

吹き上げた？風

— 列車はなぜ脱線したか —



工学博士 西尾 宣明
元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

風が吹き上げた？

与太郎 大家さん。今日はすごい風でしたね。今日は一寸高いところでの仕事だったからさすがの私も怖かったですよ。

大家 それはそれは、ご苦労でしたね。

今日のは春一番かもしれませんね。しかも、風は高いところほど強くなりますから、気をつけなければなりませんね。

与太郎 風って言えば、1年と少し前（2005年暮れ）の羽越線の脱線事故を思い出しましたよ。こないだ、大家さんからビル風の話聞いたんですけど、風って怖いもんですね。なんでも、あの鉄橋のあたりは風が吹き上げる傾向があるって新聞に出てましたね。下から吹き上げたんじゃないかなって思ってますね。

大家 学者や専門家といわれる人がそのように素人のような考えをするのは本当に困りますね。下から吹き上げる風と横から吹き付ける風のどちらに列車が弱いかなどは、一寸簡単な計算をしてみれば分かることなんですけどね。素人と同じく、「感じ」で物事を判断するのは困りものです。そういうのを「エンジニアリング」でなく「カンジニアリング」とも言いますがね。

与太郎 「カンジニアリング」とはうまいことを言い

ますね。

じゃあなんですか？下からの風には強いんですか？

大家 物の形とか重心の位置などによって違いますけど、列車の場合は横からの方がずっと弱いですよ。与太郎さんが立っている私を横から押せば、私は簡単によろめいてしまいますね。しかし、私を持ち上げようとしたら、力持ちの与太郎さんでも一寸大変ですよ。風袋込みで62, 3キロありますからね。

列車の場合もそれと同じですよ。風力で物を持ち上げるにはものすごく大きな風速が必要です。

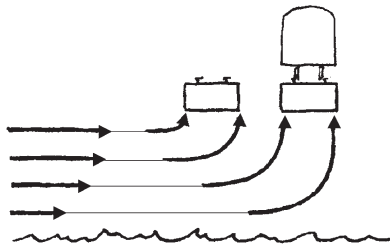
与太郎 なるほど、言われてみれば何となく分かりますね。

大家 私の雑な計算では、東京の山手線ぐらいの軽い構造の車両を持ち上げるために必要な上向きの風速は列車を倒すために必要な横風の2倍以上です。

計算してみると毎秒30から40メートル程度の横風で倒れることにはなりますが、下からの風で車両を持ち上げるには毎秒60から80メートル以上の風速が必要ということです。

与太郎 へえー、そうなのか。下から風が吹き上げるって言うといかにも厳しそうに感じるけど、全然違うんだ。

大家 仮に吹き上げる風の方が厳しかったとして



横風が突然上向きに？

も、その風がどこからやってくるかも問題です。鉄橋の下の川底からでも空気が吹き上げてくるんですかね？地下鉄の換気口からマリリン・モンローのスカート吹き上げたように。

与太郎 まさか、そんな —。

大家 空気は川面に沿って水平に動いてくるのが普通ですよ。積乱雲からの豪雨などによって空気が下向きに動くダウンバーストというものがありますがね。「アップバースト」なんていうのは聞いたことがありません。

それなのに、なぜ鉄橋のところで急に上向きになるんですか？

与太郎 大家さん。そんなこと私に聞いても無理ですよ。でも、手品みたいな仕掛けがなくっちゃあ、横の風が上向きになるってことがないぐらいはわかりますね。こないだ聞いた「無から有は生じない」っていうのが当てはまりますね。

大家 そうそう。与太郎さんもだいたい分かってきましたね。

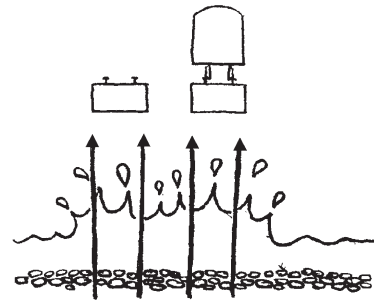
土手に沿って上向きに吹き付ける風

大家 ところで、新聞ではこんなことを言う人もいましたね。つまり、「真横に吹き付ける風よりも斜めに吹き付ける風の方が車両を浮き上がらせやすい」ということです。線路は周囲の地面より5メートルも高い土手の上にあったので、土手に沿って上向きの風が生じるというのですね。

与太郎 もしかしたらそれも間違ってるんですか？

大家 その先生は400年前にガリレオが発見した「力の合成と分解」の原理を知らないらしいですね。

この図のように、車両の側面に斜めに力が加わるとしますね。この力は側面に直角の方向の力と平行な方向の力に分解することができます。このうち、車両を



川底から風が吹き出す？

倒そうとするのは横方向の力だけです。ところが、これは元の斜め方向の力より小さくなっていますね。

与太郎 でも、上向きの力だって倒す役をするんじゃないですか？

大家 一般にはそう言えるんですが、この場合は力の元が空気という流体の圧力なのが違ってきます。

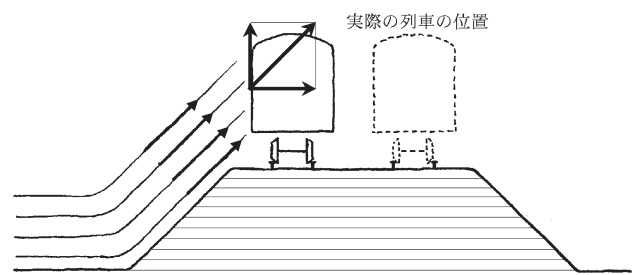
与太郎さんはパスカルの原理というのを聞いたことがあるでしょう？

与太郎 うーん。高校のときに習ってる筈だけど、あんまり覚えてないなあ。

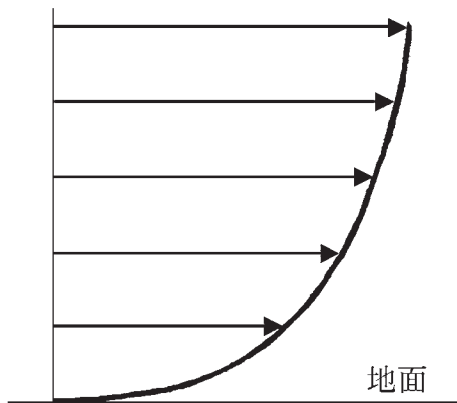
大家 今から350年も前にパスカルが発見した原理です。「密閉された流体の一点に加えられた圧力はその流体内のどの部分にもどの方向にも同じ大きさで伝わる」というものです。このことから、「流体の圧力は容器の壁に対して垂直の方向にしか作用しない」ということが導かれます。列車のまわりの空気は密閉されているわけではないけれども、圧力が面に垂直の方向にしか作用しないことは変わりません。

与太郎 上向きの力は何の役にも立たないってことですね。それに、横向きの力は元の斜めの力よりも小さくなっちゃいますね。

大家 そういふことですね。もっと悪いことに、かりに上向きの力が有効だったとしても、列車が走っていたのは土手の上の風下の側なんです。上向きの風な



土手の効果 — 上向きに吹き付ける風
(しかし、横方向成分だけが有効)



高いほど強い風が吹く

んかそこまで届きっこありませんね。この先生もやはり「カンジニアリング」で物事を判断しています。

与太郎 ふーん。でも土手の上の方が何かこう吹きっ曝しみたいで風が強いような気がしますけどー。

大家 そう。与太郎さんの方が正しい「感じ」を掴んでいますね。

実際、風は高いところほど強く吹いています。どんなに強い風するときでも地面の高さでは風速がほとんどゼロで、高くなるに従って速くなります。風速何十メートルというときでも、地面にへばりついている蟻は滅多に吹き飛ばされません。このことは建築物の設計基準などにも取り入れられています。

そんなわけで、地上2メートルでの風速が毎秒15メートルのとき、地上7メートルでは風速30メートルということもあるわけです。

与太郎 なーんだ。上向きの風なんて考えなくても列車が脱線したことは説明できるんだ。

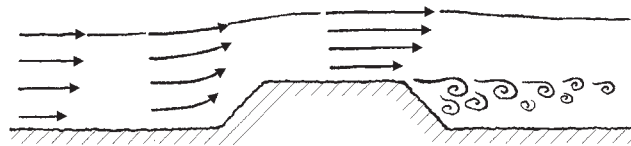
ビル風効果

大家 高い土手があるために列車が脱線しやすくなるのにはもう一つの理由があるんですよ。

与太郎 まだあるんですか？

大家 そうです。そして、こっちのほうがむしろ脱線の理由としては本命だと思いますね。

こないだビル風の話をしましたね。ビルの脇を通る空気はどうしても通り道の面積が小さくなってしまいます。「飛び出すな。車は急に止まれない」なんていう交通標語がありますが、空気だってビルを避けて「急に曲がる」のは難しいのです。それでビルの脇の狭い通路に空気が集中して、そのぶん速度が大きくな



土手によるビル風効果

るわけです。地面から出っ張った土手を越える空気もまったく同じことです。

与太郎 そうか。それならば列車が土手の風下側にいたって関係ないわけだ。それにしても、ビル風の話は飛行機もそうだし、いろんなことに関係してるんですね。

大家 与太郎さんがそれに気付いたというのはとても大事なことです。まったく違ったように見える現象も、その底にある原理は同じだとか、同じ形をしているとか、そういうことに気付くことがとても大切なことなんです。

湯川秀樹博士はそれを「同定する」という言葉で表していました。まったく違うように見える現象の間に共通する形の原理を発見する。つまり同定する—それが想像力、ひいては創造力につながるというわけです。

与太郎 ガリレオ爺さんの大家さんが物知りなのは湯川博士と同じように物を見るからですか？

大家 湯川先生とは月とスッポンぐらいに次元が違うし、決して物知りなどではありませんよ。ただ、ガリレオやパスカルの時代から長い年月を経て、今では「真理」と言ってもいいような基本的な原理を大事にしているだけのことです。そうすると、一見違うような現象も理屈が分かるようになるわけです。

優にノーベル賞の価値のある業績を上げられた西沢潤一博士がよく言うておられた言葉に「原理原則に立ち返る」というのがありますが、これもそういうことですね。

走る列車は倒れやすい？

与太郎 やっぱりガリレオ爺さんだ。

ところで、羽越線の脱線の新聞記事に「高速で走る電車は強い横風を受けるとバランスを崩しやすく、脱線や転覆の原因になる」というようなことが書いてあったけど、走っていると風に弱くなるんですか？

大家 それは原因と結果を逆にした考え方ですね。

ジェット機並みの高速だったら別かもしれませんが、時速100キロ程度の速さでは横からの風圧のかかり方は止まっているときとほとんど変わらないと思います。いずれにしても十分に強い横風を受ければ車両は傾いて、風上側の車輪はレールから浮き上がります。そして、風下側は脱輪してしまうでしょう。もう一押し風の吹けば車両はひっくり返るかも知れません。

ひっくり返る手前なら、止まっている車両の場合は風が弱まれば元に戻ります。脱輪したままかも知れませんが、とにかくひっくり返らないで済みます。ところが、走っている場合は — つまり、脱輪したまま走るわけですから、脱線転覆への片道切符ということになりやすい。横風の影響は同じでも、その影響を受けたまま走り続ける場合と止まっている場合で結果に違いが出る — と、まあ、そんなことですね。

与太郎 なーるほど。その先生は、走っているときに

横風を受けて脱線したのだから走っていると横風に弱いと思ったんですね。

大家 よく「実際に起きていること」、つまり事実に戻って考えることが大事だ、などと言われることがあります。この先生が見ているのは「事実」のほんの上っ面だけなんですね。もっと悪いことに、その上っ面の事実から安易に理屈まで導いている。技術屋や学者の風上にもらっては困りますね。

与太郎 ガリレオ爺さん、相変わらず厳しいですね。でも、そんな先生が新聞やテレビで物を言うのを聞けば、われわれ素人は本気にしてしまいますからね。

大家 まったくその通りですね。そして、往々にしてその程度の先生が新聞やテレビにはよく引っ張り出されたりするようです。

困ったことですね。

編集委員リレー執筆コーナー

安藤 茂

ANDO Shigeru

（財）水道技術研究センター
常務理事兼技監



我が国では、最近数年間に於いて、鉄道線路付近の水道管漏水事故、送水トンネル崩落事故、ガス管からのガス漏れ事故などが相次いだことから、「高齢化する公共インフラ」、「社会インフラの老朽化」といったテーマで、管路のことを中心にマスコミが取り上げるようになっていきます。

一方、世界に目を向けると、（日本ではあまり話題になっていませんが、）英国ロンドン水道（テムズウォーター社が管理）では、ビクトリア王朝時代（19世紀中頃）に布設された水道管が3分の1以上を占めており、漏水事故の多発によって老朽管の更新が大きな課題となっています。そして、断水に伴って応急給水される水の衛生確保の観点から、飲料水運搬のためのボトルや容器に関す

る衛生的な規制も検討されているようです。

日本の水道については、平成16年6月、関係者が共通の目標を持って、互いに役割を分担しながら連携して取り組むことができるよう、その道程を示すことを目的として「水道ビジョン」が策定・公表されました。その中で、現在の水道資産は37兆円以上と推計されるとしています。このうち、送配水施設は23.2兆円（約63%）と見積もられています。また、今後の水道施設の建設改良に対する投資額が対前年度比マイナス1%で推移すると仮定した場合、約20年後以降は更新需要が投資額を上回るものと試算されています。残念ながら、最近の状況をみると、マイナス1%どころではないのが実態です。とりわけ、管路施設は直接目に触れることのないということもあり、地震や事故の時にはクローズアップされますが、通常時はあまり関心が示されません。

上下水道の世界では、本年にもISO規格としての「上下水道サービス規格」が発行されようとしています。説明責任ということを考えると、管路施設が果たしている役割、適切な診断・更新の必要性などについて、分かり易い説明がますます求められている時代になっていると感じるこの頃です。