

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4565449号
(P4565449)

(45) 発行日 平成22年10月20日(2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月13日(2010.8.13)

(51) Int.Cl.
G O 1 N 29/12 (2006.01)

F I
G O 1 N 29/12

請求項の数 2 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-179573 (P2005-179573)</p> <p>(22) 出願日 平成17年6月20日(2005.6.20)</p> <p>(65) 公開番号 特開2006-349628 (P2006-349628A)</p> <p>(43) 公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)</p> <p>審査請求日 平成19年10月2日(2007.10.2)</p> <p>特許法第30条第1項適用 平成17年6月1日 社団法人日本コンクリート工学協会発行の「コンクリート工学年次論文集 第27巻(2005)」に発表</p>	<p>(73) 特許権者 305032173 リック株式会社 東京都大田区中央二丁目5番1号</p> <p>(73) 特許権者 301031392 独立行政法人土木研究所 茨城県つくば市南原1番地6</p> <p>(74) 代理人 100062764 弁理士 樺澤 襄</p> <p>(74) 代理人 100092565 弁理士 樺澤 聡</p> <p>(74) 代理人 100112449 弁理士 山田 哲也</p> <p>(74) 代理人 100128392 弁理士 服部 秀一</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンクリート構造物の品質評価装置およびコンクリート構造物の品質評価方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンクリート構造物表面を打撃する鋼球を備えた打撃ハンマと、
この打撃ハンマに設けられ、この打撃ハンマにてコンクリート構造物の複数の測定点表面を打撃した際の前記鋼球の時刻暦加速度をそれぞれ測定する加速度センサと、
この加速度センサにて測定された各時刻暦加速度を高速フーリエ変換により周波数解析し、この解析された周波数スペクトルに対して $2/f$ (f は各周波数) を掛ける微分フィルタを通した値が最大値となる周波数の逆数によりそれぞれ算出した前記鋼球のコンクリート構造物への接触時間を比較することでコンクリート構造物の表層付近の品質を評価する解析処理手段と

を具備したことを特徴とするコンクリート構造物の品質評価装置。

【請求項2】

打撃ハンマの鋼球によりコンクリート構造物表面を打撃する打撃工程と、
この打撃工程において前記打撃ハンマにてコンクリート構造物の複数の測定点表面を打撃した際の前記鋼球の時刻暦加速度をそれぞれ測定する測定工程と、
この測定工程にて測定された各時刻暦加速度を高速フーリエ変換により周波数解析し、この解析された周波数スペクトルに対して $2/f$ (f は各周波数) を掛ける微分フィルタを通した値が最大値となる周波数の逆数によりそれぞれ算出した前記鋼球のコンクリート構造物への接触時間を比較することでコンクリート構造物の表層付近の品質を評価する解析評価工程と

を具備したことを特徴としたコンクリート構造物の品質評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンクリート構造物の品質を非破壊に評価するコンクリート構造物の品質評価装置およびコンクリート構造物の品質評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

コンクリートの表層付近は、中性化や塩害などの劣化機構に対し、劣化進行の抑制や鉄筋の腐蝕抑制に重要な役割を果たすことから、コンクリート構造物の維持管理において、

10

コンクリートの表層付近の品質を評価することは、重要な情報になると考えられる。

【0003】

そして、このような品質の評価方法として、非破壊試験は有効な手段であるが、維持管理における経済性を考慮し、より簡易に評価できる方法が要求されている。

【0004】

従来、コンクリート構造物の劣化などの品質を非破壊に評価する方法としては、コンクリート構造物の状態を示す各種データを入力するとともに、コンクリート構造物が設置されている地域の気象条件データなどの各種指標データを入力し、これら指標データに基づき、コンクリート構造物における鉄筋の腐蝕状態を予測する方法が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

20

【0005】

しかしながら、コンクリート構造物は、同一部材であっても、施工時の原因などにより、箇所によっては表層付近の品質に差が生じ、劣化進行の程度が異なることがあるため、上記特許文献1に記載された方法では、各コンクリート構造物を直接評価しないことから、箇所ごとの劣化進行の程度を予測することが容易でないという問題がある。

【0006】

そこで、従来、鋼球を備えた打撃ハンマによりコンクリート構造物を打撃し、鋼球に設けられた加速度センサにより鋼球の時刻暦加速度を測定し、この時刻暦加速度に基づきコンクリート構造物の表面の健全度を評価する方法も知られている（例えば、特許文献2および3参照。）。

30

【特許文献1】特開2005-17157号公報（第6-18頁、図1）

【特許文献2】特開2004-144586号公報（第5-8頁、図1-4）

【特許文献3】特開2004-150946号公報（第6-11頁、図1-3）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献2に記載された方法では、時刻暦加速度を時間積分して打撃ハンマの打撃初速度を算出し、コンクリート構造物表面に発生した時刻暦打撃力（時刻加速度と打撃ハンマ質量との積）を打撃初速度で除した接触インピーダンスによりコンクリート構造物の表面の健全度を評価するなど、時刻暦加速度から打撃初速度および時刻暦打撃力を直接算出するため、精度を向上することが容易でない。

40

【0008】

また、特許文献3に記載された方法では、時刻暦加速度から算出した鋼球の接触時間に基づき、ヘルツ(Hertz)の衝撃理論によりコンクリートの剛性を算出するものであるが、時刻暦加速度から鋼球の接触時間を客観的に決定することが容易でないので、測定の精度を向上することが容易でなく、また、このようにヘルツの衝撃理論に基づきコンクリートの剛性を算出する際には、コンクリートの材料の弾性係数とポアソン比との2つの未知数を求める必要があるから、少なくとも2回測定しなければならず、測定が煩雑であるという問題を有している。

【0009】

50

本発明は、このような点に鑑みなされたもので、コンクリート構造物の品質を容易に、かつ精度よく評価できるコンクリート構造物の品質評価装置およびコンクリート構造物の品質評価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】

【0010】

請求項1記載のコンクリート構造物の品質評価装置は、コンクリート構造物表面を打撃する鋼球を備えた打撃ハンマと、この打撃ハンマに設けられ、この打撃ハンマにてコンクリート構造物の複数の測定点表面を打撃した際の前記鋼球の時刻暦加速度をそれぞれ測定する加速度センサと、この加速度センサにて測定された各時刻暦加速度を高速フーリエ変換により周波数解析し、この解析された周波数スペクトルに対して $2/f$ (f は各周波数) を掛ける微分フィルタを通した値が最大値となる周波数の逆数によりそれぞれ算出した前記鋼球のコンクリート構造物への接触時間を比較することでコンクリート構造物の表層付近の品質を評価する解析処理手段とを具備したものである。

10

【0011】

請求項2記載のコンクリート構造物の品質評価方法は、打撃ハンマの鋼球によりコンクリート構造物表面を打撃する打撃工程と、この打撃工程において前記打撃ハンマにてコンクリート構造物の複数の測定点表面を打撃した際の前記鋼球の時刻暦加速度をそれぞれ測定する測定工程と、この測定工程にて測定された各時刻暦加速度を高速フーリエ変換により周波数解析し、この解析された周波数スペクトルに対して $2/f$ (f は各周波数) を掛ける微分フィルタを通した値が最大値となる周波数の逆数によりそれぞれ算出した前記鋼球のコンクリート構造物への接触時間を比較することでコンクリート構造物の表層付近の品質を評価する解析評価工程とを具備したものである。

20

【発明の効果】

【0012】

請求項1記載の発明によれば、打撃ハンマにてコンクリート構造物の複数の測定点表面を打撃した際の鋼球の時刻暦加速度を加速度センサでそれぞれ測定し、これら測定された各時刻暦加速度を高速フーリエ変換により周波数解析し、この解析された周波数スペクトルに対して $2/f$ (f は各周波数) を掛ける微分フィルタを通した値が最大値となる周波数の逆数によりそれぞれ算出した鋼球のコンクリート構造物への接触時間を比較することにより、この接触時間を精度よく算出でき、コンクリート構造物の品質を容易に、かつ精度よく評価できる。

30

請求項2記載の発明によれば、打撃ハンマにてコンクリート構造物の複数の測定点表面を打撃した際の鋼球の時刻暦加速度をそれぞれ測定し、これら測定された各時刻暦加速度を高速フーリエ変換により周波数解析し、この解析された周波数スペクトルに対して $2/f$ (f は各周波数) を掛ける微分フィルタを通した値が最大値となる周波数の逆数によりそれぞれ算出した鋼球のコンクリート構造物への接触時間を比較することによりコンクリート構造物の表層付近の品質を評価することで、鋼球のコンクリート構造物への接触時間を精度よく算出できるので、コンクリート構造物の品質を容易に、かつ精度よく評価できる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0013】

以下、本発明の一実施の形態のコンクリート構造物の品質評価装置の構成を図面を参照して説明する。

【0014】

図1にコンクリート構造物の品質評価装置(以下、単に品質評価装置という)を示し、この品質評価装置は、鋼球1を備えた打撃ハンマ2と、鋼球1に取り付けられた加速度センサ3と、この加速度センサ3とケーブルCにより電氣的に接続された解析処理手段としての解析処理装置4とを備えている。

【0015】

鋼球1は、コンクリート構造物S(以下、単に構造物Sという)を打撃するものであり

50

、構造物 S の表層のみを評価範囲とするために、10 g 弱となるように設定された小質量のものである。

【0016】

打撃ハンマ 2 は、鋼球 1 が先端に取り付けられた棒状に形成され、作業者が把持することで鋼球 1 により構造物 S 表面を叩くことが可能となっている。

【0017】

加速度センサ 3 は、略円柱状に形成され、鋼球 1 の径方向に取り付けられてこの鋼球 1 と一体となっている。

【0018】

解析処理装置 4 は、加速度センサ 3 から出力された波形信号を周波数解析するとともに、この周波数解析により解析された周波数データに基づき、鋼球 1 の構造物 S への接触時間を算出し、この接触時間により構造物 S の品質を評価したり、各種データをディスプレイ部 D に表示したり、あるいは、各種データを記録すなわち保存したりするものであり、波形信号に含まれるノイズを除去する図示しないノイズフィルタ、波形信号を A/D 変換する A/D 変換器、および、データ保存用の記録手段などを内部に備えている。

10

【0019】

なお、解析処理装置 4 の各種処理は、この解析処理装置 4 内に設けられた図示しない CPU など設定された所定のプログラムに沿って実行され、このプログラムは外部から書き換え可能とすることもできる。

【0020】

次に、上記一実施の形態のコンクリート構造物の品質評価方法を図 2 に示すフローチャートを参照して説明する。なお、フローチャート中の丸数字は、ステップ番号を表す。

20

【0021】

まず、作業者が打撃ハンマ 2 を把持して鋼球 1 にて構造物 S の各測定点を打撃し（ステップ 1（打撃工程））、この打撃した際の鋼球 1 の時刻暦加速度を加速度センサ 3 にてそれぞれ測定する（ステップ 2（測定工程））。

【0022】

ここで、打撃ハンマ 2 による打撃強さは、時刻暦加速度の入力波形の振幅値が加速度センサ 3 の測定範囲内、および、解析処理装置 4 の処理可能範囲であれば、特に規定せずとも十分な評価結果を得ることができるが、打撃強さのばらつきによる評価結果の若干のばらつきを抑制して精度をより向上する場合には、打撃強さはほぼ一定としたり、充分大きくしたりする方が好ましい。

30

【0023】

さらに、この加速度センサ 3 で測定した各測定点の時刻暦加速度がケーブル C を介して解析処理装置 4 へ出力されると、解析処理装置 4 がこの時刻暦加速度の波形を周波数解析し、この解析結果に基づき算出し、各測定点について算出した鋼球 1 の構造物 S への接触時間すなわち鋼球接触時間を比較して、構造物 S の品質を評価する（ステップ 3（解析評価工程））。

【0024】

ここで、図 3 に示すように、時刻暦加速度 $A(t)$ の入力波形の凸部の横軸が鋼球接触時間 T_c となるが、この鋼球接触時間 T_c を時刻暦加速度 $A(t)$ の入力波形から客観的に決定することは容易でない。そこで、解析評価工程において、解析処理装置 4 は、時刻暦加速度 $A(t)$ を高速フーリエ変換 (FFT) により変換した周波数スペクトル $P(f)$ を求め、振幅が最大となる周波数 f_0 の逆数から鋼球接触時間 T_c を決定する。ただし、周波数スペクトル $P(f)$ のようなパルス状の波形では直流成分を含む広い帯域の周波数特性を有し、周波数 f_0 を正確に決定することが容易でないので、解析処理装置 4 は、例えば周波数スペクトル $P(f)$ に微分フィルタを通したスペクトル $P'(f)$ を求め、このスペクトル $P'(f)$ が最大値をとる周波数を周波数 f_0 とする。すなわち、

40

$$P'(f) = P(f) \cdot 2\pi f \dots \dots (1)$$

である。

50

【 0 0 2 5 】

ここで、解析処理装置 4 での構造物 S の品質評価について説明する。

【 0 0 2 6 】

ヘルツ(Hertz)の衝撃理論によれば、鋼球接触時間 T_c は次の式 (2) により示される。

【 0 0 2 7 】

$$T_c = 5 \cdot 97 \cdot [\rho_s (\rho_s + \rho_p)]^{2/5} \cdot R / h^{0.1} \quad \left(\text{ただし、} \rho_p = 1 - \rho_p^2 / E_p, \rho_s = 1 - \rho_s^2 / E_s \right) \dots \dots (2)$$

【 0 0 2 8 】

ここで、 ρ_s は鋼球密度、R は鋼球半径、h は鋼球の落下高さ、 ρ_p はコンクリートのポアソン比、 ρ_s は鋼球のポアソン比、 E_p はコンクリートのヤング率、 E_s は鋼球のヤング率である。

10

【 0 0 2 9 】

このため、上記式 (2) より、同じ質量の鋼球 1 で構造物 S に打撃を与えると、鋼球接触時間 T_c は、コンクリートの表層付近のヤング率によって変化することとなる。例えば、コンクリートの表層付近の強度が強く、ヤング率 E_p が大きい測定点では、 ρ_p が小さくなり、この結果、鋼球接触時間 T_c が短くなる。

【 0 0 3 0 】

したがって、解析処理装置 4 は、鋼球接触時間が短いほど、構造物 S の表層のヤング率が大きい、すなわち構造物 S の表層の品質が良好であると評価する。

20

【 0 0 3 1 】

この後、解析処理装置 4 は、時刻暦加速度、この時刻暦加速度の周波数スペクトル、この周波数スペクトルに微分フィルタを通したスペクトル、および、構造物 S の品質評価結果などの各種データを記録手段に保存するとともに、これらデータを必要に応じてディスプレイ部 D に表示する (ステップ 4 (保存表示工程)) 。

【 0 0 3 2 】

なお、測定点が複数箇所となる場合には、上記処理をその都度繰り返す。

【 0 0 3 3 】

上述したように、上記一実施の形態によれば、打撃ハンマ 2 にて構造物 S の各測定点表面を打撃した際の鋼球 1 の時刻暦加速度を加速度センサ 3 で測定し、これら測定された時刻暦加速度を周波数解析し、この解析結果に基づきそれぞれ算出した鋼球 1 の構造物 S への各接触時間を解析処理装置 4 により比較して構造物 S の品質を評価することで、鋼球接触時間を精度よく算出できるので、構造物 S の品質を容易に、かつ精度よく評価できる。

30

【 0 0 3 4 】

具体的に、解析処理装置 4 は、加速度センサ 3 にて測定された各時刻暦加速度の入力波形を F F T により周波数解析し、振幅が最大となる周波数の逆数により鋼球接触時間をそれぞれ決定することにより、この鋼球接触時間を、より精度よく算出できる。

【 0 0 3 5 】

また、振幅が最大となる周波数を決定する際に、F F T により解析した周波数スペクトルに微分フィルタを通した値が最大値となる周波数とすることにより、この周波数の逆数を鋼球接触時間とすることで、この鋼球接触時間を、より精度よく算出できる。

40

【 0 0 3 6 】

さらに、このように鋼球接触時間を測定することで、構造物 S における品質および劣化進行が懸念される位置を測定点単位で評価できるとともに、構造物 S における品質および劣化進行が懸念される点を直接的かつ客観的に、局所的な情報として把握でき、構造物 S の以後の維持管理における管理重点箇所を判断できる。

【 0 0 3 7 】

すなわち、本実施の形態のコンクリート構造物の品質評価方法を、例えば竣工検査などに適用することで、同一の構造物 S の中で劣化進行が懸念される位置を事前に把握でき、構造物 S の維持管理計画において参考となる情報を得ることができる。

50

【 0 0 3 8 】

そして、上記の品質評価方法は、各測定点を打撃ハンマ2により1度ずつ打撃するだけで容易に測定できるものであるから、短時間での測定が可能であり、調査費用の低減なども可能になる。

【 0 0 3 9 】

また、鋼球1の質量を10g弱とすることで、評価範囲を構造物Sの劣化進行の抑制や鉄筋の腐蝕抑制に重要な役割を果たす表層付近に限定できるとともに、打撃ハンマ2が軽量化され、この打撃ハンマ2の使い勝手をも向上できる。

【 0 0 4 0 】

しかも、評価装置全体がコンパクトであるため、場所を問わずに構造物Sの評価が容易に可能となる。

【 0 0 4 1 】

さらに、打撃ハンマ2の鋼球1による構造物Sの打撃強さをほぼ一定としたり、充分大きくしたりすることで、式(2)に示す落下高さhに相当する打撃強さのばらつきによる鋼球接触時間の測定結果のばらつきを抑制し、構造物Sの品質を、より精度よく評価できる。

【 実施例 】

【 0 0 4 2 】

本発明のコンクリート構造物の品質評価方法を用いて、この評価方法が実際のコンクリート構造物の品質と相関関係を有することを確かめる実験を行った。

【 0 0 4 3 】

(a) 実験内容

構造物Sとして、底版およびこの底版から立ち上がる壁を有するL型擁壁を模したL型供試体と、左右両側の壁厚が異なるボックスカルバート状のボックス供試体と、曲げ供試体との3種類を使用した。これら供試体の配合を表1に示し、それぞれの実験内容を表2に示す。

【 0 0 4 4 】

【 表 1 】

名称		セメント種類	呼び強度	粗骨材の最大寸法(mm)	スラブ(cm)	水セメント比(%)	空気量(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)					
									水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材	
L型供試体	A	壁	普通	18	25	8	63.0	4.5	44.9	158	251	824	1026	2.69
		底版	高炉B	18	40	8	59.0	4.5	43.0	148	251	799	1070	2.69
	B	壁	普通	27	25	8	49.5	4.5	43.2	158	320	771	1023	3.42
		底版	高炉B	18	40	8	59.0	4.5	43.0	148	251	799	1070	2.69
	C	壁	普通	40	25	8	38.0	4.5	41.0	159	419	696	1015	4.48
		底版	高炉B	27	40	8	45.5	4.5	41.3	148	326	740	1064	3.49
ボックス供試体	厚壁	普通	18	20	8	70.0	4.5	47.0	161	230	885	1031	2.44	
	薄壁	普通	45	20	12	35.0	3.0	39.9	163	466	686	1072	5.13	
曲げ供試体	MN18	普通	18	20	8	67.0	4.5	44.9	160	239	849	1049	2.55	
	MN24	普通	24	20	8	57.5	4.5	43.5	157	274	813	1065	2.92	
	MN30	普通	30	20	8	49.5	4.5	42.3	157	318	776	1065	3.39	
	MN60	普通	60	20	15	30.0	3.5	42.5	160	534	710	970	6.94	
	MBB24	高炉B	24	20	8	56.5	4.5	43.6	153	271	818	1065	2.89	

【 0 0 4 5 】

【表 2】

名称	使用した供試体	品質変化内容	鋼球接触時間測定材齢	品質評価方法
実験1	L型供試体	透水型枠、合板型枠の使用	25日	小径コアによる圧縮強度
	ボックス供試体		29日	促進中性化試験による中性化深さ
実験2	曲げ供試体	配合、水中養生日数	7日, 28日	促進中性化試験による中性化深さ

【 0 0 4 6 】

L型供試体およびボックス供試体のそれぞれの端面（L型供試体はL字の面、ボックス供試体は口字の面）は、一方の面を合板型枠でコンクリートを打設したのに対して、反対側すなわち他方の面は透水型枠を施工してコンクリートを打設した。

10

【 0 0 4 7 】

また、L型供試体（A、B、C）は、材齢25日で、壁および底版にて型枠が異なる両端面で鋼球接触時間を測定し、25mmの小径コアを採取して構造物Sの劣化進行と相関関係にある圧縮強度を測定する圧縮強度試験をした結果と比較した。

【 0 0 4 8 】

さらに、ボックス供試体は、材齢29日で、薄壁および厚壁にて型枠が異なる両端面で鋼球接触時間を測定し、25mmの小径コアを採取して構造物Sの劣化進行と相関関係にある中性化進行速度を測定する促進中性化試験した際の中性化深さの測定結果と比較した。

20

【 0 0 4 9 】

そして、曲げ供試体は、5種類の配合の供試体（MN18、MN24、MN30、MN60、MBB24）を製作したが、これら各配合の供試体について、（i）脱型後から乾燥、（ii）材齢3日まで水中養生した後乾燥、（iii）材齢7日まで水中養生した後乾燥、の3種類の養生方法に分けた。さらに、材齢7、28日に各配合の供試体の各養生方法のものについて鋼球接触時間を測定し、材齢28日後に測定点から25mmの小径コアを採取して促進中性化試験した際の中性化深さ測定結果と比較した。

【 0 0 5 0 】

ここで、本実験に使用した透水型枠は、合板に透水シートを貼り付けたもので、透水シートは、構造物S側にポリエチレン系フィルム、型枠側にポリプロピレン系不織布を貼り合せたものである。

30

【 0 0 5 1 】

そして、促進中性化試験の条件は、表3に示すとおりであり、中性化深さは、小径コアを1本ずつ取り出してカッターで半分に切断し、フェノールフタレイン溶液を散布して無着色域の深さをノギスにより測定した。また、測定位置は、切断面の両面を5mm間隔に5点ずつ測定した。

【 0 0 5 2 】

【表 3】

項目	条件
温度	20°C
湿度	R. H. 60%
炭酸ガス濃度	5%
促進中性化試験期間	ボックス供試体：28, 56, 91, 182日
	曲げ供試体：3, 7, 17, 31, 66日

40

【 0 0 5 3 】

（b）測定方法

50

鋼球接触時間の測定方法としては、加速度センサ3として衝撃加速度計（PCB社製350B03型）を取り付けた直径10mmの鋼球（合計質量8.4g）で供試体のコンクリート表面を打撃し、入力波形を測定した。

【0054】

ここで、打撃強さは特に規定せずに、入力波形の振幅値が解析処理装置4の測定範囲内であることを確認し、解析処理装置4に記録した。

【0055】

そして、解析処理装置4では、図3に示すように、時刻暦加速度 $A(t)$ をFFTにより変換した周波数スペクトル $P(f)$ を求め、この周波数スペクトル $P(f)$ に微分フィルタを通したスペクトル $P'(f)$ を求め、このスペクトル $P'(f)$ が最大値をとる周波数 f_0 の逆数を鋼球接触時間とする。

【0056】

(c) 実験結果

L型供試体の各部位では、材齢25日に鋼球接触時間を測定した。透水型枠での測定結果と合板型枠での測定結果との比較結果を図4に示す。

【0057】

この図4により、例えばL型供試体Aの底版では、合板型枠での鋼球接触時間が約125 μ 秒であるのに対して、透水型枠では約98 μ 秒となるように、同一部位で比較すると、各部位とも透水型枠の方が合板型枠よりも20 μ 秒ほど短くなることが確認された。

【0058】

一般に、透水型枠を使用すると、コンクリートの表層付近の品質が改善されるが、式(2)より、鋼球接触時間は、コンクリートの接触面のヤング率が大きくなれば短くなることから、測定結果は、透水型枠によりコンクリートの表層付近の品質が改善したことを明確に反映したものであるといえる。

【0059】

また、各測定面にて25mmの小径コアを採取し、表面から深さ50mm付近までの圧縮強度を測定した結果と、鋼球接触時間との比較を図5に示す。

【0060】

この図5により、直線回帰による相関係数は0.77となり、鋼球接触時間の測定結果から圧縮強度を推定するまでには至らないものの、両者には強い相関関係があることが確認された。

【0061】

また、ボックス供試体の各部位で、材齢29日に測定した鋼球接触時間を表4に示す。

【0062】

【表4】

測定面		鋼球接触時間(μ 秒)
薄壁	透水型枠	81.9
	合板型枠	120.5
厚壁	透水型枠	99.9
	合板型枠	124.1

【0063】

この表4により、L型供試体と同様に透水型枠での鋼球接触時間は合板型枠に比べて短くなることが確認された。

【0064】

また、ボックス供試体では、25mmの小径コアを4本採取し、促進中性化試験期間を4回に分けて中性化深さを測定した。その結果を表5に示す。

【 0 0 6 5 】

【 表 5 】

測定面		中性化深さ (mm)				中性化 速度係数 (mm/日 ^{0.5})
		促進中性化期間 (日)				
		28	56	91	182	
薄壁	透水型枠	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
	合板型枠	0.0	7.4	0.0	13.2	0.65
厚壁	透水型枠	0.0	0.0	9.1	0.0	0.24
	合板型枠	12.0	17.9	23.0	28.3	2.24

10

【 0 0 6 6 】

なお、この表 5 中の中性化速度係数は、中性化深さを C とし、促進中性化試験期間を t としたとき、

$$C = A \sqrt{t} \dots\dots (3)$$

に示す t 則により回帰して求めた係数 A である。この中性化速度係数と鋼球接触時間との関係を、図 6 に示す。

【 0 0 6 7 】

この図 6 により、鋼球接触時間が短ければ中性化の進行速度が遅くなる関係が確認される。

20

【 0 0 6 8 】

これは、鋼球接触時間がコンクリートの表層付近のヤング率によって変化することと、中性化の進行速度がコンクリートの表層付近の緻密性によって変化することとが対応するものと考えられる。

【 0 0 6 9 】

また、曲げ供試体の各配合および各水中養生日数の供試体で、材齢 7, 28 日に測定した鋼球接触時間を表 6 および図 7 に示す。

【 0 0 7 0 】

【表 6】

名称	水中養生日数	鋼球接触時間(μ秒)	
		測定材齢	
		7日	28日
MN18	0日	159.3	149.0
	3日	190.6	138.0
	7日	184.6	142.7
MN24	0日	168.8	138.3
	3日	171.0	135.5
	7日	140.7	126.1
MN30	0日	155.2	125.0
	3日	134.4	126.1
	7日	134.5	129.1
MN60	0日	116.4	110.3
	3日	112.7	108.7
	7日	103.4	105.3
MBB24	0日	183.4	148.7
	3日	163.4	146.8
	7日	159.8	152.4

10

20

【0071】

測定結果より、材齢7日のものと材齢28日のものとを比較すると、殆どの供試体で材齢28日のものの方が材齢7日のものよりも鋼球接触時間が短くなっていることが確認される。

【0072】

これは、材齢の経過により、コンクリートの表層付近のヤング率が大きくなった結果であると考えられる。

30

【0073】

また、各配合で比較しても、呼び強度が強い供試体ほど鋼球接触時間が短くなることが確認される。

【0074】

さらに、曲げ供試体では、25mmの小径コアを5本採取し、促進中性化試験を3～66日の5回として中性化深さを測定した。この結果を表7に示す。

【0075】

【表 7】

名称	水中養生 日数	中性化深さ (mm)					中性化 速度係数 (mm/日 ^{0.5})
		促進中性化期間(日)					
		3	7	17	31	66	
MN18	0日	4.3	6.3	8.5	10.5	16.1	2.00
	3日	2.8	5.6	8.1	10.1	15.1	1.87
	7日	3.1	5.6	6.8	9.2	14.4	1.75
MN24	0日	2.6	4.6	7.4	11.1	9.9	1.53
	3日	2.1	3.9	5.0	9.5	10.8	1.41
	7日	1.4	3.3	4.8	7.3	9.5	1.20
MN30	0日	2.4	3.3	5.1	7.4	4.6	0.91
	3日	1.2	2.7	4.0	4.7	6.0	0.81
	7日	0.8	3.3	4.2	4.7	5.7	0.81
MN60	0日	0.2	0.5	0.5	0.9	0.3	0.09
	3日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.01
	7日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.01
MBB24	0日	6.6	9.2	9.9	11.2	16.9	2.23
	3日	4.7	6.1	6.0	10.8	14.9	1.86
	7日	3.2	4.8	5.5	9.1	15.5	1.75

10

20

【 0 0 7 6 】

全曲げ供試体での材齢 7 , 2 8 日での鋼球接触時間と中性化速度係数との関係を図 8 に示す。この図 8 により、中性化速度係数と鋼球接触時間とでは、材齢 7 日の場合には相関係数 0 . 9 1、材齢 2 8 日の場合には相関係数 0 . 9 6 となり、鋼球接触時間が短くなれば中性化の速度進行が遅くなる強い相関関係を示した。

【 0 0 7 7 】

(d) 考察

上記 (c) により、本実施例の測定方法により測定した鋼球接触時間は、透水型枠と合板型枠との違い、材齢の違い、および、呼び強度の違いによるコンクリートの表層付近のヤング率の変化に対応し、圧縮強度測定結果および中性化の進行速度と強い相関関係にあることが確認された。

【 0 0 7 8 】

ここで、鋼球接触時間は、同じ鋼球で同じコンクリートを打撃しても、式 (2) により、落下高さによって変化する。

【 0 0 7 9 】

例えば、同じ鋼球で同じコンクリートを打撃し、落下高さが 5 c m で鋼球接触時間が 1 5 0 μ 秒になった場合を想定すると、式 (2) により、落下高さ h と鋼球接触時間 T_c とは、次式 (4) および図 9 の関係となる。

【 0 0 8 0 】

$$T_c = 1.11 \times 10^{-4} / h^{0.1} \dots\dots (4)$$

【 0 0 8 1 】

この場合、例えば落下高さが 1 0 c m となると、鋼球接触時間は約 1 4 0 μ 秒となり、落下高さ 5 c m 時と比較して、1 0 μ 秒もの差が生じることとなる。

【 0 0 8 2 】

したがって、人的な打撃により鋼球接触時間を測定した上記各実験では、打撃強さの違いが式 (4) の落下高さ h の違いに相当し、人的な打撃による打撃強さの違いが鋼球接触

30

40

50

時間の測定結果にある程度の影響を及ぼすことが考えられるため、打撃強さを一定にしたり、あるいは落下高さが高くなれば鋼球接触時間が収束することから打撃強さを十分に強くしたりすることで、コンクリート表層付近の若干の品質変化にも対応可能となり、構造物Sの品質をより正確に評価できると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】本発明の一実施の形態のコンクリート構造物の品質評価装置を示す説明図である。

【図2】同上コンクリート構造物の品質評価方法を示すフローチャートである。

【図3】同上コンクリート構造物の品質評価装置の加速度センサにより測定した入力波形と、この入力波形を解析処理手段で周波数解析した周波数スペクトルと、この周波数スペクトルに微分フィルタを通したスペクトルとを示すグラフである。

10

【図4】同上コンクリート構造物の品質評価方法に係る実験結果のL型供試体の透水型枠での鋼球の接触時間と合板型枠での鋼球の接触時間との関係を示すグラフである。

【図5】同上コンクリート構造物の品質評価方法に係る実験結果のL型供試体の鋼球の接触時間と表層付近の圧縮強度との関係を示すグラフである。

【図6】同上コンクリート構造物の品質評価方法に係る実験結果のボックス供試体の鋼球の接触時間と中性化速度係数との関係を示すグラフである。

【図7】同上コンクリート構造物の品質評価方法に係る実験結果の曲げ供試体の鋼球の接触時間を示すグラフである。

20

【図8】同上コンクリート構造物の品質評価方法に係る実験結果の材齢7日と材齢28日との曲げ供試体の鋼球の接触時間と中性化速度係数との関係を示すグラフである。

【図9】鋼球の落下高さとの鋼球の接触時間との関係の一例を示すグラフである。

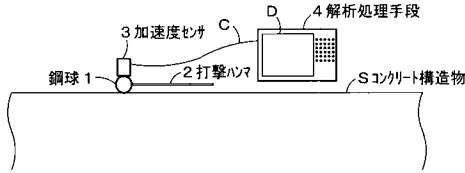
【符号の説明】

【0084】

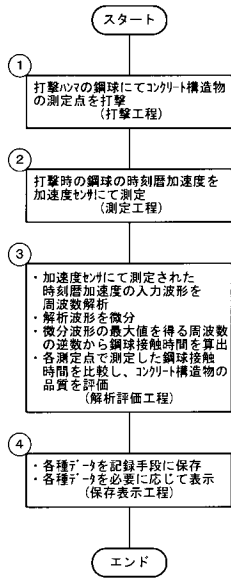
- 1 鋼球
- 2 打撃ハンマ
- 3 加速度センサ
- 4 解析処理手段としての解析処理装置
- S コンクリート構造物

30

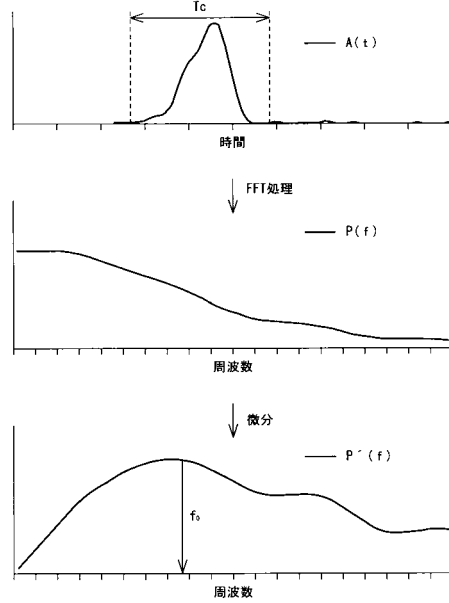
【図1】



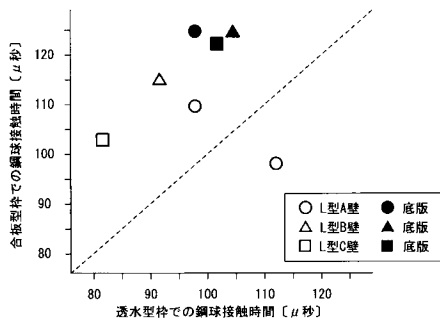
【図2】



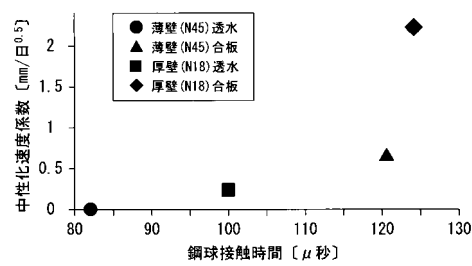
【図3】



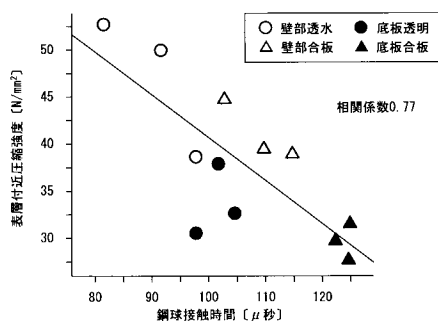
【図4】



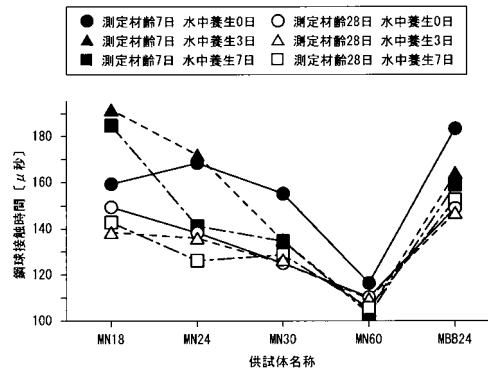
【図6】



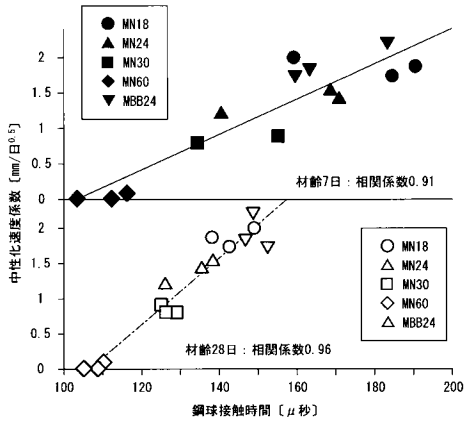
【図5】



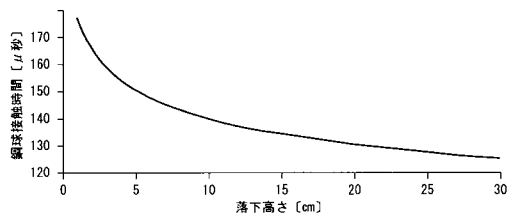
【図7】



【 8 】



【 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 岩野 聡史
東京都大田区中央二丁目5番1号 リック株式会社内
- (72)発明者 森濱 和正
茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所内
- (72)発明者 境 友昭
茨城県つくば市遠東904-1 アプライドリサーチ株式会社内

審査官 森口 正治

- (56)参考文献 特開平11-271286(JP,A)
特開平08-201355(JP,A)
特開2000-088044(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 29/12