

河川堆積土砂の有効利用に向けた 崩壊性セメント固化土に関する研究

A STUDY ON THE SELF-COLLAPSING CEMENT-STABILIZED SOIL
FOR UTILIZATION OF REVERBED SEDIMENT

西 元央*・野々目延浩**・山田 優***・井上善介****・森 鐘一*****

by Motohiro NISHI, Nobuhiro NONOME, Masaru YAMADA, Zensuke INOUE and Shoichi MORI

1. はじめに

海岸部の漂砂の減少により海岸侵食が激化している。原因として、漂砂源となる河川からの流砂の減少が考えられている。一方、河川では、ダムなどの河川構造物の築造によるダム堆砂問題が発生している。これらを解決するために、河川堆積土砂を海岸部への漂砂として供給しようとする試みが開始され、トンネルで浮遊流砂をバイパスさせる方法や排砂ゲートで土砂を流出させる方法などが一部実行されてきている。しかし、このような方法では、上流で放流した多量の土砂を含んだ濁流が下流域で営まれている農業、漁業に影響を与えるなど、問題も多い。結局、浚渫により土砂の除去を行い、それを海岸へ供給することが最も影響が少なくなると考えられる。また、ダムなどの河川構造物の築造により、海岸においては主に細粒分が不足しており、細粒分を多く含んだ流砂が求められている¹⁾。そのことから、河川堆積土砂を浚渫し、一部をコンクリート用骨材として分離した浚渫土を用いて流砂とすると、より自然の要求にかなった流砂を供給できる可能性がある。そのような流砂は強度が低く、そのままではトラックなどで輸送することが難しい。

そこで、本研究では、浚渫土をセメントなどを用いてある程度の強度になるまで固化し、それを輸送して、たとえば人工漁礁として海に投入できれば、生態系の活性化にもつながるのではないかと考えた。しかし、固化土を海に投入するだけでは海岸への漂砂の供給とはならない。固化土を再び漂砂とするために、固化土に崩壊性をもたせる必要がある。固化

土の強度に何らかの作用を及ぼし、固化土を崩壊させる添加物等が求められる。本研究では、ダム等、河川に堆積している土砂の有効利用用途として海へ投入することを考え、そのために必要な崩壊性セメント固化土をつくる方法を見いだすことを目的とした。

2. 実験概要

本研究では、崩壊の可能性をもつ添加材料を見いだすためにセメント固化土を作製して室内試験にて検討を行った。実験手順を図1に示す。土試料、普通ポルトランドセメント（以下、セメントと呼ぶ）、添加材料をソイルミキサに入れ、5分間混合し、「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法（JGS 821）」に準じて直径5cm、高さ10cmのセメント固化土供試体を作製した。7日間養生後に脱型し、60℃水浸を行って劣化するものは劣化を促進させ、所定の日数後に一軸圧縮試験（JIS A 1216）を行った。なお、土試料は砂（掛斐川産）と碎石スラッジ（高槻産）を用いて図2に示す粒度になるよう作製した。

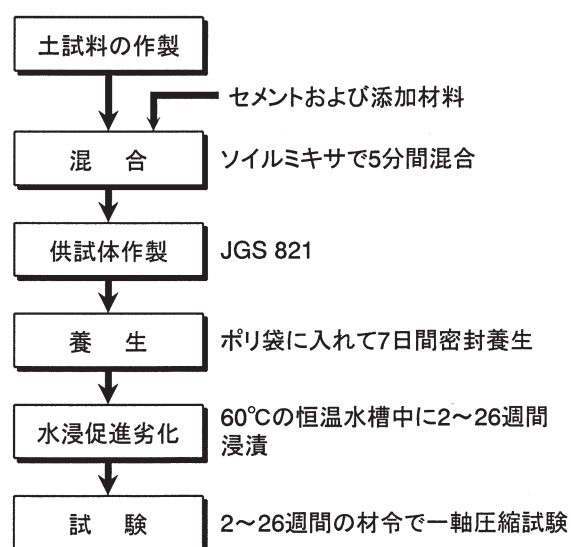


図1 実験手順

* 大阪市立大学大学院助手 工学研究科都市系専攻
(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138), ** 元大
阪市立大学大学院生 工学研究科土木工学専攻前期
博士課程（現在大阪市水道局勤務）, *** 大阪市立
大学大学院教授 工学研究科都市系専攻, **** 元大
阪市立環境科学研究所環境工学課長, ***** モリエ
コロジー株式会社代表取締役

その粒度は、河川堆積土砂の調査結果より決定した。また、セメントは土試料の乾燥重量に対して10%添加した。

添加材料には、セメント固化土に何らかの作用を及ぼし、強度を長期的に低下させることを期待している。本研究では、塩化ナトリウム、アルカリ骨材反応による崩壊の検討（実験Ⅰ）のために石灰ガラスと珪酸ガラスの粉末を、有機物とカルシウムイオンとの反応による崩壊の検討（実験Ⅱ）のためにフミン酸、リグニンスルホン酸ナトリウム（以下、リグニン酸と呼ぶ）およびカルボキシメチルセルロースナトリウム（以下、CMCと呼ぶ）を、物理的自己膨張力による崩壊の検討（実験Ⅲ）のためにベントナイト粒状物、珪酸アルミニウムの粉末、古紙片および植物性油をなじませた古紙片を用いた。なお、塩化ナトリウムはアルカリ骨材反応を促進する役割をもつということ、劣化を促進する役割をもつということ、海に投入することから使用した。すなわち、アルカリ骨材反応による崩壊の検討（実験Ⅰ）において、石灰ガラス、珪酸ガラスはアルカリ骨材反応を起こす反応性骨材と考えた。

有機物とカルシウムイオンとの反応による崩壊の検討（実験Ⅱ）においては、フミン酸、リグニン酸、CMCは、土壌、河川中に多く含まれている有機物で、セメントが水和する際に発生するカルシウムイオンと反応し、硬化を妨げることを期待した。

物理的自己膨張力による崩壊の検討（実験Ⅲ）においては、ベントナイト粒状物、珪酸アルミニウム、古紙片、植物性油をなじませた古紙片は吸水膨張作用をもつ添加材料として使用した。ベントナイトの吸水による膨張力を最大限発揮させるため、ベントナイト粉末に水を加えて泥状にしたもの、あるいはこれにセメントを加えて10日間養生したものを、110℃で3日間炉乾燥した後、見かけの粒径を425 μ mから4.75mmに調整した粒状物を添加材料として使

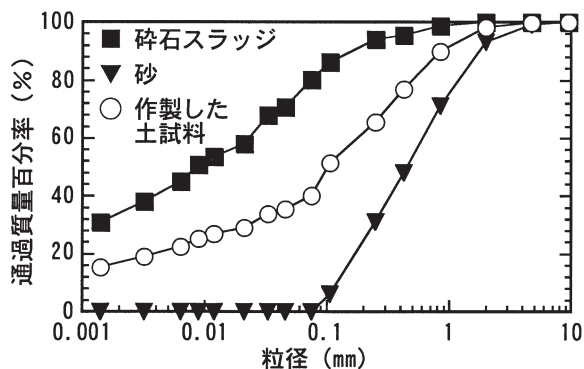


図2 砕石スラッジ、砂およびそれらを用いて作製した土試料の粒度

用した。古紙片には新聞紙を1cm×1cmに裁断したものを、植物性油には市販のサラダ油を使用した。

土質試料の含水比は50%、セメント量は土試料の乾燥質量に対して外割で10%とした。塩化ナトリウムについても10%外割で添加した。供試体作製7日後までは密封養生を行い、7日後以後は60℃の水中で促進劣化を行った。

供試体作製1週間後（水浸直前）、2週間後、4週間後、8週間後、13週間後、22週間後、26週間後に一軸圧縮試験を行った。なお、本研究では、一軸圧縮強度を検討することで崩壊過程をある程度評価できるものと考えた。

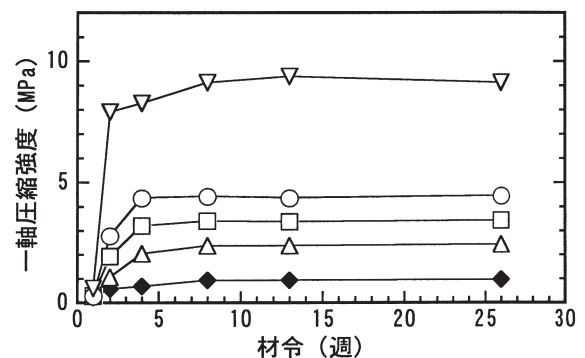
3. 実験結果および考察

3.1 実験Ⅰ

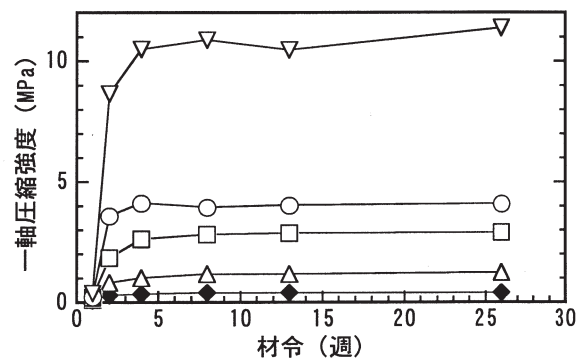
図3に石灰ガラス粉末を添加材料としたセメント固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。(a)は塩化ナトリウム無添加のもの、(b)は塩化ナトリウムを10%添加したものである。各配合とも材齢とともに一軸圧縮強度が上昇し、ほぼ4週間で一定値となった。4週間以降一軸圧縮強度が減少に転ずるものは

石灰ガラス粉末添加量

◆0%（無添加） △5% □10% ○15% ▽20%



(a) 塩化ナトリウム無添加



(b) 塩化ナトリウム10%添加

図3 一軸圧縮強度と材齢の関係（石灰ガラス粉末）

なく、この条件ではアルカリ骨材反応は起こらなかった。また、石灰ガラスを多量に添加するにつれ、一軸圧縮強度が大きくなった。石灰ガラス粉末を用いた場合、一軸圧縮強度の低下はみられず、むしろ強度が上昇したことから本研究の目的のための添加材料としては不適當であると考えられる。

図4に珪酸ガラス粉末を添加材料としたセメント固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。各配合とも材齢とともに一軸圧縮強度が上昇する傾向となった。消石灰飽和溶液中で浸漬し、さらに塩化ナトリウムを添加したもの以外は一軸圧縮強度の低下はみられなかった。しかし、消石灰飽和溶液中に浸漬し、塩化ナトリウムを添加したものについては、13週間以降、一軸圧縮強度が低下する傾向がみられた。条件さえ整えてやれば、アルカリ骨材反応を起こすことができるといえる。

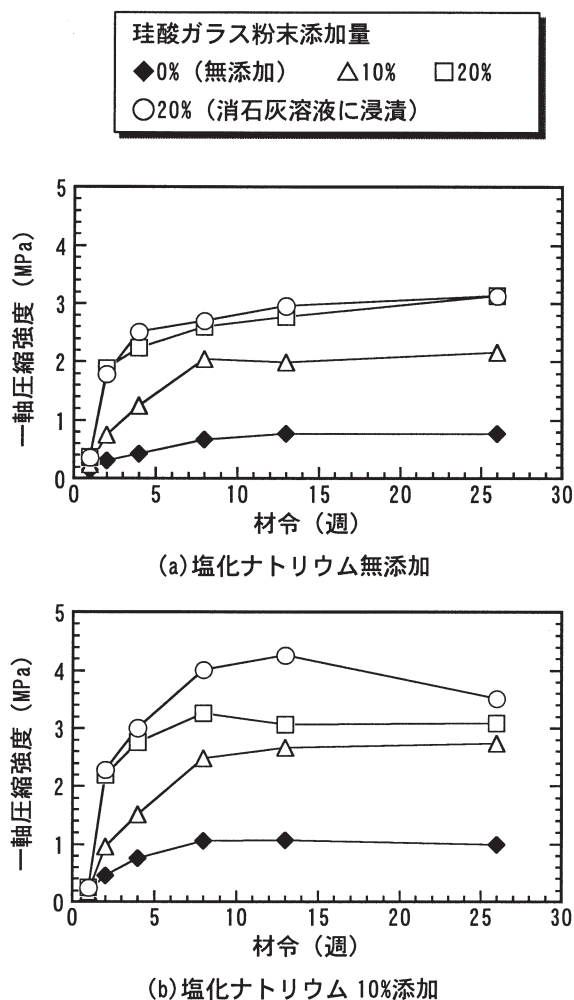


図4 一軸圧縮強度と材齢の関係 (珪酸ガラス粉末)

3. 2 実験Ⅱ

図5にフミン酸を添加材料とした固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。各配合とも材齢とともに一軸圧縮強度が上昇する傾向となった。また、8週間から13週間あたりから一軸圧縮強度が一定値を示している。フミン酸の添加量が増えるに従って、一軸圧縮強度が増加する傾向がみられた。

図6にリグニン酸を添加材料とした固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。8週間までは各配合とも一軸圧縮強度が増加した。一軸圧縮強度の増加割合は、添加量の多いものほど大きくなった。しかし、リグニン酸0.1%、0.2%添加したものについては、8週間をピークに減少に転じている。これは、リグニン酸が固化土中のカルシウムイオンと反応することで固化土の構造が破壊され、一軸圧縮強度が低下していると考えられる。ところが、リグニン酸0.3%添加したものの一軸圧縮強度が大きくなった。添加量がわずか0.1%の差で固化土の性状が変化したことより、添加量0.2%から0.3%の間に固化土内

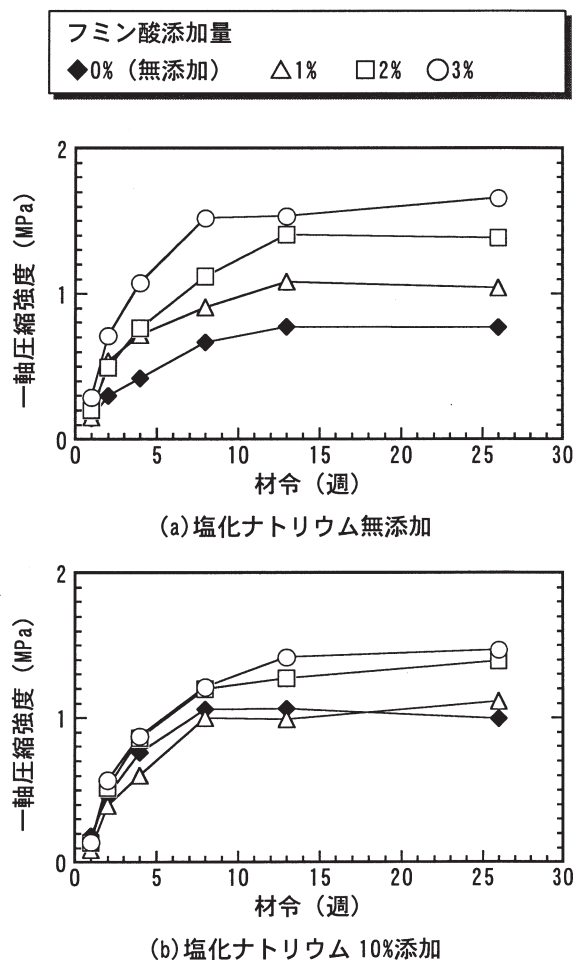


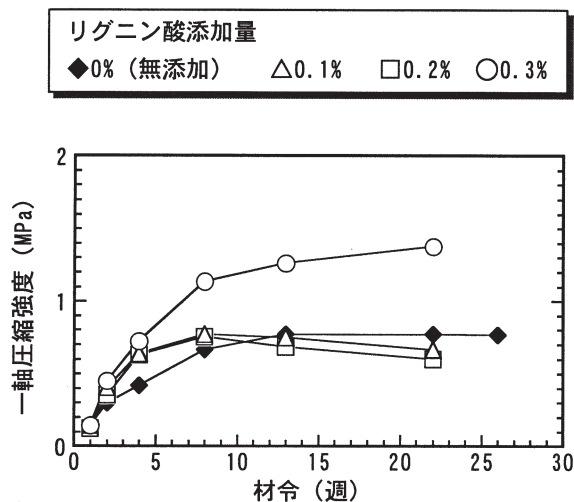
図5 一軸圧縮強度と材齢の関係 (フミン酸)

部の構造変化の違いが存在することが推察される。このことから、リグニン酸を用いた場合、条件によっては崩壊する可能性があるといえる。

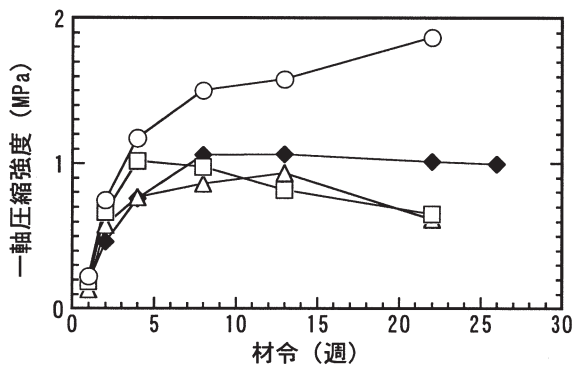
図7にCMCを添加材料とした固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。13週間を経るまで各配合とも材齢の増加とともに一軸圧縮強度が増加した。13週以降、CMC添加量0.3%添加のもので一軸圧縮強度がわずかに減少する傾向がみられた。塩化ナトリウムを添加したものについて、CMC添加量0.5%、1%のものは低い一軸圧縮強度のまま推移した。固化土の構造をつくる前に、CMCと固化土中のカルシウムイオンと反応することによって硬化をほとんど起こすことができなかったと考えられる。

3.3 実験Ⅲ

図8にベントナイト粒状物を添加材料とした固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。各配合とも材齢の増加に伴い、一軸圧縮強度が増加している。また、セメントを用いたベントナイト粒状物がベントナイト粒状物より一軸圧縮強度が低い値となった。



(a) 塩化ナトリウム無添加



(b) 塩化ナトリウム 10%添加

図6 一軸圧縮強度と材令の関係 (リグニン酸)

これは、ベントナイト粒状物を含水比 50%の土試料に添加して固化土を作製する際にすぐ吸水し、さらにベントナイトにセメントを添加したものの吸水力に差があることに原因があると推察される。したが

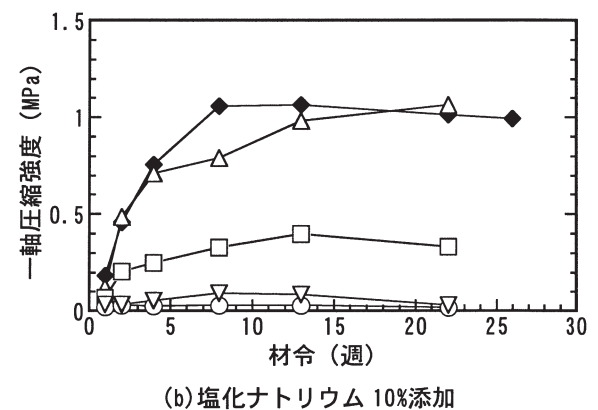
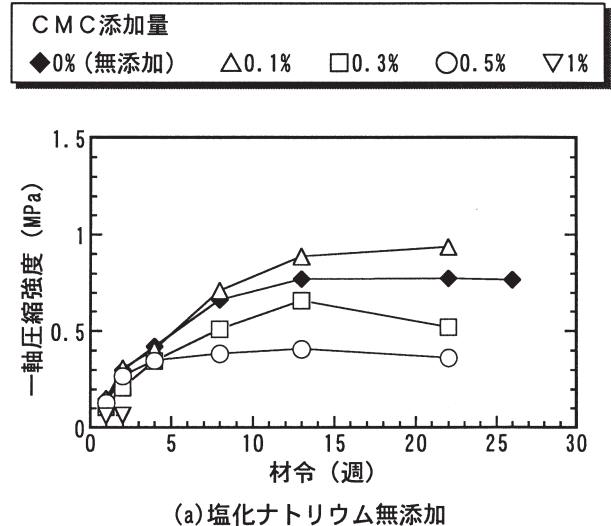


図7 一軸圧縮強度と材令の関係 (CMC)

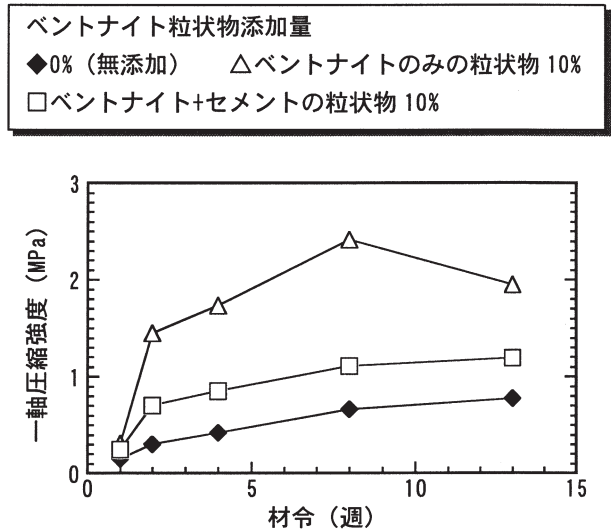


図8 一軸圧縮強度と材令の関係 (ベントナイト粒状物)

って、ベントナイト自体が固化土作製時に吸水し、含水比が低下することによって一軸圧縮強度が大きくなったと考えられる。ベントナイト粒状物を用いた場合、13 週間までの一軸圧縮強度試験結果から、崩壊の見込みはないものといえる。

図 9 に珪酸アルミニウムを添加材料とした固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。各配合とも材齢の増加に伴い、一軸圧縮強度が増進していることがわかる。珪酸アルミニウムを用いた場合も、13 週間までの一軸圧縮強度から崩壊の見込みはないものといえる。

図 10 に古紙片を添加材料とした固化土の一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。(a)は古紙片のみ、(b)は古紙片に植物性油をなじませたものである。各配合とも材齢の増加に伴い、一軸圧縮強度が増加している。古紙片を用いた場合も、古紙片の膨張効果はほとんどなく、崩壊の見込みはないものといえる。

4. まとめ

本研究では、一軸圧縮強度より崩壊性を検討した。その結果は以下のとおりである。

- (1) 実験Ⅰより、添加材料としてガラス粉末を用いてもセメント固化土に崩壊性をもたせることは難しい。
- (2) 実験Ⅱより、添加材料として有機物、たとえばリグニン酸を添加材料として用いた場合、崩壊の可能性はある。
- (3) 塩化ナトリウムの添加を併用したものについては、無添加のものと大して変わらない。
- (4) 実験Ⅲより、添加材料として自己膨張力をもつものを用いても固化土に崩壊性をもたせることはできない。

参考文献

- 1) 阪本博文・谷崎保・角哲也：河川土砂還元を組み合わせた真名川ダム弾力的管理試験「フラッシュ放流」，河川技術論文集、Vol.11，2006.6。

(2006年1月19日受付 2006年2月6日受理)

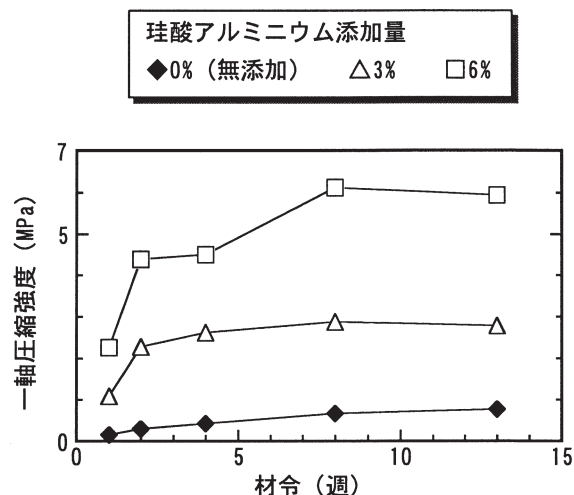
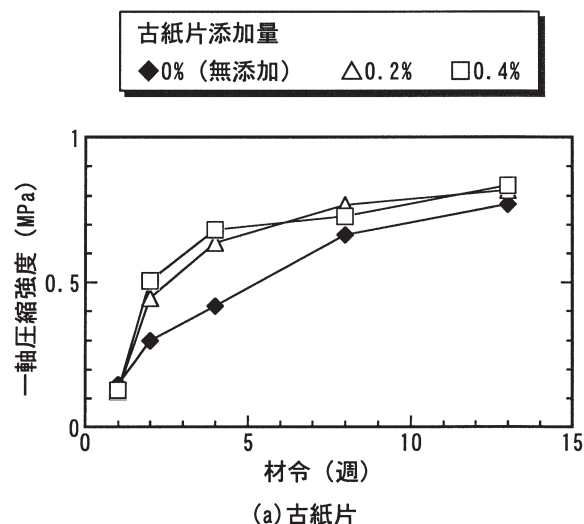
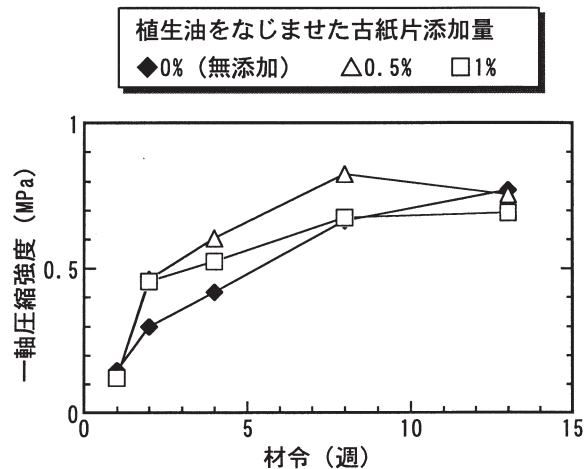


図 9 一軸圧縮強度と材令の関係 (珪酸アルミニウム)



(a) 古紙片



(b) 植物性油をなじませた古紙片

図 10 一軸圧縮強度と材令の関係 (古紙片)