(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2012-167539
(P2012-167539A)
(43)公開日　平成24年9月6日(2012.9.6)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
E21D 11/08	(2006.01)	E21D	11/08		2D055
C04B 28/02	(2006.01)	C04B	28/02		4G112
C04B 14/48	(2006.01)	C04B	14/48	Z	
C04B 16/06	(2006.01)	C04B	16/06	A	

審査請求 有　請求項の数 1　ＯＬ　（全 9 頁）

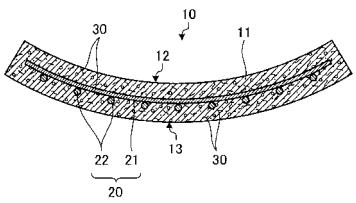
(21)出願番号　特願2012-95866(P2012-95866)
(22)出願日　平成24年4月19日(2012.4.19)
(62)分割の表示　特願2008-152251(P2008-152251)の分割
原出願日　平成20年6月10日(2008.6.10)

(71)出願人　000002299
清水建設株式会社
東京都港区芝浦一丁目２番３号
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(72)発明者　井上　啓明
東京都港区芝浦一丁目２番３号　清水建設株式会社内
(72)発明者　阿曽　利光
東京都港区芝浦一丁目２番３号　清水建設株式会社内
(72)発明者　西岡　真帆
東京都港区芝浦一丁目２番３号　清水建設株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】コンクリートセグメント

(57)【要約】
【課題】セグメントの厚さを薄くしても必要な強度を確保することができ、且つ、スチールセグメントを用いる場合よりもコストを低減させることのできるコンクリートセグメントを提供すること。
【解決手段】本発明のコンクリートセグメント１０は、コンクリート中に単鉄筋を構成するように格子状の鉄筋２０を埋設するとともに、コンクリート中に補強繊維３０を混入させた構成としている。補強繊維３０としては、鋼繊維を用いるのが好ましい。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
掘削孔の内壁面に複数並設されることによって覆工体を構成するコンクリートセグメントにおいて、
コンクリート中に単鉄筋を構成するように格子状鉄筋を埋設するとともに、前記コンクリート中に補強繊維として鋼繊維を、０．３容積％～３．０容積％の混入量で混入させたことを特徴とするコンクリートセグメント。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、トンネルの覆工体を構成するコンクリートセグメントに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、トンネルを構築するに際しては、トンネル掘削機等で地盤を掘削した後に、掘削孔の内壁面に沿って多数のセグメントを並設し、隣接するセグメント同士を連結することによって、覆工体を形成している。このようなセグメントとして、鉄筋コンクリート構造のセグメントが知られている。この鉄筋コンクリート構造のセグメント（以下、これを「コンクリートセグメント」という）は、通常、複鉄筋コンクリートで構成されている（例えば特許文献１を参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００６－０６２１３３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
ところで、直径が２～３ｍ程度の小口径トンネルを構築する場合、大口径トンネルを構築する場合と比べて覆工体の厚みを薄くする必要がある。例えばコンクリートセグメントの厚みを１０ｃｍとした場合、複鉄筋コンクリートを構成する２層の各鉄筋のかぶり厚さは最低でも３ｃｍ程度は確保する必要がある。そうなると２層の鉄筋の配置間隔は数ｍｍ程度となるため、複鉄筋としての機能をほとんど果たさず、必要な強度が得られなくなる。一方、２層の鉄筋の配置間隔を十分にとるためにかぶり厚さを３ｃｍ未満にすると、鉄筋が腐食しやすくなるといった問題が生じる。このため、小口径トンネルの覆工体を構築する際には、コンクリートセグメントではなくスチールセグメントが主に用いられてきた。しかしながら、スチールセグメントは、上述したコンクリートセグメントと比べてコストが高いという問題がある。
【０００５】
本発明は、上記の点に鑑み、セグメントの厚さを薄くしても必要な強度を確保することができ、且つ、スチールセグメントを用いる場合よりもコストを低減させることのできるコンクリートセグメント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】
【０００６】
本発明に係るコンクリートセグメントは、掘削孔の内壁面に複数並設されることによって覆工体を構成するコンクリートセグメントにおいて、コンクリート中に単鉄筋を構成するように格子状鉄筋を埋設するとともに、前記コンクリート中に補強繊維として鋼繊維を、０．３容積％～３．０容積％の混入量で混入させたことを特徴とする。
【発明の効果】
【０００７】
本発明のコンクリートセグメントによれば、コンクリート中に単鉄筋を構成するように格子状の鉄筋を埋設するとともに、コンクリート中に補強繊維を混入させた構成とするこ

とで、セグメントの厚さを従来よりも薄くしても最小限度のかぶり厚さを確保しつつ所要の強度を得ることができるようになる。その結果、小口径トンネルの覆工体の構築に適用することが可能となり、スチールセグメントを用いた場合と比べて製造コストを低減させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】本実施の形態であるコンクリートセグメントを適用して構築した覆工体の一例を示す概略斜視図である。

【図２】図１に示したコンクリートセグメントの一部を破断して示した図である。

【図３】図１に示したコンクリートセグメントの長手方向に沿った断面図である。

【図４－１】試験例１で用いた供試体１，２の断面図である。

【図４－２】試験例１で用いた供試体３の断面図である。

【図５】試験例１の試験方法を説明するための図である。

【図６】試験例１の曲げ試験結果を示す図表である。

【図７】試験例２の曲げ強度の測定結果を示すグラフである。

【図８】試験例２の曲げ靭性係数の測定結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【０００９】

以下に、添付図面を参照して、本発明に係るコンクリートセグメントの好適な実施の形態について詳細に説明する。

【００１０】

図１は、本実施の形態であるコンクリートセグメント１０（以下、省略して単に「セグメント１０」とよぶ）を用いて構築した覆工体１の一例を示す概略斜視図である。図１に例示される覆工体１は、トンネル掘削機（図示せず）によって地盤を掘削することによって形成された円形の掘削孔（図示せず）の内周面に沿って筒状に形成されるものである。この覆工体１は例えば上下水道管等の小口径トンネルに適用されるものであり、その内径は３ｍ程度以下である。

【００１１】

覆工体１を構成する複数のセグメント１０は、円形の掘削孔の内周面に沿うように湾曲した形状を有する板状体であり、掘削孔の内周面に沿って掘削孔の周方向及び軸方向に並設され、隣接するもの同士が互いに連結されることによって地盤を支えるものである。図１に示す一例では、掘削孔の円周面を８分割する態様でセグメント１０が設置されており、ひとつのセグメント１０の厚みは１００ｍｍ、長手方向寸法は２～３ｍ、軸方向寸法は１ｍ程度である。

【００１２】

図２は、セグメント１０の一部を破断して示した斜視図、図３は、セグメント１０の長手方向（トンネル周方向）に沿った断面図である。図２及び図３に示すように、セグメント１０は、単鉄筋コンクリート構造を有したものであり、コンクリート層１１と、このコンクリート層１１に埋設された１層の格子状鉄筋２０とから構成されている。

【００１３】

コンクリート層１１には、図２及び図３に示すように補強繊維３０が混入されている。コンクリート層１１に補強繊維３０を混入させることにより、セグメント１０の曲げ強度、曲げ靭性、せん断強度等を向上させることができ、鉄筋と同等以上の高い強度をセグメントに付与することができる。これは、繊維を混入することにより、コンクリートの引張強度が見かけ上大きくなるという理由によるものと考えられる。補強繊維３０としては、ＰＥＴ繊維（ポリエチレンテレフタレート繊維）又は鋼繊維を適用することができる。なお、本実施の形態では、ＰＥＴ繊維の素材として再生ポリエチレンテレフタレート（再生ＰＥＴ：使用済みペットボトルから再生された原料）を適用している。ＰＥＴ繊維及び鋼繊維は、それぞれ単独で用いるか、又は、両者を混合して用いてもよい。

【００１４】

コンクリート層１１中の補強繊維３０の混入量は、０．６容積％～３．０容積％程度、好ましくは１．０容積％～３．０容積％とするのが好ましい。補強繊維３０の混入量が０．６％未満の場合、所要の強度が得られなくなる。一方、補強繊維３０の混入量が３．０％を超えた場合、コンクリートを混練する際にコンクリート中に補強繊維３０が均一に混ざりにくく、分散性が悪くなる上、コストも高くなる。また、補強繊維３０の繊維長は４５ｍｍ程度とするのが好ましい。

【００１５】

格子状鉄筋２０は、セグメントの長手方向（トンネル周方向）に配置された複数の主筋２１と、これに直角に交差するように格子状に配置された複数の配力筋２２とからなるものである。この格子状鉄筋２０は、コンクリート層１１においてトンネル内方に面する表面１２（内側表面１２）及び掘削孔に面する表面１３（外側表面１３）からそれぞれ所定のかぶり厚さを確保した位置に埋設されている。図２及び図３に示した例では、コンクリート層１１の厚み方向のほぼ中央位置に格子状鉄筋２０が配置してある。内側表面１２及び外側表面１３からの各かぶり厚さは、セグメントの厚みを１００ｍｍとした場合、それぞれ４ｃｍ程度以上確保するのが好ましい。

【００１６】

このように、本実施の形態のセグメント１０は、コンクリート層１１中に１層の格子状鉄筋２０を埋設した単鉄筋コンクリート構造であるが、コンクリート層１１に補強繊維３０を混入させることによって強度を向上させているため、最低限度のかぶり厚さを確保しつつ、従来の複鉄筋コンクリート構造とほぼ同等の性能が付与される。

【００１７】

（試験例１）

上述したセグメント１０の強度を確認するために、表１に示す条件で供試体１～３を作成した。供試体１～３は、実際のセグメント１０とほぼ同じ寸法の平板状に形成したものであり、幅１０００ｍｍ×厚さ１００ｍｍ×長さ１８００ｍｍである。図４－１及び図４－２に示すように、供試体１，２は単鉄筋コンクリート構造、供試体３は複鉄筋コンクリート構造とした。

【表１】

試験例1：供試体：幅1000mm×厚さ100mm×長さ1800mm（スパン1600mm）

供試体No.	鉄筋	繊維種類	繊維添加率(%)	繊維長(mm)
1	単鉄筋(D6)：100mmメッシュ	PET	0.6	45
2	単鉄筋(D6)：100mmメッシュ	PET	1.0	45
3	複鉄筋(D6×2)：100mmメッシュ	無添加	－	－

【００１８】

供試体１は以下の手順によって作成した。まず、所定量の水、セメント、骨材を混練した後に、繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維３０を０．６容積％混入して練り混ぜ、コンクリート材料を作成した。次いで、主筋２１と配力筋２２の格子間隔（メッシュ間隔）が１００ｍｍの格子状鉄筋２０（サイズ：Ｄ６）１層を型枠内に配置した後、コンクリート材料を型枠内に打設した。格子状鉄筋２０の内側表面１２及び外側表面１３からのかぶり厚さは、それぞれ４４ｍｍとなるようにした。これを常温で２８日間養生させて、供試体１を得た。また、上記手順において、ＰＥＴ繊維３０の添加率を１．０％に替え、それ以外は供試体１と同様にして、供試体２を得た。

【００１９】

供試体３（比較例）は以下の手順により作成した。まず、所定量の水、セメント、骨材を混練しコンクリート材料を作成した。コンクリート材料に補強繊維は添加しなかった。次いで、主筋２１と配力筋２２の格子間隔（メッシュ間隔）が１００ｍｍの格子状鉄筋２０（サイズ：Ｄ６）を、型枠内に所定の間隔をおいて２層配置した後、コンクリート材料を型枠内に打設した。一方の格子状鉄筋２０の内側表面１２からのかぶり厚さ、及び、他

方の格子状鉄筋２０の外側表面１３からのかぶり厚さは、それぞれ２０ｍｍとなるようにした。これを常温で２８日間養生させて、供試体３を得た。

【００２０】

なお、上述したように、セグメントの厚さを１００ｍｍ程度とした場合、鉄筋のかぶり厚さを最低でも３０ｍｍ程度は確保する必要がある。供試体３は、かぶり厚さが２０ｍｍであり最低限度のかぶり厚さを満足していないため、実際の製品としては成立しないが、必要な強度は満たしている。

【００２１】

図５に示す装置を用いて、供試体１～３の曲げ試験を行った。供試体は両端可動支持（支承部スパン１６００ｍｍ）とし、ロードセルの載荷位置は鉛直２点載荷（載荷スパン６００ｍｍ）とした。図５において、Ｄ１～Ｄ６は供試体の鉛直変位を測定する変位計であり、Ｓ１～Ｓ４は、格子状鉄筋２０の歪みを計測する歪みゲージである（単鉄筋：Ｓ１，Ｓ２、複鉄筋：Ｓ１～Ｓ４）。初期亀裂発生まで、供試体に加える荷重を２ｋＮずつ増やしていった。初期亀裂発生後は、２ｋＮずつ荷重を増やすか、又は、Ｄ１及びＤ２の変位が５ｍｍずつ増えるように荷重を増やすか、変位の変化の小さい方で制御しながら、供試体が破壊するまで荷重を加えた。荷重を加えた場合とモーメントを加えた場合のそれぞれについて、ひび割れ発生荷重及び破壊荷重（最大荷重）を測定した。測定結果を図６に示す。なお、図６において、「設計（理論値）」とは、鉄筋が許容応力度に達する荷重であり、「最大荷重（理論値）」とは、コンクリートが圧縮破壊ひずみ（０．３５％）に達する荷重である。また、「安全率」とは、最大荷重（試験値）／設計（理論値）で表されるものであり、この比率が大きいほど安全性が高くなる。

【００２２】

図６より、単鉄筋コンクリートにＰＥＴ繊維３０を混入させた供試体１，２は、ひび割れ発生荷重及び最大荷重いずれについても複鉄筋コンクリートの供試体３とほぼ同程度の数値が得られた。この結果から、コンクリート層１１にＰＥＴ繊維３０を混入させることにより、セグメントの曲げ強度や曲げ靭性等の性能を向上させることができることが分かる。

【００２３】

（試験例２）

次に、表２に示す条件で供試体４～１３を作成した。供試体４～１３の寸法は幅１００ｍｍ×厚さ１００ｍｍ×長さ４００ｍｍであり、実際のセグメントよりも小型の直方体形状とした。供試体４～１１，１３では、上述した格子状鉄筋２０を用いる替わりに、供試体の長手方向に主筋２１（サイズ：Ｄ６）を一本のみ埋設することにより、コンクリート層中に単鉄筋コンクリートを構成した。また、供試体１２では、格子状鉄筋２０を２層用いる替わりに、供試体の長手方向に主筋２１（サイズ：Ｄ６）を２本（２層）埋設することにより、コンクリート層中に複鉄筋コンクリートを構成した。

【００２４】

供試体４～１１は単鉄筋コンクリートに補強繊維３０を混入させた例であり、上記の供試体１と同様の手順で作成した。表２に示すように、供試体４～９は補強繊維３０としてＰＥＴ繊維を用い、供試体１０，１１は補強繊維３０として鋼繊維（ＳＦ）を用いた。また、供試体１３（比較例）は単鉄筋コンクリートに補強繊維３０を添加しない例である。なお、供試体４～１１及び１３のすべてにおいて、主筋２１の内側表面１２及び外側表面１３からのかぶり厚さは４７ｍｍとした。

【００２５】

供試体１２（比較例）は複鉄筋コンクリートに補強繊維を添加しない例であり、上記の供試体３と同様の手順で作成した。一方の主筋２１の内側表面１２からのかぶり厚さ、及び、他方の主筋２１の外側表面１３からのかぶり厚さは、供試体３と同様にそれぞれ２０ｍｍとなるようにした。

【表２】

試験例2:供試体:幅100mm×厚さ100mm×長さ400mm

供試体No.	鉄筋	繊維種類	繊維添加率(%)	繊維長(mm)
4	単鉄筋(D6)	PET	0.6	30
5	単鉄筋(D6)	PET	0.6	45
6	単鉄筋(D6)	PET	1.0	30
7	単鉄筋(D6)	PET	1.0	45
8	単鉄筋(D6)	PET	2.0	30
9	単鉄筋(D6)	PET	2.0	45
10	単鉄筋(D6)	SF	0.3	30
11	単鉄筋(D6)	SF	0.5	30
12	複鉄筋(D6×2)	無添加	−	−
13	単鉄筋(D6)	無添加	−	−

【００２６】

供試体４～１３について、土木学会基準ＪＳＣＥ－Ｇ５５２－１９９９に基づいて、曲げ強度及び曲げ靭性係数の測定を行った。曲げ強度の測定結果を図７に、曲げ靭性係数比の測定結果を図８に示す。

【００２７】

図７に示すように、曲げ強度については、単鉄筋コンクリートに繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維を２．０％添加した供試体９が、補強繊維を添加しない複鉄筋コンクリートの供試体１２と同等の性能を有するという結果が得られた。また、単鉄筋コンクリートに繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維を１．０％添加した供試体７の曲げ強度は、複鉄筋コンクリートの供試体１２より若干劣るものの、比較的よい結果が得られた。この結果から、セグメントの曲げ強度を向上させたい場合には、繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維を１．０％以上添加するのが好ましいことが分かる。

【００２８】

また、図８に示すように、曲げ靭性係数については、単鉄筋コンクリートに繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維を２．０％添加した供試体９が、補強繊維を添加しない複鉄筋コンクリートの供試体１２よりも高い性能を有するという結果が得られた。また、単鉄筋コンクリートに繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維を１．０％添加した供試体７、単鉄筋コンクリートに繊維長３０ｍｍのＰＥＴ繊維を２．０％添加した供試体８、単鉄筋コンクリートに繊維長３０ｍｍの鋼繊維を０．５％添加した供試体１１の曲げ靭性係数は、複鉄筋コンクリートの供試体１２より若干劣るものの、比較的よい結果が得られた。この結果から、セグメントの曲げ靭性係数を向上させたい場合には、繊維長４５ｍｍのＰＥＴ繊維を１．０％以上、又は、繊維長３０ｍｍの鋼繊維を０．５％以上添加するのが好ましいことが分かる。

【００２９】

以上説明したように、本実施の形態であるコンクリートセグメント１０によれば、コンクリート中に単鉄筋を構成するように格子状の鉄筋を埋設するとともに、コンクリート中に補強繊維を混入させた構成とすることで、セグメントの厚さを従来よりも薄くしても最小限度のかぶり厚さを確保しつつ所要の強度を得ることができるようになる。その結果、小口径トンネルの覆工体の構築に適用することが可能となり、スチールセグメントを用いた場合と比べて製造コストを低減させることが可能となる。

【００３０】

また、例えば上下水道管等の導水路の覆工にスチールセグメントを用いた場合、一次覆工のみで終了することはなく、防水や腐食防止を目的とした二次覆工が不可欠となるが、本実施の形態のコンクリートセグメント１０を用いた場合には二次覆工を施す必要がなく、工期の短縮化と工費の低減を図ることができる。また、スチールセグメントと比べてト

ンネルの内壁面を平滑な面に構成することができるので、導水路以外のトンネルに適用した場合においても、二次覆工を省略することができる。

【００３１】

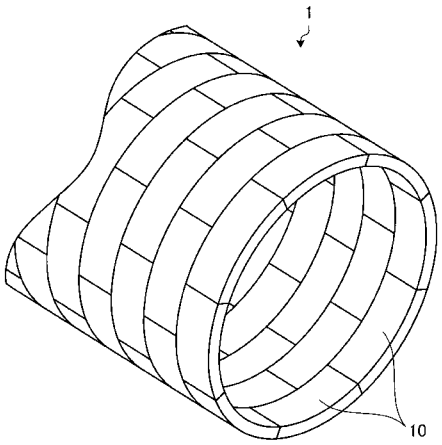
また、本実施の形態であるコンクリートセグメント１０によれば、補強繊維としてＰＥＴ繊維（ポリエチレンテレフタレート繊維）を適用したことで、曲げ強度や曲げ靭性をさらに向上させることができる。

【符号の説明】

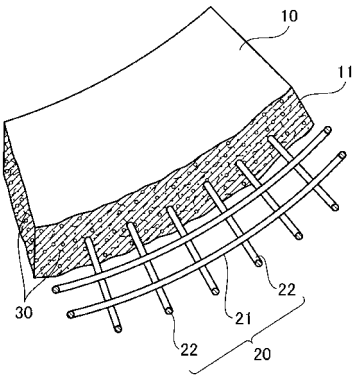
【００３２】

１　覆工体
１０　コンクリートセグメント
１１　コンクリート層
１２　内側表面
１３　外側表面
２０　格子状鉄筋
２１　主筋
２２　配力筋
３０　補強繊維

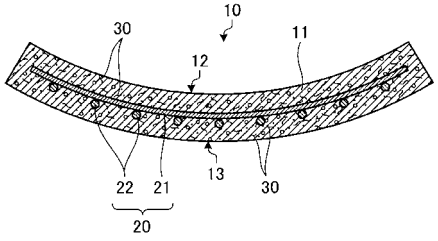
【図１】



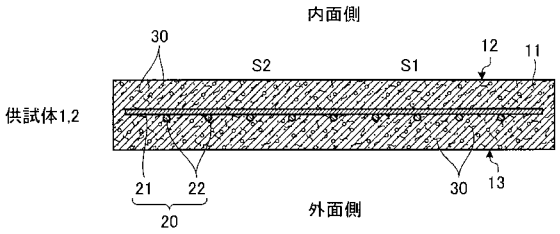
【図２】



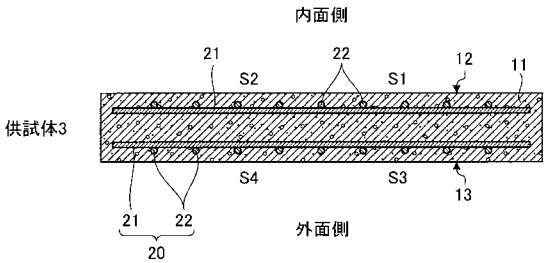
【図３】



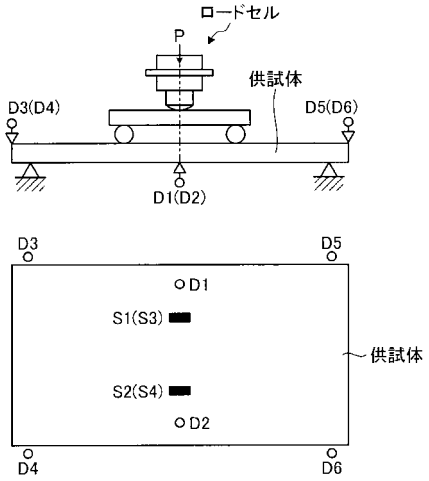
【図４－１】



【図４－２】



【図５】



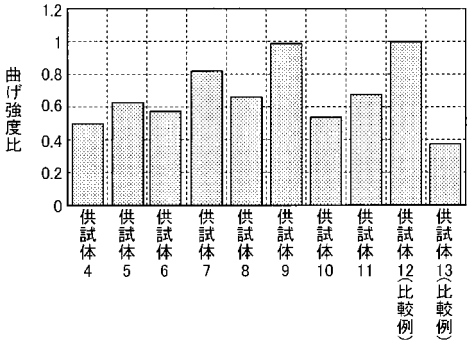
【図６】

試験例1：曲げ試験結果

供試体			理論値	試験値		
				1	2	3
供試体1 ・単鉄筋 ・PET繊維 0.6%	荷重 (kN)	ひび割れ	－	42.0	33.0	37.0
		設計	9.08	－	－	－
		最大荷重	16.36	44.0	43.0	47.4
	モーメント (kN・m)	ひび割れ	－	10.50	8.25	9.25
		設計	2.27	－	－	－
		最大	4.09	11.00	10.75	11.85
		安全率	1.80	4.85	4.74	5.22
供試体2 ・単鉄筋 ・PET繊維 1.0%	荷重 (kN)	ひび割れ	－	34.0	39.0	36.0
		設計	9.08	－	－	－
		最大荷重	16.36	44.5	56.5	50.4
	モーメント (kN・m)	ひび割れ	－	8.50	9.75	9.00
		設計	2.27	－	－	－
		最大	4.09	11.13	14.13	12.60
		安全率	1.80	4.90	6.22	5.55
供試体3 (比較例) ・複鉄筋 ・PET繊維 無添加	荷重 (kN)	ひび割れ	－	42.0	44.0	46.0
		設計	14.84	－	－	－
		最大荷重	31.84	53.5	64.7	58.2
	モーメント (kN・m)	ひび割れ	－	10.50	11.00	11.50
		設計	3.71	－	－	－
		最大	7.96	13.38	16.18	14.44
		安全率	2.15	3.61	4.36	3.89

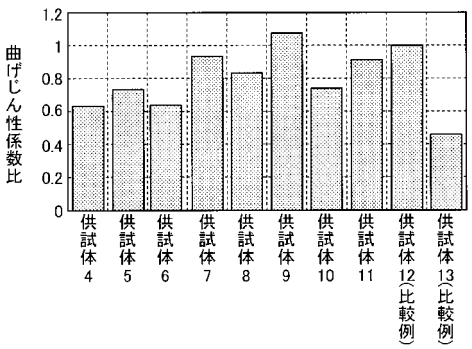
※M=0.25・P

【図７】



試験例2：供試体12を1とした場合の曲げ強度比

【図８】



試験例2：供試体12を1とした場合の曲げじん性係数比

フロントページの続き

(72)発明者　田中　博一
東京都港区芝浦一丁目２番３号　清水建設株式会社内
(72)発明者　吉武　謙二
東京都港区芝浦一丁目２番３号　清水建設株式会社内
(72)発明者　保科　友宏
東京都港区芝浦一丁目２番３号　清水建設株式会社内

Ｆターム(参考) 2D055 KA02 KB05 KB07
4G112 PA19 PA24