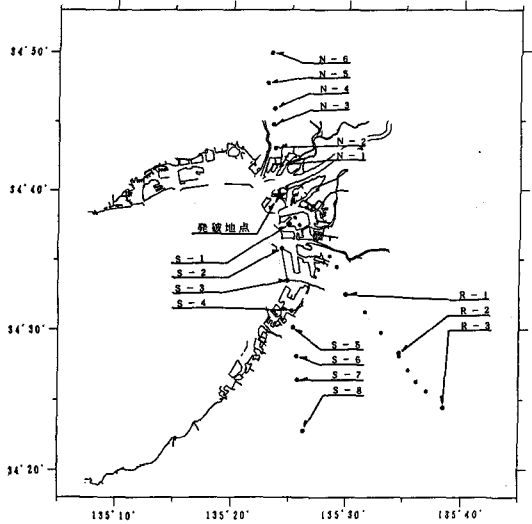


図-1 発破点および観測点

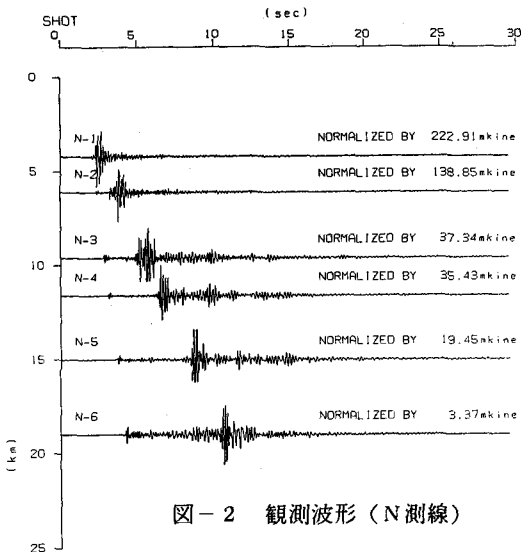


図-2 観測波形 (N測線)

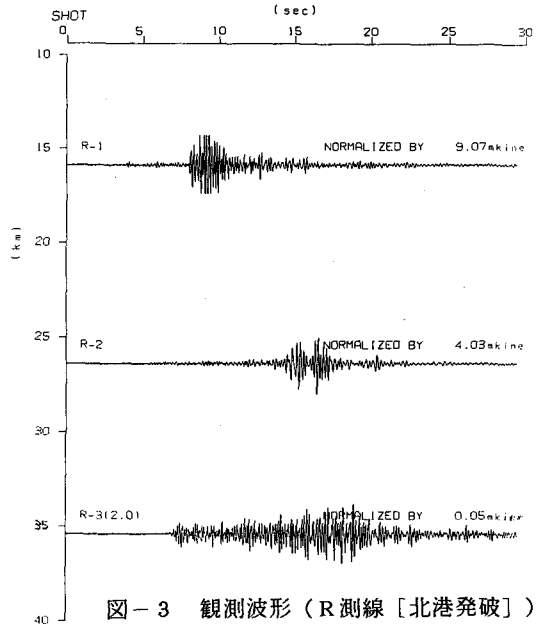


図-3 観測波形 (R測線 [北港発破])

観測記録 発破点および震動観測点を図-1に示す。大阪湾北港発破点(R-0に相当)より南北に展開したN, S測線を総称して南北測線, 大阪湾北港発破点より南東に展開し, 河内長野市小深発破点(R-3に相当)を結ぶR測線を河内長野測線と称する。図-2に大阪湾北港発破点によるN測線の観測記録波形を, また図-3に同発破によるR測線の観測記録波形の一部を示す。また, 図-4に南北測線の走時を, 図-5に河内長野測線の両端発破による走時を示す。

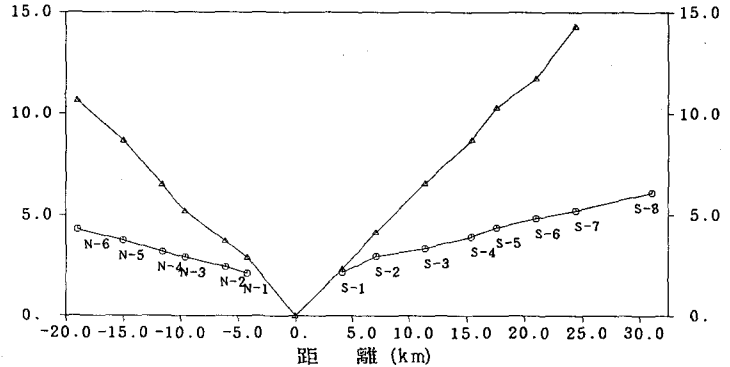


図-4 観測走時(南北測線)

河内長野測線の解析 河内長野測線については両端の発破実験による記録を得ているため, 「はぎとり法」によって各観測点での基盤までの往復走時に相当する値(タイムターム)を求めることができる。しかし今回の観測では, 両発破における同一点観測記録が少ないため正確にタイムタームを計算できる観測点が少ない。そこで, 走時図上で記録の直線補間を実施し, ひとつでも観測走時のある観測点でのタイムタームを計算した(図-6: 黒四角印は北港発破点近傍でのタイムターム)。堆積層および基盤のP波速度を与えれば, タイムタームは基盤深度に置き換えることができる。ちなみに発破点近傍で推定されている堆積層内の平均P波速度2.15km/s, 基盤のP波速度5.45km/sを与えると, 小深側の最も浅い点(二重丸印)で320m, 北港側の最も深い点(黒丸印)で1950m程度となる。北港発破点近傍の観測記録が無いいため北港近傍の議論はできないが, 概して小深側から一様に基盤が深くなる構造となっている。

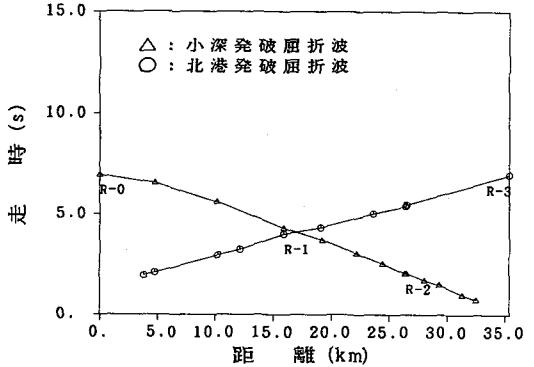


図-5 観測走時(河内長野測線)

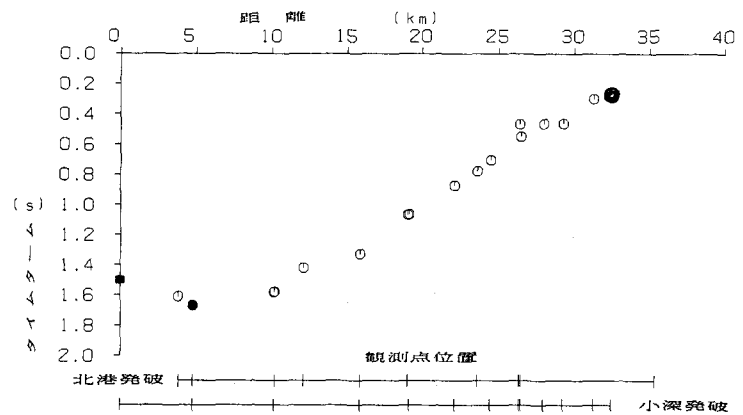


図-6 河内長野測線のタイムターム

南北測線の解析 南北測線に関しては、N、S両測線とも大阪湾北港北地区で実施された発破だけが測線上にある発破であるため、河内長野測線のように基盤までの走時に相当する値を一意的に求めることはできない。そこで、

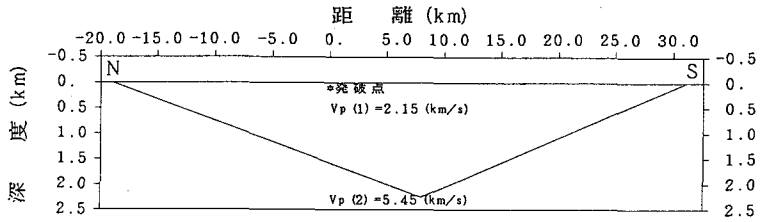


図-7 南北測線の推定基盤構造

図-4に示した屈折波走時を最小2乗法を用いて直線で近似し、その直線の傾きの逆数が見かけの基盤P波速度に相当することを用いて、おおまかな基盤構造を推定した。ここで、真の基盤P波速度を仮定すると、各々の測線で見かけの基盤P波速度を示すような基盤傾斜を求めることができる。各測線の最も山側の観測点の基盤深度を0 kmと仮定し、計算した基盤傾斜に基づいて発破点に向けて堆積層と基盤の境界線を引けば南北測線の基盤構造が求まり、両端からの境界線の交点が基盤の最深点となる。ここでは、基盤傾斜から得られる構造が、発破点近傍で推定されている堆積層平均P波速度2.15km/s、基盤深度1600mを満足するように真の基盤P波速度を決定した。その結果、真の基盤P波速度は5.45km/sとなり、北港発破点の南8 km程度の地点で基盤は最も深くなり、その深度は2250mとなった(図-7)。

シミュレーション用いた構造モデル 大阪平野南北断面の地震動のシミュレーションを実施する。発破実験の走時記録の解析から推定した構造には基盤構造の変化が大きい部分があり、そのままでは今回実施したAL法によるシミュレーションには適さない。また、発破実験から推定された速度構造はP波のものであり、シミュレーションはSH波を対象にしているためS波速度構造を知っておく必要がある。このため、AL法で計算するための構造モデルとして、基盤がなめらかに変化するモデルを設定し、またP波速度とS波速度の経験式からS波速度を推定し、大阪市域で用いられている密度構造に基づいて密度を設定した(図-8)。

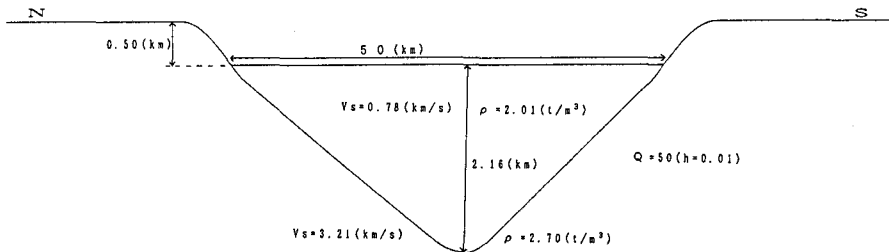


図-8 シミュレーションに用いた構造断面

シミュレーション 発破実験より推定した大阪地盤の深部構造を用いて、平面SH波入射に対する大阪地盤南北断面の地表面応答を計算した。この地表面応答に対して、Ricker Waveletの変位波形を入力し、地表面の変位応答波形をシミュレーションした。地表面応答の計算には、Aki & Larner(1970)のDiscrete Wave-number法を不整形多層構造地盤に適用できるように拡張した、堀家(1987)の方法を用いた。計算を実行した周期は0.87~51.2秒である。構造モデルの南側より入射角0.5rad(約30度)で2秒、5秒を中心周期とするRicker Waveletが入射した場合のシミュレーション結果を、それぞれ図-9、10に示す。図-9の中心周期2秒のRicker Wavelet入射に関しては、堆積層内での多重反射が顕著に見られ、また、堆積盆地構造端部からの2次的な波群の伝播による影響が特徴的である。図-10に示した中心周期5秒のシミュレーション結果は、中心周期2秒の場合に比べて堆積層内での振幅が全般的に大きく、堆積盆地端部で生成した2次的

な波群についても直達波と変わらない程度の大きな振幅を示している。これは、基盤を含めた構造全体に1%の減衰を与えたことが、周期の長い5秒の場合では2秒の場合に比べて効かなかったこと、および設定した大阪地盤構造の固有周期が2秒よりも5秒に近い長周期であることに起因しているものと考えられる。

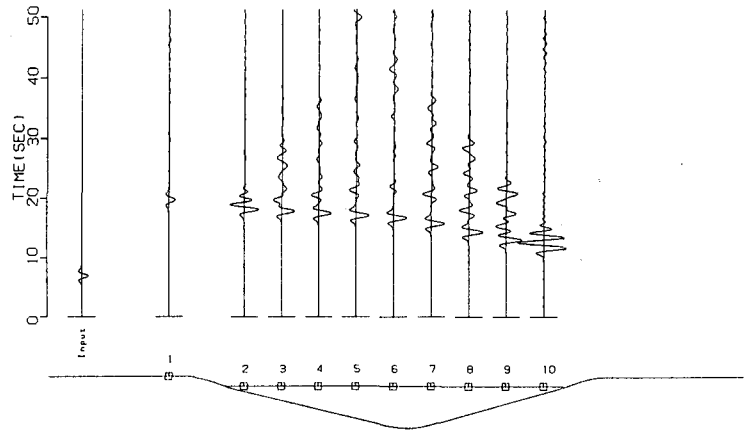


図-9 シミュレーション結果 (中心周期2秒)

おわりに 大阪湾北港北地区で実施された大規模発破実験の観測記録を用いて、大阪平野内の基盤深度を推定した。ここで推定した構造は第1次近似的なものであり、今後より詳細な構造についての検討を進めたい。また、発破実験より推定した南北基盤構造を用いて、大阪地盤の地震動シミュレーションをおこなった結果、大阪地盤では堆積盆地構造の端部より2次的な波群が生成すること、2秒よりは5秒の中心周期を持った入射波に対してより大きな応答を示すことがわかった。大阪平野内の観測地震記録は豊富ではないが、特徴的な地震動を示している。今後、大阪平野内での観測地震にみられる種々の特徴をふまえ、基盤構造とシミュレーションの両面から、それらの現象について検討を進めてゆきたい。

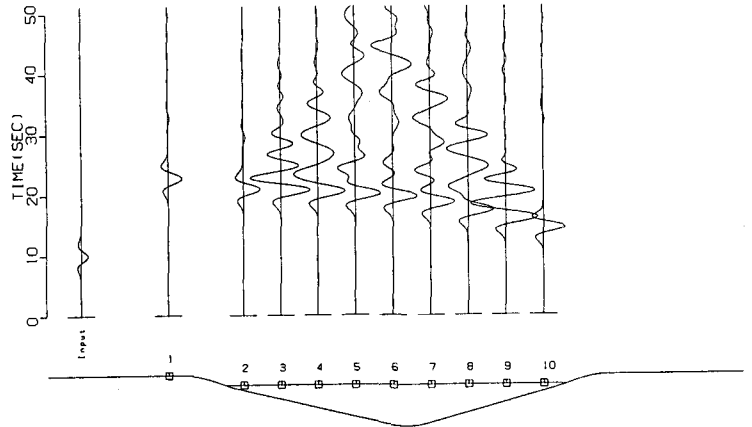


図-10 シミュレーション結果 (中心周期5秒)

謝 辞 昭和63年11月18日の震源として、地震予知特別事業費で実施された爆破地震動研究グループによる爆破実験を利用させて頂きました。また、観測にあたっては、大阪市立大学三田村宗樹助手、辻彰洋氏の協力を頂きました。ここに深く感謝致します。

参考文献

- 1) 川川敬生・岩崎好規・澤田純男：A L法による大阪地盤の震動特性の解析，土木学会第43回年次学術講演会概要集，I-464，1988
- 2) AKI, K. and K. LARNER：Surface Motion of a Layered Medium having an Irregular Interface due to Incident Plain SH waves, J. Geophys. Res., 75, 933-954, 1970
- 3) 堀家正則：複数の曲がった境界を有する減衰のある媒質の地震応答計算法へのA L法の拡張とそれを用いた堆積盆地の地震動の特性，地震，40巻2号，247-259，1987