

＝ 第 37 回 ＝

砕石フォーラム 2010 (東京)
資 料

平成 22 年 10 月

社団法人 日本砕石協会

天然砕石の新たな事業の可能性

JSPA 日本砕石地盤改良協会
ハイスピードコーポレーション株式会社
堀田 誠

1. はじめに

近年の社会情勢から砕石の需要は年々減少しており、今後公共事業の減少とともに砕石の需要も減少する可能性が大きいと考えられる現状です。

従って、新たな砕石の需要づくりが重要となってくるのではないのでしょうか？

日本の小規模建築物（3階建て程度の低層住宅、店舗、集合住宅、事務所）の着工戸数は本年70万棟程度といわれております。その中で、地盤補強工事が必要な割合は約40%程度と想定されることから、約28万棟の地盤補強工事があると考えられます。この地盤補強市場はほとんどがセメントによる柱状固化工法や鋼管杭による支持杭が占めている現状です。

この市場で天然砕石を使った砕石パイル工法を展開することにより、新たな砕石需要を作っていくことができます。現在の砕石パイル施工棟数実績は年間4千棟程度ですから、砕石の使用量は約15万トンです。今後、砕石パイル工法の受注拡大をすることで、市場の30%程度の施工をすれば約8万4千棟の施工となり、砕石の使用量は257万トン程度となります。これは現在の年間全国砕石需要（1億8千万トン）の1.4%にあたります。

ここでは砕石パイルの可能性についてご紹介します。

2. 地盤補強工事における既存工法の問題点

2.1 セメントによる土壤汚染物質の発生

セメントと土を混ぜたときに発生する土壤汚染物質は、平成14年に土壤汚染対策法により規定されている六価クロムである。その発生率を表1に示す。

表1はセメントと土を混ぜたときに基準値濃度以上の六価クロムが発生した時の報告例ですが、

土質	平成12年4月から平成14年4月		
	全資料数	土壤環境基準を超えた試料数	土壤環境基準を超えた溶出濃度の平均値
砕石等	137	2(2%)	0.06
礫質土～シルト	906	38(4%)	0.14
粘性土等	600	33(6%)	0.11
火山灰質土	110	37(34%)	0.18

表1 セメント系固化材の施工前溶出試験結果
独立行政法人 土木研究所材料地盤グループ(土質)発表による

砂質土で4%、粘土で6%、火山灰土で34%の発生率となっております。

一概には言えませんが、全国のセメント系地盤改良工事の結果が同じだとすると、約7,000棟の六価クロム汚染が発生することになり、非常に大きなリスクがあります。また、今後の社会的な問題となる危険も潜んでいると思います。

2.2 産業廃棄物の発生

セメント系地盤改良工事および鋼管杭は家を建て替える時には使えず、取り除けてから、新たな地盤改良を行うことが必要となります。この時に取り除けた改良体を適切に処分するため、産業廃棄物処理費用が発生します。実際はそれ以上に取り除け後の埋め戻し費用もあります。

土地の資産評価からの観点では、軟弱地盤を補強するために地盤改良は必要ですが、将来の売買を考えたときには土地の中に産業廃棄物が埋まっていることとなります。

実際には、取り除け費用や処分費用で100万円～300万円の費用が必要となり、資産評価としてはその分の価値が下落していることになり、一般的に気付かない問題点となっております。

以上より、既存の地盤補強工事には土壤汚染のリスク及び産業廃棄物による資産評価下落の問題点があります。

3. 天然砕石パイル工法のメリット

3.1 土壌汚染が発生しない工法

砕石パイルは天然の砕石のみで地盤補強を行い、セメントなどの固化剤を使わないため、土壌汚染の心配がなく、土壌汚染や地下水汚染を起しません。

3.2 産業廃棄物に扱われない工法

砕石パイルは地盤の中にあっても、産業廃棄物として扱われることがなく、建て替え時に取り除く必要がありません。また地盤そのものの強度をましているため、同程度の家屋でしたら再利用が可能です。従って、土地の資産評価を落とすことがありません。

3.3 砕石パイルのメカニズム

建物の地盤改良はほとんどが支持杭や摩擦杭による剛性をもったもので行われていますが、砕石パイルは、石ころを軟弱な地盤にたくさん入れることにより、固まらないままで地盤の支持力を高めます。

これはいいかえると、ぬかるむ田んぼに砕石をまいて、道路を作ることと同じようなものです。

でも固まらないもので本当に家が支えられるのかと云う疑問もおありでしょうから、砕石パイルの応力の伝達を下図に示し、説明いたします。なお、応力の伝わりやすさを分かりやすくするため、層ごとに色を付けています。

杭に応力をかけるとその力は杭の下端に直接伝わります(図-2)、同じように砕石パイルに応力をかけるとその力は横方向に伝達されパイル下

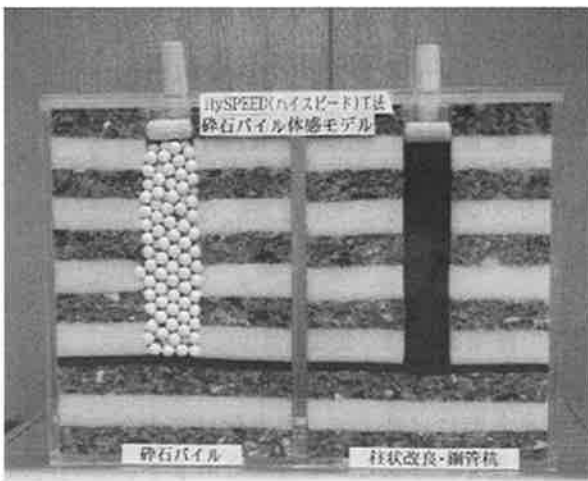


図-1 応力が掛かる前の状態

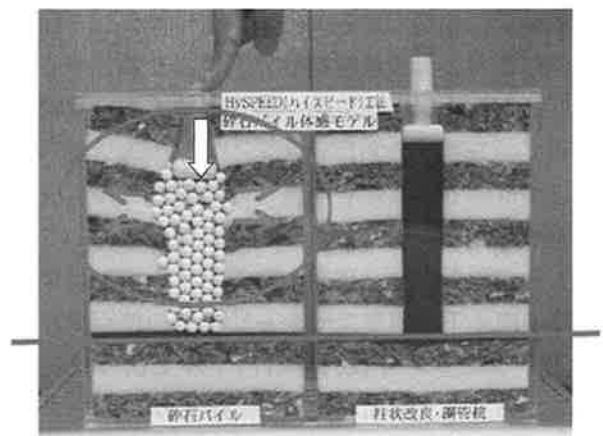


図-3 砕石パイルに応力が掛かった状態

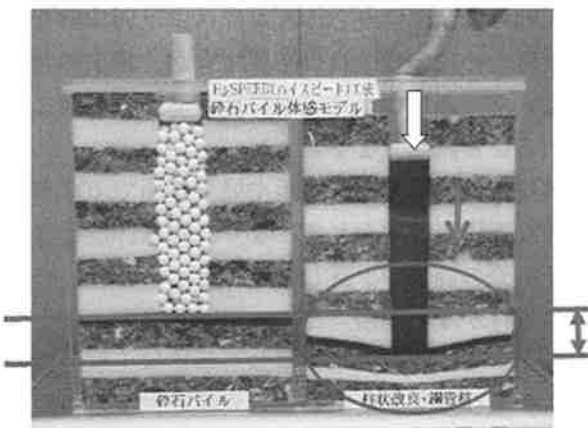


図-2 杭に応力が掛かった状態

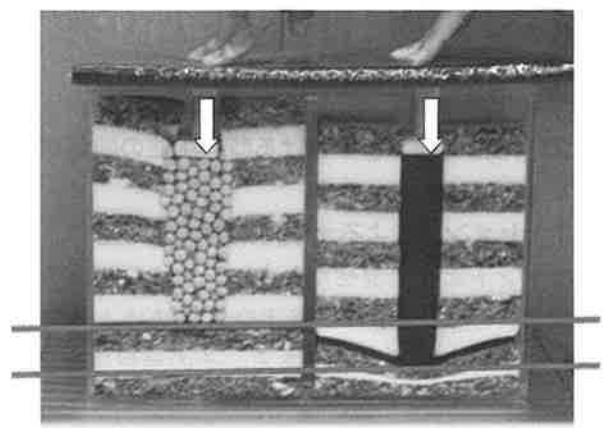


図-4 砕石パイルと杭の応力伝達の違い

端にはあまりかかりません（図-3）。

杭と碎石パイルに、同時に応力をかけるとその違いはよくわかります（図-4）。

このことから、固まっていない碎石パイルは応力を分散し、面的に支える様子がわかります。同時に、碎石パイル下端に力は集中しないことは、杭と比べるとパイルの長さが短くて対応できることとなります。従って、既存工法に負けないコストを実現しました。

3.4 付加価値

碎石パイルには既存工法にない特徴があります。

3.4.1 液状化対策

碎石の高い透水力（透水係数）を使って、地震時の液状化対策ができます。液状化のメカニズムを図-5に示す。

また、碎石パイルによる液状化対策のメカニズムを図-6に示す。

碎石パイルによる液状化対策は地震時に発生する砂地盤の粒子間隙水圧の上昇を透水力の高い碎石で分散し、液状化を防ぐもので「間隙水圧消

散理論」というものです。

3.4.2 カラッと地盤

図-7にカラッと地盤の概要を示す。家に降る雨を集めて、碎石パイルの透水力を用いて地下に浸透することで、地下水資源を蓄えていきます。ダム建設は社会的に反対されることが多いのですが、天然の「地下ダム」なら、無理なくできて、大賛成です。また、大雨の次の日も地盤はカラッとしますから、ジメジメした地盤の改善もできずし、盛土の降雨による地盤沈下事故も減らすことが可能です。

カラッと地盤を広域に考えたときの利用例を図-8に示す。市街地での地下水確保には道路にある水路、公園、運動場などの広範囲な場所の水を利用することで大きな効果を発揮できますし、水はけの良いグランドなどの利便性もあります。その上、近年多く発生しているゲリラ豪雨にも有効であり、洪水被害を減らすことができると考えます。

3.4.3 マッチポンプ

図-9にマッチポンプの概要、図-10に地下水のくみ上げ状況を示す。カラッと地盤で蓄えた

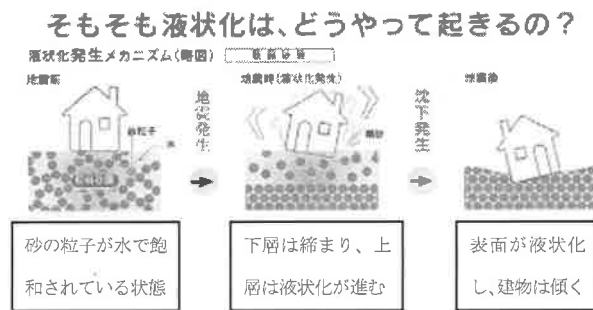


図-5 液状化のメカニズム

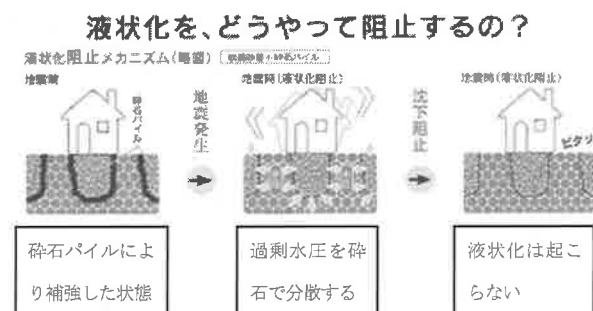


図-6 液状化対策のメカニズム

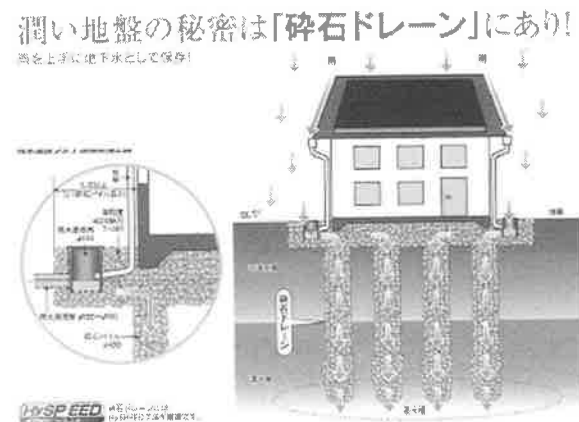


図-7 降雨を地下に浸透する概要

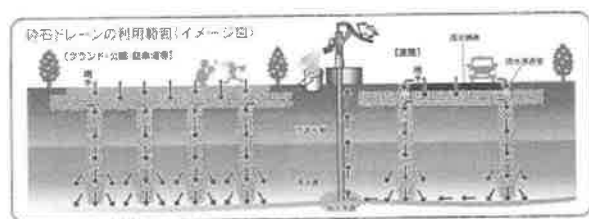


図-8 道路や公園での碎石パイル活用案

地下水を家庭用ホームポンプで汲みあげるもので、敷地内に取水用の砕石パイルを施工し、その中に給水管を挿入することで、簡易的な井戸ができます。敷地の地下水位にもよりますが、愛媛県松山市久万ノ台の当社敷地では、深さ8mの井戸で600L/時間の取水ができており、散水や洗車には十分な流量が確保されています。砕石パイル直径は450mmのため、通常の打ち抜き井戸直径100mm程度に比べると20倍広い集水面積が確保されるため、有効です。

雨を上手に地下に溜めて、必要な時に汲みあげ、水資源を上手に使うことができます。

4. 施工方法と品質管理

4.1 施工方法

砕石パイルの施工概要を図-11に示し、施工機械を図-12に示す。施工はφ400mmのオーガーにて掘削を行い、廃土した後に砕石40-20を投入し砕石パイルを構築するもので、施工が単純なため施工手順によるミスが少なく、確実性があります。

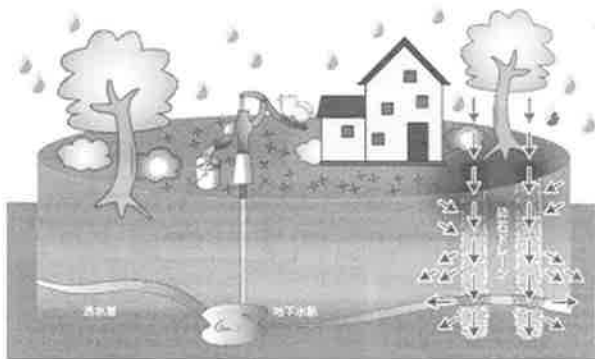


図-9 マッチポンプの概要



図-10 地下水のくみ上げ状況

また、セメントを使わないことにより、地下水の量や腐植土による強度変化がなく、品質的な不良が非常に少ない、安全な工法となっております。

4.2 品質管理

地盤補強工法の品質確保で最も重要なことはスウェーデン式地盤調査(SWS)を用いて、許容支持力(強さ)を確実な計算で算出し、施工の結果、支持力を試験により確認できる体制があるかということになります。既存の補強工法はセメントの固化によるものが多く、施工時に支持力を確認することはできなかったが、砕石パイルは建物の荷重度の3倍以上の重さをかけ、支持力を確実にすることができるので、沈下事故になる可能性が非常に低く、品質管理が確実に行えます。

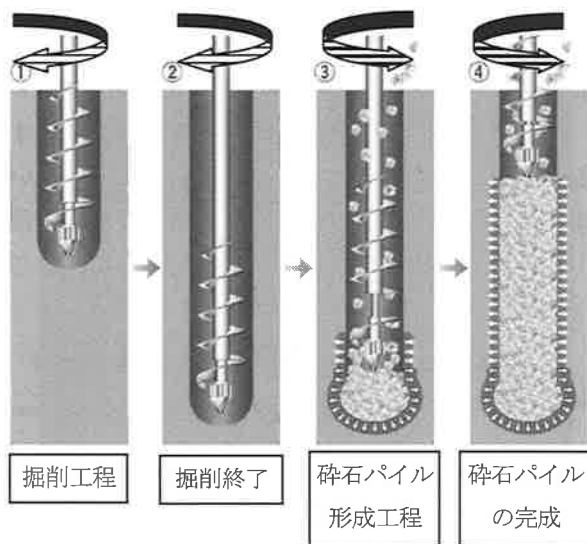


図-11 施工概要



図-12 施工機械

現状で最も施工実績の多い HySPEED（ハイスピード）工法は建築技術性能証明を財団法人日本建築総合試験所により昨年度取得し、技術の信頼性を客観的に証明しています。また、施工後の追加調査も3年以上行っており、建物の不同沈下が起きていないことを証明しております。性能証明書を図-13に示す。

4.3 適用可能な物件

砕石パイルの適用可能な物件については性能証明書に明記されていますが、具体的には下記の通りです。

- 4.3.1 建築面積 1,000㎡以下の建物
- 4.3.2 L型擁壁 (H ≤ 3.5m)
- 4.3.3 重力式擁壁 (H ≤ 3.0m)
- 4.3.4 ボックスカルバート
- 4.3.5 路体盛土及び築堤 (H ≤ 5.0m)

4.4 適用地盤

砕石パイルで適用できる地盤は粘性土及び砂質土でSWS試験により0.25kN以上のものです。つまり、日本全国で換算N値0.5以上のところであれば、適応が可能ですから、ほとんどの地域で対応が可能です。

5. 施工体制と施工実績

5.1 砕石パイルの施工体制

砕石パイルの施工可能な会社数は本協会会員30社に関連施工会社を含めると全国に180社程度となります。施工可能な地域は一部の離島を除く、沖縄から北海道の全国、全県となっております。

5.2 施工実績

現在までの施工実績を図-14に示す。この9年間で5,138棟の施工実績があります。

特にHySPEED（ハイスピード）工法が誕生してからのこの2年間で3,600棟の施工を行っており、過去7年分の施工実績の2.4倍を上回るほどの急激な伸びを記録しております。

このことは環境を重視する砕石パイルへの関心の高さを示しており、今後ますますその需要は高まるものと期待しております。

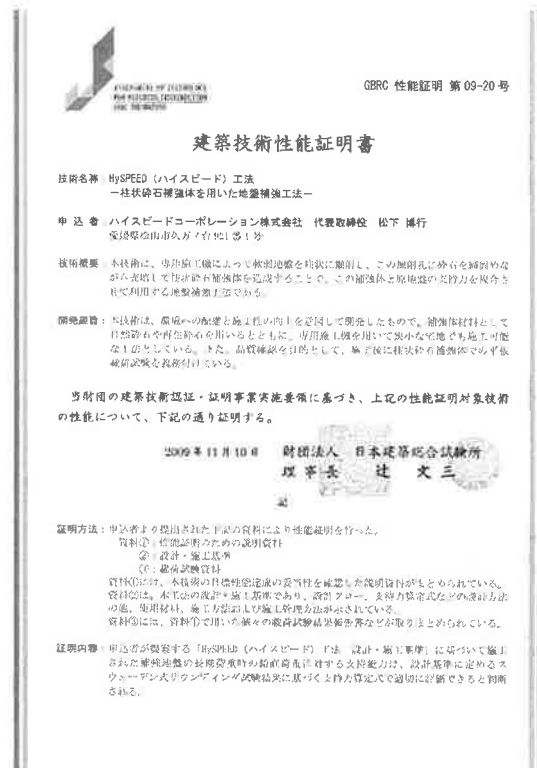


図-13 性能証明書



図-14 砕石パイル施工実績

冒頭に述べましたが、現在の砕石パイルの施工実績は年間4千棟を超えており、砕石の使用量は15万トンとなっております。

まだまだ小さな消費量ですが、今後の展開によっては大きな期待も十分可能となります。

地域に根付き、安定的に品質の良い砕石を供給していただいている(社)日本砕石協会の皆様には大変お世話になっており、ご協力を頂いておりますことをこの場をお借りして、お礼申し上げますとともに、地域に根付いた砕石パイル事業を展開するうえで、皆様のより一層のご支援を賜りますようお願い申し上げます。