

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5969741号  
(P5969741)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016.8.17)

(24) 登録日 平成28年7月15日(2016.7.15)

(51) Int.Cl.

F I

E O 4 G 23/02 (2006.01)

E O 4 G 23/02

F

請求項の数 7 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2011-179211 (P2011-179211)	(73) 特許権者	390026103
(22) 出願日	平成23年8月18日(2011.8.18)		大日コンクリート工業株式会社
(65) 公開番号	特開2012-62746 (P2012-62746A)		愛知県名古屋市中区栄2丁目9番26号
(43) 公開日	平成24年3月29日(2012.3.29)	(73) 特許権者	000003159
審査請求日	平成26年7月8日(2014.7.8)		東レ株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2010-183004 (P2010-183004)		東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
(32) 優先日	平成22年8月18日(2010.8.18)	(74) 代理人	100140109
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男
		(74) 代理人	100096013
			弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維材料により補強したコンクリートポール及びコンクリートポールの繊維材料による補強方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

内部に複数本の鉄筋(3)が配設されたコンクリートポール本体(5)と、  
前記コンクリートポール本体の外周面のうち、前記鉄筋の配設位置外方の少なくとも一部に貼設されるシート状の繊維材料(7)に対して樹脂系接着剤(9)を含浸させることにより形成される繊維強化プラスチック層(11)と、

を具備し、

前記シート状の繊維材料(7)は、前記鉄筋の配設位置外方の少なくとも一部に2層分又は3層分の厚さになるよう重ねて貼設され、

前記シート状の繊維材料(7)の引張剛性が、150-350kN/mmであり、

前記シート状の繊維材料(7)の貼設範囲は、コンクリートポール本体(5)の外周面上であって、1本又は複数本の劣化が確認された鉄筋(3)に対応する部分的な各長手方向及び周方向を含む部分的周辺領域のみであることを特徴とする繊維材料により補強したコンクリートポール。

## 【請求項 2】

請求項1記載の繊維材料により補強したコンクリートポールにおいて、

前記シート状の繊維材料(7)の長手方向における貼設範囲は、前記鉄筋(3)が配設されている地上部での全領域であることを特徴とする繊維材料により補強したコンクリートポール。

## 【請求項 3】

10

20

請求項 1 記載の繊維材料により補強したコンクリートポールにおいて、前記鉄筋 ( 3 ) の劣化部位 ( 1 3 ) を含む部分的周辺領域は、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) が、該劣化部位 ( 1 3 ) を中心に長手方向に  $\pm 50 \text{ cm}$  の範囲の長さにならって貼設されることを特徴とする繊維材料により補強したコンクリートポール。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の繊維材料により補強したコンクリートポールにおいて、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) は炭素繊維シートであり、前記樹脂系接着剤 ( 9 ) はエポキシ樹脂系の接着剤又はアクリル樹脂系の接着剤であることを特徴とする繊維材料により補強したコンクリートポール。

【請求項 5】

内部に複数本の鉄筋 ( 3 ) が配設されたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面の下地処理を実行するステップと、

前記下地処理が実行されたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面にプライマー ( 1 5 ) を塗布するステップと、

前記プライマー ( 1 5 ) が塗布されたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面に樹脂系接着剤 ( 9 ) を下塗りするステップと、

前記樹脂系接着剤 ( 9 ) が下塗りされたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面にシート状の繊維材料 ( 7 ) を貼り付けるステップであって、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) は、1 本又は複数本の劣化が確認された前記鉄筋 ( 3 ) に対応する部分的な各長手方向及び周方向を含む部分的周辺領域のみに 2 層分又は 3 層分の厚さになるよう重ねて貼り付けられ、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) の引張剛性が、 $150 - 350 \text{ kN/mm}$  である、前記シート状繊維材料の貼り付けステップと、

前記シート状の繊維材料 ( 7 ) に前記下塗りした樹脂系接着剤 ( 9 ) を含浸させながらシート状の繊維材料 ( 7 ) とコンクリートポール本体 ( 5 ) との間に残留している気泡を取り除くステップと、

前記樹脂系接着剤が含浸したシート状の繊維材料 ( 7 ) の表面に樹脂系接着剤 ( 9 ) を上塗りするステップと、

を具備することを特徴とする、コンクリートポールの繊維材料による補強方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載のコンクリートポールの繊維材料による補強方法において、

前記シート状の繊維材料 ( 7 ) の表面に樹脂系接着剤 ( 9 ) が上塗りされたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面に対して仕上げ塗装を施すステップが含まれていることを特徴とするコンクリートポールの繊維材料による補強方法。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 記載のコンクリートポールの繊維材料による補強方法において、

前記コンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面にプライマー ( 1 5 ) を塗布するステップと、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) の表面に樹脂系接着剤 ( 9 ) を上塗りするステップとの間の時間が、60 分以内であることを特徴とするコンクリートポールの繊維材料による補強方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内部に鉄筋が配設されたコンクリートポールに対して、鉄筋の劣化が確認されて所望の機械的強度が発揮できないと判断された時等実施される補強が施されたコンクリートポール及び該コンクリートポールの補強方法に関する。

【背景技術】

【0002】

コンクリートポールの主な使用用途は、第 1 の種類のコンクリートポールとして、長さ 17 m ( 地中部分長さ 4.5 m を含む ) 程度で地上高さ 12 - 13 m 程度に電力設備送配電用の電力線を空中で支持するものがある。また、第 2 の種類のコンクリートポールとし

10

20

30

40

50

て、長さ 9 . 5 m m ( 地中部分長さ 2 . 8 m を含む ) 程度で地上高さ 6 m 程度に電話設備の信号通信用の電話線を空中で支持する。

【 0 0 0 3 】

また、上記各種のコンクリートポールは、電力線や電話線以外にもケーブルテレビ用の通信線、有線放送、 P H S アンテナ、無線 L A N ケーブル、水道やガスメーターの監視線なども架設される。

更に、最近では交通信号の制御線、道路交通情報通信システム ( V I C S ) の情報線や地域気象観測システム ( A M e D A S ) の情報線などもコンクリートポールに対して架設されるようになってきており、これらの多くは最初に設置した電線等よりも後になって架設されることからコンクリートポールに要求される機械的強度は、将来の架線重量の増加を見越したものでなければならず、コンクリートポールに過大な荷重が作用して該コンクリートポールに対する架線状況は日増しに過酷になっている。

10

【 0 0 0 4 】

上記過酷な架線状況の下、架線設備を所有する電力会社や電話会社等によって定期的にコンクリートポールの劣化診断が実施されている。具体的には、コンクリートポールの外観に現れるひび割れ等の有無によって劣化の具合を判断する目視検査が主流であるが、最近では探査機械等を使用して内部鉄筋の破断等を検知することも行われている。

【 0 0 0 5 】

また、鉄筋の劣化が確認され、危険と判断されたコンクリートポールはできるだけ早く撤去して、新しいコンクリートポールに交換することが望ましい。この場合、架設されている電線等の取り外し等の作業に伴ない、近隣住民に対して停電等の状態が発生する旨を知らせて了解を取り付ける必要がある。

20

そして、劣化が確認されたコンクリートポールを撤去し、新しいコンクリートポールを設置する本格的工事の開始までの期間は、上記近隣住民への周知・了解処置を含め、2週間 - 2、3ヶ月の長期間に及んでいた。

【 0 0 0 6 】

また、上記本格的工事を開始するまでの2週間 - 2、3ヶ月の間は、劣化したコンクリートポールの安全性を確保するためにそのコンクリートポールに対して仮補強が施される。具体的にはコンクリートポールの外周面に馴染むように湾曲した長さ 1 . 5 m 程度の細長い補強板を 3 - 4 枚使用して、これらをコンクリートポールの外周面に添わせて縦向きで地中に打ち込み、金属製のバンド部材で固定することによってコンクリートポールの仮補強を実施していた。

30

更に、上記補強板に加えてコンクリートポールに隣接するように添え柱を建てて補強する場合もある。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかし、上記補強板を使用した補強は、バンド部材が緩んで補強板の位置がずれ易く、あくまで新しいコンクリートポールに交換するまでの仮補強であるので、仮補強が完成しても後日早いうちに該当コンクリートポールを撤去して新しいコンクリートポールを設置し直すという本格的工事を別途必要とする。

40

また、上記補強板を使用した補強方法は、作業に手間がかかり、1人で作業を行うことは困難で作業時間も長くなってしまふ。

【 0 0 0 8 】

また、コンクリートポールが設置されている場所がアスファルトやコンクリート等で舗装されている場合には、上記補強板を地中に打ち込むことができない。

更に、上記バンド部材による補強板の固定方法は、コンクリートポールと補強板を必ずしも一体化させる構造にはなっていないこともあって、補強板による補強効果がどの程度あるのかが判別し難く、より確実性のある補強方法の確立が求められていた。

また、上記補強板は長さが 1 . 5 m に設定されているため、それ以上の補強長さが必要

50

なコンクリートポールに対して上記補強板による固定方法を採用することは困難であった。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明が解決しようとする課題を要約すると、コンクリートポールの補強作業を簡単に短時間で実行することができ、上記仮補強工事の必要なくほぼ本格的とも言える工事を直接的に行い得るコンクリートポール及びその補強方法、即ち補強長さに制限のない繊維材料により補強することにより、長期に亘って安定した補強効果を得ることができるコンクリートポール及びコンクリートポールの繊維材料による補強方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、本発明の請求項 1 記載の繊維材料より補強したコンクリートポールは、内部に鉄筋 ( 3 ) が配設されたコンクリートポール本体 ( 5 ) と、前記コンクリートポール本体の外周面のうち、前記鉄筋の配設位置外方の少なくとも一部に貼設されるシート状の繊維材料 ( 7 ) に対して樹脂系接着剤 ( 9 ) を含浸させることによって形成される繊維強化プラスチック層 ( 1 1 ) と、を具備していることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) の貼設位置は、劣化が確認された鉄筋 ( 3 ) の配設位置に対応したコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面に設定することが可能である。

20

そして、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) の長手方向における貼設範囲は、前記鉄筋 ( 3 ) が配設されている地上部での全領域に設定したり、前記鉄筋 ( 3 ) の劣化部位 ( 1 3 ) を含む周辺領域に設定することが可能である。

【 0 0 1 2 】

また、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) としては炭素繊維シートが適用可能であり、前記樹脂系接着剤 ( 9 ) としてはエポキシ樹脂系の接着剤が適用可能である。

【 0 0 1 3 】

また、本発明のコンクリートポールの繊維材料による補強方法は、コンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面の下地処理を実行するステップと、前記下地処理が実行されたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面にプライマー ( 1 5 ) を塗布するステップと、前記プライマー ( 1 5 ) が塗布されたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面に樹脂系接着剤 ( 9 ) を下塗りするステップと、前記樹脂系接着剤 ( 9 ) が下塗りされたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面にシート状の繊維材料 ( 7 ) を貼り付けるステップと、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) に前記下塗りした樹脂系接着剤 ( 9 ) を含浸させながらシート状の繊維材料 ( 7 ) とコンクリートポール本体 ( 5 ) との間に残留している気泡を取り除くステップと、前記樹脂系接着剤が含浸したシート状の繊維材料 ( 7 ) の表面に樹脂系接着剤 ( 9 ) を上塗りするステップと、を具備することを特徴とする。

30

【 0 0 1 4 】

また、前記シート状の繊維材料 ( 7 ) の表面に樹脂系接着剤 ( 9 ) が上塗りされたコンクリートポール本体 ( 5 ) の外周面に対して仕上げ塗装を施すステップを含めることが可能である。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明の繊維材料により補強したコンクリートポールによれば、次に示す効果がある。  
( 1 ) 繊維材料 7 を使用したコンクリートポールの補強方法では、繊維強化プラスチック層 1 1 によりコンクリートポール、特に劣化した P C 鉄筋部分を十分に補強し得る上に、繊維強化プラスチック層 1 1 も位置ずれ等なく安定しているのでほぼ本格的工事に相当するため、短期間の仮補強工事は必要なく、コンクリートポールの寿命を 1 0 年程度のばし得る本格的補強効果を得ることができる。従って、従来の仮補強工事を必要としない分だけコストと低減し、且つ従来、仮補強工事期間中の 2 週間 - 2、3 ヶ月の長期間に近隣住

50

民への停電の告知と了解を得る手間は不要となり工事期間を大幅に短縮し得る。しかも、大幅な工期短縮化によって、発生する人件費も縮小でき、補強に係る経済性が向上する。  
(2) また、コンクリートポール本体の外周面に繊維材料 7 に樹脂系接着剤 9 を含浸させることによって繊維強化プラスチック層 11 を形成したことによりコンクリートポール本体 5 と繊維材 7 料との結合が強固になって両者は一体化されるため、繊維材料の有する引張強度がコンクリートポール本体にも作用するようになりコンクリートポールの所定の機械的強度が安定して長期間持続される。

つまり、上記繊維材料を、鉄筋の劣化が生じていないコンクリートポールに適用した場合には、コンクリートポールの機械的強度を初期設定値以上に高めることができ、他方、上記繊維材料を、鉄筋の劣化が生じているコンクリートポールに適用した場合には、コンクリートポールの劣化部位を部分的に補強して所定の機械的強度を保つようにすることが可能になる。

10

従って、従来の仮補強工事で補強板を使用した補強作業において問題になっていたバンド部材の緩みや曲がり起因する補強効果の低下は生じない。

(3) また、繊維材料 7 を使用したコンクリートポールの補強方法では、使用する繊維材料の長さを自由に調節することができるから、補強長さの制限はなく種々の補強長さに対応できるようになる。

(4) また、コンクリートポールの補強に繊維材料 7 を使用したことにより、コンクリートポールの補強作業を 1 人でも簡単に行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

20

【0016】

【図 1】本発明の一実施形態を示す図で、繊維材料により補強したコンクリートポールを示す斜視図である。

【図 2】本発明の一実施形態を示す図で、繊維材料により補強したコンクリートポールを示す正面図である。

【図 3】図 2 中の A - A 拡大断面図である。

【図 4】本発明の他の実施形態を示す図で、繊維材料の貼設位置と貼設範囲を異ならせた 3 種の態様 (a) (b) (c) を示すコンクリートポールの横断面図と側断面図である。

【図 5】本発明の実施の形態を示す図で、コンクリートポールの補強作業の流れを示すブロック図である。

30

【図 6】本発明の効果を試すために実施した曲げ試験の条件を示す図で、コンクリートポールの平面図である。

【図 7】本発明の効果を試すために実施した曲げ試験の 4 種類の試験体を示す図で、コンクリートポールの横断面図と側断面図である。

【図 8】本発明の効果を試すために実施した、複数の鉄筋のうち 50 % の鉄筋が劣化した場合に炭素繊維シートで補強したコンクリートポールの試験体 5、7 及び 9 (表 7 及び 10 参照) の曲げ試験を示す図で、コンクリートポールの側面図と、該側面図中 A - A' 線に沿った横断面図である。

【図 9】本発明の効果を試すために実施した、複数の鉄筋のうち 50 % の鉄筋が劣化した場合に炭素繊維シートで補強したコンクリートポールの試験体 6 及び 8 (表 7 及び 10 参照) の曲げ試験を示す図で、コンクリートポールの側面図と、該側面図中 A - A' 線に沿った横断面図である。

40

【図 10】本発明の効果を試すために実施した、複数の鉄筋のうち 50 % の鉄筋が劣化した場合に炭素繊維シートで補強したコンクリートポールの曲げ試験を行ったとき、表 8 に示す如く、コンクリートポールの切断面からの各位置において、荷重の変化に対応した炭素繊維シートの歪み、コンクリートポールのたわみの変化を示すグラフである。

【図 11】本発明の効果を試すために実施した、複数の鉄筋のうち 50 % の鉄筋が劣化した場合に炭素繊維シートで補強したコンクリートポールの曲げ試験を行ったとき、表 8 に示す如く、荷重を変化させたときの、コンクリートポールの切断面からの位置の変化に対応した炭素繊維シートの歪みの変化を示すグラフである。

50

【図 1 2】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 9 に示す如く、コンクリートポールの切断面からの各位置において、荷重の変化に対応した炭素繊維シートの歪み、コンクリートポールのたわみの変化を示すグラフである。

【図 1 3】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 9 に示す如く、荷重を変化させたときの、コンクリートポールの切断面からの位置の変化に対応した炭素繊維シートの歪みの変化を示すグラフである。

【図 1 4】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 1 1 に示す如く、コンクリートポールの切断面からの各位置において、荷重の変化に対応した炭素繊維シートの歪み、コンクリートポールのたわみの変化を示すグラフである。

【図 1 5】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 1 1 に示す如く、荷重を変化させたときの、コンクリートポールの切断面からの位置の変化に対応した炭素繊維シートの歪みの変化を示すグラフである。

10

【図 1 6】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 1 2 に示す如く、コンクリートポールの切断面からの各位置において、荷重の変化に対応した炭素繊維シートの歪み、コンクリートポールのたわみの変化を示すグラフである。

【図 1 7】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 1 2 に示す如く、荷重を変化させたときの、コンクリートポールの切断面からの位置の変化に対応した炭素繊維シートの歪みの変化を示すグラフである。

【図 1 8】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 1 3 に示す如く、コンクリートポールの切断面からの各位置において、荷重の変化に対応した炭素繊維シートの歪み、コンクリートポールのたわみの変化を示すグラフである。

20

【図 1 9】図 1 0 と同様の試験を行ったとき、表 1 3 に示す如く、荷重を変化させたときの、コンクリートポールの切断面からの位置の変化に対応した炭素繊維シートの歪みの変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明に係る繊維材料により補強したコンクリートポール 1 の構造と、前記繊維材料を使用した本発明のコンクリートポールの補強方法を図示の実施の形態を例にとって具体的に説明する。

最初に図 1 乃至図 3 に基づいて本実施の形態に係るコンクリートポール 1 の構造について説明する。

30

【0018】

本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 は、前述したように電力線や電話線に限らず、ケーブルテレビ・有線放送・PHS アンテナ用の通信線、無線 LAN ケーブル、水道やガスメーターの監視線、交通信号の制御線、道路交通情報通信システム (VICS) の情報線や地域気象観測システム (AMEDAS) の情報線等、種々の架空ケーブルの支持柱として利用可能である。

そして、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 は、内部に鉄筋 3 が設けられたコンクリートポール本体 5 を母体として構成されており、当該コンクリートポール本体 5 の外周面に形成した繊維強化プラスチック層 11 の存在が本発明の特徴的構成となっている。

40

【0019】

コンクリートポール本体 5 は、一例として上端面 17 が閉塞され下端面 19 が開放されている長尺な円管状の部材である。そして、該コンクリートポール本体 5 の側胴部 21 には、コンクリートポール本体 5 の長手方向 Y に延びる一例として 6 本の鉄筋 3 が、同一円周上に等間隔で配置されている。

また、コンクリートポール本体 5 の上端面 17 の直径 D は、下端面 19 の直径 D0 (図 2 参照) よりも幾分小さめに設定されており、下端面 19 から上端面 17 にかけて緩やかな傾斜を有するテーパ管形状のコンクリートポール本体 5 となっている。

【0020】

50

そして、上記コンクリートポール本体 5 の外周面のうち、劣化が確認された鉄筋 3 C の配設位置外方の地上部には、長手方向 Y に向けて延びるシート状の繊維材料 7 が上記地上部の全領域に貼設範囲が及ぶように設けられている。

また、上記繊維材料 7 を上記コンクリートポール本体 5 に貼設する接着剤として樹脂系接着剤 9 が使用されており、更に該樹脂系接着剤 9 を上記繊維材料 7 中に含浸させることによって上述した繊維強化プラスチック層 11 が形成されている。

#### 【 0 0 2 1 】

また、上記シート状の繊維材料 7 としては、炭素繊維シートが一例として使用でき、本実施の形態では「東レ株式会社」製造の商品名「トレカクロス」を使用している。尚、シート状の繊維材料 7 としては、他にアラミド繊維シートやガラス繊維シート等を適用することが可能である。

10

また、樹脂系接着剤 9 としては、エポキシ樹脂系やアクリル樹脂系の接着剤が一例として使用でき、他にポリアミド樹脂系、フェノール樹脂系や不飽和ポリエステル等の熱硬化性樹脂系の接着剤を適用することが可能である。

#### 【 0 0 2 2 】

そして、繊維強化プラスチック層 11 は、上記炭素繊維シートにエポキシ樹脂系の接着剤を含浸させることによって形成される炭素繊維強化プラスチック層によって構成されており、該繊維強化プラスチック層 11 が上記コンクリートポール本体 5 の外周面に強固に接着し結合することによって両者は一体化されている。

従って、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 の機械的強度は、コンクリートポール本体 5 の有する機械的強度に繊維強化プラスチック層 11 の有する機械的強度が加味された構成になっている。

20

#### 【 0 0 2 3 】

また、このようにして構成される本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 のサイズとしては、下記の表 1 に示すように設計許容曲げ荷重 P が 5 . 0 k N、全長 L が 1 4 m、地面 G L に設置された時の地上高さ H が 1 1 . 6 m、埋設深さ U が 2 . 4 m、上端面 17 の直径 D が 1 9 c m のコンクリートポール 1 A と、設計許容曲げ荷重 P が 3 . 5 k N、全長 L が 1 2 m、地面 G L に設置された時の地上高さ H が 1 0 m、埋設深さ U が 2 m、上端面 17 の直径 D が 1 9 c m のコンクリートポール 1 B とが一例として適用可能である。

30

#### 【 0 0 2 4 】

【表 1】

コンクリート ポール	設計荷重 P	全長 L	地上高さ H	埋設深さ U	直径 D
	(kN)	(m)	(m)	(m)	(cm)
1A	5.0	14	11.6	2.4	19
1B	3.5	12	10	2	19

40

#### 【 0 0 2 5 】

次に、図 5 に示すブロック図に基づいて本発明のコンクリートポールの繊維材料による補強方法について説明する。尚、図 5 は、劣化が確認されたコンクリートポール 1 に対して繊維材料 7 を使用して補強する場合の補強作業の流れをブロック図で示している。

#### 【 0 0 2 6 】

本発明のコンクリートポールの繊維材料による補強方法は、ステップ S 1 で示す下地処理工程と、ステップ S 2 で示すプライマー塗布工程と、ステップ S 3 で示す接着剤下塗り工程と、ステップ S 4 で示す繊維材料貼付工程と、ステップ S 5 で示す接着剤含浸・脱泡工程と、ステップ S 6 で示す接着剤上塗り工程と、を具備することによって基本的に構成

50

されている。

また、本実施の形態では上記ステップ S 6 の後、ステップ S 7 で示す仕上げ塗装工程が実行される。

#### 【 0 0 2 7 】

以下、図 5 に示すコンクリートポール 1 の補強作業の流れに従って上記各ステップ S 1 - S 7 について具体的に説明する。

#### ( 1 ) 下地処理工程 ( ステップ S 1 )

ステップ S 1 は、コンクリートポール本体 5 の外周面の下地処理を実行するステップである。

本ステップ S 1 では、本ステップ S 1 に先立って実行される目視点検と探査機械等を使用して行う内部点検等によってコンクリートポールの劣化が確認され、補強が必要と判断された部位のコンクリートポール本体 5 の外周面に対して下地処理を行う。

#### 【 0 0 2 8 】

尚、上記目視点検では、コンクリートポール本体 5 の外観に現れるひび割れ等の有無が点検され、上記内部点検では、コンクリートポール本体 5 内部の鉄筋 3 の破断等の有無が点検される。

そして、コンクリートポール本体 5 の外周面にひび割れ個所等がある場合には、そのひび割れ個所に補修材 2 3 を充填し、ハンディタイプのグラインダー 2 5 等によって凸部やこびりついたゴミ等を除去してコンクリートポール本体 5 の外周面を平滑にする。

#### 【 0 0 2 9 】

#### ( 2 ) プライマー塗布工程 ( ステップ S 2 )

ステップ S 2 は、上記ステップ S 1 で下地処理が実行されたコンクリートポール本体 5 の外周面にプライマー 1 5 を塗布するステップである。

プライマー 1 5 は最初に塗る塗料のことであり、本ステップ S 2 では、次のステップ S 3 で塗る樹脂系接着剤 9 の定着を良好にする目的で実施される。尚、プライマー 1 5 の塗布には、一例としてハンディタイプの塗工ロール 2 7 が使用可能である。

#### 【 0 0 3 0 】

#### ( 3 ) 接着剤下塗り工程 ( ステップ S 3 )

ステップ S 3 は、上記ステップ S 2 でプライマー 1 5 が塗布されたコンクリートポール本体 5 の外周面に樹脂系接着剤 9 を下塗りするステップである。

樹脂系接着剤 9 としては、前述したエポキシ樹脂系の接着剤が使用でき、本ステップ S 3 では、次のステップ S 4 でコンクリートポール本体 5 の外周面に貼り付ける繊維材料 7 の接着を目的として樹脂系接着剤 9 の下塗りが実施される。尚、樹脂系接着剤 9 の下塗りには、一例としてハンディタイプの塗工ロール 2 7 が使用可能である。

#### 【 0 0 3 1 】

#### ( 4 ) 繊維材料貼付工程 ( ステップ S 4 )

ステップ S 4 は、上記ステップ S 3 で樹脂系接着剤 9 が下塗りされたコンクリートポール本体 5 の外周面にシート状の繊維材料 7 を貼り付けるステップである。

シート状の繊維材料 7 としては、前述した「トレカクロス」等の炭素繊維シートが使用でき、貼付範囲に合わせて適宜の長さに裁断してコンクリートポール本体 5 の長手方向 Y に沿うようにして貼付される。

#### 【 0 0 3 2 】

#### ( 5 ) 接着剤含浸・脱泡工程 ( ステップ S 5 )

ステップ S 5 は、上記ステップ S 4 で貼り付けたシート状の繊維材料 7 に上記ステップ S 3 で下塗りした樹脂系接着剤 9 を含浸させながらシート状の繊維材料 7 とコンクリートポール本体 5 との間に残留している気泡 2 9 を取り除くステップである。

尚、本ステップ S 5 では、一例としてハンディタイプの塗工ロール 2 7 が使用でき、該塗工ロール 2 7 をシート状の繊維材料 7 に押し付けて上記気泡 2 9 を外部に取り出すように転がすことで、上記樹脂系接着剤 9 の繊維材料 7 の裏面側からの含浸と脱泡とを同時に実行する。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 3 】

## ( 6 ) 接着剤上塗り工程 ( ステップ S 6 )

ステップ S 6 は、上記ステップ S 5 で樹脂系接着剤 9 が含浸したシート状の繊維材料 7 の表面に樹脂系接着剤 9 を上塗りするステップである。

樹脂系接着剤 9 としては、前述したエポキシ樹脂系の接着剤が使用でき、本ステップ S 6 では、シート状の繊維材料 7 の表面側からの樹脂系接着剤 9 の含浸と、該繊維材料 7 表面への樹脂層の形成を目的として樹脂系接着剤 9 の上塗りが実施される。尚、樹脂系接着剤 9 の上塗りには、一例としてハンディタイプの塗工ロール 2 7 が使用可能である。

## 【 0 0 3 4 】

## ( 7 ) 仕上げ塗装工程 ( ステップ S 7 )

ステップ S 7 は、上記ステップ S 6 でシート状の繊維材料 7 の表面に樹脂系接着剤 9 が上塗りされたコンクリートポール本体 5 の外周面に対して仕上げ塗装を施すステップである。

上記仕上げ塗装は、上記ステップ S 6 で形成された繊維強化プラスチック層 1 1 を被覆する塗膜層を形成することで繊維強化プラスチック層 1 1 を保護する役割と、繊維材料 7 により補強していない他のコンクリートポールの外周面と同じ色になるように塗装することで他のコンクリートポールとの違和感を解消させる役割を有している。尚、仕上げ塗装には、一例としてエアコンプレッサによって生起された圧縮空気を利用して塗料 3 1 を吹き付け塗装するスプレーガン 3 3 等が使用可能である。

## 【 0 0 3 5 】

次に、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 の効果を試すために実施した比較試験の内容と結果について説明する。

図 6 は、本比較試験において採用した曲げ試験の条件を示している。図中 L は、試験体であるコンクリートポール 1 の全長、図中 H は、地上高さであり、内側の支持点 3 5 の内側端面とコンクリートポール 1 の上端面 1 7 間の距離である。

## 【 0 0 3 6 】

また、図 6 中の S は、内側の支持点 3 5 の内側端面と外側の支持点 3 7 の外側端面との間の距離であり、図中 P は設計許容曲げ荷重、図中 O は荷重点 O での撓みである。

また、荷重点 O をコンクリートポール 1 の上端面 1 7 から 2 5 0 m m の位置に取り、該荷重点 O に無負荷の状態から設計許容曲げ荷重 P をかけ、一旦、該荷重 P を取り除いた後続いて設計許容曲げ荷重 P の 1 . 5 倍の荷重 ( 1 . 5 P ) 、同じく 2 倍の荷重 ( 2 P ) と荷重を徐々に大きくして最終的にコンクリートポール 1 が破断される破壊荷重をかけることで撓みの大きさとひび割れを計測し、破壊の状況を目視検査した。

## 【 0 0 3 7 】

また、本比較試験を行った試験体は図 7 と下記の表 2 に示す 4 種類であり、表 2 中の試験体 1 は、繊維材料 7 により補強がされていない表 1 中、上段に示す通常のコンクリートポール C P であり、全長 L が 1 4 m 、上端面 1 7 の直径 D が 1 9 c m 、設計許容曲げ荷重 P が 5 . 0 k N 、地上高さ H が 1 1 . 6 m 、埋設深さ U に対応する支持点間距離 S が 2 . 4 m である。

従って、表 2 中の試験体 1 及び 2 は、試験体 1 が繊維材料 7 により補強されておらず、且つ試験体 2 が繊維材料 7 により補強されている点で相違するのみで、その他の全長 L 、直径 D 、設計許容曲げ荷重 P 、地上高さ H 、支持点間距離 S 等の値は同一である。

## 【 0 0 3 8 】

また、表 2 中の試験体 3 は、曲げ引張側のコンクリートポール 1 における外周面の地上部の全高さにわたって長尺の繊維材料 7 により補強すると共に、P C 鉄筋 6 本のうち当該繊維材料 7 内方の曲げ引張側の 1 本の鉄筋 3 を除去した表 1 中、下段に示すコンクリートポール 1 B であり、全長 L が 1 2 m 、上端面 1 7 の直径 D が 1 9 c m 、設計許容曲げ荷重 P が 3 . 5 k N 、地上高さ H が 1 0 . 0 m 、埋設深さ U に対応する支持点間距離 S が 2 . 0 m である。

## 【 0 0 3 9 】

また、表 2 中の試験体 4 は、曲げ引張側の 1 本の鉄筋 3 が地上 G L に対応する内側の支持点 3 5 における内側端面から距離  $E = 1 \text{ m}$  (図 7 (d) 参照) の位置で予め切断されており、該切断されている劣化部位 1 3 (図 7 (d) 参照) を中心にして長手方向 Y に沿って補強長さ  $F = 1 \text{ m}$  の繊維材料 7 を使用して補強した表 1 中、下段に示すコンクリートポール 1 B である。

従って、表 2 中の試験体 3 及び 4 は、共に繊維材料 7 により補強されており、しかも全長  $L$ 、直径  $D$ 、設計許容曲げ荷重  $P$ 、地上高さ  $H$ 、支持点間距離  $S$  等の値は互いに同一である。

【 0 0 4 0 】

【表 2】

試験体	状態	全長 L	直径 D	設計荷重 P	地上高さ H	支持点間 距離S
		(m)	(cm)	(kN)	(m)	(m)
試験体1	無補強	14	19	5.0	11.6	2.4
試験体2	補強					
試験体3	補強＋鉄筋除去	12	19	3.5	10.0	2.0
試験体4	補強＋鉄筋破断					
荷重ステップ						
0→設計荷重→除荷(0)→設計荷重×1.5→設計荷重×2→破壊荷重 ※必要に応じて任意荷重域で止めて計測する。						

【 0 0 4 1 】

そして、上記 4 種類の試験体 1 - 4 について行った曲げ試験の結果は、下記の表 3 - 表 6 に示す通りである。

【 0 0 4 2 】

【表 3】

試験体 1		設計荷重 $P$	除荷	設計荷重 $P \times 1.5$	設計荷重 $P \times 2$	破壊荷重
荷 重	(kN)	5.00	0.00	7.50	10.00	13.39
撓み $\delta$	(mm)	208	8	618	1255	2550
ひび割れ	(mm)	0.00	0.00	—	0.30	—
破壊状況: 支持点上部で圧縮破壊				破壊安全率		2.68

【 0 0 4 3 】

【表 4】

試験体 2		設計荷重 $P$	除荷	設計荷重 $P \times 1.5$	設計荷重 $P \times 2$	破壊荷重
荷 重	(kN)	5.00	0.00	7.50	10.00	15.02
撓み $\delta$	(mm)	183	2	342	675	1900
ひび割れ	(mm)	0.00	0.00	—	0.10	—
破壊状況: 支持点上部で破断+圧縮破壊				破壊安全率		3.00

【 0 0 4 4 】

【表 5】

試験体 3		設計荷重 P	除荷	設計荷重P ×2	破壊荷重	
荷 重	(kN)	3.50	0.00	7.00	7.80	
撓み $\delta$	(mm)	125	11	720	900	
ひび割れ	(mm)	0.05	0.00	—	—	
破壊状況: 内側支持点上部1.2mで破断				破壊安全率		2.23

【 0 0 4 5 】

【表 6】

10

試験体 4		設計荷重 P	除荷	設計荷重P ×2	破壊荷重	
荷 重	(kN)	3.50	0.00	7.00	7.15	
撓み $\delta$	(mm)	118	3	1300	—	
ひび割れ	(mm)	0.10	0.00	—	—	
破壊状況: 内側支持点上部1mで鉄筋破断				破壊安全率		2.04

【 0 0 4 6 】

先ず、表 3 と表 4 に基づいて試験体 1 と試験体 2 を比較すると、試験体 2 (表 4) に係るコンクリートポール 1 A の方が試験体 1 (表 3) に係る通常のコンクリートポール C P よりも撓み が設計荷重  $\times 2$  (2 P) において 1 2 5 5 mm から 6 7 5 mm へ小さくなっており、またひび割れの幅も設計荷重  $\times 2$  (2 P) において 0 . 3 0 mm から 0 . 1 0 mm へ小さくなっていることが分かる。

20

また、試験体 2 (表 4) の方が試験体 1 (表 3) よりも破壊荷重が 1 3 . 3 9 k N から 1 5 . 0 2 k N へ大きくなり、繊維材料 7 によって補強した効果が数字の上でも明確に証明された。

【 0 0 4 7 】

次に、表 5 と表 6 に基づいて試験体 3 と試験体 4 を比較すると、試験体 3 (表 5) に係るコンクリートポール 1 B の方が試験体 4 (表 6) に係るコンクリートポール 1 B よりも破壊荷重が 7 . 1 5 k N から 7 . 8 0 k N へと大きくなり、ひび割れの幅が設計荷重 P において 0 . 1 0 mm から 0 . 0 5 mm へと小さくなっている。

30

設計荷重 P がかかっている状態では、幾分、試験体 3 (表 5) の方が試験体 4 (表 6) よりも撓み が大きくなっているが、設計荷重 P の 2 倍の荷重 (2 P) がかかっている状態では、試験体 3 の方が試験体 4 よりも撓み が 1 3 0 0 mm から 7 2 0 mm へとかなり小さくなっている。

【 0 0 4 8 】

従って、上記表 3 - 表 6 の 4 本の試験体 1 - 4 を比較してみると、通常のコンクリートポールである試験体 1 (表 3) に比して、引張側及び圧縮側に繊維材料の補強を行った試験体 2 では、たわみ、ひび割れが抑制され且つ破壊荷重がアップする。また、引張側の鉄筋 1 本を抜いた直上に長尺の繊維材料の補強を行った試験体 3 (表 5) では、試験体 1 に比して、破壊安全率は若干低下するが設計荷重  $P \times 2$  (2 P) において撓み が抑制され、また引張側鉄筋 1 本を切断した直上に部分的長さの繊維材料の補強を行った試験体 4 (表 6) では、試験体 1 (表 3) に比して、やはり破壊安全率は若干低下するが設計荷重  $P \times 2$  (2 P) において撓み がほぼ同等であった。

40

上記の如く、試験体 4 (表 6) の如く、繊維材料 7 の長さ F を 1 m 程度 (図 7 (d) 参照) と短くしても、鉄筋 3 C の劣化部位 1 3 の周辺領域に繊維材料 7 を貼付した場合には、鉄筋 3 に劣化のない通常のコンクリートポール C S に相当するような機械的強度が得られることが分かる。

【 0 0 4 9 】

50

このように、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 及びコンクリートポールの繊維材料による補強方法によれば、コンクリートポール 1 のほぼ本格的補強作業を簡単に短時間で実行することができるようになり、当該補強作業の際に従来、行っていた仮補強工事は不要となり且つその間の停電の告知・了解等の手間がなくなって大幅な労力の削減が図られるようになる。

また、コンクリートポール本体 5 と、繊維材料 7 を含む繊維強化プラスチック層 11 との一体化によって、従来、生じていたバンド部材の緩み等が生じないから長期に亘って安定した補強効果を得ることができる。

また、長さが決まっていた従来の補強板のような補強長さ F の制限がないから、コンクリートポール 1 の地上部の全領域に及ぶような補強長さ F にすることもできるし、鉄筋 3 の劣化部位 13 の周辺領域のみを補強長さ F にするような繊維材料 7 の使い方が可能になる。

#### 【 0 0 5 0 】

以上が本発明の基本的な実施の形態であるが、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 1 及びコンクリートポールの繊維材料による補強方法は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内の部分的構成の変更や省略、あるいは当業者において周知、慣用の技術を追加することが可能である。

例えば、本発明による繊維材料 7 によるコンクリートポール 1 の補強は、劣化が確認されたコンクリートポール 1 に限らず、劣化が確認されていないが一層の安全を図るためにコンクリートポール 1 を補強したいような場合にも適用可能である。

#### 【 0 0 5 1 】

具体的には、図 4 ( a ) に示すように劣化が確認された鉄筋 3 C の外方と、当該鉄筋 3 C の反対側に位置する劣化が生じていない鉄筋 3 の外方との 2 個所を繊維材料 7 によって補強することが可能である。

因みにこのような構成にした場合には、同一直線上の 2 方向の曲げ荷重に対して上記 2 つの繊維材料 7 の引張強度が交互に作用してコンクリートポール 1 の撓み が小さくなって曲げ強度が向上する。

#### 【 0 0 5 2 】

また、すべての鉄筋 3 に劣化が生じていない場合には、図 4 ( b ) に示すように予めすべての鉄筋 3 の外方に位置するコンクリートポール本体 5 の外周面に対して複数の繊維材料 7 を貼付しておくことも可能である。

また、前記実施の形態の中でも一部言及したように、シート状の繊維材料 7 の長手方向 Y における貼設範囲は、鉄筋 3 が配設されている地上部での全領域に限らず、図 4 ( c ) に示すように鉄筋 3 の劣化部位 13 を含む周辺領域のみに設定することが可能である。

#### 【 0 0 5 3 】

この他、前記実施の形態で採用したステップ S 7 の仕上げ塗装工程を省略してステップ S 1 - ステップ S 6 の工程によって本発明のコンクリートポールの繊維材料による補強方法を構成することが可能である。また、上記ステップ S 6 の接着剤上塗り工程によって繊維材料 7 の表裏両面からの樹脂系接着剤 9 の含浸と脱泡が同時に実行できる場合には、ステップ S 5 とステップ S 6 を一工程にして同時に上記 2 つのステップ S 5 とステップ S 6 とを実行するように構成することも可能である。

#### 【 0 0 5 4 】

なお、図 4 ( c ) 及び図 7 ( d ) 中、鉄筋 3 の劣化部位 13 を含む部分的周辺領域において、前記シート状の繊維材料 7 は、該劣化部位 13 を中心に長手方向に  $\pm 50 \text{ cm}$  の範囲内の長さにはわたって貼設されることが好ましい。これによれば、破壊が補強範囲の末端部の鉄筋抜けで決まるので、この程度の長さであれば目標とする補強効果に対して実用的に補強程度の最適化を図ることができ、コストダウンが可能である。この場合のシート状の繊維材料 7 の長さは上記下限数値より短いと補強効果が低下し、(つまり、引張鉄筋の抜けが早い段階で発生し)、また上記上限数値より長いと補強効果の割にコストが高くなってしまふ(つまり、CFS(炭素繊維シート)とコンクリートの境界でひびわれから進展

10

20

30

40

50

する引張鉄筋の抜けが抑制され、あたかも通常のコンクリートポールのような曲げ挙動を示すため破壊安全率は上昇する。しかし、安全率は上げる必要はない。) )

【 0 0 5 5 】

また、図 1、図 3、図 5 中、前記樹脂系接着剤 9 は一例としてエポキシ樹脂系の接着剤を使用しているが、これに限らず、アクリル樹脂系の接着剤でもよい。アクリル樹脂系の接着剤の一例としては、「デンカ・ハードロック II」(登録商標：電気化学工業株式会社製)接着剤でよく、その仕様は、マイナス 15 °C でも使用可能であり、初期硬化時間は 30 ~ 60 分程度である。またアクリル樹脂系の特徴として、その下層のプライマー 15 が完全硬化しない半乾き状態でも引き続く接着剤下塗り(図 5 中、ステップ S 3 参照)が可能であり工期を短縮できる等のメリットがある。なお、上記乾燥時間については、プライマー、接着剤は気温によりまた、接着剤タイプ(S夏用、W冬用、R春秋用)でも変わってくる。本工法は乾燥時間の如何にかかわらず、生乾きでも接着工程へと進むことができるものである。

【 0 0 5 6 】

すなわち、樹脂系接着剤にアクリル接着剤を用いた場合、前記コンクリートポール本体(5)の外周面にプライマー(15)を塗布するステップ S 2(図 5)と、前記シート状の繊維材料(7)の表面に樹脂系接着剤(9)を上塗りするステップ S 3(図 5)との間の時間は、60 分以内で対応可能であり、更なる工期短縮を図ることができる。

【 0 0 5 7 】

また、前記シート状の繊維材料(7)の引張剛性は、150 - 350 kN/mm である。これにより、コンクリートポールの補強程度の最適化が図れ、且つコストダウンができる。この引張剛性が下限値 150 kN/mm より小さくなると、補強効果が低下し、また、上限値 350 kN/mm より大きくなっても、補強効果はさして変わらない。なお、今回検討した炭素繊維シートの機械的性質は引張強度が 2.4 kN/mm<sup>2</sup> 以上、弾性係数は 245 ~ 440 kN/mm<sup>2</sup> であり、また、引張り強度と弾性係数は比例関係ではない(つまり、どちらかが高ければ一方は低いという関係である)。補強効果は弾性係数が高いほど変形に対する剛性が上昇し、ひびわれ、全体変形などを抑制できる。一方、これが低ければその逆となる(特に伸びが大きいためシート剥離を助長する)引張り強度については、下限値 2.4 kN/mm<sup>2</sup> でも本補強においては十分である。従って、本発明における補強効果は弾性係数が大なる方が有利である。

【 0 0 5 8 】

ここで、前記表 2 及び表 3 においては、試験体 1 乃至 4 は、コンクリートポールの一本のみの鉄筋 3 が劣化(切断)したことを想定し、その代替鉄筋として、炭素繊維シート(CFRP)7 を接着補強しその曲げ性能を次のように確認した。

[ 補強内容 ]

(1) (図 7(a)に対応) 試験体 1 ... 14 (m ; 全長、以下同様) - 5 (kN ; 設計荷重、以下同様) (無補強)

(2) (図 7(b)に対応) 試験体 2 ... 14 - 5 (補強) 試験体 1 の曲げ引張縁に補強したもの

(3) (図 7(c)に対応) 試験体 3 ... 12 - 3.5 (引張鉄筋 1 本全長除去 + その引張縁に CFRP 7 補強)

(4) (図 7(d)に対応) 試験体 4 ... 12 - 3.5 (引張鉄筋 1 本 1 箇所ですみ切切断 + 切断箇所に CFRP 7 部分補強)

[ 結果 ]

(1) 試験体 1、2 ... 補強効果有り、(強度、ひび割れ抑制効果、変形抑制効果)

(2) 試験体 3 ... 無補強コンクリートポールと同程度に回復(破壊安全率  $F = 2.0$  以上)

(3) 試験体 4 ... 無補強コンクリートポールと同程度に回復(破壊安全率  $F = 2.0$  以上)

【 0 0 5 9 】

なお、実際の現場では、前記試験体 4 のような状況において複数本の鉄筋 3 が同時に劣化（切断又は破断）する事態がしばしば起こると想定される。即ち、一本でなく複数本の鉄筋 3 が同時に劣化（切断又は破断）した箇所を炭素繊維シート 7 により部分補強した方が補強の無駄がなく、経済的である。従って、次のような条件（A）において、前記現実に起こり易い部分補強に焦点を絞り込み検証試験を行った。

（A）C P（コンクリートポール）の劣化条件として、鉄筋 3 は、1 本の鉄筋でなく、全鉄筋の 50 % が部分的に劣化（破断）、即ち、試験体 4（12 - 3 . 5）であれば全鉄筋 6 本中 3 本が部分的に破断し、試験体 2（14 - 5）であれば、全鉄筋 12 本中 6 本が部分的に破断した状態を想定する。なお、50 % の鉄筋 3 が劣化（破断）した場合、にコンクリートポール（C P）が無補強であると、

（1）試験体 3 又は 4（前記 12 - 3 . 5）の破壊荷重は約 1 . 7 k N 実験値（破壊安全率  $F = 0 . 5$ ）であり、

（2）試験体 1 又は 2（前記 14 - 5）の破壊荷重約 2 . 0 k N 計算値（破壊安全率  $F = 0 . 4$ ）であった。従って、コンクリートポール（C P）が無補強の場合、設計荷重（使用状態性能）の半分程度の耐力となってしまうことが分かる。

#### 【0060】

この場合、現実に求められる補強効果は、（i）鉄筋が 50 % 劣化した箇所を炭素繊維シート 7 で部分補強することにより、コンクリートポールの設計荷重（使用状態性能）以上の回復が可能である事、及び（ii）無補強コンクリートポール（引張鉄筋 50 % 劣化）の 2 倍以上の安全率を確保することである。即ち、炭素繊維シート 7 による補強による目標破壊安全率は、試験体 3 及び 4（12 - 3 . 5）、及び試験体 1 及び 2（14 - 5）において、破壊安全率  $F > 1 . 0$  以上である。ここで、CFS（炭素繊維シート）の長さを延長することにより、引張鉄筋の抜けを防止できるため、破壊安全率  $F = 2$  に近づけることができる。

#### 【0061】

次に、上記試験体 1 乃至 4 の一部の複数の鉄筋のうち 50 % が切断された何れかを使用し、且つ特定の炭素繊維シート 7（「トレカクロス（UM46 - 40G）」登録商標：東レ株式会社製）を補強用に使用したもので、3 回の曲げ実験を行った。使用した炭素繊維シート 7 は、「東レ製トレカクロス：UM46 - 40G、1 層あたり、長さ 1 m × 幅 25 cm」を、次の表 7 に示す如く、使用した。ここで、曲げ試験は、UM40 の CFS で、12 - 3 . 5 を 3 回、14 - 5 を 3 回実施した。また、UT70 の CFS で 12 - 3 . 5 を 1 回実施した。

#### 【0062】

##### 【表 7】

	試験体名称	プライマー	接着材令	ポール概要
試験体 5	12-3.5(3)-CF2(UM40)_50	有W	15日	撤去電柱×3本(①-1~3)
// 6	14-5(6)-CF3(UM40)_50	有W	15日	撤去電柱×3本(②-1~3)

#### 【0063】

なお、各 3 本の試験体 5、6 を使用し、各コンクリートポールの 6 本の鉄筋のうち 3 本（50 %）を切断し、試験体 5 では、これを「トレカクロス（UM46 - 40G）」の炭素繊維シート 7 で 2 層補強し（表 7 中、CF2 中の数値 2 が 2 層補強を意味する）、且つ試験体 6 では、これを「トレカクロス（UM46 - 40G）」の炭素繊維シート 7 で 3 層補強した（表 7 中、CF3 中の数値 3 が 3 層補強を意味する）。また表 7 中、「UM40」は「UM46 - 40G」の略称であり、「UM」は高弾性を意味し、且つ「40」は繊維重量  $\times 10 \text{ g} / \text{m}^2$  を意味し、また「\_50」は、ポールの切断位置から端部までの補強長さである。また、接着剤、プライマーは冬用（W）、プライマーと事前のコンクリート下地処理は、サンダー研磨で表面清掃処理を行った。又、表 7 中、「接着材令が 15 日」とは、接着剤を塗布してから 15 日が経過した時点进行を言う。

## 【 0 0 6 4 】

次に、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール 4 1 ( 図 8 参照 ) の効果を試すために実施した曲げ試験の内容と結果について説明する。

図 8 は、本曲げ試験において採用したコンクリートポール 4 1 ( 全長 1 2 m、設計荷重 3 . 5 k N ) の曲げ条件を示している。図中 L 1 ( = 1 2 m ) は、試験体であるコンクリートポール 4 1 の全長、図中 H 1 ( = 9 . 5 m ) は、コンクリートポール 4 1 の地上高さであり、内側の支持点 3 5 の内側端面とコンクリートポール 4 1 の上端面 1 7 間の距離である。

## 【 0 0 6 5 】

また、図 8 中の S 1 は、内側の支持点 3 5 の内側端面と外側の支持点 3 7 の外側端面との間の距離でありこの場合 2 . 0 m である。また、図中 P は曲げ荷重 ( k N )、図中  $\delta$  は荷重点 O での撓み量 ( m m ) である。また、内側支持点 3 5 から距離 T ( = 1 m ) の位置の外周面に「トレカクロス ( U M 4 6 - 4 0 G ) 」の炭素繊維シート 7 a ( 長さ 1 m ) が 2 層分付着形成されている。従って、コンクリートポール 4 1 の荷重点 O に無負荷の状態から荷重 P ( k N ) をかけ、この荷重 P の値を順次大きくしていった、最終的にポール 4 1 が破壊する荷重を測定、また破壊するまでの撓み 量の量 ( m m ) とひび割れ幅 ( m m ) とを計測した。ここでいう破壊とは、「CFS破断」「CFS剥離」「鉄筋抜け」「コンクリート圧壊」が考えられる。し、破壊の状況を目視検査した。

10

## 【 0 0 6 6 】

本比較試験を行った試験結果は表 8 に示されている。

20

## 【 0 0 6 7 】

【表 8】

荷重名称			設計	設計×1.43	最大荷重※1	※2	
荷重P		(kN)	3.50	5.00	6.00	4.35	
たわみδ		(mm)	100	238	378	537	
ひびわれ		(mm)	0.05	0.20	-	-	
ひびわれ箇所		(箇所)	切断面	切断面, CP部	-	-	
ひずみ	T (+) 曲げ引張側	0	(μ)	1550	2823	3299	2275
		-100	(μ)	455	2377	2956	2028
		-200	(μ)	183	1630	2547	1743
		-300	(μ)	209	370	1267	1272
		-400	(μ)	211	227	402	-
		-450	(μ)	170	101	123	669
		-550	(μ)	263	890	-	-
		GL	(μ)	218	280	218	238
	C (-) 曲げ圧縮側	0	(μ)	-310	-726	-1210	-863
		-200	(μ)	-275	-653	-1040	-1113
		-400	(μ)	-250	-585	-890	-2090
		-550	(μ)	-246	-592	-930	-2176
		GL	(μ)	-247	-558	-990	-984
					製造番号		
					-		
					コンクリート材令		
					1976年製		

破壊安全率F

1.71&gt;1.0

OK

10

20

30

## 【0068】

表 8 中、荷重 P (kN) が 3.50 kN (設計荷重) 5.00 kN (設計荷重 × 1.43) 最大荷重 (6.00 kN ; この時点で CP は破壊される) ポール 41 の破壊後に更に強制曲げて炭素繊維シート 7 a の境界部を大きく開かせたとき (以下、強制曲げ時という) の荷重値 (4.35 kN)、と変化するに応じて、たわみ 量 (mm) は順次大きくなり、荷重 P が 3.50 kN 及び 5.00 kN でひび割れ幅 (mm) も順次大きくなるが、荷重 P が最大荷重及び強制曲げ時では、更に大きく開いてひび割れの概念を超えるため計測しなかった。また歪については、試験体 5 の曲げ引張側で、値「0」は炭素繊維シート 7 a の中間位置を示し、また「-100」、「-200」、・・・「-550」は夫々、炭素繊維シート 7 a の中間位置 (引張り鉄筋を切断した位置) からポール 41 の根本方向への距離 (mm) を示しており、最後の「GL」はグラウンドレベル位置を示している。なお、炭素繊維シート 7 a の長さは 1 m であり半分長さは 500 mm であるから数値「-450」と「-550」との中間位置の「-500」(mm) で終了していることになる。同様に、試験体 5 の曲げ圧縮側の数値「-200」、・・・「-550」についても同様である。これらによれば、荷重 P が 3.50 kN 5.00 kN 6.00 kN (最大荷重、破壊時) と大きくなるに連れて、曲げ引張り側及び曲げ圧縮側でも歪みは徐々に大きくなるが、ポール 41 の破壊後の強制曲げ時では弾性変形でなく塑性変形なので歪み値はむしろ小さくなっている。また破壊安全率は、(最大荷重) / (設計荷重) = 1

40

50



、71であり、1.0より大きいから安全と言える。

#### 【0069】

図10のグラフは、上記表8中の数値を「荷重 CFSひずみ、たわみ図」として示したものであり、図10中、距離「0（切断面）」（mm）（グラフ中、数値1、以下同様）、「-100」（mm）（数値2）、「-200」（mm）（数値3）、「-300」（mm）（数値4）、「-400」（mm）（数値5）、「-450」（mm）（数値6）、「-550」（mm）（数値7）、「GL引張」（数値8）、距離「0（切断面での解析値）」（mm）（数値9）の各位置に貼付したCFSひずみの分布である。また、ひずみ値を10で除した値はたわみ値「 $\mu/10$ 」（mm）（数値10）として読み取ることができ、たわみの単位はmmである。

10

表8及び図10を比べて見ると、荷重を加えるに従い、各箇所のひずみ値は増加していき、その値は鉄筋切断位置「0」部を最大として、端部に行くほどその値は小さくなっていく。最大荷重後、引張鉄筋の抜けにより荷重がいったん落ちて、たわみの増加とともにCFSひずみ値は減少していくが、急激に倒壊する（破壊する）ことなくたわみが進行していくのが確認できる。通常のコンクリートポールは最大荷重に達した時点で脆性的に倒壊（破壊）するが、本補強工法では、破壊まで粘りある変形性能を有していると言える。

#### 【0070】

また、図11のグラフは、上記表8中の数値を「各荷重のCFSひずみ値」として示したものであり、図11中、荷重の変化に応じて、「0（切断面）」（mm）からの距離に対応した歪み（ $\mu$ ）の変化を示しており、荷重は「3.5kN」（グラフ中、数値1、以下同様）、「4kN」（数値2）、「4.9kN」（数値3）、「6kN」（mm）（数値4）、「3.5kN（ひび割れ拡大）」（数値5）と変化している。

20

表8中、設計荷重時（ $P = 3.50 \text{ kN}$ ）には、炭素繊維シート7aの引張歪みは応力換算値で、 $450, 000 \times 1, 550 \times 10 - 6 = 697 \text{ Mpa}$ 程度であると思われる。（炭素繊維シート7a自体の引張強度は $2, 500 \text{ Mpa}$ ）次に、設計荷重 $\times 1.43$ （ $P = 5.00 \text{ kN}$ ）時には、炭素繊維シート7aの歪み分布は図11のグラフから見て、「0（切断面）」（mm）で最大値となる山のような分布形状であり、データ上からCFSの剥離はないと言えるが、目視でも炭素繊維シート7a自体の剥離は観察されなかった。このとき、炭素繊維シート7a中央部のひび割れ幅は $0.2 \text{ mm}$ 。コンクリート部の地際付近に同程度のひび割れが確認できた。

30

#### 【0071】

次に、最大荷重時（ $P = 6.00 \text{ kN}$ ）には、炭素繊維シート7a下端とコンクリートとの境界部でひび割れが拡大が始まる、荷重は徐々に落ちながら、たわみが進行する。そして、ひび割れ拡大と同時に引っ張り鉄筋の抜けが支配的になり、その後、圧縮側コンクリートが圧縮破壊した。このとき鉄筋自体の破断は確認されなかった。次に、強制曲げ時では、荷重 $P =$ 約 $4 \text{ kN}$ のままで、たわみだけが增大していった。最終的には、炭素繊維シート7a下端とコンクリートとの境界部のひび割れが拡大し、縮破壊されたコンクリートが崩れ落ちながら徐々に荷重は落ちていき、試験は終了した。なお、「破壊荷重」とは、最後にコンクリートが圧壊した時点、つまり、上記のように最大荷重以降、荷重の低下とともにたわみが増大し、同時に境界のひびわれが鉄筋抜けとともに大きく開き強制曲げにてコンクリートが圧壊した時点での荷重、を意味する。

40

#### 【0072】

次に、図9に示すコンクリートポール42（全長 $1.4 \text{ m}$ 、設計荷重 $5.00 \text{ kN}$ ）の曲げ条件試験を示している。図中L2（ $= 1.4 \text{ m}$ ）は、試験体であるコンクリートポール42の全長、図中H2（ $1.1.6 \text{ m}$ ）は、地上高さであり、内側の支持点35の内側端面とコンクリートポール41の上端面17間の距離である。

#### 【0073】

また、図9中のS2は、 $2.4 \text{ m}$ である。また、図中Pは曲げ荷重（kN）、は荷重点Oでの撓み量（mm）である。また、内側支持点35から距離T（ $= 1 \text{ m}$ ）の位置の外周面に「トレカクロス（UM46-40G）」の炭素繊維シート7b（長さ $1 \text{ m}$ ）が2層

50

分でなく3層分付着形成されている。他の条件は図8の場合と同様である。

【0074】

本曲げ試験を行った試験結果は表9に示されている。

【0075】

【表9】

荷重名称			設計	設計×1.2	最大荷重※1	※2	
荷重P		(kN)	5.00	6.00	6.40	4.40	
たわみδ		(mm)	278	426	477	1011	
ひびわれ		(mm)	0.15	0.35	-	-	
ひびわれ個数		(箇所)	切断面	切断面, CP部	-	-	
ひずみ	T (+) 曲げ引張側	0	(μ)	1907	2401	2473	677
		-100	(μ)	1711	2219	2296	788
		-200	(μ)	1116	1858	1953	650
		-300	(μ)	581	1163	1245	203
		-400	(μ)	304	553	568	-466
		-450	(μ)	130	194	193	-256
		-550	(μ)	5088	-	-	-
		GL	(μ)	413	470	477	316
	C (-) 曲げ圧縮側	0	(μ)	-780	-1053	-1095	-1716
		-200	(μ)	-563	-801	-834	-3001
		-400	(μ)	-562	-773	-808	-1022
		-550	(μ)	-510	-694	-730	-2660
		GL	(μ)	-488	-692	-735	-1143
					製造番号		
					-		
					コンクリート材令		
					1974年製		

破壊安全率F

1.28>1.0

OK

【0076】

表9中、荷重P(kN)が5.00kN(設計荷重) 6.00kN(設計荷重×1.2) 最大荷重(6.40kN;この時点でCPは破壊) ポール42の破壊後の強制曲げ(荷重値=4.40kN)、と変化するに応じて、たわみ量(mm)、ひび割れ幅、ひび割れ個数、歪みを計測している。また、表9中、設計荷重時(P=5.00kN)には、炭素繊維シート7bの引張歪みは応力換算値で、450,000×1,907×10<sup>-6</sup>=858Mpa程度であると思われる。その他の点は表8と同様である。また破壊安全率は、(最大荷重)/(設計荷重)=1.28であり、1.0より大きいから安全と言える。

【0077】

図12のグラフは、上記表9中の数値を「荷重 CFSひずみ、たわみ図」として示したものであり、図12中に付した数値1、2、3、・・・10の折れ線の意味は図10の場合と同様である。

表9及び図12を比べて見ると、荷重を加えるに従い、各箇所のひずみ値は増加してい

き、その値は鉄筋切断位置「0」部を最大として、端部に行くほどその値は小さくなっていく。最大荷重後、引張鉄筋の抜けにより荷重がいったん落ちて、たわみの増加とともにCFSひずみ値は減少していくが、急激に倒壊する（破壊することなくたわみが進行していくのが確認できる。通常のコンクリートポールは最大荷重に達した時点で脆性的に倒壊（破壊）するが、本補強工法では、破壊まで粘りある変形性能を有していると言える。

#### 【0078】

また、図13のグラフは、上記表9中の数値を「各荷重のCFSひずみ値」として示したものであり、図13中に付した数値1、2、・・・5の折れ線の意味は、荷重値が若干変化しているのみで、その意義は図11の場合と同様である。

荷重の変化に応じて、「0（切断面）」（mm）からの距離に対応した歪み（ $\mu$ ）の変化を示しており、荷重は「5kN」（グラフ中、数値1、以下同様）、「5.9kN」（数値2）、「6.4kN（最大荷重）」（数値3）、「3.98kN（ひび割れ拡大）」（mm）（数値4）、「2.22kN（たわみ1m）」（数値5）と変化している。

#### 【0079】

次に、上記図8及び図9の曲げ試験の結果の表8及び表9より、次のことが言える。コンクリートポール表面の下地処理は、コンクリート表面の清掃処理を24番手程度に行う。また、図8及び図9のコンクリートポール41及び42は夫々、実際に現場にあったコンクリート電柱を撤去して計測したものであり、何れも、炭素繊維シート7a、7b端部とコンクリートとの境界部におけるひび割れ幅が徐々に拡大することによるコンクリートの圧縮破壊を生ずるが、炭素繊維シート7a、7bも剥離することなく粘りのある破壊であることを確認した。なお、試験体5の条件では炭素繊維シート7aは2層で十分であり、他方、試験体6の条件では炭素繊維シート7bは3層が必要であることがわかった。

#### 【0080】

次に、下記の表10に示した3種類の試験体7、8、9は何れも、複数の鉄筋のうち50%が切断され、使用した炭素繊維シート7は、「東レ製トレカクロス：UM46-40G、1層あたり、長さ1m×幅25cm」を、試験体7「12-3.5」（表10）では2層補強、試験体8「14-5」（表10）では3層補強、試験体9「12-3.5」（表10）では2層補強で使用した。なおこの場合、試験体7及び8では、表7の場合と同様に高弾性の炭素繊維シート7（「トレカクロス（UM46-40G）」登録商標：東レ株式会社製）を補強用に使っているが、試験体9では、高強度の炭素繊維シート7c（「トレカクロス（UT70-40G）」（略称は「UT40」）；登録商標：東レ株式会社製）を補強用に使っている。

#### 【0081】

#### 【表10】

	試験体名称	プライマー	接着材令	ポール概要
試験体7	12-3.5(3)-CF2(UM40)_50	有W	15日	撤去電柱×3本(①-1~3)
// 8	14-5(6)-CF3(UM40)_50	有W	15日	撤去電柱×3本(②-1~3)
// 9	12-3.5(3)-CF2(UT40)_50	有W	4日	1本 新品柱

#### 【0082】

次に、本発明の繊維材料により補強したコンクリートポール43、44の効果を試すために実施した曲げ試験の内容と結果について説明する。

図8は、本曲げ試験において採用した試験体7及び9のコンクリートポール43（全長12m、設計荷重3.5kN）の曲げ試験状態図を示しており、図8の試験体5の試験の場合と大略同様の構成であるから、その説明を省略する。ただし、炭素繊維シート7a（長さ1m）が2層分付着形成されている。

#### 【0083】

試験体7（表10参照）の曲げ試験を行った結果が表11に示されている。

#### 【0084】

【表 1 1】

荷重名称			設計	設計×1.43	最大荷重※1	※2	
荷重P		(kN)	3.50	5.00	5.92	5.55	
たわみδ		(mm)	112	210	341	538	
ひびわれ		(mm)	0.05	0.15	—	—	
ひびわれ箇所		(箇所)	切断面	切断面, CP部	—	—	
ひずみ	T (+) 曲げ引張側	0	(μ)	1693	2586	3141	2707
		-100	(μ)	1139	2174	2730	2486
		-200	(μ)	333	1503	2137	2010
		-300	(μ)	214	829	1786	1656
		-400	(μ)	244	272	873	850
		-450	(μ)	226	202	295	548
		-550	(μ)	274	124	112	99
		GL	(μ)	242	297	344	323
	C (-) 曲げ圧縮側	0	(μ)	-460	-795	-992	-1261
		-200	(μ)	-341	-625	-840	-905
		-400	(μ)	-300	-552	-811	-990
		-550	(μ)	-278	-527	-829	-1085
		GL	(μ)	-243	-421	-658	-634

	製造番号
	—
	コンクリート材令
	1991年製

破壊安全率F
1.69>1.0

OK

10

20

30

## 【0085】

表11中、荷重P(kN)が3.50kN(設計荷重) 5.00kN(設計荷重×1.43) 最大荷重(5.92kN;この時点でCPは破壊される) 強制曲げ荷重5.55kNと変化するに応じて、たわみ量(mm)及びひび割れ幅(mm)は順次大きくなるが、荷重Pが最大荷重及び強制曲げ荷重時では、更に大きく開いてひび割れの概念を超えるため計測しなかった。また歪については、試験体5の曲げ引張側及び曲げ圧縮側の数値についても表8と同様の傾向を有している。また破壊安全率は、(最大荷重)/(設計荷重)=1.69であり、1.0より大きいから安全と言える。

40

## 【0086】

図14のグラフは、上記表11中の数値を「荷重 CFSひずみ、たわみ図」として示したものであり、図14中に付した数値1、2、3、・・・10の折れ線の意味は図10及び図12の場合と同様である。

表11及び図14を比べて見ると、荷重を加えるに従い、各箇所のひずみ値は増加していき、その値は鉄筋切断位置「0」部を最大として、端部に行くほどその値は小さくなっていく。最大荷重後、引張鉄筋の抜けにより荷重がいったん落ちて、たわみの増加とともにCFSひずみ値は減少していくが、急激に倒壊する(破壊することなくたわみが進行していくのが確認できる。通常のコンクリートポールは最大荷重に達した時点で脆性的に倒壊(破壊)するが、本補強工法では、破壊まで粘りある変形性能を有していると言える

50

。

## 【 0 0 8 7 】

また、図 1 5 のグラフは、上記表 1 1 中の数値を「各荷重の C F S ひずみ値」として示したものであり、図 1 5 中に付した数値 1、2、・・・5 の折れ線の意味は、荷重値が若干変化しているのみで、その意義は図 1 1 及び図 1 3 の場合と同様である。

荷重の変化に応じて、「0 (切断面)」(mm)からの距離に対応した歪み( $\mu$ )の変化を示しており、荷重は「3.5 kN」(グラフ中、数値 1、以下同様)、「5 kN」(数値 2)、「5.92 kN (最大荷重時)」(数値 3)、「5.39 kN (たわみ 530 mm時)」(mm) (数値 4)、「2.7 kN (たわみ 727 mm時)」(数値 5)と変化している。

10

## 【 0 0 8 8 】

また、表 1 1 中、設計荷重時 ( $P = 3.50 \text{ kN}$ ) には、炭素繊維シート 7 a の引張歪みは応力換算値で、 $450, 000 \times 1, 693 \times 10^{-6} = 762 \text{ Mpa}$  程度であると思われる。(炭素繊維シート 7 a 自体の引張強度は  $2,500 \text{ Mpa}$ ) 次に、設計荷重  $\times 1.43$  ( $P = 5.00 \text{ kN}$ ) 時、最大荷重時 ( $P = 5.92 \text{ kN}$ ) 及び強制曲げ時 ( $P = 5.55 \text{ kN}$ ) には、上記表 8 の場合と同様の事が言える。また、炭素繊維シート 7 a の歪み分布は、図 1 5 のグラフ「各荷重の C F S ひずみ値」切断位置を最大値とした山のような分布形状であり、データ上からも C F S の剥離はないと言える。

## 【 0 0 8 9 】

次に、図 9 は、本曲げ試験において採用した試験体 8 のコンクリートポール 4 4 (全長 14 m、設計荷重  $5.00 \text{ kN}$ ) の曲げ試験状態図を示しており、コンクリートポール 4 2 の場合と大略同様の構成であるから、その説明を省略する。

20

## 【 0 0 9 0 】

表 1 2 には、試験体 8 (表 1 0 参照) の曲げ試験を行った結果が示されている。

## 【 0 0 9 1 】

【表 1 2】

荷重名称			設計	設計×1.2	最大荷重※1	※2	
荷重P		(kN)	5.00	6.00	7.42	4.20	
たわみδ		(mm)	226	333	597	749	
ひびわれ		(mm)	0.15	-	-	-	
ひびわれ個数		(箇所)	切断面	切断面, CP部	-	-	
ひずみ	T (+) 曲げ引張側	0	(μ)	1671	2165	2761	371
		-100	(μ)	1427	1956	2615	924
		-200	(μ)	632	1224	2117	957
		-300	(μ)	318	402	1359	710
		-400	(μ)	286	283	415	217
		-450	(μ)	234	179	108	22
		-550	(μ)	126	10	-67	101
		GL	(μ)	400	275	267	245
	C (-) 曲げ圧縮側	0	(μ)	-701	-949	-1291	-3110
		-200	(μ)	-445	-594	-887	-1321
		-400	(μ)	-437	-595	-858	-586
		-550	(μ)	-410	-597	-887	-449
		GL	(μ)	-393	-588	-954	-422
						製造番号	
-							
コンクリート材令							
					1979年製		

破壊安全率F
1.48>1.0

OK

10

20

30

## 【0092】

表12中、荷重P(kN)が5.00kN(設計荷重) 6.00kN(設計荷重×1.2) 最大荷重(7.42kN;この時点でCPは破壊される) 強制曲げ荷重4.20kN、と変化するに応じて、たわみ量(mm)及びひび割れ幅(mm)は順次大きくなるが、この場合荷重Pが6.00kN(設計荷重×1.2)になった時点で、更に大きく開いてひび割れの概念を超えるため計測しなかった。また歪については、試験体5の曲げ引張側及び曲げ圧縮側の位置を示す数値についても表8、表10と同様の傾向であり、何れも歪みは最大荷重(P=7.42Kg)時に最高値となった。また破壊安全率は、(最大荷重)/(設計荷重)=1.48であり、1.0より大きいから安全と言える。

40

## 【0093】

また、表12中、設計荷重時(P=5.00kN)には、炭素繊維シート7bの引張歪みは応力換算値で、450,000×1,671×10<sup>-6</sup>=752Mpa程度であると思われる。(炭素繊維シート7a自体の引張強度は2,500Mpa)次に、設計荷重×1.2(P=6.00kN)時、最大荷重時(P=7.42kN)及び強制曲げ時(P=4.20kN)には、上記表8及び表10の場合と同様の事が言える。

## 【0094】

図16のグラフは、上記表12中の数値を「荷重 CFSひずみ、たわみ図」として示したものであり、図16中に付した数値1、2、3、・・・10の折れ線の意味は図10

50

の場合と同様であり、数値 11 はたわみを 10 で除した値 (mm) である。

表 12 及び図 16 を比べて見ると、荷重を加えるに従い、各箇所ひずみ値は増加していき、その値は鉄筋切断位置「0」部を最大として、端部に行くほどその値は小さくなっていく。最大荷重後、引張鉄筋の抜けにより荷重がいったん落ちて、たわみの増加とともに CFS ひずみ値は減少していくが、急激に倒壊する（破壊する）ことなくたわみが進行していくのが確認できる。通常のコンクリートポールは最大荷重に達した時点で脆性的に倒壊（破壊）するが、本補強工法では、破壊まで粘りある変形性能を有していると言える。

【0095】

また、図 17 のグラフは、上記表 12 中の数値を「各荷重の CFS ひずみ値」として示したものであり、図 17 中に付した数値 1、2、・・・5 の折れ線の意味は、荷重値が若干変化しているのみで、その意義は図 11、13 及び 15 の場合と同様である。

10

荷重の変化に応じて、「0（切断面）」(mm)からの距離に対応した歪み(μ)の変化を示しており、荷重は「3.5 kN（設計荷重時）」(グラフ中、数値 1、以下同様)、「5 kN」(数値 2)、「5.92 kN（最大荷重時）」(数値 3)、「5.39 kN（たわみ 530 mm 時）」(mm) (数値 4)、「2.7 kN（たわみ 727 mm）」(数値 5)と変化している。

また、3 層の炭素繊維シート 7b の歪み分布は、図 17 のグラフ「各荷重の CFS ひずみ値」切断位置を最大値とした山のような分布形状であり、データ上からも CFS の剥離はないと言える。

20

【0096】

次に、表 13 に、図 8 に示したコンクリートポール 43 とほぼ同様にセットした、試験体 9（表 10 参照）の新品のコンクリートポール 43'（図示せず；全長 12 m、設計荷重 3.50 kN）に 2 層の炭素繊維シート 7b を接着した場合の曲げ試験結果を示している。

【0097】

【表 13】

荷重名称				設計	設計×1.2	最大荷重※1	※2
荷重P			(kN)	3.50	5.00	5.15	4.37
たわみδ			(mm)	150	292	336	534
ひびわれ			(mm)	0.15	0.30	-	-
ひびわれ個数			(箇所)	切断面	切断面, CP部	-	-
ひずみ	T (+) 曲げ引張側	0	(μ)	3322	4947	5208	4436
		-100	(μ)	2489	4249	4588	3787
		-200	(μ)	1708	3988	4490	3619
		-300	(μ)	266	3105	3587	2590
		-400	(μ)	270	1042	2203	1216
		-450	(μ)	245	280	525	342
		-550	(μ)	870	5238	-	-
		GL	(μ)	310	133	126	123
	C (-) 曲げ圧縮側	0	(μ)	-770	-1176	-1270	-1209
		-200	(μ)	-583	-1050	-1164	-1358
		-400	(μ)	-392	-834	-1006	-2030
		-550	(μ)	-347	-703	-1036	-3317
		GL	(μ)	-323	-604	-651	-850
						製造番号	
						10309202	
						コンクリート材令	
						21日	

破壊安全率F

1.47&gt;1.0

OK

10

20

30

## 【0098】

表11及び12中では、コンクリートポール43及び44に対して使用された炭素繊維シート7は、高弾性の「UM46-40G」（略して、UM40）シートであったが、表13中で使用した炭素繊維シートは、高強度の炭素繊維シート7c（「トレカクロス（UT70-40G）」（略して、UT40）（長さ1m）が2層にして使用している。

## 【0099】

高強度の「UT70-40G」（略して、UT40）は、弾性係数が「UM46-40G」（略して、UM40）より低いためひずみ値が大きくまたひび割れ幅も大きい。変形抑止効果という点では、高弾性（UM40）が有利な結果となった。なお、UM40とUT40との違いは、試験体7（UM40）及び9（UT40）「12-3.5のシート」中央（0）のひび割れ幅の値が、荷重P=3.5kN時において、UM40 0.05mm、UT40 0.15mmであった。つまり、ひび割れ幅について、UM40はUT40の1/3まで抑えられており、ひび割れ抑止効果があることがわかった。従って、14-5の試験体についても同じ結果になることが予想される。

## 【0100】

表13によれば、試験体9（表10参照）の曲げ試験を行った結果が示されている。表13中、荷重P（kN）が3.50kN（設計荷重）5.00kN（設計荷重×1.2）最大荷重（5.15kN；この時点でCPは破壊される）強制曲げ荷重4.37k

40

50



N、と変化するに応じて、たわみ 量 (mm) 及びひび割れ幅 (mm) は順次大きくなるが、この場合荷重 P が 5 . 1 5 k N (最大荷重) になった時点で、更に大きく開いてひび割れの概念を超えるため計測しなかった。また歪については、試験体 1 - 9 の曲げ引張側及び曲げ圧縮側の位置を示す数値についても表 1 1、表 1 2 と同様であり、何れも歪みは最大荷重 ( P = 5 . 1 5 K g ) 時に最高値となった。また破壊安全率は、( 最大荷重 ) / ( 設計荷重 ) = 1 . 4 7 であり、1 . 0 より大きいから安全と言える。

#### 【 0 1 0 1 】

また、表 1 3 中、設計荷重時 ( P = 3 . 5 0 k N ) には、炭素繊維シートの引張歪みは応力換算値で、2 3 5 0 , 0 0 0 × 3 , 3 2 2 × 1 0 - 6 = 7 8 0 M p a 程度であると思われる。( 炭素繊維シート 7 a 自体の引張強度は 3 , 5 0 0 M p a ) 次に、設計荷重 × 1 . 2 ( P = 5 . 0 0 k N ) 時、最大荷重時 ( P = 5 . 1 5 k N ) 及び強制曲げ時 ( P = 4 . 3 7 k N ) には、上記表 1 1 及び表 1 2 の場合と同様の事が言える。

#### 【 0 1 0 2 】

図 1 8 のグラフは、上記表 1 3 中の数値を「荷重 C F S ひずみ、たわみ図」として示したものであり、図 1 8 中に付した数値 1、2、3、・・・10 の折れ線の意味は図 1 0 の場合と同様である。

表 1 3 及び図 1 8 を比べて見ると、荷重を加えるに従い、各箇所のひずみ値は増加していき、その値は鉄筋切断位置「0」部を最大として、端部に行くほどその値は小さくなっていく。最大荷重後、引張鉄筋の抜けにより荷重がいったん落ちて、たわみの増加とともに C F S ひずみ値は減少していくが、急激に倒壊する(破壊する)ことなくたわみが進行していくのが確認できる。通常のコンクリートポールは最大荷重に達した時点で脆性的に倒壊(破壊)するが、本補強工法では、破壊まで粘りある変形性能を有していると言える。

#### 【 0 1 0 3 】

また、図 1 9 のグラフは、上記表 1 3 中の数値を「各荷重の C F S ひずみ値」として示したものであり、図 1 9 中に付した数値 1、2、・・・5 の折れ線の意味は、荷重値が若干変化しているのみで、その意義は図 1 1、1 3、1 5 及び 1 7 の場合と同様である。

荷重の変化に応じて、「0 (切断面)」(mm)からの距離に対応した歪み(μ)の変化を示しており、荷重は「3 . 5 k N」(グラフ中、数値 1、以下同様)、「5 k N」(数値 2)、「5 . 1 5 k N (最大荷重時)」(数値 3)、「4 . 3 7 k N (たわみ 5 3 4 mm 時)」(mm) (数値 4)、「2 . 8 2 k N (たわみ 7 9 7 mm)」(数値 5)と変化している。また、炭素繊維シート 7 c の歪み分布は、図 1 9 のグラフ「各荷重の C F S ひずみ値」切断位置を最大値とした山のような分布形状であり、データ上からも C F S の剥離はないと言える。

#### 【 0 1 0 4 】

次に、上記図 8 及び図 9 の曲げ試験の結果の表 1 1 乃至表 1 3 より、次のことが言える。コンクリートポール表面の下地処理は、コンクリート表面の清掃処理を 2 4 番手程度に行う。また、図 8 及び図 9 のコンクリートポール 4 1、4 2、4 3、4 4 は夫々、実際に現場にあったコンクリート電柱を撤去して計測したものであり、何れも、炭素繊維シート 7 a - 7 c 端部とコンクリートとの境界部におけるひび割れ幅が徐々に拡大することによるコンクリートの圧縮破壊を生ずるが、炭素繊維シートも剥離することなく粘りのある破壊であることを確認した。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【 0 1 0 5 】

本発明は、内部に鉄筋が配設されたコンクリートポールの補強分野等で利用でき、特に短かい工期で簡単確実に安定した補強効果を得たい場合に利用可能性を有する。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 1 0 6 】

- 1、4 1 - 4 4 コンクリートポール
- 3 鉄筋
- 3 C (劣化が確認された)鉄筋

10

20

30

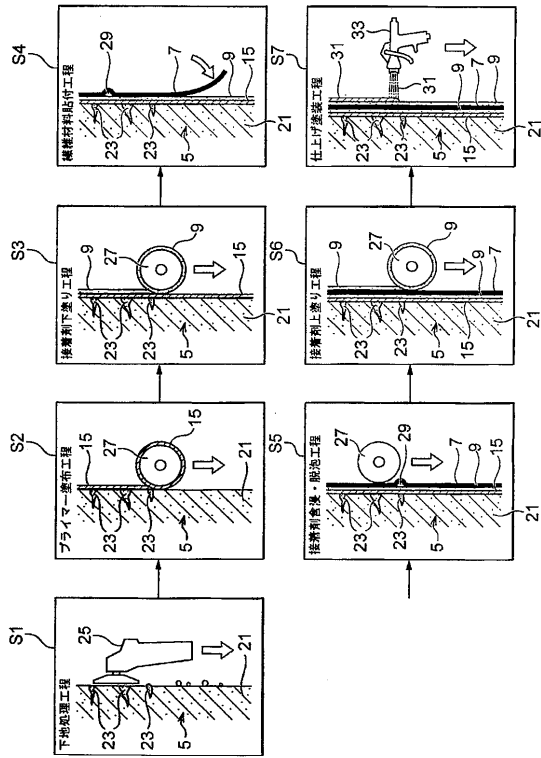
40

50

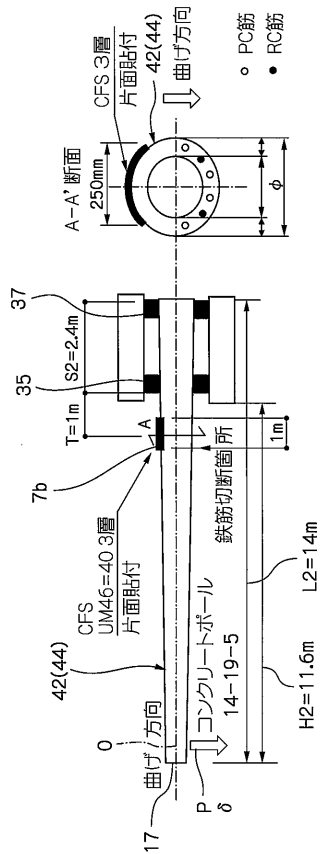
5	コンクリートポール本体	
7	繊維材料	
7 a - 7 c	炭素繊維シート	
9	樹脂系接着剤	
1 1	繊維強化プラスチック層	
1 3	劣化部位	
1 5	プライマー	
1 7	上端面	
1 9	下端面	
2 1	側胴部	10
2 3	補修材	
2 5	グラインダー	
2 7	塗工ロール	
2 9	気泡	
3 1	塗料	
3 3	スプレーガン	
3 5	支持点	
3 7	支持点	
P	設計許容曲げ荷重	
L	全長	20
G L	地面	
F	補強長さ	
C P	(無補強の)コンクリートポール	
S 1	下地処理工程	
S 2	プライマー塗布工程	
S 3	接着剤下塗り工程	
S 4	繊維材料貼付工程	
S 5	接着剤含浸・脱泡工程	
S 6	接着剤上塗り工程	
S 7	仕上げ塗装工程	30



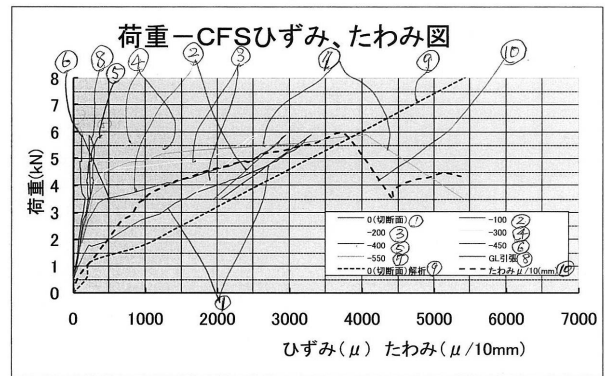
【図 5】



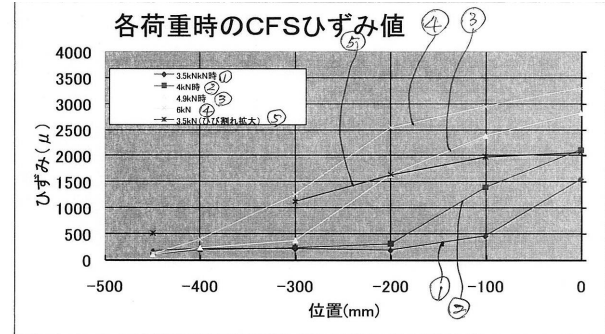
【図 9】



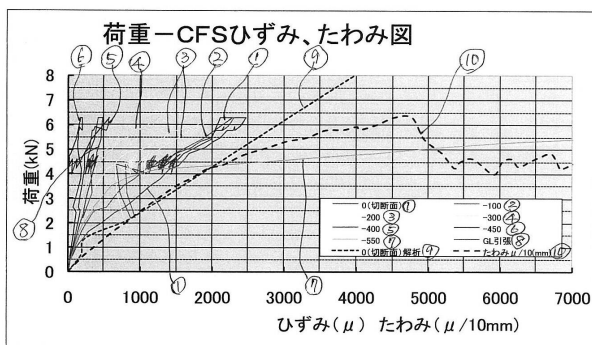
【図 10】



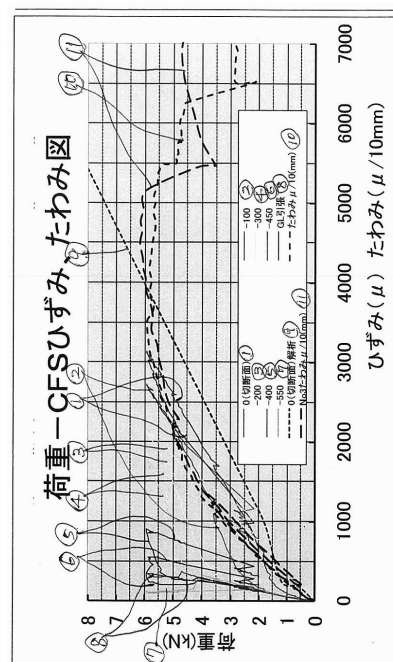
【図 11】



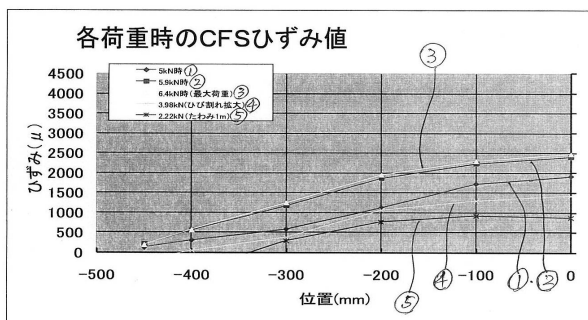
【図 12】



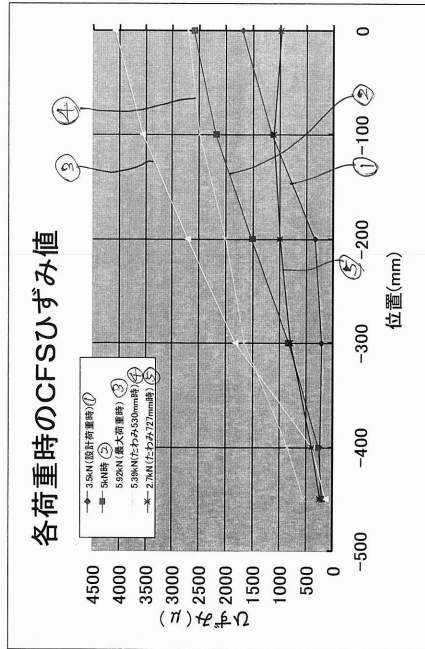
【図 14】



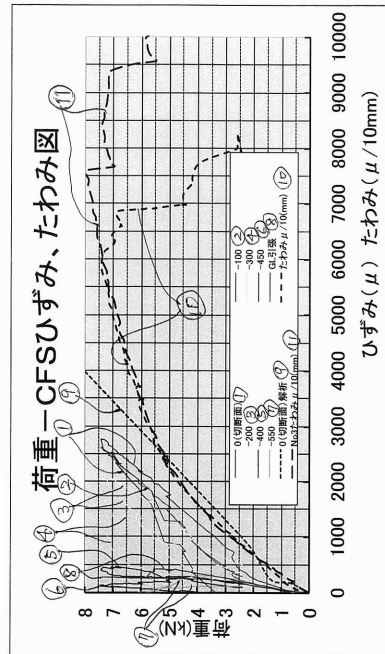
【図 13】



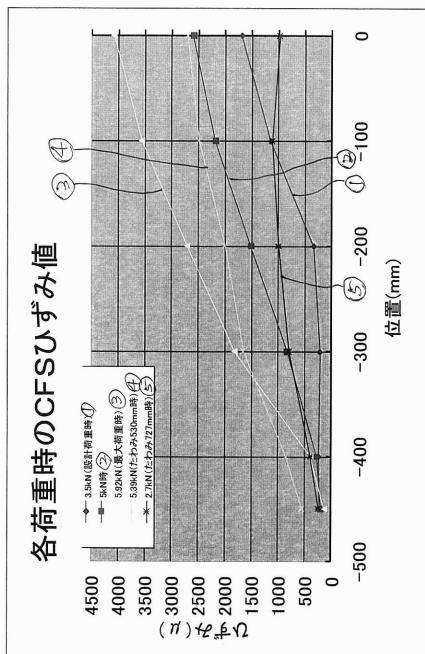
【図 15】



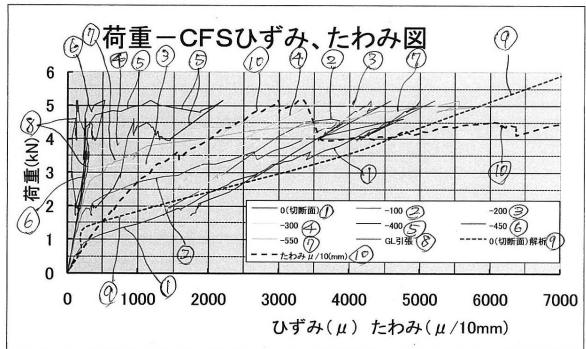
【図 16】



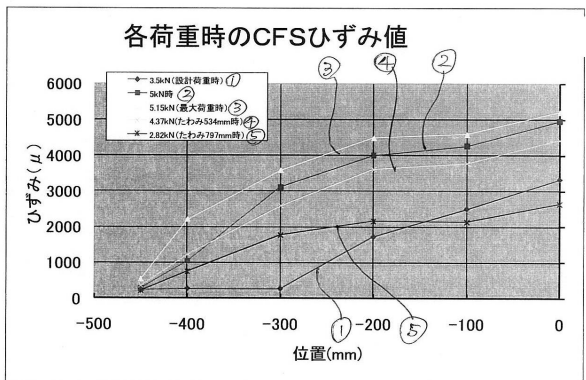
【図 17】



【図 18】



【図 19】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100093089

弁理士 佐久間 滋

(72)発明者 松本 総史

三重県員弁郡東員町大字六把野新田 1 2 3 1 番地 大日コンクリート工業株式会社 技術開発部内

(72)発明者 松井 孝洋

愛知県名古屋市港区大江町 9 番地の 1 東レ株式会社 名古屋事業場内

審査官 仲野 一秀

(56)参考文献 特開平 5 - 3 3 2 0 3 1 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 2 9 9 9 1 4 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 8 9 0 8 2 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 3 4 8 4 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

E 0 4 G 2 3 / 0 0 - 2 3 / 0 8

E 0 4 H 1 2 / 0 0 - 1 4 / 0 0