

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-98842

(P2005-98842A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int.C1.⁷

G O 1 B 17/00

G O 1 N 29/22

F 1

G O 1 B 17/00

G O 1 N 29/22

G O 1 N 29/22

A

5 0 1

5 0 4

テーマコード(参考)

2 F 0 6 8

2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2003-333034 (P2003-333034)

(22) 出願日

平成15年9月25日 (2003. 9. 25)

特許法第30条第1項適用申請有り

(71) 出願人 899000057

学校法人日本大学

東京都千代田区九段南四丁目8番24号

(74) 代理人 100090044

弁理士 大滝 均

(72) 発明者 横田 理

東京都千代田区九段南4丁目8番24号

学校法人日本大学内

F ターム(参考) 2F068 AA24 AA49 BB26 DD12 DD13

EE06 FF04 FF12 FF15 JJ12

KK04 KK14 SS01

2G047 AA10 BC03 BC10 BC18 CB00

GG33 GH04

(54) 【発明の名称】補修材のひび割れ注入深さの測定方法

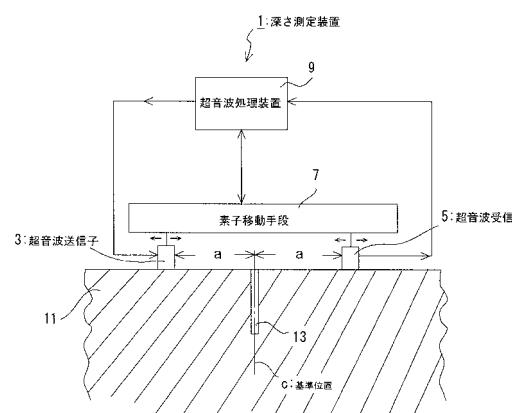
(57) 【要約】

【課題】ひび割れ部にコンクリート補修材を注入し、その充填挙動を超音波の直角解析法を採用して測定できるようにした補修材のひび割れ注入深さの測定方法を提供する。

【解決手段】測定対象コンクリート11に形成されたひび割れ13を基準位置cとし、当該基準位置cから超音波送信子3と超音波受信子5とをほぼ等距離に配置し、超音波処理装置9から超音波送信子3を励振し超音波受信子5からの電気的検出信号を超音波処理装置9に取り込み超音波処理装置9による波形回析を可能としてひび割れ深さを得ておく。つぎに、超音波送信子3と超音波受信子5とを、基準位置cから前記測定工程で得たひび割れ深さを基にした所定の距離に配置し、超音波処理装置9から超音波送信子3を励振し超音波受信子5からの電気的検出信号を超音波処理装置9に取り込み超音波処理装置9による回析を可能として補修材の注入深さを測定する。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象コンクリートに超音波を送り込める超音波送信子と、

前記測定対象コンクリートから超音波信号を検出して電気的検出信号に変換するの超音波受信子と、

前記超音波送信子を励振して超音波を発生させるとともに前記超音波受信子からの電気検出信号を基に波形回析を可能とする超音波処理装置とからなる深さ測定装置を用い回析法を適用することにより、前記測定対象コンクリートのひび割れに補修材を注入する際の深さを測定できる方法であって、

測定対象に形成されたひび割れを基準位置とし、当該基準位置から前記超音波送信子と前記超音波受信子とをほぼ当距離に配置し、前記超音波処理装置から前記超音波送信子を励振し前記超音波受信子からの電気的検出信号を前記超音波処理装置に取り込み前記超音波処理装置による波形回析を可能としてひび割れ深さを得る第1の測定工程と、

前記超音波送信子と前記超音波受信子とを、前記当該基準位置から前記第1の測定工程で得たひび割れ深さを基にした所定の距離に隔離して配置し、前記超音波処理装置から前記超音波送信子を励振し前記超音波受信子からの電気的検出信号を前記超音波処理装置に取り込み前記超音波処理装置による波形回析を可能とすることにより、前記補修材の注入深さを測定する第2の測定工程と、

を備えたことを特徴とする補修材のひび割れ注入深さの測定方法。

【請求項 2】

前記ひび割れ深さや補修材の注入深さの測定、前記第1の測定工程および前記第2の測定工程で使用する周波数は、1 [kHz] ~ 28 [kHz] ~ 1000 [kHz] であること を特徴とする請求項1記載の補修材のひび割れ注入深さの測定方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、コンクリート内に発生したひび割れに対して補修材を注入した際の補修材の注入深さを超音波回析法により測定可能にしたコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法に関する。

さらに詳細には、本発明は、被試験コンクリートに超音波を送り込み、その反射波を受信して解析可能とし、かつ、超音波送出位置および反射波受信位置の情報と、当該反射波が持つ情報を基に被測定コンクリート内のひび割れに補修材を注入する際の補修材注入挙動を測定可能にしたコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

トンネル、ダム、橋梁、各種建築物などの長年経過したコンクリート構造物は、保守管理、補修、補強、余寿命の推定などが行われている。例えば、コンクリート構造物の表面や内部に発生したひび割れ深さや剥離寸法の測定には、現状では、主に、放射透過試験(非特許文献1参照)、レーダ法試験(非特許文献2参照)、赤外線サーモグラフィ試験(非特許文献3参照)、あるいは、超音波探傷試験(非特許文献4、5参照)など各種非破壊試験が利用されている。

前述した各種非破壊試験で計測されたコンクリート内のひび割れ部や剥離部の補修・補強には、コンクリート補修材をひび割れ部などに注入して、構造物の延命を施すことになる。

【0003】

【非特許文献1】大塚浩司、森賦夫、「X線造影撮影による鉄筋コンクリートの内部ひび割れ検出」、土木学会年次学術後援概要集第5部、43巻、14頁~15頁。

【非特許文献2】Halabe U.B. Chandakar V. Sami Z. 「A C I Mater」、Vol. 47, • 10, 396頁~408頁。

10

20

30

40

50

【特許文献3】坂上隆英、込山貴仁、「赤外線サーモグラフィによるコンクリートの非破壊検査」、非破壊検査、47-10、742頁～748頁。

【特許文献4】山口哲夫、「超音波法によるコンクリートひび割れ深さの測定」、非破壊検査、47-9、639頁～408頁。

【特許文献5】山口哲夫、丸茂文雄、山口達夫、岡村憲一、「超音波の直角回析法によるコンクリートのひび割れ深さの測定」、非破壊検査、45-10、742頁～748頁。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した従来の非破壊試験では、ひび割れの深さを測定することは可能であるものの、コンクリート補修材がひび割れ部分や剥離部にどの程度注入されているか検出することができなかった。

そこで、本発明では、上述した従来技術の不都合を解消し、ひび割れ部にコンクリート補修材を注入し、その充填挙動を超音波の直角回析法を採用して測定できるようにしたコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、本願請求項1の発明に係る回析法によるコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法は、測定対象コンクリートに超音波を送り込める超音波送信子と、前記測定対象コンクリートから超音波信号を検出して電気的検出信号に変換する超音波受信子と、前記超音波送信子を励振して超音波を発生させるとともに前記超音波受信子からの電気検出信号を基に波形回析を可能とする超音波処理装置とからなる深さ測定装置を用い回析法を適用することにより、前記測定対象コンクリートのひび割れに補修材を注入する際の深さを測定できる方法であって、測定対象に形成されたひび割れを基準位置とし、当該基準位置から前記超音波送信子と前記超音波受信子とをほぼ等距離に配置し、前記超音波処理装置から前記超音波送信子を励振し前記超音波受信子からの電気的検出信号を前記超音波処理装置に取り込み前記超音波処理装置による波形回析を可能としてひび割れ深さを得る第1の測定工程と、前記超音波送信子と前記超音波受信子とを、前記当該基準位置から前記第1の測定工程で得たひび割れ深さを基にした所定の距離に隔離して配置し、前記超音波処理装置から前記超音波送信子を励振し前記超音波受信子からの電気的検出信号を前記超音波処理装置に取り込み前記超音波処理装置による波形回析を可能とすることにより、前記コンクリート補修材の注入深さを測定する第2の測定工程と、を備えたことを特徴とするものである。

本願請求項2の発明では、前記本願請求項1に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法において、前記ひび割れ深さや補修材の注入深さの測定、前記第1の測定工程および前記第2の測定工程で使用する周波数は、1[kHz]～28[kHz]～1000[kHz]であることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、ひび割れの発生している被試験コンクリートに超音波を送り込み、その反射波を受信して解析可能とともに、超音波送出位置および反射波受信位置の情報と、当該反射波が持つ情報を基に被測定コンクリート内のひび割れにコンクリート補修材を注入する際の補修材注入挙動を測定可能にしたので、次のような効果がある。

【0007】

(1) 被測定コンクリート内のひび割れに注入される補修材の注入深さを確実かつ高信頼性で測定できるという利点がある。

(2) 測定操作が極めて簡単でかつ測定結果の信頼性が高い。

(3) 複雑な装置や高価な測定装置を必要とせずに、安価でかつ確実に測定が可能である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】**【0008】**

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照して説明する。

図1ないし図7は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法を説明するための図である。これらの図を用いて、本発明を実施するための最良の形態について説明するが、まず、当該形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法に使用されるひび割れ深さ測定装置を説明することにする。

【0009】

図1は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法を実現するために使用される深さ測定装置を示すブロック図である。

この図1において、上記深さ測定装置1は、大別して、超音波送信子3と、超音波受信子5と、素子移動手段7と、超音波処理装置9とから構成されている。

これらの接続状態や機械的な構造関係をさらに説明すると、前記前記超音波送信子3は前記超音波処理装置9に接続されており、前記超音波処理装置9によって超音波励振されるようになっている。前記超音波受信子5は前記超音波処理装置9に接続されており、前記超音波受信子5で検出した電気的検出信号を超音波処理装置9に入力できるようになっている。

【0010】

前記超音波送信子3および前記超音波受信子5は前記素子移動手段7に機械的に固定されており、前記素子移動手段7によって前記超音波送信子3および前記超音波受信子5が図示左右対象に移動可能になっている。前記素子移動手段7は、前記超音波処理装置9に電気的に接続されており、前記超音波処理装置9からの指令によって前記超音波送信子3および前記超音波受信子5を移動させるとともに、前記超音波送信子3および前記超音波受信子5の位置など計測に必要なデータを前記超音波処理装置9に送信できるようになっている。

【0011】

つぎに、深さ測定装置1を構成する各部材の個々の構成等を説明することにする。

まず、前記超音波送信子3は、前記超音波処理装置9によって励振されることにより、測定対象コンクリート11に超音波を送り込むことができる素子である。前記超音波受信子5は、前記測定対象コンクリート11から反射されてくる超音波を検出して電気的な検出信号に変換する素子である。

【0012】

前記素子移動手段7は、例えばステップモータと、正逆方向のネジを切ったネジ回転軸と、当該ネジ回転軸の正ネジ部分および逆ネジ部分にそれぞれに螺合して前記ネジ回転軸の回転方向に応じて中心位置から図示左右対象に移動する左右二つのネジ移動片とを少なくとも備えている。前記二つのネジ移動片には、前記超音波送信子3と前記超音波受信子5とがそれぞれ固定されている。

【0013】

前記超音波処理装置9は、前記超音波送信子3を駆動して超音波を発生させることができるほか、前記超音波処理装置9からの反射波を取り込み、前記素子移動手段7からの超音波送信子3および超音波受信子5の位置の情報と、反射波の持つ情報とを基に補修材のひび割れ注入深さの測定ができる測定装置としての作用を有する。

【0014】

また、前記超音波処理装置9は、前記素子移動手段7を駆動制御でき、前記超音波受信子5および前記素子移動手段7を所望の位置に設定することができる駆動制御装置との作用を有する。当該超音波処理装置9は、具体的には、例えば超音波測定器と、パソコンコンピュータとを組み合わせることにより構成すればよい。また、前記超音波測定器は、測定に使用する周波数として、例えば28 [kHz]を使用しているが、周波数は測定に適する周波数帯でよく、この値に限定されるものではない。また、前記パソコンコンピュータは、前記素子移動手段7のパルスモータを駆動できるデジタルインターフェー

10

20

20

30

30

40

40

50

スを搭載したものを使用する。

【0015】

図2は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってコンクリートのひび割れ深さを測定する際の具体例を示す図である。

この図2において、符号11は測定対象コンクリートである。当該測定対象コンクリート11には、図2に示すように、例えば所定の深さ y [m]のひび割れ13が形成されているものとする。また、前記超音波送信子3および前記超音波受信子5は、素子移動手段7によって移動でき、測定対象に形成されたひび割れ13を基準位置cとし、当該基準位置cから距離 a , a を離れて配置されるようになっている。なお、前記超音波送信子3と前記基準位置cとの距離 a と、前記超音波受信子5と前記基準位置cとの距離 a は、素子移動手段7によって左右対象に前記超音波送信子3および前記超音波受信子5が移動することにより設定される。

【0016】

図3は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってコンクリートのひび割れに補修材を注入した際の測定部分の具体例を示す図である。

【0017】

この図3においても、符号11は測定対象コンクリートである。当該測定対象コンクリート11には、図3に示すように、例えば所定の深さ y [m]のひび割れ13が形成されており、グリスガン15で補修材をひび割れ13に注入しているものとする。また、前記超音波送信子3および前記超音波受信子5は、素子移動手段7によって移動でき、測定対象に形成されたひび割れ13を基準位置cとし、当該基準位置cから距離 a , a を離れて配置されるようになっている。なお、前記超音波送信子3と前記基準位置cとの距離 a と、前記超音波受信子5と前記基準位置cとの距離 a は、図2の説明と同様に、素子移動手段7によって左右対象に前記超音波送信子3および前記超音波受信子5が移動することにより設定される。なお、この図3では、距離 a は、ひび割れ13のひび割れ深さ y を基にした所定の距離($y - 10$ [mm])に設定したものである。但し、 $y - 10$ [mm]は、周波数、送信子寸法、測定対象物等によって異なる。

【0018】

このような構成の深さ測定装置1を用い、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法について、上記図1ないし図3、および、図4ないし図7を参照して説明する。

ここに、図4は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法を説明するためのフローチャートである。

図5は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法によって健全部を測定した結果を示す波形図であって、横軸に時間[10 μ s/div]を、縦軸に振幅[2v/div]をそれぞれとったものである。

【0019】

図6は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってひび割れ13を測定したときの波形を示す波形図であって、横軸に時間[10 μ s/div]を、縦軸に振幅[2v/div]をそれぞれとったものである。

図7は、本発明を実施するための最良の形態に係るコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってひび割れ13に補修材を注入したときに得られる波形を示す波形図であり、横軸に時間[10 μ s/div]を、縦軸に振幅[2v/div]をそれぞれとったものである。

【0020】

この図4に示すコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法は、大別すると、測定対象コンクリート11に形成されたひび割れ13を基準位置cとし、当該基準位置cから前記超音波送信子3と前記超音波受信子5とをほぼ当距離 a , a に配置し、前記超音波

10

20

30

40

50

処理装置 9 から前記超音波送信子 3 を励振し前記超音波受信子 5 からの電気的検出信号を前記超音波処理装置 9 に取り込み前記超音波処理装置 9 による波形回析を可能としてひび割れ深さを得る第 1 の測定工程 100 と、前記超音波送信子 3 と前記超音波受信子 5 とを、前記当該基準位置 c から前記第 1 の測定工程 100 で得たひび割れ深さ y を基にした所定の距離 L に隔離して配置し、前記超音波処理装置 9 から前記超音波送信子 3 を励振し前記超音波受信子 5 からの電気的検出信号を前記超音波処理装置 9 に取り込み前記超音波処理装置 9 による波形回析を可能とすることにより、前記補修材の注入深さを測定する第 2 の測定工程 200 とからなる。

【 0 0 2 1 】

また、前記第 1 の測定工程 100 は、測定対象コンクリート 11 の健全な部分を測定する健全部測定工程 102 と、前記超音波送信子 3 と超音波受信子 5 との基準位置 c からの距離 a を変化させてひび割れ 13 の深さを測定する深さ測定工程 104 とからなる。

それでは、上記図 4 のフローチャートを参照しながらコンクリート補修材のひび割れ注入深さの測定方法を説明する。

まず、前記健全部測定工程 102 について説明する。前記健全部測定工程 102 では、前記超音波処理装置 9 を操作することにより、前記素子移動手段 7 に所定の初期設定値を与えて前記超音波送信子 3 および前記超音波処理装置 9 を所定の距離だけ離した状態にする。前記超音波送信子 3 および素子移動手段 7 を上述した位置に配置した状態で、前記測定対象コンクリート 11 に前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 を当接する。

【 0 0 2 2 】

このように前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 を前記測定対象コンクリート 11 に当接した状態で、前記超音波処理装置 9 により前記超音波送信子 3 を励振し、前記超音波送信子 3 から超音波を発生させて前記測定対象コンクリート 11 に送り込み、前記超音波受信子 5 で検出される検出信号を前記超音波処理装置 9 に取り込む。前記超音波処理装置 9 には、前記超音波受信子 5 からの検出信号として、図 5 に示すような経過時間に対して正負変化する波形が得られることになる。前記超音波処理装置 9 では、この波形値を基準波形として当該装置内の記憶媒体に記憶しておく。

【 0 0 2 3 】

次に、前記深さ測定工程 104 について説明する。前記深さ測定工程 104 では、前記測定対象コンクリート 11 のひび割れ 13 のある部分に、前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 を取り付けた素子移動手段 7 を配置し、前記超音波処理装置 9 からの駆動指令を素子移動手段 7 に与えて、前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 を前記基準位置 c から所定の距離 a, a になるように配置した後、前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 を前記測定対象コンクリート 11 に当接させる。この場合、例えば $a = 30 [mm]$ に設定するものとする。

【 0 0 2 4 】

前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 を、このような状態に配置したところで、前記超音波処理装置 9 から前記超音波送信子 3 を励振する。これにより、超音波送信子 3 からは、測定対象コンクリート 11 内に超音波が送出される。この状態で、前記超音波受信子 5 から反射波を受信し、その受信し検出した検出信号を前記超音波処理装置 9 に入力する。このとき、超音波処理装置 9 では、図 6 (a) に示すような波形を得ることができる。前記超音波処理装置 9 は、前記健全部測定工程 102 で取得した基準波形を基準にして、前記基準波と図 6 (a) の波形を比較し、前記図 6 (a) に示す波形が基準波形に対して一定の範囲内に入っているか否かを判定する。この場合、前記超音波処理装置 9 では、一定の範囲になつてないものと判定される。

【 0 0 2 5 】

すると、前記超音波処理装置 9 は、一定範囲内にないものとして、前記超音波送信子 3 および前記超音波受信子 5 の各距離 a を他の距離に設定する指令を前記素子移動手段 7 に出す。この場合、例えば $a = 95 [mm]$ になるように素子移動手段 7 に指令を出すものとする。

10

20

30

40

50

これにより、前記超音波送信子3および前記超音波処理装置9が前述の距離（例えば、 $a = 95 [mm]$ ）に配置されたところで、前記超音波処理装置9から前記超音波送信子3を励振する。これにより、超音波送信子3からは、測定対象コンクリート11内に超音波が送出される。この状態で、前記超音波受信子5から反射波を受信し、その受信し検出した検出信号を前記超音波処理装置9に入力する。

【0026】

このとき、超音波処理装置9では、図6(b)に示すような波形を得ることができる。前記超音波処理装置9は、前記健全部測定工程102で取得した基準波形を基準にして、前記基準波と図6(b)の波形を比較し、前記図6(b)に示す波形が基準波形に対して一定の範囲内に入っているか否かを判定する。この場合、前記超音波処理装置9では、一定の範囲になつてないものと判定される。10

すると、前記超音波処理装置9は、一定範囲内にないものとして、前記超音波送信子3および前記超音波受信子5の各距離aを他の距離に設定する指令を前記素子移動手段7に出す。この場合、例えば $a = 100 [mm]$ になるように素子移動手段7に指令を出すものとする。

【0027】

前記超音波送信子3および前記超音波受信子5を、例えば $a = 100 [mm]$ のような状態に配置したところで、前記超音波処理装置9から前記超音波送信子3を励振する。これにより、超音波送信子3からは、測定対象コンクリート11内に超音波が送出される。この状態で、前記超音波受信子5から反射波を受信し、その受信し検出した検出信号を前記超音波処理装置9に入力する。このとき、超音波処理装置9では、図6(c)に示すような波形を得ることができる。前記超音波処理装置9は、前記健全部測定工程102で取得した基準波形を基準にして、前記基準波と図6(c)の波形を比較し、前記図6(c)に示す波形が基準波形に対して一定の範囲内に入っているか否かを判定する。20

【0028】

この場合、前記超音波処理装置9では、一定の範囲に入っているものと判定される。そこで、超音波処理装置9は、距離 $a = y = 100 [mm]$ としてひび割れ13の深さを測定できる。前記超音波処理装置9では、深さ測定工程104で求めた深さ（距離 $a = y = 100 [mm]$ ）を所定の記憶手段に格納しておく。

次に、第2の測定工程200の説明をする。第2の測定工程200では、前記超音波処理装置9が前記第1の測定工程100の深さ測定工程104で求めた深さ（距離 $a = y = 100 [mm]$ ）を基準とし、当該基準を基にした所定の距離（例えば $y - 10 [mm]$ ）になるように、前記超音波処理装置9から前記素子移動手段7に駆動指令を与え、前記超音波送信子3と前記超音波受信子5とを配置する。30

【0029】

前記超音波送信子3と、前記素子移動手段7とを所定の距離に隔離して配置した後に、前記超音波処理装置9は前記超音波送信子3を励振し、前記超音波受信子5からの電気的検出信号を前記超音波処理装置9に取り込み前記超音波処理装置9で波形回析をする。このときに、グリスガン15を操作し、測定対象コンクリート11のひび割れ13に補修材を注入しては、前記超音波処理装置9により前記超音波送信子3を励振し、前記超音波受信子5から検出信号を超音波処理装置9に取込み、超音波処理装置9において波形解析をする。なお、超音波処理装置9には、予め補修の深さの状態に応じた波形を格納されている。40

【0030】

したがって、上述したように前記超音波処理装置9は前記超音波受信子5を励振した結果、前記超音波受信子5から前記超音波処理装置9に例えば図7(a)に示すような波形が得られたときには、前記超音波処理装置9は、その補修深さが例えば30 [mm]であると判定する。

同様に、上述したように前記超音波処理装置9は前記超音波受信子5を励振した結果、前記超音波受信子5から前記超音波処理装置9に例えば図7(b)に示すような波形が得

られたときには、前記超音波処理装置9は、その補修深さが例えば60[mm]であると判定する。

同様に、上述したように前記超音波処理装置9は前記超音波受信子5を励振した結果、前記超音波受信子5から前記超音波処理装置9に例えば図7(c)に示すような波形が得られたときには、前記超音波処理装置9は、その補修深さが例えば90[mm]であると判定する。

【0031】

このように本発明に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によれば、前記超音波処理装置9で前記超音波送信子3を励振して前記超音波送信子3からひび割れの発生している測定対象コンクリート11に超音波を送り込み、前記測定対象コンクリート11からの反射波を前記超音波受信子5を介して超音波処理装置9に取り込み前記超音波処理装置9で解析可能とするとともに、前記超音波送信子3の超音波送出位置および前記超音波受信子5の反射波受信位置の情報と、当該反射波が持つ情報とを基に測定対象コンクリート11内のひび割れ13に補修材を注入する際の補修材注入挙動を測定可能にしたので、次のような効果がある。

【0032】

(1) 測定対象コンクリート11内のひび割れ13に注入されるコンクリート補修材の注入深さを確実かつ高信頼で測定することができるという利点がある。

(2) 前記深さ測定装置1の測定操作が極めて簡単でかつ測定結果の信頼性が高い。

(3) 前記深さ測定装置1では複雑な装置や高価な測定装置から構成されていず、安価でかつ確実に測定が可能である。

【実施例】

【0033】

次に、上述した本発明を実施するに最適な実施の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法が有効であることを、図8ないし図15を用いて検証する。

ここに、図8は、本発明の実施例に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法の有効性を実証するために用いる測定系の構成を説明するための図である。この図8を参照しながら本実証用測定系の構成を説明する。

【0034】

本実証用測定系1aは、超音波送信子3aと、超音波受信子5aと、超音波処理装置9aとから構成されている。ここで、前記実証用測定系1aは、上述した素子移動手段7を有していない点と、超音波処理装置9の構成の異なる点とが、上述した深さ測定装置1と大きく異なるところである。また、前記超音波処理装置9aは、超音波測定器91と、デジタルスコープ92と、MO装置93とから構成されており、上述した超音波処理装置9と比較すると簡単な構成となっている。なお、前記超音波送信子3aは上述した超音波送信子3と同一のものであり、前記超音波受信子5aも上述した超音波受信子5と同一のものである。

【0035】

また、前記超音波測定器91は、東横エルメス製「エルソニック」で構成したものであって、超音波送信子3を励振できるとともに、前記超音波受信子5からの検出信号を所定の波形に形成できる。この東横エルメス製「エルソニック」で使用した試験周波数は28[kHz]である。前記超音波測定器91は、その受信した波形を所定の処理をした後に、デジタルスコープ92に与えることができるようになっている。前記デジタルスコープ92は、超音波測定器91からの波形を当該装置内の表示装置上に表示することができる。また、前記デジタルスコープ92は、その表示内容をMO装置93に記録させることができる。

【0036】

このような構成を実証用測定系1aを用いて、本発明の有効性を説明する。

[供試体としての測定対象コンクリート11と測定原理]

測定対象コンクリート11としては、水セメント比(c/w)を5.5%とした供試体を

10

20

30

40

50

用意した。この供試体の寸法は、400 [mm]、幅200 [mm]、高さ100 [mm]とした。また、供試体である測定対象コンクリート11の中央部には、割れ幅1 [mm]、割れ深さをそれぞれ50 [mm]、100 [mm]、及び150 [mm]のひび割れ13を形成した。また、ひび割れ13の割れ角度を、0 [度]、30 [度]、45 [度]、60 [度]に変えた供試体である測定対象コンクリート11を作成した。

【0037】

この実証用測定方法の測定原理は、回析波方式（ランプ法）を用いている。この測定方法は、割れの先端からの直角方向の回析波を求めるもので、図8に示す超音波送信子3と超音波受信子5とを、ひび割れ13を基準位置cとして（中心として）挟んで等間隔a，aの位置に接触させ、前記距離a，aを基準位置cの近い位置から遠ざける。割れの深さをyとするとき、 $y = a$ の前後で受信波が反転するので、これを基に割れの深さyを求めようとするものである。10

つぎに、実証用測定系1a及び実証用試験方法について説明すると、前記超音波測定器91で得た波形は、デジタルスコープ92に供給する。前記デジタルスコープ92では、その得られた波形を当該装置内の表示装置（ディスプレイ）上に表示している。

【0038】

コンクリート補修材（上述した補修材と同じもの）は、現在のところエポキシ系とセメント系の2種の注入材が使用されている。超音波試験による受信波形は、コンクリート補修材の種類に関連性はなく、コンクリート補修材の充填の有無に依存するため、本実証用測定方法では、セメント系注入剤（超微粒子セメント注入剤）を使用した。すなわち、回析波方式により、ひび割れ深さを測定した後に、接触子を固定した状態で注入剤をグリスガン15によりDDインジェクターを介してひび割れ13に注入して、補修材の充填状況と信号波形との関係を以下のように調べた。20

【0039】

[実験結果および考察]

<健全部の波形の測定>

図9は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、健全な測定対象コンクリートを測定した結果を示す波形図であって、図9(a)が全体波形を、図9(b)が拡大波形をそれぞれ示すものである。これら図9(a)および図9(b)において、横軸は時間を、縦軸は波形振幅を、それぞれとったものである。30

ひび割れ13や空洞のない健全な供試材である測定対象コンクリート11の受信波形は、デジタルスコープ92のディスプレイ上に、図9(a)，(b)に示されるように表示される。

ここで、図9(a)は検出した波形の全体図であるが、波形の第1波に注目して、時間軸を拡大したのが図9(b)である。図9(b)は時間軸を1000倍に拡大した第1波付近の信号であり、前記測定対象コンクリート11の健全部からの第1波は上向き波形になっている。

【0040】

<超音波送信子3aと超音波受信子5aとの間隔の変化による割れ深さの測定>

図10は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、ひび割れ深さを測定した結果を示す波形図であって、図10(a)が基準位置cと超音波送信子3（または超音波受信子5a（以下同じ））との距離を30 [mm]のときの波形を、図10(b)が基準位置cと超音波送信子3との距離を95 [mm]のときの波形を、図10(c)が基準位置cと超音波送信子3との距離を96 [mm]のときの波形を、図10(d)が基準位置cと超音波送信子3との距離を100 [mm]のときの波形を、図10(e)が基準位置cと超音波送信子3との距離を110 [mm]のときの波形を、それぞれ示すものである。これら図10(a)ないし図10(e)において、横軸は時間を、縦軸は波形振幅を、それぞれとったものである。40

【0041】

図10(a)ないし図10(e)に示すように、深さ100 [mm]、傾き角0 [度] 50

のひび割れ 13 を挟んだ 2 つの超音波送信子 3 および超音波受信子 5 の間の距離 a を変えては、前記超音波処理装置 9a の超音波測定器 91 によって前記超音波送信子 3a を励振し、前記超音波送信子 3a から前記測定対象コンクリート 11 に超音波を送り込み、前記測定対象コンクリート 11 からの反射波を前記超音波受信子 5a で検出して前記超音波処理装置 9a の超音波測定器 91 に入力し、前記超音波測定器 91 で所定の信号処理を施した後に、前記デジタルスコープ 92 に前記検出信号をディスプレイ上に表示させるようにして測定した結果を図 10 に示す。

【0042】

前記 2 つの超音波送信子 3a と超音波受信子 5a の間隔 ($2a = a + a$) を徐々に広げたときの受信第 1 波の波形形状は、その間隔 $2a$ によって異なることになる。ひび割れ 13 と超音波送信子 3a (または超音波受信子 5a) との距離 a を変化させ、例えば $a = 30$ [mm] では、図 10 (a) に示したように、下向きの波形になり、健全部の第 1 波の上向き波形とは異なる波形となる。

同様に測定をすることにし、前記ひび割れ 13 と超音波送信子 3a (または超音波受信子 5a) との距離 a を変化させ、例えば $a = 95$ [mm] とすると、図 10 (b) に示すように小波が現れる。この小波は、前記超音波送信子 3a からの超音波信号が、ひび割れ 13 の先端で直角に回折した波を、前記超音波受信子 5a で受信したことによる。

【0043】

同様に測定をすることにし、前記ひび割れ 13 と超音波送信子 3a との距離 a を変化させ、例えば $a = 96$ [mm] とすると、図 10 (c) に示すように、いまだ、その小波が現れている。

同様に測定をすることにし、前記ひび割れ 13 と超音波送信子 3a との距離 a を変化させ、例えば $a = 100$ [mm] とすると、図 10 (d) に示すように、小波は消えて上向きの波形となり、健全部の波形にほぼにた形状になる。このとき、前記超音波受信子 5a とひび割れ 13 との距離 a は、ひび割れ 13 の深さ y に等しく、 $a = y = 100$ [mm] となる。

【0044】

同様に測定をすることにし、前記ひび割れ 13 と超音波送信子 3a との距離 a を変化させて、さらに例えば $a = 110$ [mm] にしたとすると、測定波形は、図 10 (f) に示すように上向き波形の形状を示している。

なお、ひび割れ 13 の角度を、例えば 30 [度]、45 [度]、および 60 [度] とし、上述した実証用測定方法により上述した測定を行った結果、得られた受信波形も、ひび割れ 13 の角度がゼロ [度] の測定波形 (図 10 (a) ないし図 10 (e)) にそれぞれ似た波形をしていた。

【0045】

<ひび割れ部への補修材の充填>

図 11 は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、ひび割れに補修材を充填したときの測定結果を示す波形図であって、図 11 (a) が補修材の注入深さが 30 [mm] のときの波形を、図 11 (b) が補修材の注入深さが 50 [mm] のときの波形を、図 11 (c) が補修材の注入深さが 60 [mm] のときの波形を、図 11 (d) が補修材の注入深さが 70 [mm] のときの波形を、図 11 (e) が補修材の注入深さが 90 [mm] のときの波形を、図 11 (f) が補修材の注入深さが 100 [mm] のときの波形を、それぞれ示すものである。これら図 11 (a) ないし図 11 (f) において、横軸は時間を、縦軸は波形振幅を、それぞれとったものである。

【0046】

上述した実証用測定方法でひび割れ検出を行った後に、補修材の充填状況を上述した実証用測定系 1a を用いて測定した。この測定では、前記超音波送信子 3 (= 超音波送信子 3a) および前記超音波受信子 5 (= 超音波受信子 5a) を図 3 に示すように配置した。これについて、さらに説明すると、図 3 において、前記超音波送信子 3a と前記超音波受信子 5a は、 $a = (y - 10)$ [mm] に設定している。

10

20

30

40

50

【0047】

このような設定にした理由は、次のとおりである。すなわち、上述した実証測定方法でひび割れ13を検出したときの超音波送信子3aおよび超音波受信子5aは、図3の点線で示された位置に配置されていたことになる。ここで、図3の点線に示すように、前記超音波送信子3aおよび前記超音波受信子5aを配置した状態で、補修材をひび割れ13の先端部に注入してみたところ、受信波形は変わらなかった。そこで、ひび割れ13の先端より、例えば10[m m]浅い位置、すなわち、図3の実線で示す部分のひび割れ13を検出できる位置に、前記超音波送信子3aおよび前記超音波受信子5aを移動させて（言い換えれば、当該基準位置cから前記第1の測定工程100で得たひび割れ深さyを基にした所定の距離($a = y - 10 [m m]$)に隔離して配置して）、補修材の充填状況を評価することにしたものである。10

【0048】

つまり、ここでは、ひび割れ13の深さを、例えば100[m m]、傾き角度0[度]の供試体（測定対象コンクリート11）を使用したので、ひび割れ13と超音波送信子3a（または超音波受信子5a）との距離 $a = 90 [m m]$ にして補修材の注入状況とそのときの回析波を受信したものである。なお、補修材の充填は、図3の図面とは異なり、取付パイプを供試体（測定対象コンクリート11）の底面に取り付け、下部から上方に向けて注入した。

【0049】

図3の実線に示した状態に前記超音波送信子3aおよび前記超音波受信子5aを配置し、グリスガン15により前記測定対象コンクリート11のひび割れ13内へ補修材を注入して所定の充填深さにしたところで、前記超音波処理装置9aの超音波測定器91で超音波送信子3aを励振し超音波を超音波送信子3aから測定対象コンクリート11内に送り込み、前記超音波受信子5aでその反射波を受信して前記超音波処理装置9aの超音波測定器91に与え、前記超音波測定器91で当該反射波信号を信号処理し、その処理結果をデジタルスコープ92に与え、当該デジタルスコープ92内のディスプレイ上の前記信号処理した結果の反射波の波形を表示させる測定をした。その測定した結果において、補修材の深さの変化による波形は、図11に示すようであった。20

【0050】

ここに、図11(a)は、補修材を30[m m]注入されたときの波形であって、第1波は下向き波形であり、補修材のないひび割れのみの波形と同じであるが、健全部の第1波の上向き波形とは異なる形状をしていた。30

また、グリスガン15によりひび割れ13へ補修材を注入し、補修材の深さが50[m m]に設定したとすると、図11(b)に示すように、穏やかな上向きの波形が現れる。

さらに、グリスガン15によりひび割れ13へ補修材を注入し、当該補修材の注入深さを、例えば60[m m]、70[m m]に設定したとすると、図11(c)、図11(d)に示すように、はっきりとした小波があらわれ、山の高さ（振幅）も高くなっている。40

【0051】

同様に、グリスガン15によりひび割れ13へ補修材を注入し、当該補修材の注入深さを、例えば90[m m]にした場合には、図11(e)に示すような、中心線よりも高い波形になる。

さらに、グリスガン15によりひび割れ13へ補修材を注入し、当該補修材の注入深さを、例えば100[m m]に設定したような場合には、図11(f)に示すように、小波は完全に消えて、上向きの波形となり、健全部の波形にほぼ似た信号になった。50

【0052】

なお、ひび割れ13の傾き角が、例えば30[度]、45[度]、60[度]と大きくなるにつれて、受信された第1波の振幅は逆に小さくなつた。

図12は、ひび割れ13への補修材の充填状況を示す図であつて、図12(a)が注入深さ30[m m]のとき図を、図12(b)が注入深さ50[m m]のとき図を、図12(c)が注入深さ80[m m]のとき図を、図12(d)が注入深さ100[m m]のと

き図を、それぞれ示したものである。

【0053】

<その他、補充測定>

図13は、上記実証用測定系1aを用い、超音波送信子3aおよび超音波受信子5aを所定配置にして補充測定する際の測定法を説明するための図である。

この図13に示す測定系は、充填した補修材の深さ y が、超音波送信子3a(または超音波受信子5a)とひび割れ13との距離 a よりも大きい場合において、補修材がさらに充填されたときの波形の変化を調べるものである。使用した試供体である測定対象コンクリート11は、深さ100[m m]、傾き0[度]のひび割れ13が設けられている。また、前記超音波送信子3a(または超音波受信子5a)と、ひび割れ13とをを挟む等間隔は、図13に示すように、 $a = y = 50$ [m m]に固定した。
10

【0054】

上述したように前記超音波送信子3aおよび前記超音波受信子5aを基準位置cに対し配置し、前記超音波送信子3aを前記超音波処理装置9aの超音波測定器91で励振して超音波を超音波送信子3aから発生させて測定対象コンクリート11に送り込み、その反射波を前記超音波受信子5aで検出して当該超音波受信子5aからの検出信号を前記超音波処理装置9aの超音波測定器91で処理し、その処理した信号を前記デジタルスコープ92のディスプレイ上に表示する測定を行った。その測定結果を、図14に示す。

【0055】

図14は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、ひび割れに補修材を充填したときの他の測定結果を示す波形図であって、図14(a)が測定位置より5[m m]経過したときの波形を、図14(b)が測定位置より10[m m]経過したときの波形を、図14(c)が測定位置より20[m m]経過したときの波形を、図14(d)が測定位置より50[m m]経過したときの波形を、それぞれ示すものである。これら図14(a)ないし図14(d)において、横軸は時間を、縦軸は波形振幅を、それぞれとったものである。
20

前記デジタルスコープ92に示される補修材注入による受信波形は、補修材が $y = 50$ [m m]以下に充填された場合には、図11に示すような同じ変化を示す。

【0056】

一方、前記デジタルスコープ92に示される補修材注入による受信波形は、補修材が $y = 50$ [m m]以上に充填された場合には、第1波は全て右上がりの波形を示していて、健全部からの第1波と同様な波形になる。
30

しかしながら、補修材が $y = 50$ [m m]より、5[m m]、10[m m]、20[m m]、50[m m]と深くなるにしたがって、第1波の時間軸は、それぞれ4[μS]、10[μS]、16[μS]、および、26[μS]に増大してゆくことになる。

【0057】

以上説明した結果から、補修材をひび割れ13に注入したときの当該コンクリート補修材の注入深さは、超音波受信子5から検出される反射波の第1波の時間軸に関係していることがわかる。

なお、補修材が完全にひび割れ部に注入された破断面写真は、図15に示すようなものとなる。
40

【0058】

[結論]

測定対象コンクリート11のひび割れ13にコンクリート補修材を注入し、その充填挙動を前記実証用測定系1aを用いた直角回析法により測定した結果、下記の知見を得た。

(1)ひび割れ13へのコンクリート補修材の充填状況は、前記超音波送信子3aを励振して超音波を測定対象コンクリート11のひび割れ13に向けて発射し、その反射波を超音波受信子5aで検出して得た検出信号の受信波の第1波の向きと振幅で評価することができることがわかる。

(2)補修材の充填が完了した部分から反射されてくる受信波の第1波は健全部の受信
50

波と同様の形状になる。

(3) ひび割れ13の先端の手前の所定の距離、例えば10[m m]の位置に、前記超音波送信子3aおよび前記超音波受信子5を固定したとき、補修材の充填状況がよく分かることになる。

(4) ひび割れと探触子の間隔がひび割れ深さより小さい場合に補修材を充填すると、受信波形は第1波の時間軸に影響を及ぼす。

以上の結果から、予めひび割れ深さを測定すれば、補修材の充填状況の良否は判定が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】図1は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法を実現するために使用される深さ測定装置を示すプロック図である。

【図2】図2は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってコンクリートのひび割れ深さを測定する際の具体例を示す図である。

【図3】図3は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってコンクリートのひび割れに補修材を注入した際の測定部分の具体例を示す図である。

【図4】図4は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法を説明するためのフローチャートである。

【図5】図5は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によって健全部を測定した結果を示す波形図であって、横軸に時間[10μs/diV]を、縦軸に振幅[2v/diV]をそれぞれとったものである。

【図6】図6は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってひび割れ13を測定したときの波形を示す波形図であって、横軸に時間[10μs/diV]を、縦軸に振幅[2v/diV]をそれぞれとったものである。

【図7】図7は、本発明を実施するための最良の形態に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法によってひび割れ13に補修材を注入したときに得られる波形を示す波形図であって、横軸に時間[10μs/diV]を、縦軸に振幅[2v/diV]をそれぞれとったものである。

【図8】図8は、本発明の実施例に係る補修材のひび割れ注入深さの測定方法の有効性を実証するために用いる測定系の構成を説明するための図である。この図8を参照しながら本実証用測定系の構成を説明する。

【図9】図9は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、健全な測定対象コンクリートを測定した結果を示す波形図である。

【図10】図10は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、ひび割れ深さを測定した結果を示す波形図である。

【図11】図11は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、ひび割れに補修材を充填したときの測定結果を示す波形図である。

【図12】図12は、ひび割れ13への補修材の充填状況を示す図である。

【図13】図13は、上記実証用測定系1aを用い、超音波送信子3aおよび超音波受信子5aを所定配置にして補充測定する際の測定法を説明するための図である。

【図14】図14は、前記実証用測定系を用いた実証用測定方法により、ひび割れに補修材を充填したときのその他の測定結果を示す波形図である。

【図15】図15は、補修材が完全にひび割れ部に注入された破断面写真を示す図である。

【符号の説明】

【0060】

1 深さ測定装置

1a 実証用測定系

3, 3a 超音波送信子

10

20

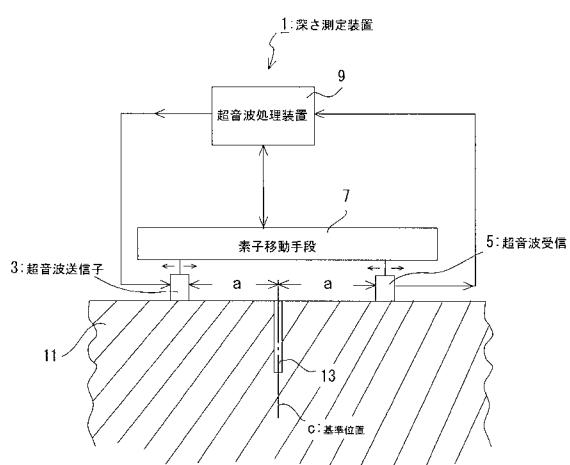
30

40

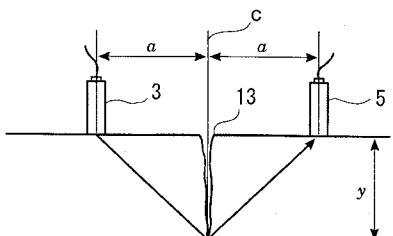
50

- 5, 5a 超音波受信子
 7 素子移動手段
 9, 9a 超音波処理装置
 91 超音波測定器
 92 デジタルスコープ
 93 M〇装置

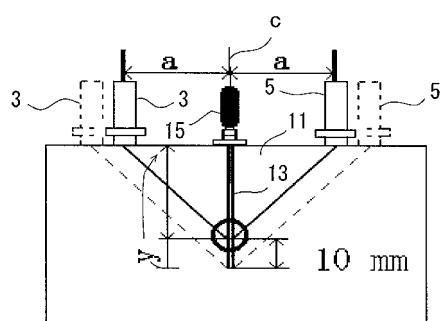
【図1】



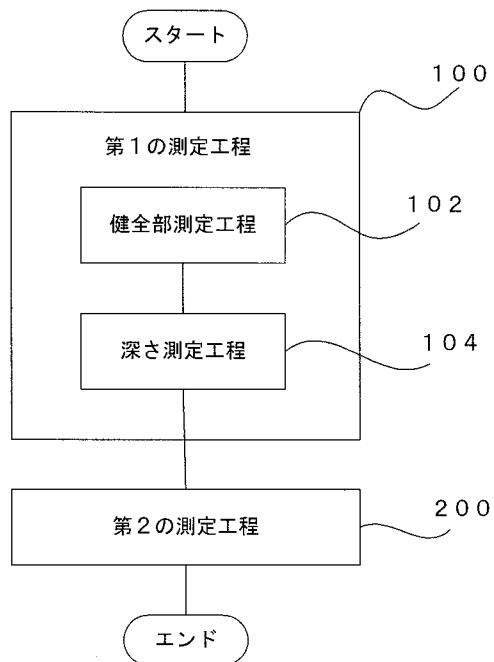
【図2】



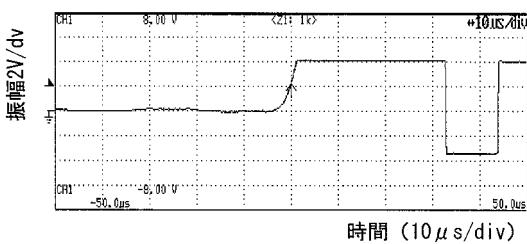
【図3】



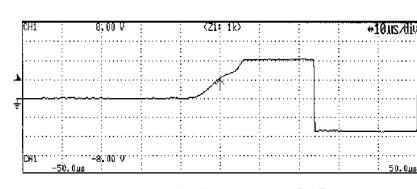
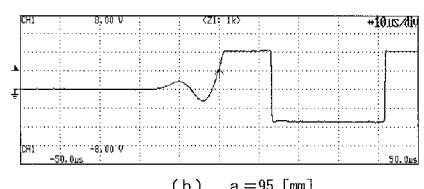
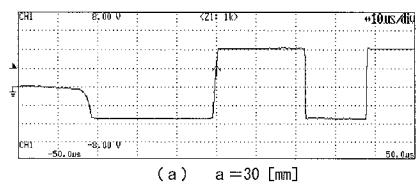
【図4】



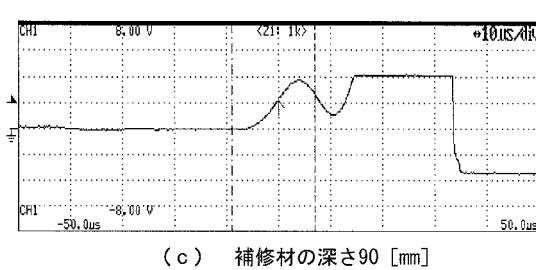
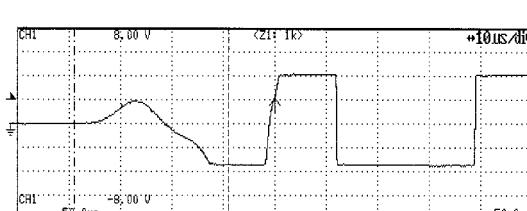
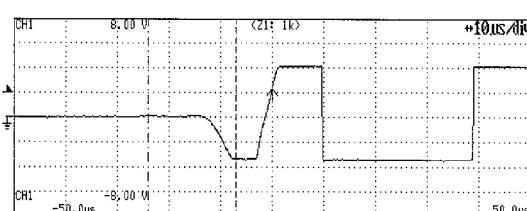
【図5】



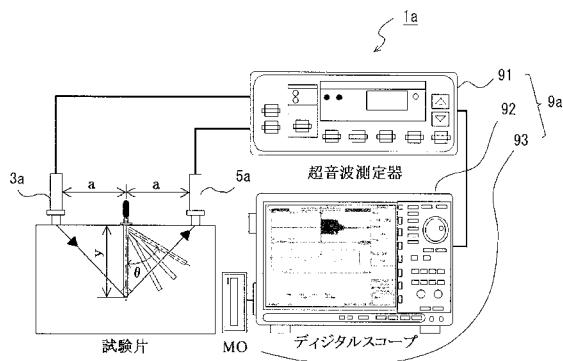
【図6】



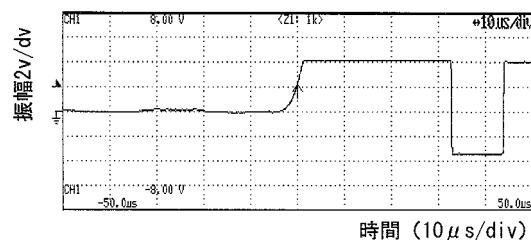
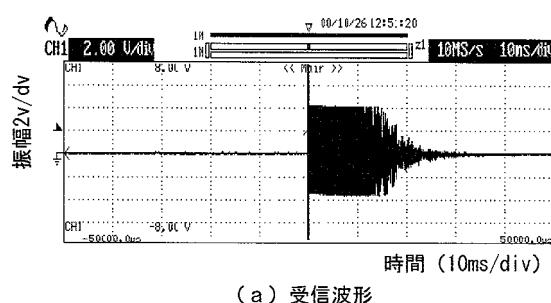
【図7】



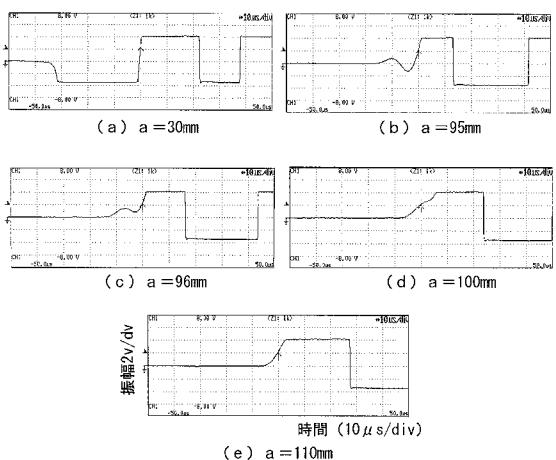
【図8】



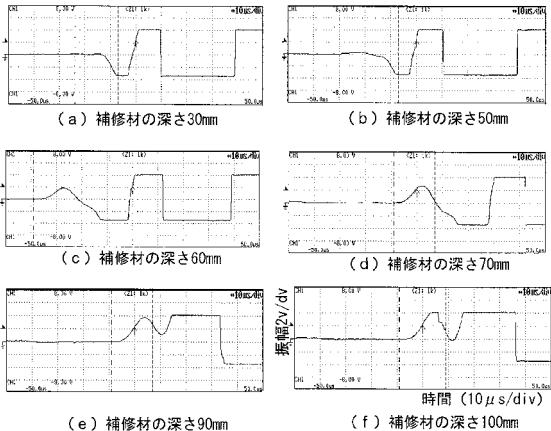
【図9】



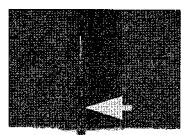
【図10】



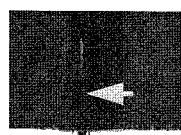
【図11】



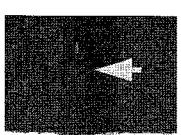
【図12】



(a) 注入深さ30mm



(b) 注入深さ50mm

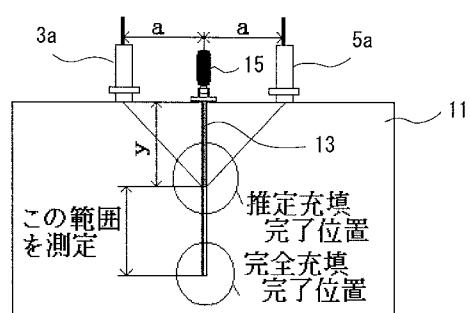


(c) 注入深さ80mm

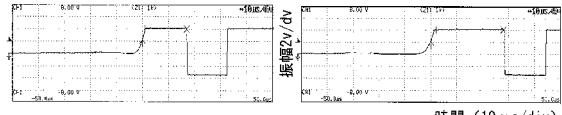
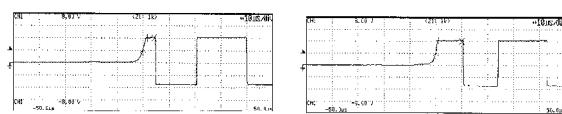


(d) 注入深さ100mm

【図13】



【図14】



【図15】

