

液状化対策四方山話



工学博士 **西尾 宣明**

元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

液状化による家屋の被害：修理の方法

与太郎 大家さん。液状化で傾いた家じゃあ、まだ直すことができなくてそのまま住んでる人もいるらしいですね。

そんな家に住んでると身体がおかしくなったり、精神的な影響を受けたりするようですね。

大 家 そのようですね。その上、まだローンが残っていて、直すお金をどうしようとか、いつ、どの位の補助や補償が貰えるのかなど、悩ましい問題が沢山残っているようですね。

何しろ、浦安市だけでも液状化の被災世帯が約8,700戸もあるのだそうです。日本全国の液状化被害の約1/3が浦安に集中したと言います。

与太郎 そうなんですか。それは埋め立て地が多いからですか？

大 家 そういうことですね。

液状化した土地の面積が1,450ヘクタール。昭和39年からスタートした海面埋立事業のほぼ全域で液状化したんだそうです。

与太郎 ヘクタールってあんまりピンと来ないけど、東京ドームだといくつ位になるんですか？

大 家 100メートル×100メートル、つまり1万平方メートルが1ヘクタールだから、東京ドームは4ヘ

クタールあるかどうかというところですね。そうするとどうなりますか？

与太郎 1,450を4で割って、ざっと360個ですか。そりゃあ凄い面積なんだ。

大 家 埋め立てが始まってからかれこれ50年。そのときから地盤はほとんど締まっていなかったんでしょうね。

与太郎 そうなんだ。こないだ大家さんが言った通りなんだ。

それで、被害を受けた家の補償ってどの位貰えるんでしょうね。

大 家 液状化の被害は形が見えにくいという問題もあって難しかったようですが、災害救助法による激甚災害の分類で国や自治体から補助金が出せるようになったようですね。

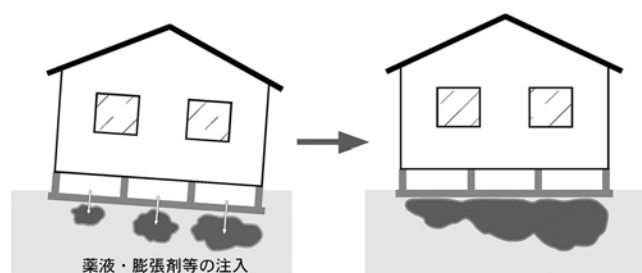
その場合でも、全壊扱いで3百万円位といった額ですから、家を建て直したり地盤改良をして家の傾きを直したりすると、被害者の持分も相当なものになるでしょうね。

土地を造成した者とか、家を建てた業者に対する損害賠償の訴訟などということも話題になっているようですが——個人にしても自治体にしても頭の痛い問題が残っているんじゃないでしょうかね。

与太郎 ふーん。液状化って厄介なものなんですね。それで、傾いた家ってどんな風に直すんですか？

大 家 建物の状況によっていろいろな工法がありますが、ベタ基礎の場合は建物の地下の地盤に数カ所から直接セメント系の薬液などを注入して不等沈下を修正しながら地盤を改良するという工法などがあるようです。

布基礎の場合には基礎毎ジャッキアップして傾きを修正して、それから薬液注入などで地盤を改良する方法があるようです。



家の傾き修正工法の例（ベタ基礎の場合）

いずれにしても、1平方メートルあたりの費用が数万円以上になるようですから、たとえば、建坪100平方メートルの家で数百万円以上ということになって、補助金を貰ってもなかなか苦しいことになりますね。

与太郎 家を建て替えるのに比べればずいぶん有利なんでしょうがね。

これからは新築のときに土質をしっかり調べて、基礎工事の前に対策を取るようにしなくちゃ駄目ですね。

大 家 最近では国でも地方自治体でも「液状化予測マップ」といったものがずいぶん整備されて来ましたが、そういうものを参考にして対策を判断しやすくなっていると思います。事前の対策の方がよっぽど安上がりですからね。

液状化対策工法いろいろ

与太郎 浦安では道路なんかも随分やられたんじゃないですか？

大 家 そうですね。全体に平坦な地形だから、丘陵地での土砂崩れのような被害はなかったけれども噴砂やひび割れ、それに沈下や盛り上がりなどの被害の延長が112kmにも及んだそうです。

しかし、地盤締め固め工法や過剰間隙水圧消散工法などを施した道路は損傷や噴砂が生じなかったと報告されています。

与太郎 その「締め固め工法」とか「何とか工法」とって言われても、なんか難しそうがよく分かんないんだなあ。

大 家 そうですね。地盤を改良する工法にはいろいろなやり方があって、次々に新しい工法が新しい名前で出て来たりしていますが、まあ、基本的な原理がそれほど変わるものではないので、いくつかの代表的なものの原理を知っていればいいですかね。

兎に角、砂地盤改良の基本は地盤をより締まった状態にすることが第一です。地下水位を下げるというのは難しいだけでなく、地盤沈下などの弊害を伴いますからね。

その他に、さっき言ったような薬液を注入する方法は、液状化しやすい砂地盤を液状化しにくい土に変えてしまう方法ですが、これは比較的狭い範囲でないと経済的とは言えないでしょうね。

そのような液状化対策工法を大雑把に分類すれば次の表のようになりますかね。

液状化対策工法

基本原理	代表的工法	技術的内容・効果等
締め固め (密度の増大)	サンドコンパクションパイル	ケーシングを用いて砂を地中に叩き込んだり押し込んだりする（砂杭の形成）。周囲の地盤の地下水が砂杭に吸収され、密度を増大する効果も。
	バイブロフローテーション	バイブレーターの振動と補給砂・砂利を用いた突固め。
	バイブロタンパー重錘落下	振動・衝撃による締め固め（表層土の改良に適する）。
	転圧	撒き厚20～30cm毎に転圧（盛土地盤向き）。
	グラベルドレーン	地中に砂利の柱を形成。周囲の水を吸収して締め固める効果。
固 結	群杭	杭の密な打設による支持力と地盤締め固めの効果。
		セメント等の固化剤を地盤に注入して固化。
変形に対する抵抗	連続地中壁シートパイル締切	鉄筋コンクリート壁等を地中に構築し、液状化層の変形を防ぐ。
その他	杭工法	液状化しない固い地盤まで杭を打ち込む。
	置換工法	砕石等液状化しない材料で砂と置換。

与太郎 ずいぶん難しそうなことばかりですね。

でも、よく見ると、結局は地盤を締め固めるってこ

とになるんですね。

大 家 そういうことですね。

いろいろ難しそうな名前の工法が並んでいますが、建設会社のホームページなどで調べてみると図を描いて説明しているので大体の感じは分かると思いますよ。

埋設管の液状化対策

与太郎 大家さんは埋設管の研究をしていたから、埋設管の液状化対策は詳しいんでしょう？

大 家 直接液状化対策の研究をしていた訳ではないので、詳しいということはないですよ。それに、ガス管の場合は管自体が地盤の変位に追従しやすい。つまり継手がしっかりしていて配管が撓み易くできていれば、液状化のために直接被害を受けることは少ないです。

被害を受けるとすれば、まず考えられるのは管の材料が昔からのねじ継手の鋼管や鋳鉄管——そういう地盤の大きな変形に追従できない配管です。

溶接接合の鋼管——これは圧力の高い輸送導管に主に使われますが、これも、地滑りのような極端な地盤の変形がなければ減多なことで被害を受けることはありません。

与太郎 こないだ話を聞いた高圧導管とか中圧Aや中圧Bの導管のことですね。

低圧だと今はポリエチレン管なんだ（本誌82号＝2013年1月）。

大 家 そういうことです。そのことが液状化対策にもなるんですね。

与太郎 浦安ではガス管はどのぐらいの被害だったんですか？

大 家 浦安のガス需要家は約7万件でしたが、供給を停止しなければならなかった需要家は約8,600件でした。地震から10日後の3月21日の時点では約5,500件が供給停止中でした。

低圧導管の継手の抜け出しや継手のゆるみが18箇所。そこから大量の土砂を含む水が入ったのが原因です。

与太郎 たった18箇所がやられただけでそんなに供給できなくなっちゃうんですね。

大 家 それが液状化の厄介なところでしょうね。

住宅が傾いたり沈下したりしたために接続部が損傷したり、同じように道路と宅地の間の不等沈下で損傷を受けたのが大部分だと思います。

それを復旧するのがまた厄介なんです。

東京ガスからの応援もあって、3月30日には100%復旧しましたね。

もっとも、12キロメートルの仮設配管で当座をしのいだものですが。

与太郎 結構早かったんじゃないですか？

大 家 そう言えるでしょうかね。

ポリエチレン管は被害ゼロでしたから、もし低圧管が全部ポリエチレン管になっていれば、供給停止ということもほとんどなくなるでしょうね。

ちなみに、水道は33,000戸が断水したそうです。

しかし、3月20日には約88%の家への給水が復旧して、4月6日に100%になったということです。

与太郎 最後は別として、3月20日に約90%復旧したっていうのはガスよりもずいぶん早いペースじゃないですか？

意外に軽い被害が多かったんですかね。

大 家 そうかも知れませんね。漏水箇所は608箇所。

その内訳は配水管で348箇所——これは道路に埋設される部分で、そこから各戸に分岐する給水管で295箇所の被害だったようです。

しかし、水道は圧力が高いので、管の中に泥水が入るようなことが少ないためかも知れませんね。

それに、ガスと違って多少の漏水には目をつぶって給水することもできますからね。

そんな小規模な漏水箇所の修繕や土砂で汚れた配水管の洗浄まで完了したのが5月末ということです。

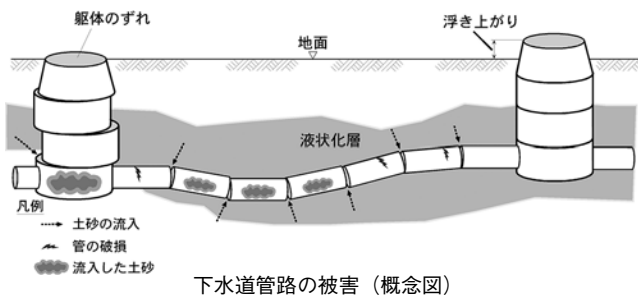
与太郎 そういうことか。水道は多少漏れても安全なんだ。

大 家 いずれにしても、ガスや水道の管は不等沈下などの地盤の変動がなければ、管のまわりの地盤の液状化によって直接被害を受けることは少ないんですね。

それに比べて、下水道管は管その物が浮いたり沈んだり、マンホールも浮き上がったたり沈んだりして、そのために継手がずれたり管体が破損することが多いようです。また、家屋とつながる宅内排水設備やその下水本管との取付け部などの損傷も多かったようです。

そう言った被害箇所から土砂が流入して管路を塞いでしまったりするわけです。

それに、大切なことは管路の勾配が狂ってしまうことです。



与太郎 ああ、そうか。下水は勾配がついているから自然に処理場まで流れて行くんだ。

それで、浦安ではどの位影響を受けたんですか？

大 家 下水道が影響を受けた地区は面積にして約820ヘクタール、下水の使用を制限された世帯は約12,000戸とされています。

復旧は3月25日から始まって、100%の復旧は4月の15日と報告されていますね。

しかし、これは下水の使用制限が解かれたということで、被害箇所が完全に補修されたということではないと思います。

下水道の液状化対策

大 家 浦安市では今年（2013年）から、液状化に対して安全な下水道設備に改善するための事業に本格的に取り組んで行くようですね。

当然、市の予算だけでできるものではなく、国や県からの補助金も相当な額になるようです。

与太郎 でも、今度液状化したから次は液状化しにくいって言うわけじゃないでしょう？具体的にどんな方法でやるんでしょうね。

大 家 古い規格の管を最新の抜け出しにくい継手の管に入れ替えるとか、リング状の部品を積み上げて造るマンホールの補強などが主な内容と思いますが、一番重要なこととして、管路の埋め戻しに使う土を液状化しにくい土に変えることを考えているようです。

与太郎 埋め戻しの土だけ変えて、大丈夫なんですか？

まわりの土は液状化するんでしょう？

大 家 これまで、埋設管の埋め戻しには「砂埋め」と言って、砂で埋め戻すのが標準になっていました。

それは、埋め戻した土が早く締め固まるので、早く安全に道路を復旧できるからです。

しかし、これだと埋め戻した土もまわりの砂地盤と一緒に液状化してしまいます。そうすると、これまでと同じように下水管やマンホールが浮き上がったりして、改善の効果は期待できません。

ところが、管の上側の土が液状化しないだけでも浮き上がりを抑えることができます。マンホールの周囲の土についても同じ効果が期待できます。

与太郎 なーるほど。管のまわりの土を全部改良しなくて済むなら、結構安上がりな液状化対策になるんだ。

それで、埋め戻しの土の改良って、どんな風にするんですか？

大 家 具体的にどんな方法を計画しているかは私も知りません。

私が思うには、傾いた家を直す時と同じようにセメント系の薬剤を埋め戻しの砂に混ぜるとか、埋め戻しの砂に砂利を混合するなどの方法があるのではないのでしょうか。

いずれにしてもある程度の費用の増加は避けられませんがね。

専門家は私の素人考えよりももっと安くて良い方法を検討していると思います。

与太郎 蛇の道は蛇ってことですね。

大 家 とんでもない。与太郎さん。その諺は犯罪者とかの悪いことに使うものです。

相手が私で良かったですね。

それを言うなら「餅は餅屋」ですが、これでは平凡過ぎると言うのなら、「道によって賢し」とでも言えは響きがいいでしょうか。

与太郎 （頭を抱えて）いけねえー。教養の無さがバレちゃったか。穴があったら入りたいです。

大 家 穴に入ってしまったては駄目ですよ。

「過ちを改(あらた)むるに憚(はばか)ることなかれ」です。

一つ利口になったと思って、自信を持って振る舞うのがよいと思いますよ。

私だって何度恥ずかしい経験をしたか分かりません。

与太郎 本当ですか？

大 家 本当ですとも。