(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3683090号
(P3683090)
(45)発行日　平成17年8月17日(2005.8.17)　(24)登録日　平成17年6月3日(2005.6.3)

(51)Int.Cl.[7]		F I		
E02D	3/10	E02D	3/10	
E02D	1/00	E02D	1/00	
F42D	3/00	F42D	3/00	
G01V	1/00	G01V	1/00	C
G01V	1/02	G01V	1/02	B

請求項の数 2　(全 9 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平9-354816
(22)出願日　平成9年12月24日(1997.12.24)
(65)公開番号　特開平11-181753
(43)公開日　平成11年7月6日(1999.7.6)
審査請求日　平成15年1月9日(2003.1.9)

特許法第３０条第１項適用　平成９年８月１日　社団法人土木学会発行の「第５２回年次学術講演会講演概要集第３部（Ａ）」に発表

(73)特許権者　000172813
佐藤工業株式会社
富山県富山市桜木町１番１１号
(74)代理人　100082647
弁理士　永井　義久
(72)発明者　森山　健吉
東京都中央区日本橋本町４丁目１２番２０号　佐藤工業株式会社内
(72)発明者　辻野　修一
東京都中央区日本橋本町４丁目１２番２０号　佐藤工業株式会社内
(72)発明者　河野　興
東京都中央区日本橋本町４丁目１２番２０号　佐藤工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】発破による地盤振動の予測方法および発破方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

１回の発破を行う第１の試験発破を実施し、その際の地盤振動を実測する、第１の試験発破実測工程と、

前記第１の試験発破実測工程の後に、前記第１の試験発破による地盤振動の実測結果に基づいて、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行う第２の試験発破を実施した場合の地盤振動を予測する、第２の試験発破予測工程と、

前記第１の試験発破実測工程の後に、前記第２の試験発破を実施し、その際の地盤振動を実測する、第２の試験発破実測工程と、

前記第１の試験発破実測工程の後に、前記第１の試験発破による地盤振動の実測結果に基づいて、地盤振動に干渉を生ずるような時間差をもって前記第２の試験発破よりも多い回数の発破を行う本発破を実施した場合の地盤振動を予測する本発破予測工程と、

前記第２の試験発破予測工程および第２の試験発破実測工程の両方を実施した後に、前記第２の試験発破による地盤振動の実測結果と、前記第２の試験発破による地盤振動の予測結果との比較に基づいて補正係数を算出する、補正係数算出工程と、

前記本発破予測工程および補正係数算出工程の両方を実施した後に、前記本発破を行った場合の地盤振動の予測結果に補正係数を乗じて、予測結果を補正する工程と、

を実施し、補正された本発破の地盤振動の予測結果を得ることを特徴とする発破による地盤振動の予測方法。

【請求項２】

請求項１記載の地盤振動の予測方法を用い、前記本発破における時間差を仮定して地盤振動を予測し、この予測結果が任意の地盤振動となるような各発破間の時間差を定め、この各時間差をもって前記本発破を行うことを特徴とする発破方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発破による地盤振動の予測方法および発破方法に関し、さらに詳しくは、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動の予測方法、および地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を任意のものとできる発破方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

発破による緩い砂地盤の締め固めに関しては、従来より、ヨーロッパや北米を中心にして数々の施工例がある。本発明者らは、かかる発破による締め固め方法を、例えば埋立地や造成地等の軟弱地盤に適用することについて検討していた。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、発破による地盤振動は、数百ｍ以上に渡って伝搬し、近接する建物や構造物に影響を及ぼしたり、現場周辺に住宅がある場合には住民に不快感を感じさせたりすることが問題であった。特に軟弱地盤の地盤振動では、表面波が減衰しにくいことに留意する必要があった。

【０００４】

すなわち、地盤に多数の発破孔を削孔し、これら発破孔にそれぞれ爆薬を設置したり、一つの発破孔内に複数の爆薬をそれぞれ異なる深度で設置したりした場合、これらの爆薬を同時に起爆すると必要以上に大きな振動が発生するため、各爆薬を時間をずらして起爆することにより複数回の発破を行うのが望ましい。しかるに、複数回の発破を多少の時間差をもたせて行ったとしても、表面波は減衰しにくいため、ある段階における振動が残存している場合、その残存振動が次段階以降の発破による振動と干渉を生ずることにより予想以上に大きな振動が発生する場合がある。一方、地盤振動に干渉を生じないように複数回の発破を行うこともできるが、その場合、発破間の時間間隔が長くなりすぎ、作業が長期化するのを避けえない。

【０００５】

したがって、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を予測することができれば、過大な振動を未然に防ぐことができ便利である。また、そのような地盤振動を抑制することができれば、その方がさらに望ましい。

【０００６】

そこで、本発明の主たる課題は、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を予測可能とすること、および地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を任意のものとできるようにすることにある。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決した本発明の発破による地盤振動の予測方法は、１回の発破を行う第１の試験発破を実施し、その際の地盤振動を実測する、第１の試験発破実測工程と、

前記第１の試験発破実測工程の後に、前記第１の試験発破による地盤振動の実測結果に基づいて、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行う第２の試験発破を実施した場合の地盤振動を予測する、第２の試験発破予測工程と、

前記第１の試験発破実測工程の後に、前記第２の試験発破を実施し、その際の地盤振動を実測する、第２の試験発破実測工程と、

前記第１の試験発破実測工程の後に、前記第１の試験発破による地盤振動の実測結果に基づいて、地盤振動に干渉を生ずるような時間差をもって前記第２の試験発破よりも多い

回数の発破を行う本発破を実施した場合の地盤振動を予測する本発破予測工程と、
前記第２の試験発破予測工程および第２の試験発破実測工程の両方を実施した後に、前記第２の試験発破による地盤振動の実測結果と、前記第２の試験発破による地盤振動の予測結果との比較に基づいて補正係数を算出する、補正係数算出工程と、
前記本発破予測工程および補正係数算出工程の両方を実施した後に、前記本発破を行った場合の地盤振動の予測結果に補正係数を乗じて、予測結果を補正する工程と、
を実施し、補正された本発破の地盤振動の予測結果を得ることを特徴とするものである。

【０００８】
一方、本発明に係る発破方法は、上記本発明の地盤振動の予測方法を用い、前記本発破における時間差を仮定して地盤振動を予測し、この予測結果が任意の地盤振動となるような各発破間の時間差を定め、この各時間差をもって前記本発破を行うことを特徴とするものである。

【０００９】
＜作用＞
本発明においては、地盤振動の実測結果に基づいて予測を行うため、地盤構造の影響を受けない高精度な予測が可能である。一方、本発明の発破方法では、各発破による地盤振動の干渉により任意の地盤振動が生ずるような発破間の時間差を定め、この時間差に基づいて複数回の発破を行うため、その結果生ずる地盤振動が任意のものとなる。

【００１０】
尚、本発明にいう「１回の発破」には、１つの爆薬による発破の他、複数の爆薬を同時に起爆する発破も含まれる。したがい、かかる１回の発破を、時間をずらして複数回実施するのが本発明にいう「複数回の発破」である。この「複数回の発破」には、各発破間の各時間差が各々異なるものも含む。

【００１１】
【発明の実施の形態】
以下、先ず比較例について説明し、次に比較例との対比のもとで本発明の実施の形態について詳述する。
＜比較形態＞
図１は、地盤振動予測方法の比較形態、すなわち、発破による地盤振動の実測結果に基づいて、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を予測する方法を示している。尚、一つの発破孔内の複数位置にそれぞれ装薬する場合であっても、複数の装薬孔の各々に装薬する場合であっても同じである。

【００１２】
より具体的には、先ず、対象地盤において１回の発破を行い（以下、試験発破という）、その際の地盤振動を実測する。この試験発破は、例えば試験発破の発破孔を後述する本発破の発破孔近傍に設けるとともに、この孔内の適宜の位置に適宜の量の爆薬を装薬して行う。この装薬量および装薬深度は、後述の本発破で実施予定の複数回の発破のうちの、いずれか１つに合わせるのが好ましい。また、地盤振動の実測においては、例えば地盤の上下方向速度の経時変化を、地盤上の所望の位置に設置した３成分速度計等により測定する。

【００１３】
次に、この試験発破に基づいて、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合（以下、本発破という）の地盤振動を予測する。この予測のために、先ず、本発破において各発破により生ずる個々の地盤振動をそれぞれ予測する。この各地盤振動の予測は、試験発破において実測した地盤振動と、地盤振動および装薬量間の関係（例；比例関係）とに基づいて行うことができる。尚、前述のように試験発破の装薬量および装薬深度を、本発破で実施予定の複数回の発破のうちのいずれか１つに合わせた場合には、これを予測結果として援用するとともに、これを除く他の発破について各発破による各地盤振動をそれぞれ予測することができる。しかる後、各発破間の時間差を考慮して各発破による各

地盤振動を合成することにより、本発破による地盤振動の予測結果を得る。

【００１４】

以下では、装薬量２ｋｇの発破および装薬量３ｋｇの発破を地盤振動に干渉を生ずるように連続して行う本発破において生ずる地盤振動を、上記基本例に従って予測した例を示す。

【００１５】

図２は、試験発破の地盤振動実測例を示しており、縦軸に地表面の上下動速度をとり横軸に時間をとってグラフ化したもの（以下、振動波形という）である。

【００１６】

この試験発破の装薬量は３ｋｇである。また、地盤の上下動速度は、試験発破孔から略水平方向に９０ｍ離れた地点での地盤振動を３成分速度計により測定した結果から得たものである。尚、図２の振動波形において上下動速度の最大値は、０．５１７ｃｍ／秒である。

【００１７】

次に、図３は、この試験発破の実測結果に基づいて、装薬量２ｋｇの発破により生ずる振動波形を予測した結果について、０．５０秒遅らせた波形を示している。

【００１８】

そして、これら装薬量２ｋｇの発破による地盤振動の実測波形と装薬量３ｋｇの発破による地盤振動の予測波形とを任意の時間差で合成することにより、その任意時間差で本発破を行った場合の振動波形（合成波形）を得る。図４は、装薬量３ｋｇの発破を行い、続いて装薬量２ｋｇの発破を０．３４秒だけ遅らせて行った場合に生ずる振動波形の予測結果を示している。これより、本発破における発破間の時間差が０．３４秒の場合、地盤の上下動速度の最大値は０．８７０ｃｍ／秒となることが予測される。一方、図５は、装薬量３ｋｇの発破を行い、続いて装薬量２ｋｇの発破を０．５０秒だけ遅らせて行った場合に生ずる振動波形の予測結果を示している。これより、本発破における発破間の時間差が０．５０秒の場合、地盤の上下動速度の最大値は０．６９６ｃｍ／秒となることが予測される。この時間差０．５０秒の場合に生ずる振動波形の実測結果を図６に示す。この図６に示す実測波形は、図５に示す予測波形と良く一致しており、高精度な予測が可能であることが判る。

【００１９】

＜本発明の実施形態＞

上記比較形態では、各発破の設置位置の相違や地質による影響（振動の減衰等）を無視しているため、その影響が大きい場合には高精度な予測は望めない。そこで、より高い予測精度を要求する場合には、図７に示す本発明の実施形態を採用するのが望ましい。

【００２０】

この実施形態のポイントは、試験発破の実測結果に基づく振動予測を、当該予測と同条件の他の試験発破の実測結果に照らして補正係数を求め、本発破の予測をこの補正係数により補正することにある。すなわち、第１の試験発破として１回の発破による地盤振動を実測する。次に、この第１の発破の実測結果に基づいて試験発破の地盤振動に干渉を生ずるように２回の発破（以下、第２の試験発破ともいう）を行った場合の地盤振動を予測し、さらに、この第２の試験発破を行いその際の地盤振動を実測する。これらの結果より、第２の試験発破に関する地盤振動の実測結果と予測結果とを比較し、補正係数を求める。しかる後、第１の試験発破に関する地盤振動の実測結果に基づいて、本発破（第２の試験発破よりも多い回数の発破）による地盤振動を予測し、この予測結果に補正係数を乗じて補正する。

【００２１】

本実施形態について、発破回数１２回の本発破の振動波形の予測例に基づき、さらに具体的に説明する。第１の試験発破を、前述の基本例の試験発破と同様に行う。よって、第１の試験発破による地盤振動の実測結果は、図２に示す振動波形（装薬量３ｋｇ）である。次に、第２の試験発破を前述の基本例の本発破と同様に行う。すなわち、装薬量３ｋｇ

の発破を先に行い、続いて０．５０秒遅らせて装薬量２ｋｇの発破を起爆した場合の振動波形を実測する。その実測波形は図６に示すようになる。一方、この第２の試験発破による振動波形を第１の試験発破に基づいて予測すると、前述した図５に示す振動波形を得る。そして、これら図６に示す第２の試験発破の実測振動波形と、図５に示す第２の試験発破の予測振動波形との比較に基づいて、補正係数を求める。

【００２２】

しかる後、本発破の振動波形を予測する。この予測においては、前述のように、第１の試験発破の実測振動波形と、振動波形および装薬量間の関係とに基づいて、本発破において各発破により生ずる各振動波形をそれぞれ予測する。そして、この各予測振動波形を本発破の各発破間の時間差を考慮して合成し、この合成波形を前記補正係数により補正することにより、図８に示す本発破の予測振動波形を得る。図８には、本発破の実測振動波形も併記した。同図より明らかなように、本応用例に従って予測した振動波形は、実測振動波形とほぼ一致しており、本発明の実施形態によれば、より高精度な予測が可能であることが判る。

【００２３】

尚、本発明は、上記実施形態の手順に限定されない。すなわち、第２の試験発破の実施およびその際の地盤振動の実測、第２の試験発破での地盤振動の予測、ならびに本発破において各発破により生ずる各地盤振動の予測および本発破での地盤振動の予測は、いずれを先に行っても良く、またこれらを併行して行うこともできる。

【００２４】

また、補正係数の算出は、第２の試験発破の実施およびその際の地盤振動の実測、ならびに第２の試験発破での地盤振動の予測の後、本発破の地盤振動予測結果の補正前であればいつでも可能である。

【００２５】

＜発破方法例＞

一方、上述の本発明の予測方法によれば、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を、各発破間の時間差を考慮して各発破により生ずる地盤振動を合成することにより予測することができる。したがって、この関係より、複数回の発破による地盤振動が任意の振動となるように各発破間の時間差を定め、この時間差に基づいて複数回の発破を行うことにより、発破により生ずる地盤振動を任意のものとすることができる。

【００２６】

より具体的には、図９に示す発破方法例が提案される。この方法では、先ず前述の本発明の予測方法と同様に、第１の試験発破の実施およびその際の地盤振動の予測、第２の試験発破での地盤振動の予測、第２の試験発破の実施およびその際の地盤振動の実測、補正係数の算出、ならびに本発破において各発破により生ずる各地盤振動の予測を行う。

【００２７】

しかる後、本発破における各発破間の時間差を仮定し、この仮定時間差をもって、本発破において各発破により生ずる各地盤振動の予測結果を合成することにより、本発破による地盤振動を予測し、さらにこの予測結果に補正係数を乗じて補正する。

【００２８】

そして、この補正済の地盤振動の予測結果が、任意のものとなっているか否かを判断し、任意のものとなっている場合には前記仮定時間差に基づいて本発破を実施する。補正済の地盤振動の予測結果が任意のものとなっていない場合には、任意の地盤振動となるまで、本発破における各発破間の時間差の仮定、本発破による地盤振動の予測、補正、および補正済の地盤振動の予測結果が任意のものとなっているか否かの判断を繰り返し行い、任意の地盤振動となる各発破間の時間差を求め、この時間差に基づいて本発破を実施する。本発破の実施に際しては、地盤振動を実測し、この地盤振動の実測結果と予測結果とを対比することにより、予測精度を確認するのが望ましい。この対比より、必要に応じて新たな補正係数を求めることもできる。

【００２９】
このように、本発明に係る発破方法では本発破による地盤振動を任意のものとできるため、例えば地盤振動の大きさを目標値以下にすることができる。すなわち、図９に示すフロー図において、本発破による地盤振動の予測結果（補正済）から地盤振動の大きさ（例えば地盤の上下動速度の最大値）を評価し、この評価結果が目標値以下であるか否かを判断し、その結果、目標値以下であるならば本発破を実施する。評価結果が目標値以上であるならば、目標値以下となるまで、本発破における各発破間の時間差の仮定、本発破による地盤振動の予測、補正、振動の大きさの評価、および評価結果と目標値との比較を繰り返し行うことによって、目標値以下となる時間差を求め、この時間差に基づいて本発破を実施する。

【００３０】
また、可能な発破間の時間差の全ての場合について、地盤振動の大きさを予測し、それら予測結果から地盤振動の大きさが最小となる場合の発破間の時間差を求め、あるいは最も小さな振動となる時間差のうち適切な時間差（例；最小値）を求め、この時間差に基づいて本発破を実施することもできる。

【００３１】
一方、上記例において、可能な発破間の時間差の全ての場合について、予測した地盤振動が任意のものとならない場合がありうる。また、ある時間差における地盤振動が任意のものとなることが予測されたとしても、その場合の時間差が雷管の点火精度以下であるために、その時間差での発破が現実的に不可能な場合もありうる。

【００３２】
かかる場合には、個別に実施する予定の発破のうち、いくつかの発破については１グループとして同時に起爆することとし、１つまたは複数のグループを定める。そして、これら個別の発破またはグループ発破による地盤振動が任意のものとなる、個別の発破間の時間差、個別の発破とグループ発破との時間差、またはグループ発破間の時間差を定め、これらの時間差に基づいて本発破を実施することもできる。また、１回の発破において起爆する爆薬が複数ある場合には、その発破を複数回の発破に分け、本発破における地盤振動が任意のものとなるように各発破間の時間差を定め、これらの時間差に基づいて本発破を実施することもできる。

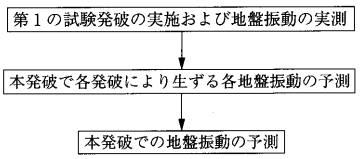
【００３３】
＜その他＞
本発明において、試験発破として、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行うことができる。また、本発明において、試験発破を行う地盤は本発破位置近傍の地盤等に限られない。試験発破を行う地盤は本発破と同様の地質条件の地盤であれば良く、過去の試験発破の結果を援用することもできる。

【００３４】
【発明の効果】
以上のとおり、本発明によれば、地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を予測することができ、また地盤振動に干渉を生ずるように複数回の発破を行った場合の地盤振動を任意のものとできる。

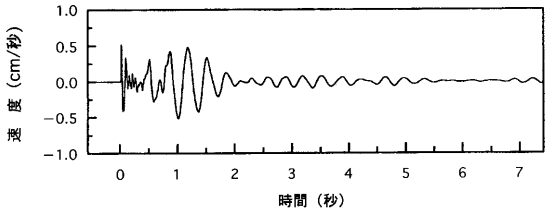
【図面の簡単な説明】
【図１】　地盤振動の予測方法の比較形態を示すフロー図である。
【図２】　試験発破による地盤振動の実測結果を示すグラフである。
【図３】　他の装薬量の発破による地盤振動の予測結果を示すグラフである。
【図４】　時間差を０．３４秒として予測した本発破による地盤振動波形を示すグラフである。
【図５】　時間差を０．５０秒として予測した本発破による地盤振動波形を示すグラフである。
【図６】　時間差を０．５０秒として実測した本発破による地盤振動波形を示すグラフである。

【図７】　本発明に係る地盤振動の予測方法例を示すフロー図である。
【図８】　本発明に係る地盤振動の予測方法例によって予測した本発破による地盤振動波形と、その実測波形とを示すグラフである。
【図９】　本発明に係る発破方法例を示すフロー図である。

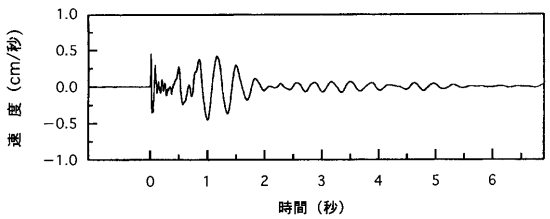
【図１】



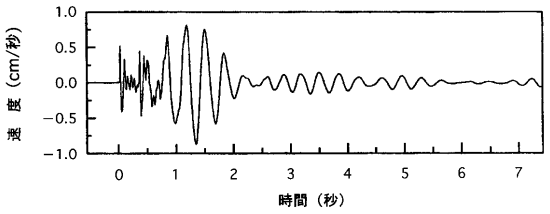
【図２】



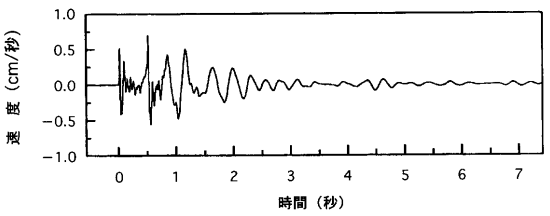
【図３】



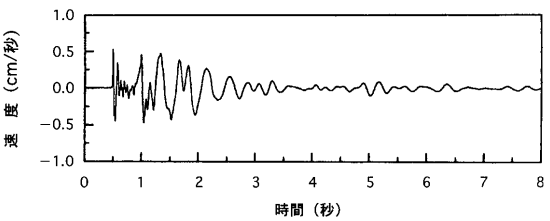
【図４】



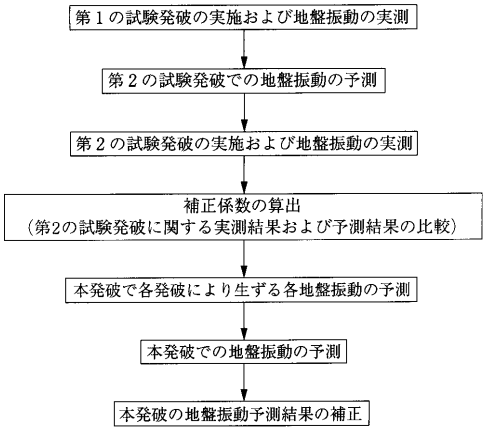
【図５】



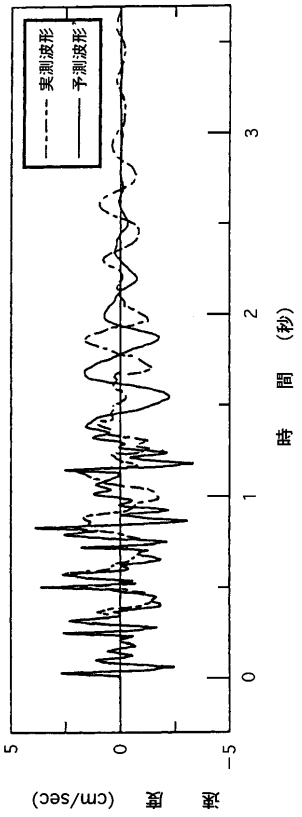
【図６】



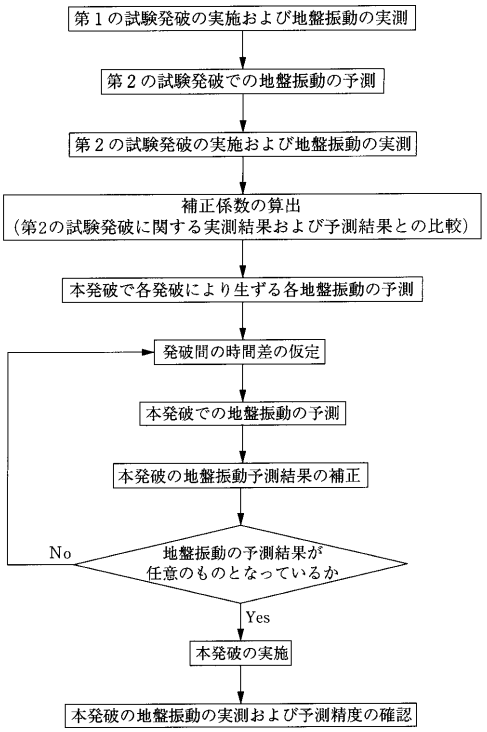
【図７】


第１の試験発破の実施および地盤振動の実測
第２の試験発破での地盤振動の予測
第２の試験発破の実施および地盤振動の実測
補正係数の算出
（第2の試験発破に関する実測結果および予測結果の比較）
本発破で各発破により生ずる各地盤振動の予測
本発破での地盤振動の予測
本発破の地盤振動予測結果の補正

【図８】


実測波形
予測波形
5
0
−5
速度 (cm/sec)
0
1
2
3
時間 (秒)

【図９】


第１の試験発破の実施および地盤振動の実測
第２の試験発破での地盤振動の予測
第２の試験発破の実施および地盤振動の実測
補正係数の算出
（第2の試験発破に関する実測結果および予測結果との比較）
本発破で各発破により生ずる各地盤振動の予測
発破間の時間差の仮定
本発破での地盤振動の予測
本発破の地盤振動予測結果の補正
No
地盤振動の予測結果が
任意のものとなっているか
Yes
本発破の実施
本発破の地盤振動の実測および予測精度の確認

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]		FI	
G01V	1/13	G01V	1/13
G01V	1/28	G01V	1/28

審査官　柴田　和雄

(56)参考文献　特開平01－285800（JP，A）
特開平02－302600（JP，A）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，DB名)
E02D 1/00
E02D 3/10
F42D 3/00