

森町南部地域の地質と液状化 Part III

～液状化を軽減するパイプモデルとは～

森町立旭が丘中学校

3 年 鈴 木 優

1 研究の動機

ぼくがこの研究を始めようと思ったのは、祖父から昭和 19 年に起こった東南海地震の被害について聞いたことがきっかけだ。この地震の時、祖父は小学校入学前で家族といっしょに田んぼにいたそうで、地面が急に揺れだし、側溝の水があふれ、さらに、袋井市の方を見ると、爆弾を落としたような土けむりが立ち上っていたそうだ。家に帰ると、壁の一部がはがれ落ち、家が少し傾いていたそうだ。この家は明治 23 年に建てられたもので、今でも修理をしてこの家に住んでいる。

政府の発表によると、今後 30 年間に震度 6 以上の地震が起きる確率は静岡市で 70%もあるそうだ。そこで、ぼくの住む森町南部地域は地盤が弱いところがあるということを父から聞いたので、地盤や液状化について調べてみようと考え、この研究を行った。さらに、地震による液状化の被害を軽減するためには、どのようにしたらよいかについても調べようと考えた。

2 研究の経過

(1) 1 年目 (中学校 1 年生)

地震の発生する仕組みや昭和 19 年の東南海地震の被害を本やインターネットで調べた。「静岡県地質情報マップ」から森町南部地域は、地盤の弱いシルトや砂の層が 10m を超えて積み重なっていることが分かった。

次に、液状化で地面はどのように変化するのか①砂、②泥、③砂利 (小)、④砂利 (大) を使って実験した。泥が一番液状化しやすいことが分かった。液状化は、地盤の中に水が多く含まれていると起こりやすく、地震による振動により深い層の砂などの粒の間のすき間がつまり、そこにある水が上の方へ押し出されることによって起こることが分かった。

(2) 2 年目 (中学校 2 年生)

「静岡県地理情報システム」や「静岡県地質情報マップ」のボーリング調査を参考にして、地質柱状図に加えて、標準貫入試験の結果を比較した。標準貫入試験とは、地盤の固さを調べるための試験で、規定貫入量である 30 cm 打ち込むのに要する打撃回数 (N 値) で比較する。N 値が大きいほど、地盤が固いと言える。標準貫入試験の結果を比べると、ぼくの住む森町円田は、10m を超えた深さまで N 値は 0 を示しており、地盤がかなり弱いことが分かる。これは、シルトや砂中心の地質が影響していると思われる。

次に、液状化の仕組みを詳しく調べるために、砂 500 g を入れた容器にビー玉を置き、台車で震動を加える実験を行った。水を 50mL ずつ加えて、ビー玉が砂に沈むかを調べた。同様に砂に沈めたビー玉が浮き上がってくるかについても調べた。水 50mL の時は変化しなかったけれど、水の量を 100mL にすると、砂の上に置いたものは沈み、砂に沈めたものは浮かび上がってきた。液状化が発生するかどうかは、水の量に関係するのではないかと考えた。

そこで、どれくらいの水の量を加えると、液状化が起こるのかを詳しく調べてみることにした。0.5 mm の砂 300mL に水を 5 mL もしくは 10mL ずつ入れ、その中に重さの違う木片とアルミ片を沈めた。液状化実験装置で振幅 5、スピード 8 の速い振動を加えて、木片とアルミ片が浮かび上がるまでの時間を測定した。同様に木片とアルミ片を砂の上に置き沈むまでの時間も測定した。

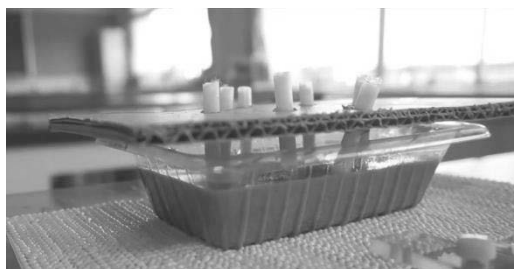
木片が浮かび上がる時間は、水 80mL の時が平均 63.1 秒、水 85mL の時が平均 20.7 秒、水 90

mLの時が平均10.6秒であり水の量が80mLから90mLの時に液状化が進むことが分かった。また、木片が沈むまでの時間は水85mLの時が平均101.6秒、水90mLの時が平均56.1秒、水100mLの時が41.7秒だった。水の量が85mLから90mLの間に液状化が進む境目があることが分かった。

アルミ片の場合は、比重の関係か浮かび上がらなかったため記録を測定することができなかったが、沈むまでの時間は測定できた。水85mLの時が平均13.8秒、水85mLの時が12.6秒、水90mLの時が8.8秒であり、水の量が85mLと90mLの間に大きな変化が起こる。つまり、この時液状化が進むことが分かった。

これらの結果から、砂の量300mLに対して、水の量85mLから90mLの時、つまり、砂の質量と水の質量が約3：1の割合の時、大きな変化が起きることが分かった。

次に、液状化を防ぐためには、砂の中の水の量を減らせばよいのではないかと考えた。そこで、砂の中の水を抜くために、パイプに見立てたストローに水を吸収する物質である脱脂綿を入れ、先ほどと同様の実験を行った。水の量90mLの時、木片が浮かび上がるまでの時間が対策なしの場合は平均10.6秒だったのに対し、パイプによる対策がある場合には平均26.6秒だった。また、アルミ片が沈むまでの時間は対策なしの場合は16.8秒だったのに対して、対策をした場合には8.8秒だった。約2倍の効果が見られた。砂の中の水の量を減らすために、パイプが効果的であることが分かった。



【液状化実験装置】

3 研究の目的

昨年度行った研究で、液状化を和らげるためには、地下にある水の量を減らせばよいことが分かった。そこで、ストローに脱脂綿を詰めたパイプモデルを使って、比較実験を行い、南海トラフ地震、東海地震などのような大きな地震が起きたときにいかにして液状化の被害を軽減できるのか提案する。

4 実験1 「ストローの口径・脱脂綿の量」と「木片が浮かび上がるまでの時間」の関係について

(1) 研究の方法

昨年度の実験で最も液状化しやすいと考えられる砂と水の割合3：1となるように砂300gに水100mLを入れた容器に木片を沈める。

そこに、ストローの口径と脱脂面の質量を変えた次の9つのパイプモデルをうめ、液状化実験装置で振幅5、スピード8の振動を加えて、木片が浮かび上がるまでの時間を計測する。実験は2回行い、平均値を求めた。また、脱脂綿がどれくらいの水を吸い取ったのかを調べるために、実験の前後でパイプモデルの重さを測定する。

【9種類のパイプモデル】

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
ストローの口径	0.5 cm			0.6 cm			0.7 cm		
脱脂綿の質量	0.10 g	0.15 g	0.20 g	0.10 g	0.15 g	0.20 g	0.10 g	0.15 g	0.20 g

(2) 準備物

砂300g、水100mL、電子天秤、目盛付きビーカー、薬さじ、液状化実験装置、段ボール板、ストロー各4本（口径3種類）、脱脂綿（質量3種類）

(3) 予想

ストローの口径が大きければ大きいほど、吸水する水分量が多くなることから、一番口径が大きいものが吸い取りがよいと思う。また、脱脂綿の質量もより大きなものが吸い取りがよいと思うので、ストローの口径0.7cm・脱脂綿の質量0.20gのIが、木片が浮か上がるまでの時間が一

番長くなると思う。つまり、液状化を軽減する効果が最も高いと思う。

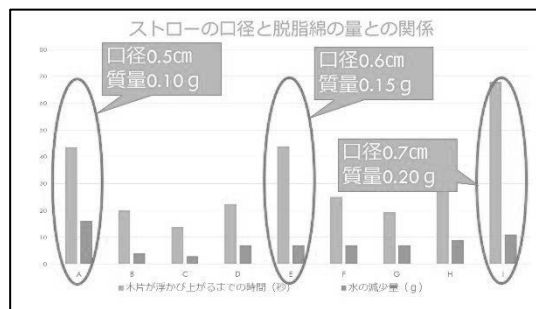
(4) 結果

予想どおり木片が浮かび上がる時間が一番長くなったのは、口径が一番太く、脱脂綿の質量も大きい I（口径 0.7 cm・質量 0.20 g）だった。木片が浮かび上がるまでの時間は、67.97 秒だった。水の減少量は 11 g だった。

次に遅かったのは E（口径 0.6 cm・質量 0.15 g）、そして、A（口径 0.5 cm・質量 0.10 g）の順だった。E の木片が浮かび上がるまでの時間は、43.82 秒で、A は 43.71 秒であるため、ほぼ同じくらいの早さだった。水の減少量は、E が 7 g で、A が 16 g だった。単純にストローの口径が太ければよい、脱脂綿の質量が多ければよいというものではないということが分かった。

A はストローの口径が 0.5 cm で脱脂綿の質量が 0.10 g、E の口径が 0.6 cm で質量が 0.15 g、I の口径が 0.7 cm で質量が 0.20 g である。これら 3 つに共通するものがあるように思ったため、ストローの体積と脱脂面の質量の関係を調べるために、密度を比べてみることにした。すると、これらの密度が約 0.08 g/cm^3 であることが分かった。

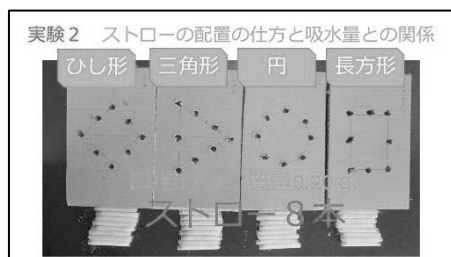
つまり脱脂綿がすかさずの状態では、十分に水分を吸収できず、逆に密度が高いものは水分を取り込んで膨らむスペースが少ないため十分に水分を吸収できないのではないかと考えた。



【密度約 0.08 g/cm^3 の時、水の減少量高い】

5 実験 2 「ストローの配置の仕方」と「木片が浮かび上がるまでの時間」の関係について

(1) 研究の方法



実験 1 でストローの口径と脱脂綿の質量の関係が分かった。さらに効果の高いパイプモデルを作るために、ストローの配置の仕方が関係するのではないかと考えた。そこで、液状化を和らげる効果の最も大きかったストローの口径 0.7 cm、脱脂綿の質量 0.20 g のパイプモデルを使って、ストローの並べ方を変えた実験を行う。ストローの数は、そ

れぞれの形をつくるために 4 本増やし、8 本とする。

なお、砂 300 g に水 100 mL を入れた容器に木片を沈めること、液状化実験装置で振幅 5、スピード 8 の振動を加えて、木片が浮かび上がるまでの時間を計測すること、実験は 2 回行い、平均値を求めること等の条件は、実験 1 と同様とする。

【ストローの配置の仕方】

	A	B	C	D
配置した形	ひし形	三角形	円	長方形

(2) 準備物

砂 300 g、水 100 mL、電子天秤、目盛付きビーカー、薬さじ、液状化実験装置、段ボール板、ストロー各 8 本（口径 0.7 cm）、脱脂綿（質量 0.20 g）

(3) 予想

全体にまんべんなくパイプを敷き詰められる円が、木片が浮かび上がるまでの時間が一番長くなり、液状化を軽減する効果が最も高いと思う。

(4) 結果

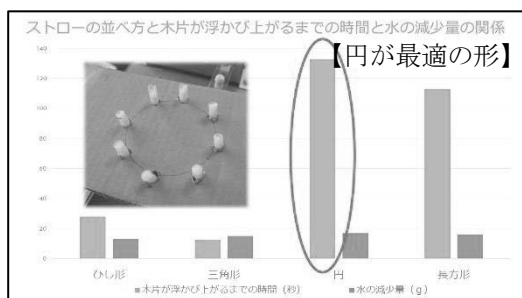
木片が浮かび上がるまでの時間が一番長かったのは、円で 132.66 秒だった。次は、長方形の 112.86 秒、3 番目はひし形の 27.96 秒だった。一番短かったのは三角形で 12.55 秒だった。円と

三角形を比べると約9倍の違いがあった。水の減少量は、円が17g、長方形が16g、ひし形が13g、三角形が15gだった。脱脂綿の様子を調べると、円と長方形は8本ともに平均して水を吸い取っていた。一方、三角形とひし形は吸水量に差があった。

6 考察

昨年度の実験で、液状化が起こりやすい条件として、シルトや砂の土壌であり、さらに、砂の質量：水の質量＝3：1の時であることが分かった。液状化を軽減するためには、地中の水を吸収するパイプをうめ込むとよいと考えてこの実験を行った。

実験1から、単に口径が太ければよい、単に脱脂綿の質量が多ければよいわけではなく、適度なバランスが必要だということが分かった。このバランスは、実験では、密度が約0.08g/cm³であることが分かった。今回は吸水性の高い脱脂綿を使って実験をしたが、実用化するためには別の素材を使う場合もある。その場合には、パイプの太さとその素材の質量の関係（密度）も変わるかもしれないと思った。



実験2からこれらのパイプモデルの配置も大切であることが分かった。液状化を軽減するために一番適したモデルは円であることが分かった。円は、中心から等しい距離にバランスよくストローを配置できるので効率よく水を吸水できるのではないと思う。

実際のパイプを配置する場合には、円を使うことは難しいかもしれない。住宅や敷地はたいてい四角形をしている。円形にパイプを配置した場合には、住宅スペースが狭くなってしまうことも考えられる。このようなことを考えると、長方形のモデルが現実的なものかもしれないと思う。

その一方で新たな疑問も出てきた。実験1のストロー4本の正方形と8本の三角形を比べると、圧倒的に4本の正方形の方が、木片が浮かび上がるまでの時間が長いということだ。

単純にパイプの本数が多いほど、液状化を和らげる効果が高まるということではなかった。4本から8本の間に最も効果の高い本数があるのではないかと考えられる。効果的なパイプの本数についてもさらに研究を進めていきたいと思う。

7 まとめ（3年間の研究を通して）

研究の動機にも書いた昭和19年に起こった東南海地震の被害を受けた祖父母の住んでいる家は、建てられてから100年以上経っている。父もぼくも育ってきたこの家を守りたい、そして、ぼくの住む森町を地震の被害から少しでも防ぎたいと考えて研究を行ってきた。3年間の研究をとおして、地盤や地震の発生する度合いなど、変えられないものと、ぼくたちの工夫次第で何とかなるかもしれないことがあることが分かった。例えば、シルトや砂の地質を変えることは難しいけれど、パイプをうめ込み、液状化を軽減することはできるかもしれない。

今回の実験で見付けた液状化対策以外にも、昔ながらの工夫や方法によって地震対策はできると思う。また、災害に備える意識を高めていくことも同時に必要だ。一人一人が自分の住む避難所や地盤などを知り、素早く安全に避難することにより地震による被害を減らすことができると思う。

森町南部地域は、シルトや砂の層が10m以上積み重なっているため、液状化の被害が予想されるが、その一方、水の保湿度が高く、豊かな土壌であるため、米やトウモロコシ、レタス、柿など、多くの特産物が生産されている。ぼくたちの住む土地のよさとリスクをしっかりと理解した上で、生活をしていきたいし、多くの人に伝えていきたいと思う。

8 参考文献

- ・静岡県地理情報システム GIS ・静岡県地理情報マップ(ボーリング柱状図、標準貫入試験結果)
- ・袋井市液状化危険度マップ ・森町防災ハザードマップ ・地盤の液状化の実験
- ・理科便覧(浜島書店) ・地層ってなんだろう。(汐文社)「実験しよう」「歴史を調べよう」