

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3956237号
(P3956237)

(45) 発行日 平成19年8月8日(2007.8.8)

(24) 登録日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(51) Int. Cl.

F 4 2 D 1/00 (2006.01)

F I

F 4 2 D 1/00

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平10-522373	(73) 特許権者	旭化成ケミカルズ株式会社
(86) (22) 出願日	平成9年11月4日(1997.11.4)		東京都千代田区有楽町1丁目1番2号
(86) 国際出願番号	PCT/JP1997/004001	(74) 代理人	弁理士 中川 裕幸
(87) 国際公開番号	W01998/021544	(74) 代理人	弁理士 大石 祐司
(87) 国際公開日	平成10年5月22日(1998.5.22)	(74) 代理人	弁理士 岩田 啓
審査請求日	平成16年10月22日(2004.10.22)	(72) 発明者	山本 雅昭
(31) 優先権主張番号	特願平8-300086	(72) 発明者	埼玉県入間郡大井町大字大井514-5
(32) 優先日	平成8年11月12日(1996.11.12)	(72) 発明者	野田 英宏
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	宮崎県延岡市平原町1丁目85-1
(31) 優先権主張番号	特願平9-112428	(72) 発明者	佐々 宏一
(32) 優先日	平成9年4月30日(1997.4.30)		京都府京都市北区大宮中林町41
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発破工法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

特定の場所で段発発破を行い、その際に発生する振動或いは音の時系列データと該発破の段発起爆時系列を用い、該場所での単発発破の振動或いは音の時系列データを予測し、前記により得られた単発発破の予測データを基に特定の条件を満たす段発発破振動或いは音の波形となる段発起爆時系列を算出し、算出された段発起爆時系列にて、次の段発発破を実施することを特徴とする発破工法。

【請求項2】

特定の場所で段発発破を行い、その際に発生する振動或いは音の時系列データと該発破の段発起爆時系列を各々フーリエ変換して対応するスペクトルを得、これらのスペクトルを用いて単発発破の振動或いは音の時系列データに対応するスペクトルを予測し、該スペクトルをフーリエ逆変換して、前記特定の場所における単発発破の振動或いは音の時系列データを予測することを特徴とする請求項1に記載の発破工法。

【請求項3】

特定の場所で段発発破を行い、その際に発生する振動或いは音の時系列データの相互相関関数と、該発破の段発起爆時系列の自己相関関数を用いて、前記特定の場所における単発発破の振動或いは音の時系列データを予測することを特徴とする請求項1に記載の発破工法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

【 0 0 0 1 】

本発明は、発破の際に発生する振動及び音を軽減することのできる発破工法に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

従来、振動及び音を軽減する発破工法として用いられてきたものとしては、段発雷管による多段発破が最も有効であった。更に効果を上げる方法として、発破振動が問題となる地点の卓越周波数や単発発破の波形をあらかじめ測定し、これに基づいて多段発破の起爆秒時間隔を決定し、I C回路を利用した高秒時精度雷管を用いて発破する手法が特公平7 - 1 2 2 5 5 9号公報や特開平1 - 2 8 5 8 0 0号公報等に紹介されている。

【 0 0 0 3 】

10

【 特許文献 1 】

特公平7 - 1 2 2 5 5 9号公報

【 特許文献 2 】

特開平1 - 2 8 5 8 0 0号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

発破によって発生する振動や音の波形は、発破対象の岩盤によって大きく左右されるため、上記の手法において最大の効果を得ようとする場合、発破対象岩盤での発破により発生した振動や音の卓越周波数や単発発破の波形を、問題となる地点にて毎発破に先立ち毎回測定する必要がある。

20

【 0 0 0 5 】

このため、従来の方法は、毎回最大限の軽減効果を得ることが困難であった。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

上記問題点を解決するために、本発明は特定の場所で段発発破を行い、その際に発生する振動或いは音の時系列データと該発破の段発起爆時系列を用い、該発破での単発発破の振動或いは音の時系列データを予測し、前記により得られた単発発破の予測データを基に特定の条件を満たす段発発破振動、或いは音の波形となる段発起爆時系列を算出し、算出された段発起爆時系列にて、次の段発発破を実施することを特徴とする発破工法である。

30

【 0 0 0 7 】

また、本発明は、特定の場所で段発発破を行い、その際に発生する振動或いは音の時系列データと該発破の段発起爆時系列データを各々フーリエ変換して対応するスペクトルを得、これらのスペクトルを用いて単発発破の振動或いは音の時系列データに対応するスペクトルを予測し、該スペクトルをフーリエ逆変換して、前記特定の場所における単発発破の振動或いは音の時系列データを予測し、前記により得られた単発発破の予測データを基に特定の条件を満たす段発発破振動或いは音の波形となる段発起爆時系列を算出し、算出された段発起爆時系列にて、次の段発発破を実施することを特徴とする発破工法である。

【 0 0 0 8 】

また、本発明は、特定の場所で段発発破を行い、その際に発生する振動或いは音の時系列データと該発破の段発起爆時系列データの相互相関関数と、該発破の段発起爆時系列データの自己相関関数とから、ウィナーの最小二乗法の理論をLevinsonアルゴリズムにて解くことにより、該段発発破の振動或いは音の時系列データを形成したと思われる最も確からしい単発発破の振動或いは音の時系列データを予測し、前記により得られた単発発破の予測データを基に特定の条件を満たす段発発破振動或いは音の波形となる段発起爆時系列を算出し、算出された段発起爆時系列にて、次の段発発破を実施することを特徴とする発破工法である。

40

【 0 0 0 9 】

段発発破による特定の場所での振動或いは、音の時系列データと該発破の段発起爆時系列を用いて単発発破の振動或いは、音の時系列データを予測する手法は種々のものが考えら

50

れる。本発明においては現行の段発発破、即ち、最近時の段発発破の振動或いは、音の時系列データと該発破の段発起爆時系列のみを用いる方法、現行の段発発破に加えて過去数回の段発発破の振動或いは、音の時系列データと該発破の段発起爆時系を用いる方法のいずれによっても良い。以下には簡単のため現行の段発発破の振動或いは、音の時系列データと該発破の段発起爆時系列のみを用いる場合のいくつかの例について説明する。

【 0 0 1 0 】

最初に逐次分解算出法について説明する。

【 0 0 1 1 】

現行の段発発破による特定の場所での振動或いは音の時系列データを a_m 、該発破の段発起爆時系列を Δ_i とすれば、予測したい単発発破の振動或いは音の時系列データ X_m は、下記のよう順次算出することができる。なお、 a_m 及び X_m は、標本点間隔 Δt 、標本数 N でサンプリングした m 番目のデータを示す。従って、 m は、 $0 \leq m \leq N - 1$ の値をとる。また、 Δ_i は i 番目の段発起爆時刻 T_i を Δt にて除した整数で、段発数を L とすれば、 i は $0 \leq i \leq L - 1$ の値をとる。

【 0 0 1 2 】

なお、 Δ_0 は 0 である。

【 0 0 1 3 】

【 数 1 】

$$\Delta_0 \leq t \leq \Delta_1, \quad X_t = a_t$$

$$\Delta_1 \leq t \leq \Delta_2, \quad X_t = a_t - X_{(t-\Delta_1)}$$

$$\Delta_2 \leq t \leq \Delta_3, \quad X_t = a_t - X_{(t-\Delta_1)} - X_{(t-\Delta_2)}$$

⋮

$$\Delta_i \leq t \leq \Delta_{i+1}, \quad X_t = a_t - \sum_{n=1}^i X_{(t-\Delta_n)}$$

⋮

$$\Delta_{L-1} \leq t \leq N-1, \quad X_t = a_t - \sum_{n=1}^{L-1} X_{(t-\Delta_n)}$$

【 0 0 1 4 】

次に、フーリエ変換法について述べる。

【 0 0 1 5 】

現行の段発発破による特定の場所での振動或いは音の時系列データを $A_{(t)}$ 、該発破の段発起爆タイミングとその段発数、1 発毎の振幅の大きさの比を表す時系列データを $\zeta_{(t)}$ 、予測したい単発発破の振動或いは音の時系列データを $X_{(t)}$ とすると、3 つの時系列データには下記のような関係が認められる。

【 0 0 1 6 】

【 数 2 】

$$A_{(t)} = \sum_{s=1}^n X_{(t-ts)} \cdot \zeta_{(ts)} = X_{(t)} * \zeta_{(t)}$$

(* ; コンボリューション)

【 0 0 1 7 】

即ち、段発発破波形 $A_{(t)}$ は、単発発破波形 $X_{(t)}$ と $\zeta_{(t)}$ のコンボリューションで表される。ここで、 $t_0 = 0$ 、 $t < 0$ で $X_{(t)} = 0$ である。

【 0 0 1 8 】

また、 $\zeta_{(t)}$ は例えば各発破の振幅が等しいとすれば各発破タイミング $t = t_0, t_1, \dots$

10

20

30

40

50

・ ・ t_n で $\zeta_{(t)} = 1$ 、その他の t で $\zeta_{(t)} = 0$ となる。

【 0 0 1 9 】

上記式をフーリエ変換すると、次の式になる。

【 0 0 2 0 】

【 数 3 】

$$A_{(t)} = X_{(t)} \cdot \zeta_{(t)} \quad f; \text{周波数}$$

よって、

$$X_{(t)} = A_{(t)} / \zeta_{(t)}$$

10

【 0 0 2 1 】

となり、 $A_{(t)}$ 、 $\zeta_{(t)}$ は $A_{(t)}$ 、 $\zeta_{(t)}$ から求まるので、 $X_{(t)}$ が求まる。これを逆フーリエ変換して周波数領域から時間領域に変換し、予測したい単発発破の振動或いは音の時系列データ $X_{(t)}$ を得る。

【 0 0 2 2 】

次に、デ・コンボリューション法について述べる。

【 0 0 2 3 】

現行の段発発破による特定の場所での振動或いは音の時系列データを A_t 、 A_t から計測誤差や、段発発破における各段毎の単発発破の振動或いは音のばらつきを取り除いた理想的な振動或いは音の時系列データを B_t 、該発破の段発起爆時系列データを ζ_t (ζ_t は例えば各発破の振動が等しいとすれば各発破タイミング $t = t_0, t_1, \dots, t_n$ で $\zeta_t = 1$ 、その他の t で $\zeta_t = 0$ となる。) 予測したい単発発破の振動或いは音の時系列データを X_t とする。

20

【 0 0 2 4 】

上記 4 つの時系列データには下記のような関係が認められる。

【 0 0 2 5 】

【 数 4 】

$$\sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s} = X_t * \zeta_t = \frac{B_t}{A_t}$$

30

(* : コンボリューション)

【 0 0 2 6 】

よって、最も A_t と B_t の誤差が最小になるような X_t を算出することが出来れば、それが求めたい単発発破の振動或いは音のデータである。

【 0 0 2 7 】

そこで、ウィナーの最小二乗法の理論に従って、以下の方法にて算出する。

【 0 0 2 8 】

まず、 A_t と B_t の誤差のエネルギーを E とすると、

40

【 0 0 2 9 】

【 数 5 】

$$E = \sum_{t=0}^n (A_t - B_t)^2$$

であり、また

$$B_t = \sum_{s=0}^n X_s \cdot \zeta_{t-s}$$

10

だから、

$$E = \sum_{t=0}^n \left(A_t - \sum_{s=0}^n X_s \cdot \zeta_{t-s} \right)^2$$

20

【 0 0 3 0 】

となる。誤差のエネルギーは $\partial E / \partial X_i = 0$ の時に最小になるので

【 0 0 3 1 】

【 数 6 】

$$\partial E / \partial X_i = \partial \left\{ \left(\sum_{t=0}^n A_t \right)^2 - 2 \sum_{t=0}^n A_t \sum_{s=0}^n X_s \cdot \zeta_{t-s} + \sum_{t=0}^n \left(\sum_{s=0}^n X_s \cdot \zeta_{t-s} \right)^2 \right\} / \partial X_i$$

$$= -2 \sum_{t=0}^n A_t \zeta_{t-i} + 2 \sum_{t=0}^n \left(\sum_{s=0}^n X_s \cdot \zeta_{t-s} \right) \zeta_{t-i} = 0$$

【 0 0 3 2 】

30

【 数 7 】

よって

$$\sum_{s=0}^n X_s \sum_{t=0}^n \zeta_{t-s} \zeta_{t-i} = \sum_{t=0}^n A_t \zeta_{t-i}$$

ここで、

$$\sum_{t=0}^n \zeta_{t-s} \zeta_{t-i} = \phi_{i-s} \quad (\phi : \zeta \text{ の自己相関関数})$$

$$\sum_{t=0}^n A_t \zeta_{t-i} = \phi_i \quad (\phi : A \text{ と } \zeta \text{ の相互相関関数})$$

よって、

$$\sum_{s=0}^n X_s \phi_{i-s} = \phi_i$$

となる。

【0033】

これを Levinson アルゴリズムにより解き、求めたい単発波形 X_i を算出する。

【0034】

なお、これらの方法によって予測された予測の精度を向上させるためには、移動平均、バンドパスフィルター等を用いて、現行の段発発破による特定の場所での時系列データの S/N 比をできるだけ良くしておく必要がある。

【0035】

次に、前記により得られた単発発破の予測データを基に、特定の条件を満たす段発発破振動或いは音の波形となる段発起爆時系列を算出する方法としては種々の方法が考えれる。例えば、特公平 7 - 122559 号公報に示されるような、卓越周波数に基づき振動波が干渉するような起爆秒時間隔を設定する方法、特開平 1 - 285800 号公報に示されるような、重ね合わせの原理に基づき本発破の振動波形を予測し、最適秒時間隔を選択する方法、特公平 8 - 14480 号公報に示されるような M 系列を利用する方法、火薬学会誌、Vol. 55、No. 4、1994 に示されるような自己相関関数及び相互相関関数を利用する方法などがある。

【0036】

なお、特定の条件とは、振動であれば、変位振幅、変位速度振幅、変位加速度振幅あるいは振動レベル、振動加速度レベル等の評価値を最小にすること、音であれば、音圧振幅或いは騒音レベル等の評価値を最小にすることである。また、特定の周波数範囲に対して、上記評価値を最小にすることを特定の条件とする場合もある。

【0037】

段発起爆時系列が算出されれば、例えば、特開昭 62 - 261900 号公報や、特開平 1

10

20

30

40

50

- 285800号公報で知られている秒時精度の良い雷管によって該起爆時系列にて発破を行う。この発破に起因する振動或いは音は、特定の場所にて計測がなされ、該発破の段発起爆時系列とともに、次発破の単発発破の振動或いは音の時系列データ予測のために再度用いられる。

【発明の効果】

【0038】

本発明の発破工法によれば、振動や音が問題となる地点で地盤の卓越周波数や単発発破の波形を、毎発破に先立ち別途測定することなしに、段発発破に伴う特定の場所での振動或いは音を最小限に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0039】

以下、実施例によって本発明の発破工法を具体的に説明する。

【0040】

長辺25m、短辺25m、深さ4mの池の中心付近の水深2mの位置に、含水爆薬（商品名サンベックス）100gに起爆秒時を適宜設定した電氣的遅延電氣雷管（商品名EDD）を装着したものの複数個を、お互いに約1mの離隔で配置した後に起爆し、該池より100m離れた地盤上（以後A地点と呼ぶ）で地盤振動（法線方向X、接線方向Y、垂直方向Z）を測定し、本発明の効果を確認した。

【実施例1】

【0041】

20

起爆時間を10ms、40ms（起爆時間間隔30ms）に設定した電氣的遅延電氣雷管2本に、含水爆薬100gを装着したものを水中に設置、起爆し、A地点で該発破の地盤振動を測定した。得られた波形の内、鉛直方向振動波形を図1に示す。また、起爆時間10msに設定した電氣的遅延電氣雷管に、含水爆薬100gを装着したものを水中に設置し、単独で起爆した場合のA地点での地盤振動も測定した。結果の内、鉛直方向振動波形を図2に示す。

【0042】

続いて、図1の波形から、本波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を推定した。本発明に示す逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法により得られた波形を図3-1、図3-2図3-3に示す。

30

【0043】

次に、推定された波形（図3-1、図3-2、図3-3）を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき、次発破（2段発発破）の鉛直方向振動波形を種々の起爆時間間隔について予測したところ、120msの起爆秒時間間隔においてA地点での鉛直方向振動の最大変位速度振幅が最小となるとの結論が得られた。逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法からの120msで2段発発破の鉛直方向振動予測結果を図4-1、図4-2、図4-3に示す。

【0044】

この結果に基づき起爆時間を10ms、130ms（起爆時間間隔120ms）に設定した電氣的遅延電氣雷管2本に含水爆薬100gを装着したものを水中に設置、起爆し、A

40

【0045】

以上の得られた9個の波形のうち、まず、単発発破により得られた図2と、段発発破から本発明の逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法により予測された単発波形である図3-1、図3-2、図3-3を比較すると、その波形は非常に類似しており、逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法は共に有効な単発波形予測手法であることがわかる。さらに両波形の類似度を相互相関係数により評価したところ、図2と図3-1、図3-2、図3-3の相関係数はそれぞれ0.88、0.93、0.96となり、定量的にも類似していることが証明できる。

【0046】

50

次に、逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法から予測された単発波形を用いて、起爆時間間隔 120ms で 2 段発発破を実施した場合の、A 地点での鉛直方向振動波形を線形重ね合わせの原理に従い、予測した図 4 - 1、図 4 - 2、図 4 - 3 と、実際に起爆時間間隔 120ms で 2 段発発破を実施して、A 地点で得られた鉛直方向振動波形である図 5 を比較すると、これも非常に良く一致しているのがわかる。ちなみに図 4 - 1、図 4 - 2、図 4 - 3 と図 5 の相関係数はそれぞれ 0.92、0.92、0.91 であった。

【実施例 2】

【0047】

起爆時間を 10ms、40ms、70ms、100ms、130ms、(起爆時間間隔 30ms) に設定した電氣的遅延電気雷管 5 本に、含水爆薬 100g を装着したものを水中に設置、起爆し、A 地点で該発破の地盤振動を測定した。得られた波形の内、鉛直方向振動波形を図 6 に示す。

10

【0048】

続いて、図 6 の波形から、本波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を推定した。本発明に示す逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法により得られた波形を図 7 - 1、図 7 - 2、図 7 - 3 に示す。

【0049】

次に、推定された波形(図 7 - 1、図 7 - 2、図 7 - 3)を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき、次発破(5 段発発破)の鉛直方向振動波形を種々の起爆時間間隔について予測したところ、90ms の起爆秒時間間隔において A 地点での鉛直方向振動の最大変位速度振幅が最小となるとの結論が得られた。逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法からの 90ms で 5 段発発破の鉛直方向振動予測結果を図 8 - 1、図 8 - 2、図 8 - 3 に示す。

20

【0050】

この結果に基づき、起爆時間を 10ms、100ms、190ms、280ms、370ms (起爆時間間隔 90ms) に設定した電氣的遅延電気雷管 5 本に、含水爆薬 100g を装着したものを水中に設置、起爆し、A 地点で地盤振動を測定した。得られた波形の内、鉛直方向振動波形を図 9 に示す。

【0051】

30

まず、単発発破により得られた図 2 と、段発発破から本発明の逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法により予測された単発波形である図 7 - 1、図 7 - 2、図 7 - 3 を比較する。両手法を適用する段発発破のデータは 5 段発となったが、結果は 2 段発に適用した場合と遜色なく非常に類似しており、安定して逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法が有効な単発波形予測手法であることがわかる。ちなみに、図 2 と図 7 - 1、図 7 - 2、図 7 - 3 との相関係数は 0.92、0.96、0.93 であった。

【0052】

次に、逐次分解算出法、フーリエ変換法、デ・コンボリュージョン法から予測された単発波形を用いて、起爆時間間隔 90ms で 5 段発発破を実施した場合の、A 地点での鉛直方向振動波形を線形重ね合わせの原理に従い予測した図 8 - 1、図 8 - 2、図 8 - 3 と、実際に起爆時間間隔 90ms で 5 段発発破を実施して、A 地点で得られた鉛直方向振動波形である図 9 を比較すると、これも非常に良く一致しているのがわかる。ちなみに図 8 - 1、図 8 - 2、図 8 - 3 と図 9 の相関係数は 0.86、0.90、0.89 であった。

40

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明の発泡工法は、発破の際に発生する振動及び音を軽減するのに有用である。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】起爆時間を 10ms、40ms (起爆時間間隔 30ms) に設定した電氣的遅延

50

電気雷管 2 本に含水爆薬 100 g を装着したものを水中に設置、起爆し、A 地点にて得られた地盤の鉛直方向振動波形を示す。

【図 2】起爆時間を 10 ms に設定した電氣的遅延電気雷管に含水爆薬 100 g を装着したものを水中に設置し、単独で起爆した場合の A 地点にて得られた地盤の鉛直方向振動波形を示す。

【図 3】図 3 - 1 は図 1 の波形から、本発明に示す逐次分解算出法により推定した、図 1 波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を、図 3 - 2 は図 1 の波形から、本発明に示すフーリエ変換法により推定した、図 1 波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を、図 3 - 3 は図 1 の波形から、本発明に示すデ・コンボリューション法により推定した、図 1 波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を示したものである。

10

【図 4】図 4 - 1 は図 3 - 1 の波形を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき 120 ms の起爆秒時間隔にて 2 段発発破を実施した場合に、A 地点で予測される鉛直方向振動波形を、図 4 - 2 は図 3 - 2 の波形を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき 120 ms の起爆秒時間隔にて 2 段発発破を実施した場合に、A 地点で予測される鉛直方向振動波形を、図 4 - 3 は図 3 - 3 の波形を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき 120 ms の起爆秒時間隔にて 2 段発発破を実施した場合に、A 地点で予測される鉛直方向振動波形を示したものである。

【図 5】起爆時間を 10 ms、130 ms（起爆時間間隔 120 ms）に設定した電氣的遅延電気雷管 2 本に含水爆薬 100 g を装着したものを水中に設置、起爆し、A 地点にて得られた地盤の鉛直方向振動波形である。

20

【図 6】起爆時間を 10 ms、40 ms、70 ms、100 ms、130 ms（起爆時間間隔 30 ms）に設定した電氣的遅延電気雷管 5 本に含水爆薬 100 g を装着したものを水中に設置し、これを起爆することにより、A 地点にて得られた地盤の鉛直方向振動波形である。

【図 7】図 7 - 1 は図 6 の波形から、本発明に示す逐次分解算出法により推定した、図 6 波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を、図 7 - 2 は図 6 の波形から本発明に示すフーリエ変換法により推定した、図 6 波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を、図 7 - 3 は図 6 の波形から本発明に示すデ・コンボリューション法により推定した、図 6 波形を構成する単発発破の鉛直方向振動波形を示したものである。

【図 8】図 8 - 1 は、図 7 - 1 の波形を用いて線形重ね合わせの原理に基づき 90 ms の起爆秒時間隔にて 5 段発発破を実施した場合に、A 地点で予測される鉛直方向振動波形を、図 8 - 2 は、図 7 - 2 の波形を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき 90 ms の起爆秒時間隔にて 5 段発発破を実施した場合に、A 地点で予測される鉛直方向振動波形を、図 8 - 3 は、図 7 - 3 の波形を用いて、線形重ね合わせの原理に基づき 90 ms の起爆秒時間隔にて 5 段発発破を実施した場合に、A 地点で予測される鉛直方向振動波形を示したものである。

30

【図 9】起爆時間を 10 ms、100 ms、190 ms、280 ms、370 ms（起爆時間間隔 90 ms）に設定した電氣的遅延電気雷管 5 本に含水爆薬 100 g を装着したものを水中に設置、起爆し、A 地点にて得られた地盤の鉛直方向振動波形を示す。

The graph shows a horizontal baseline. Initially, the signal consists of small, low-amplitude oscillations. After a certain point, the amplitude increases significantly, and the frequency of the oscillations also increases, resulting in a more complex, high-frequency waveform.

The graph shows a horizontal baseline with a series of oscillations. In the center, there is a prominent burst of high-frequency, high-amplitude oscillations. To the left and right of this central burst, there are smaller, lower-frequency oscillations that gradually decrease in amplitude as they move away from the center.

フロントページの続き

(72)発明者 山下 忠士
東京都東村山市久米川町3—5—19

審査官 加藤 友也

(56)参考文献 特公平07-122559(JP, B2)
特開平01-285800(JP, A)
特公平08-014480(JP, B2)
特開昭62-261900(JP, A)
特開平02-213908(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F42D 1/00