

I - B308 コヒーレンスにより評価した高密度強震観測記録の相関性について

建設省土木研究所 正員 本田 利器
同 正員 田村 敬一

1. はじめに

長大橋梁等の大規模土木構造物の耐震設計の合理化のためには、入力地震動の設定において、地震動の伝播特性等を考慮することが必要となるが、この点については未解明な点も多く、強震記録に基づく検討が重要である。この点に鑑み、土木研究所では高密度（アレー）強震観測を実施してきており、また、平成8年度には新たな観測も開始した。

本検討では、高密度強震観測により得られた強震記録の相関性について、和泉ら¹⁾による三次元入出力系のコヒーレンス関数の検討を行った。また、強震計の設置方向の精度を観測された強震記録のコヒーレンスを用いて評価する方法について、和泉ら¹⁾や山崎ら²⁾による研究があるが、これらは、基本的に硬質地盤における記録を対象としたものである。土木研究所が行っている高密度強震観測記録は、地形や地盤構成が複雑で、比較的軟弱な地盤上に展開されているため、その適用性について検討を試みた。

2. 検討手法

1) コヒーレンスの算出

コヒーレンスの算出においては、和泉ら¹⁾による三次元入出力系のコヒーレンスを用いた。以下にその概要を記す。ここで、 $[\cdot]$ はマトリクス、 $\{\cdot\}$ はベクトル、 t は転置行列、 $*$ は共役複素数を表す。

異なる2地点における直交する3成分（デカルト座標系の x 、 y 、 z 成分とし、 z 成分が鉛直成分する。）からなる地震波形を $\{x(t)\}$ 及び $\{y(t)\}$ とする。それらのフーリエスペクトル $X(f)$ 、 $Y(f)$ を用いて、パワースペクトルは $[S_{xx}(f)] = E[|X(f)|^2]$ 、 $[S_{yy}(f)] = E[|Y(f)|^2]$ と表される。また、 $\{x(t)\}$ と $\{y(t)\}$ のクロススペクトルは $[S_{xy}(f)] = E[(X^*(f) Y(f))]$ となる。 $E[\cdot]$ は期待値を表すが、本検討では、後述するように一地震の強震記録を用いるため、地震記録ごとの重み付けは考慮していない。ここで、 $\{x(t)\}$ を入力、 $\{y(t)\}$ を出力とする系において、ノイズ成分と地震波形との相関が無いことを仮定して推定される伝達関数を $[H(f)]$ とし、コヒーレンスを

$$\text{coh}^2(f) = \text{tr}([H^*(f)][S_{xy}(f)]) / \text{tr}([S_{yy}(f)])$$

と定義する。ここで、 $\text{tr}[\cdot]$ はマトリクスの対角成分和を示す。なお、フーリエスペクトルは、Parzen ウィンドウにより平滑化したものを用いた。

2) 解析に用いた記録

解析には、平成2年2月20日の伊豆大島近海での地震の際に、松崎地区に展開されている高密度強震観測で得られた強震記録の主要動部分20秒を用いた。松崎地区における強震計の配置を図-1に示す。①～④における強震計は急峻な斜面に設置されている。①地点は高度150m程度に位置し、①～③の地点にかけての斜面は軟弱な層に覆われている。また、⑥から⑩にかけては盆状の沖積層が広がっている。

本検討では、同図に示される強震観測地点の内、①、③、⑤（地表及び地中5m）及び⑨における記録を対象とした。なお、ここでは、硬質地盤上に設置された⑤（地表）の強震計を基準（上述の $\{x(t)\}$ ）とした。

3) 補正角度の算出

ある地震による異なる2地点での地震波形のうち、一地点における地震波形を $\{x(t)\}$ とし、他の一方を z 軸回りに α 、 y 軸回りに β 、 x 軸回りに γ だけ、この順番に回転させることにより作成される地震波形を $\{y(t)\}$ とする。 $\{x(t)\}$ と $\{y(t)\}$ のコヒーレンスを算出し、コヒーレンスを最大化する回転角 (α, β, γ) を算出すると、この回転角は、両地点における強震計の設置方向の差異を示すものと考えられるため、地震計の設置方向の誤差を評価できる。なお、コヒーレンスを最大化する回転角の算出においては、周波数成分ごとに算出される

キーワード：アレー観測、強震記録、コヒーレンス

連絡先：〒305 茨城県つくば市大字旭1番 建設省土木研究所振動研究室 Tel 0298-64-4963

$\text{coh}^2(f)$ の周波数範囲 $[f_{\min}, f_{\max}]$ における積分値を目的関数（以下、この目的関数を「コヒーレンス」という）とした。

3. 結果

図-2 に、 $[f_{\min}, f_{\max}] = [0.1, 4.0]$ として算出した $\text{coh}^2(f)$ の値を実線で示す。2 地点間の距離が大きい場合、高周波数領域において $\text{coh}^2(f)$ が低下している。なお、同図には、コヒーレンスを最大化した場合の $\text{coh}^2(f)$ についても破線で示してある。同図から、角度の補正による $\text{coh}^2(f)$ の向上の程度は小さいことがわかる。また、コヒーレンスを最大化する補正角度 α, β, γ についても妥当な値とならないケースもあった。

この原因について検討するため、 $f_{\min}$ 及び $f_{\max}$ 、Parzen ウィンドウの幅等の影響について検討するとともに、山崎ら²⁾の方法によるコヒーレンスの算出方法を用いた検討（図-3）等も行ったが、いずれの場合もコヒーレンスの回転角度 α, β, γ に対する依存性が非常に小さくなり、結果にばらつきがみられた。

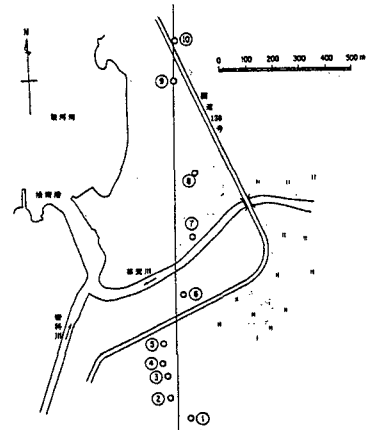


図-1 松崎地区の強震計の配置図

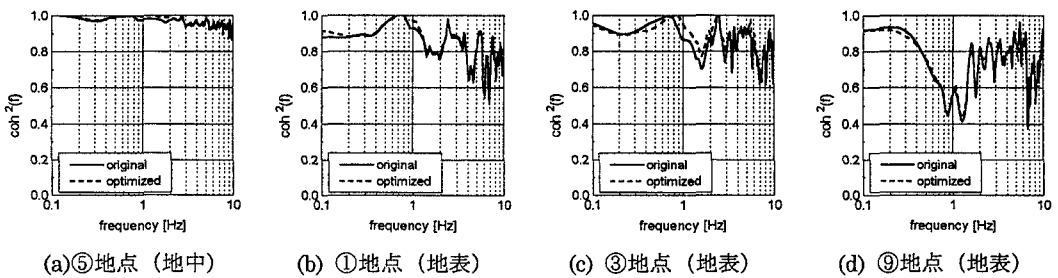


図-2 ⑤地点（地中）における強震記録を $\{x(t)\}$ として算出した各地点の $\text{coh}^2(f)$ の値（和泉らの定義による）

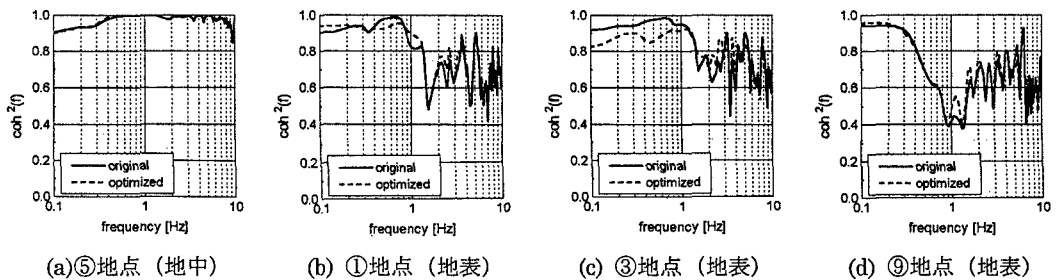


図-3 ⑤地点（地中）における強震記録を $\{x(t)\}$ として算出した各地点の $\text{coh}^2(f)$ の値（山崎らの定義による）

4. おわりに

土木研究所で行っている高密度強震観測による強震記録の相関性についてコヒーレンスによる検討を試み、地震動の相関の低減の定性的な傾向は確認できたが、設置方向の誤差の評価においては妥当な解が得られず、今後、複数の強震記録を対象として解析を行う等の検討を継続する必要がある結果となった。

参考文献

- 1) 和泉正哲 ほか：統計解析に基づく地震波の多次元波動伝播特性に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 398 号 1989 年 4 月
- 2) 山崎文雄 ほか：アレー観測における地震計設置誤差の評価、土木学会論文集 No.432/I-16, pp.231-240, 1991 年 7 月