

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3677219号
(P3677219)

(45) 発行日 平成17年7月27日(2005.7.27)

(24) 登録日 平成17年5月13日(2005.5.13)

(51) Int.Cl.⁷
GO 1 L 1/00
GO 1 L 5/00

F I
GO 1 L 1/00 A
GO 1 L 5/00 Z

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-120565 (P2001-120565)	(73) 特許権者	592127149
(22) 出願日	平成13年4月19日 (2001.4.19)		韓国科学技術院
(65) 公開番号	特開2001-324391 (P2001-324391A)		大韓民国大田広域市儒城区九城洞 3 7 3 -
(43) 公開日	平成13年11月22日 (2001.11.22)		1 番地
審査請求日	平成13年4月19日 (2001.4.19)	(74) 代理人	100077517
(31) 優先権主張番号	24439/2000		弁理士 石田 敬
(32) 優先日	平成12年5月8日 (2000.5.8)	(74) 代理人	100092624
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也
		(74) 代理人	100081330
			弁理士 樋口 外治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンクリート構造物の温度応力測定装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

両端が夫々 T 字形をなすコンクリート (1 2) の、該 T 字形端部を拘束することができ、内側が T 字形をなす 1 対の鉄製フレーム (1 1 , 1 1) を対向して配置し、該 1 対の鉄製フレーム (1 1 , 1 1) を連結する連結板 (1 3) と、該連結板 (1 3) を前記鉄製フレーム (1 1 , 1 1) に結合させるボルト (1 7) を用いて連結し、対向する前記鉄製フレーム (1 1) の内部にセロハンテープ (1 6) を付着してコンクリート (1 2) を保持させるように構成されたことを特徴とするコンクリート構造物の温度応力測定装置。

【請求項 2】

温度応力測定装置の対向して配置された 1 対の鉄製フレーム (1 1) を連結した金属板 (1 3) はコンクリート (1 2) とは熱膨張係数が異なる金属から構成することを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリート構造物の温度応力測定装置。

【請求項 3】

金属板 (1 3) はコンクリートの熱膨張係数より小さいインバー、またはコンクリートの熱膨張係数より大きいアルミニウムから構成されることを特徴とする請求項 2 に記載のコンクリート構造物の温度応力測定装置。

【請求項 4】

コンクリート構造物の温度応力測定において、コンクリートの T 字形両端部を拘束する 1 対の鉄製フレームを連結する連結板 (1 3) に取り付けられた変形率計 (1 5) とコンクリート (1 2) に埋込みゲージ (1 4) とが付着された温度応力測定装置を恒温恒湿槽

10

20

(19)に具備するステップと、コンクリート(12)の内部と恒温恒湿槽(19)の内部との温度を予め解析された温度履歴を介して具現状態を確認するステップと、温度履歴に従った変形率を測定するステップとから構成されたことを特徴とするコンクリート構造物の温度応力測定方法。

【請求項5】

コンクリートの初期塑性収縮と乾燥収縮とを防止するために湿度を85%に維持することを特徴とする請求項4に記載のコンクリート構造物の温度応力測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はコンクリート構造物から発生する水和熱による温度応力の測定に関する装置及び方法に関するものであって、解析的な方法や実際の構造物において遂行する実験を代替することができる室内実験用の試験装置及び方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

マスコンクリート構造物の施工や高強度コンクリートの使用によって問題となっているセメントの水和熱は、構造物の内/外部に与えられた拘束条件によって特定な温度応力を発生させ、場合によっては構造物に亀裂を発生させて構造物の使用性、水密性、耐久性などに深刻な影響を及ぼす。従って、水和熱によって発生する温度応力の大きさ及び亀裂発生の有無を明かすことは非常に重要である。コンクリート構造物に発生する温度応力を推定する方法には大きく解析的な方法と実験的な方法とがある。

【0003】

解析的な方法としては、多様な施工条件などを効果的に測定することができる有限要素法が主に使用され、実験的な方法としては、実際の構造物及び模擬実験体に対して特定装備やゲージを用いて直接温度応力を推定する方法と、室内実験用として製作された温度応力測定用試験装置を用いる方法とに分けられる。

【0004】

しかし、解析的な方法は、すべての条件を仮定しなければならないので、諸物性値が不確実な初期材令のコンクリートにおいては不正確な結果を招き、実際の構造物及び模擬実験体に対する実験的な方法もこのような問題を完全に解決できておらず、工事期間に直接実験を遂行しなければならないので、莫大な経費がかかるようになる。

【0005】

日本及びドイツで開発された試験装置は、まず装置が高価であり、実際のコンクリート構造物から発生する応力を測定し難く、内外部の拘束による応力の変化が分からず。即ち、図9(a)のように構造物の内側部から発生する内部拘束及び外部拘束による応力の変化と図9(b)のように外側部から発生する内部拘束による応力の変化とは完全に逆の傾向を帯びようになるが、上の装置などはこれを効率的に測定することができないという短所を持っている。また、構造物において任意の位置での温度変化を測定するための装備が追加的にかかる非経済的な面を有している。

【0006】

本発明と係った従来の技術としては、田澤(Transaction of the Japan Concrete Institute, Vol. 5, E. Tazawa and K. Iida, pp. 119-126)達は、4つのステンレススチールパイプと、このパイプとナットで固定された両端の板からなされている。パイプには一定温度の水を循環させ、パイプの表面には変形計を付着した。試験体が置かれる室の温度は温度解析によって求められた温度履歴を具現するために適切に制御され、拘束度はパイプ強性の変化とか、内部に流れる水の温度とかを制御することによって具現する温度亀裂試験装置である。

【0007】

ブレイタブチャー(Material and Structures, Vol. 23, R. Breitenbucher, pp. 172-177)は、半断熱状態(semi-adiabatic)において実験し、コンクリートが打設される鋳型

10

20

30

40

50

に銅パイプを埋設して任意にコンクリートの温度を調節することができるようにしたクラッキングフレームに関するものである。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

一方、スプリングゲンシュミド(Proceedings of the International RILEM Symposium、1994、R. Springenschmid and R. Breitenbucher、pp. 137-144)達は、全体的なアイデアや形態はクラッキングフレームと同様であるが、一方のクロスヘッド部分にロードセルを取付けて温度応力を測定し、ステップモータを用いてコンクリート変位を制御することができるように設計された T S T M (Temperature Stress Testing Machine)に関するものがあるが、上記で言及した従来の技術は本発明とは技術的な構成が異なるものなどである。

10

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明はコンクリートの構造物から発生する温度応力を室内で簡便に測定できる試験装置に関するものであって、コンクリートと他の熱膨脹係数を有する材料とを用いてコンクリートの構造物から発生する内/外部拘束の効果を測定することができるように行った。また、構造物の任意の部分においての温度履歴を解析や実験を介して求めると、これを恒温恒湿槽で予めプログラミングして実験体に加えることによって温度の効果を正確に考慮することができるように行った。

【 0 0 1 0 】

20

【発明の実施の形態】

本発明の目的を達成するために製作された試験装置の概略図は図1の通りである。図1において、(a)は平面図、(b)は(a)図のb-b線における断面図、(c)は側面図、(d)は試験装置に使用されたボルトである。図1でみるように試験装置は大きく両端の鉄材フレーム11及び、鉄材フレーム11と鉄材フレーム11とを連結する金属板13に分けられる。鉄材フレーム11は、コンクリートと試験装置とを一体に挙動させるためにT字形に設計され、金属板13は、コンクリートと熱膨脹係数が異なる材料が使用される。一例として、コンクリートより熱膨脹係数の小さい金属板としてはインバーを使用し、またコンクリートより熱膨脹係数の大きい金属板としてはアルミニウムを使用する。

【 0 0 1 1 】

30

図1の試験装置で分かるように開発された試験装置の核心は鉄材フレーム11の間に設置する金属板13にある。金属板13の熱膨脹係数が0とか、熱伝導率が0であれば、コンクリートの完全拘束状態を測定することができる。しかし、このような材料が存在しないので、より効果的に内部拘束と外部拘束とを実現するために板の熱膨脹係数を変化させるようにした。板の熱膨脹係数がコンクリートの熱膨脹係数より小さければ、温度上昇時にはコンクリートに圧縮応力が発生し、温度下降時には引張応力が発生するが、板の熱膨脹係数がコンクリートの熱膨脹係数より大きい場合は反対の傾向が表われる。即ち、マスコンクリートの構造物において内部拘束が強い外側部の温度応力の傾向はコンクリートより熱膨脹係数が大きい材料の板を用いて測定することができ、逆に外部拘束、または内部拘束が強い内側部の温度応力の傾向はコンクリートより熱膨脹係数が小さい材料の板を用いて測定することが可能である。本温度応力試験装置において使用された材料の物性値をコンクリートと比較すると、表1の通りである。

40

【 0 0 1 2 】

【表1】

使用材料の物性値

材 料	熱膨脹係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	弾 性 係 数 ($9.8 \times 10^5 \text{ N/cm}^2$) ($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)
コンクリート	10	3.00
スチール	11	21.0
アルミニウム	24	7.33
インバー	4.5	2.89

10

【0013】

表1でみるようにコンクリートの熱膨脹係数より小さい熱膨脹係数を有する材料としてはインバーを、大きい熱膨脹係数を有する材料としてはアルミニウムを使用した。図1の試験装置を用い、表1の材料を用いて実験を遂行する詳細な方法は次の通りである。

20

【0014】

<実験方法>

図2でみるようにフレームを連結する連結板13には各材料に従う変形率計15(ストレンゲージ)を取付け、コンクリート内には埋込みゲージ14を設置した。図2(a)は上記で言及した図1(b)のような試験装置の断面図であり、(b)は試験装置の側面図である。コンクリートの内部と恒温恒湿槽の内部とは温度センサー18を設置してプログラムされた温度が正しく実現されることを確認することができるようにし、コンクリートの初期塑性収縮と乾燥収縮とを防止するために湿度は常に85%を維持するように温度と共にプログラミングした。また、図1で分かるように打設されるコンクリート12の量はあまり多くなく、厚さも80mmに過ぎないので、空气中に直接露出される部分で活潑に熱循環がなされることを考慮すると、打設されたコンクリート12の自体から発生する水和熱の影響は微々であろう。図2において点線で表示されたコンクリート12の境界部分は打設前にセロハンテープ16を取付け、打設後、実験が遂行される6時間後に除去した。フレームを支える薄い鉄板には実験前に予めグリースとオイルとを十分に塗って万一発生するかもしれない摩擦を防止し、板の代わりに複数個のベアリングを用いた予備実験を介して摩擦力が影響を及ぼさないことを確認した。

30

【0015】

上の試験装置を用いて対象構造物の温度応力を予測するためには、まず温度解析が遂行されなければならない。即ち、図3のように解析プログラムを介して温度解析をし、解析された温度履歴と同一な温度状態を具現することができる恒温恒湿槽19において実験を遂行する。図4は拘束条件によって予め解析された温度履歴を示している。

40

【0016】

温度による変形率を測定するというのは、非常に精密な実験を要求するので、初期打設温度を合わせるために打設一日前に予め試験装置、骨材、水などの使用材料を初期温度及び湿度に固定させて置いた恒温恒湿槽に入れ置いた。しかし、上のように初期打設温度を調整しても打設時、外気温やその他の原因によって打設を完了した時点での試験装置、コンクリート、恒温恒湿槽の内部温度が多少異なることがあるので、打設後、6時間の間に恒温恒湿槽の内部を初期温度に固定して試験装置、コンクリート、恒温恒湿槽の内部が完全に同一な温度になるようにした。以後には温度解析で得られた温度履歴を恒温恒湿槽を介してそのまま具現した。

50

【0017】

< 温度応力測定及び分析方法 >

上のような実験方法を介して得られた結果は次のような理論的背景によってコンクリートの構造物に作用する純粋な応力を計算することができる。

【0018】

変形が完全に拘束された状態であると、コンクリートの応力は数式1のように表現できる。

〔数式1〕

$$f_{c, res} = E_c \varepsilon_{c, free}$$

ここで、 $f_{c, res}$: 完全拘束時のコンクリートの温度応力

E_c : コンクリートの弾性係数

$\varepsilon_{c, free}$: 拘束がなかった時、発生したコンクリートの変形率

10

【0019】

しかし、試験装置においては完全な拘束を具現することではないので、数式2を介して発生する応力を表わすことができる。

〔数式2〕

$$f_c = E_c (\varepsilon_{c, free} - \varepsilon_c)$$

ここで、 f_c : フレーム内のコンクリートから発生した応力

E_c : フレーム内のコンクリートから発生した変形率

【0020】

従って、フレーム内のコンクリートとフレームとの力の平衡によって次のような数式3を得ることができる。

〔数式3〕

$$A_s E_s (\varepsilon_{s, free} - \varepsilon_s) = A_c E_c (\varepsilon_c - \varepsilon_{c, free})$$

ここで、 A_s 、 A_c : フレーム材料とコンクリートとの断面積

E_s 、 E_c : フレーム材料とコンクリートとの弾性係数

【0021】

ここで、求めようとする値は温度によって発生するコンクリートの応力であるので、上の式を整理して表現すると、数式4のようである。

【数1】

30

〔数式4〕

$$f_c = \frac{A_s}{A_c} E_s (\varepsilon_{s, free} - \varepsilon_s)$$

【0022】

上の式で、 A_s 、 A_c 、 E_s は既に知られている常数であり、 $\varepsilon_{s, Free}$ もやはり次のような数式5で容易に求められる。

〔数式5〕

$$\varepsilon_{s, free} = \alpha_s \Delta T$$

ここで、 α_s : フレーム材料の熱膨脹係数

ΔT : 温度変化量

【0023】

即ち、弾性係数や熱膨脹係数などの物性値が不分明な初期材令においてもどのような配合のコンクリートでも特定時間のフレームの変形率(ε_s)のみ測定すれば、その時間のコンクリートの応力を直ちに求められ得る。

40

50

【0024】

<本発明の測定装置の信頼性検証>

本発明で開発された試験装置を検証するために実験と同時にコンクリートの物性値実験も並行して実施した。図5は実験を介して得られた使用配合コンクリートの弾性係数の変化を示している。図5で分るように実験は大きく2つでなされたが、内側部と外側部との温度変化が異なるため、各々の温度履歴を別に作用して内側部と外側部とに分けて表現した。変形率計を用いて変形率を測定すると同時に恒温恒湿槽19を介して加えた温度履歴が正しくコンクリートと金属板とに作用するかを検証するために恒温恒湿槽19、コンクリート、金属板に各々2つの温度センサー18を設置した。

【0025】

図6、7は各々コンクリートより熱膨張係数が大きいアルミニウム(図6)と熱膨張係数が小さいインバー(図7)とを使用して開発された試験装置を介して得られた実験結果である。図6及び図7でみるように応力の変化が予測したとおり各々外側部と内側部との応力変化を示している。また、各実験の温度変化においてみるようにプログラミングした温度(チャンバー1、2)とコンクリート内部の温度(コンクリート1、2)、試験装置の温度(フレーム1、2)とがすべて微細な誤差(± 1)範囲内で同一に変わっていることを検証することができた。

【0026】

先で求めた試験装置を介して得られたコンクリートの応力と比較するために図2でみるようにコンクリート20に直接埋込みゲージを使用して測定した変形率に基づいて計算した(図8)。

【0027】

【発明の効果】

本発明はマスコンクリート構造物から発生する温度応力を室内で簡便に測定できる試験装置の開発に関するものであって、一般的に諸物性値が不分明な初期材令のコンクリートにも適用可能であるので、実際のコンクリートから発生する温度応力を正確に予測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の温度応力測定用装置で、(a)は温度応力測定装置の上面図、(b)は(a)図のb-b線における断面図、(c)は側面図、(d)は温度応力測定装置に使用するボルトである。

【図2】変形率と温度測定センサーとを取着けた温度応力測定装置の図で、(a)は断面図、(b)は側面図である。

【図3】恒温恒湿槽に設置された実験装置である。

【図4】実験に使用した温度履歴を示したグラフである。

【図5】拘束条件によるコンクリート弾性係数の変化を示したグラフである。

【図6】アルミニウム板を用いた実験結果を示したグラフであって、(a)は温度変化を示したグラフ、(b)は応力変化を示したグラフである。

【図7】インバーを用いた実験結果を示したグラフであって、(a)は温度変化を示したグラフ、(b)は応力変化を示したグラフである。

【図8】測定装置の信頼性の検証結果を示したグラフであって、(a)は埋立ゲージを介して得られたコンクリートの変形率、(b)はコンクリート試片とプレート試片との応力値を比較したグラフである。

【図9】コンクリート構造物から発生する一般的な応力変化を示したグラフであって、(a)は基礎の外側部の応力変化を示したグラフ、(b)は基礎の内側部の応力変化を示したグラフである。

【符号の説明】

- 1 1 ... 鉄材フレーム
- 1 2 ... コンクリート
- 1 3 ... 連結板

10

20

30

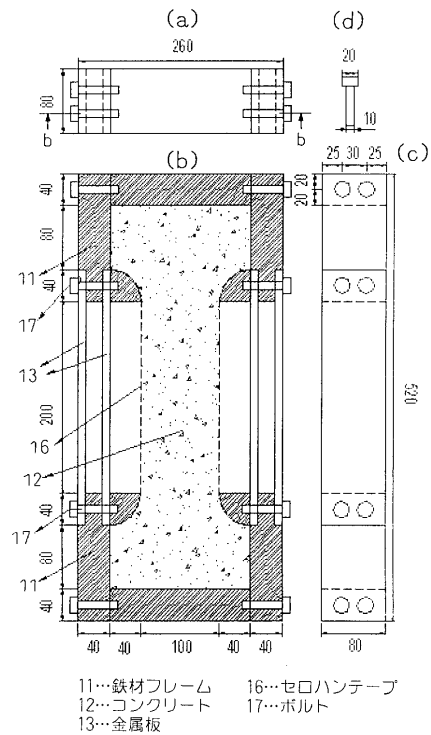
40

50

- 1 4 ... 埋込みゲージ
- 1 5 ... 変形率計
- 1 6 ... セロハンテープ
- 1 7 ... ボルト
- 1 8 ... 温度センサー
- 1 9 ... 恒温恒湿槽
- 2 0 ... 比較用コンクリート試片

【図 1】

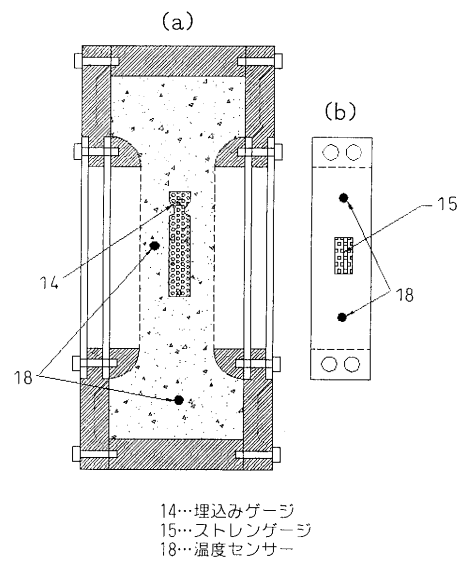
図 1 本発明の温度応力測定用装置を示す図



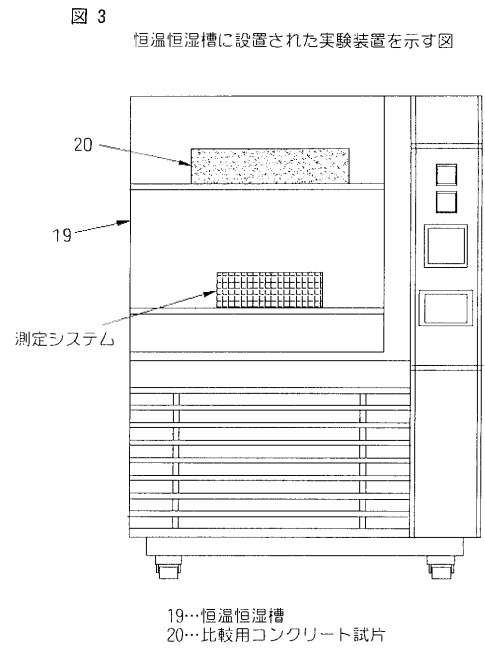
【図 2】

図 2

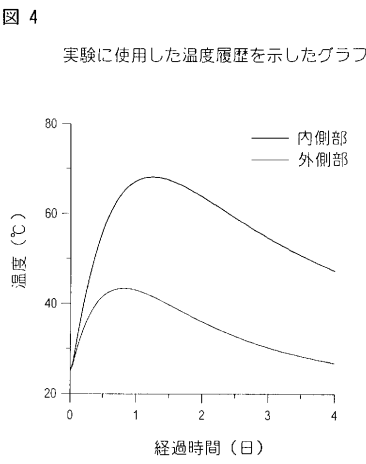
変形率と温度測定センサーとを付着した本発明の温度応力測定用装置を示す図



【図 3】

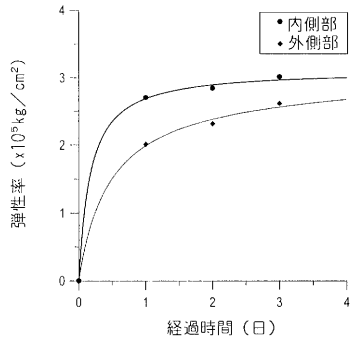


【図 4】

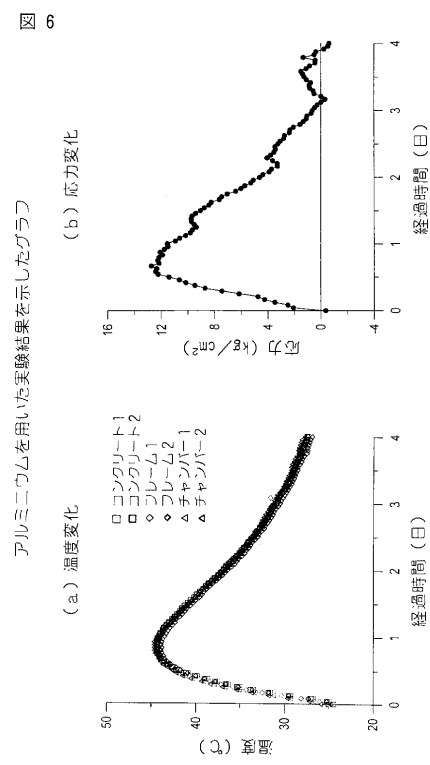


【図 5】

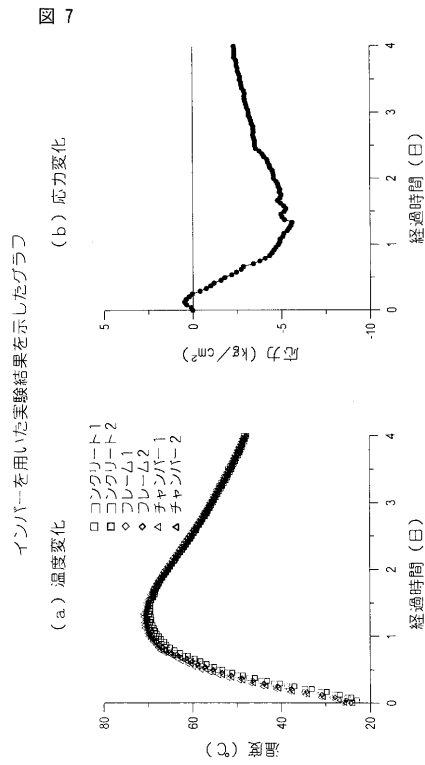
図 5
拘束条件によるコンクリートの弾性係数の変化を示したグラフ



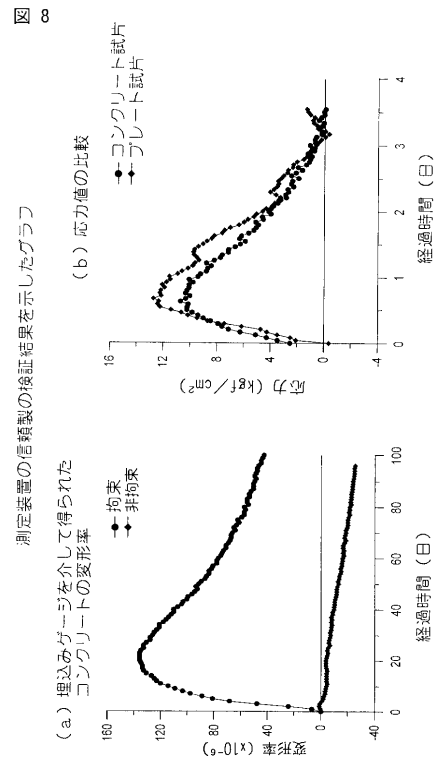
【図 6】



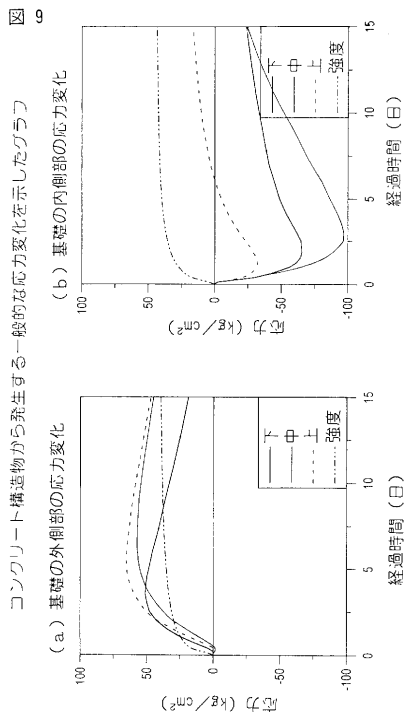
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 キム ジン ケウン
大韓民国, テジョン 305-333, ユソン-グ, エオエウン-ドン, ハンビット アパートメント 132-1003
- (72)発明者 ジエオン サン エウン
大韓民国, テジョン 305-333, ユソン-グ, エオエウン-ドン, ハンビット アパートメント 137-503
- (72)発明者 キム クック ハン
大韓民国, キョウンサンナムド, チャンウォン 641-270, ボンコク-ドン 120-16

審査官 松浦 久夫

- (56)参考文献 実開昭63-027853(JP, U)
特開昭60-057252(JP, A)
特開2000-329719(JP, A)
特開平10-300593(JP, A)
特許第2662717(JP, B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01L 1/00
G01L 1/22
G01L 5/00