特集

交通騒音・振動の発生ならびに伝搬メカニズムと効果的対策

高速道路橋から発生する低周波音の 発生メカニズムとその対策

Generation Mechanism and Countermeasures of Infrasound by Highway Bridge.

— 山 田 伸 志 * —

When a heavy truck passes highway bridge, the bridge generates infrasounds. The cause is that the truck impacts a joint, the impact energy is transmitted to the whole span and it emits infrasounds. Decreasing the number of joints in the bridge and increasing the bending rigidity of the bridge is effective for the prevention of the infrasounds.

摘 要

大型トラックが、高速道路橋を通過する際、低周波音を発生する。その原因としては、トラックが、ジョイントを衝撃し、衝撃エネルギーが、橋梁部全体に伝搬し、橋梁部全体が、低周波音を放射することにある。対策としては、ジョイントを出来るかぎりなくすこと、剛性の大きい橋にすることなどである。

1 ま え が き

交通機関によって発生する低周波音としては、新幹線トンネル出口付近から発生するもの、高速道路橋を大型トラックが通過する際発生するものなどがある。これらの低周波音のために、近くの民家の戸、障子、人形ケースなどが、ガタガタと振動し、住民に不安、不快を与えている。以上は、走行によって発生するものであるが、車のエンジンは、停車中でも低周波音を発生している。4気筒エンジンで600rpmのアイドリング状態で、20 Hzの低周波音を発生する。特にディーゼルエンジンでは、レベルが高く、排気量2000 ccの乗用車の排気管後方50 cmで92 dBにもなっている。このアイドリング時の低周波音のため、駐車場近くの住民から苦情がでて、夜間から早朝にかけて、駐車場に鍵をかけ、出入り禁止の所もある。またバスが停留

所にとまった時、ごく近くの民家では、家の中の戸障子がガタガタと振動し、外に出なくてもバスがとまっていることがわかるという。

2 低周波音か、超低周波音か

超低周波音（超低周波空気振動ともいう）は、聞けない音とよく言われる。これは正しいであろうか。図-1に示すABの線¹⁾は、戸、障子をガタガタと鳴らす音圧レベルの最小値である。音圧レベルがこの線以下であれば、戸障子のガタつきなどは発生しない。この線以上の音圧レベルであると、ガタガタ音が発生する可能性がある。線CDは最小可聴値最小値を簡略化して表現したものである。線CD以上の音圧レベルがあれば、低周波音の存在が耳によって知覚される可能性がある。一番感度の良い人のデータであり、実際の場合、可聴音によるマスキング作用もあるので、CD以

* 山梨大学工学部 Shinji YAMADA, Yamanashi University,

図-1 低周波音の分類

上の音圧レベルであれば、常に聞こえるとは限らない。また 20 Hz 以下では、音という感覚よりも耳のあたりの圧迫感として感じられる。

以上の AB, CD の線によって (I)(II)(III)(IV) の 4 つの領域に分類される。(I)の領域では、戸障子がガタガタいうこともないし、低周波音そのものも自覚されることはない。特別な場合以外問題はない。(II)の領域では、低周波音そのものは知覚されないが、戸障子が音を出すことによって、間接的に知覚される。この領域は超低周波音と呼ばれるのに、ふさわしい。(III)の領域では、戸障子が、ガタガタ鳴ることはないが、遠くで雷がなったようなゴロゴロした音、耳を圧迫するような音が聞こえ、気になるものである。ボイラー、クーラー、車のアイドリングなどから発生する。(IV)の領域では、戸障子もゆれ、低周波音そのものも知覚される。高速道路橋の場合は、(II)または(III)に属するものが多い。

3 高速道路橋から発生する低周波音の現状

高速道路橋で問題となっているのは、中央自動車道の山梨県葛野川橋、長野県阿知川橋、西名阪自動車道の奈良県香芝高架橋などである。多くの道路橋は、低周波音を発生しているが、橋の構造の違い、橋近くに民家があるかどうかの違いにより、苦情の発生には差がある。ここでは、一番状況の激しい香芝高架橋を例にして述べると、その現象は以下のようである。

- (1) 戸障子が、ガタガタゆれる。
- (2) トラックがジョイントを通過した時に、“ドン”もしくは“ズシーン”と腹にひびく音が聞こえる。

図-2 香芝高架橋近くの民家での低周波音

- (3) 遠くで雷が鳴っているようなゴロゴロした音が聞こえることもある。
- (4) ごく橋の近くの民家では、畳のゆれが感じられる。これは、低周波音によって床が振動させられるものと考えられる。
- (5) 車の通常の走行音も聞こえる。

以上の現象によって、橋近くの民家にいると常時地震がきているような感じである。距離が離れるに従って、(1)(2)(5)が主なものとなる。葛野川橋、阿知川橋では、(1)(2)が主なものである。

香芝高架橋直近の民家における低周波音の一例を図-2に示す。16 Hz において 91 dB であり、図-1におけるガタガタ音発生閾値をこえている。また低周波音も聞こえる（感じられる）レベルであり、図-1における (II) の領域である。

4 低周波音の発生メカニズム

葛野川橋において、戸障子のガタガタ音発生の瞬間における、トラックの橋上での位置をしらべてみた。図-3に示すように、500 m 離れた国道上からトラック

図-3 低周波音発生のタイミング

の走行位置を確認し、トランシーバーを用いて橋近くの民家に合図してみると、民家において戸障子がゆれるのは、トラックがジョイントのある P_1 、 P_2 、 P_3 を通った直後である。支柱はあってもジョイントのない P_2 、 P_4 を通過する時には発生しない。すなわち低周波音の原因は、トラックがジョイントに入った時の衝撃である。しかしこのことは、低周波音がジョイント部分のみから発生することを意味しない。測定してみると、トラックがジョイントに入った直後に橋梁のつながっているスパンの各点が振動し、橋梁部全体から低周波音が放射されている。香芝高架橋で、ジョイント部分を遮へいする試みがなされたが、成功しなかった。低周波音は橋梁全体から放射されているためである。

車を運転し、高速道路橋のジョイントを通過する際バンバンという音と共に衝撃が感じられる。この衝撃の反力として橋梁は衝撃エネルギーを受けている。通常の道路においても、大型トラックが、横断歩道のペイントの上を通過する時衝撃が発生し、地面が振動することが多い。

5 模型によるシミュレーション

実橋における実験の困難さを避けるため、図-4に示す模型を用いて実験した。振動数は実物の約4倍とし、トラックのパネ上、パネ下振動数は、 10.5 Hz 及び 50 Hz 、床板は軟鋼で、一次の固有振動数は、床板厚さ $t = 1.6\text{ mm}$ の時に 8 Hz とした。トラックの模型としては、データのバラツキを避けるため、前を一輪、後を二輪とした三輪車模型を用いた。

5.1 床板巾方向の振動モード

図-5に示すように、床板の巾方向の振動は、ジョイント付近($l = 15\text{ cm}$)では、両端の加速度が小さく、中央部の加速度が大きく、板に近い振動である。一方ジョイントから離れた中部分($l = 35\text{ cm}$)では、巾方向での位置による加速度の差は小さく、全体として床板は梁としてのモードで振動していることを示している。

5.2 床板長手方向の振動モード

図-6に示すように、床板の長手方向の振動モードは床板厚さによって変化する。しかし完全な共振状態の時に発生する振巾ゼロの節点は存在していない。

5.3 床板厚さを増すことによる減衰量

図-6に示した加速度の値を床板厚さ毎に平均し、 $20\log$ をとったものを図-7に示す。床板厚さを2倍にすることによって約9 dB減衰している。床板厚さを2倍にすることは、床板の剛性を8倍、質量を2倍にすること

単位：mm、床板厚さ： $t\text{ mm}$ 、トラック重量： 0.8 kg

図-4 模型実験装置

ギャップ = 1.0 cm 、車速 = 1.8 m/sec

図-5 床板巾方向の位置と振動加速度

ギャップ = 1.5 cm 、車速 = 1.8 m/sec

図-6 床板厚さ t を変えた場合の各位置の振動加速度

図-7 床板厚さを増した場合の床板振動加速度レベルの減衰量

とである。

6 対策方法

4, 5で示したように、大型トラックがジョイント部を衝撃し、衝撃エネルギーが床板全体に伝わり、床板全体から低周波音を放射している。また模型実験で示したように、現橋梁を補修し低周波音の放射を下げるためには、大がかりな補強が必要である。対策方法を順次以下にのべる。

- (1) 全ての道路橋は多かれ少なかれ、低周波音を発生しているので、可能なかぎり、土盛り構造とする。のり面が不足する場合は、コンクリートを下から構築し、土盛りと同じ構造にする。
- (2) 橋梁が避けられない場合、低周波音被害発生予想される範囲の民家を買収する。あるいはその地域に民家がないようなルートを選ぶ。
- (3) 図-8に示すように、できる限りジョイントのない橋を作る。熱膨脹及び地盤の点で橋梁が耐えられるならば、橋梁部のジョイントをなくし、どうしても必要ならば両端の土盛り部分にジョイントを作り、地面で衝撃エネルギーを受けるようにする。
- (4) 剛性の高い橋にする。模型実験によると板厚を2倍にすると9 dB下っている。ジョイント周辺のための補強ではなく、橋梁全体に大きい剛性をもたせる必

図-8 低周波音の少ない橋梁構造

要がある。また支柱を増やし、支柱間のスパンを短くすることは、剛性をあげる点で、有効である。

- (5) 走行路面の補修を行なう。橋梁の剛性が不足する場合、路面の損傷が激しい。損傷部分は、ジョイント部と同様に低周波音発生の原因となる。

謝辞：本研究は、小坂敏文氏、宮野清治氏、その他の卒業研究生の努力によるものです。お礼申し上げます。

文 献

- 1) 昭和52年度低周波空気振動等実態調査；環境庁大気保全局
- 2) 清水他；道路橋より発生する低周波音，日本騒音制御工学会論文集，p109～112，1976.12.
- 3) 清水他；道路橋より発生する低周波音，同上，p233～236，1979.9.
- 4) 西脇他；高速道路での低周波騒音とその対策のモデルテスト，同上，p237～240，1979.9.
- 5) 山田他；高速道路橋より発生する超低周波音の発生メカニズム，日本音響学会騒音研究会N-7704，1977.8.
- 6) 山田他；橋梁振動の低減に関する考察，騒音制御，vol. 2 No.5，p22～25，1978.10.
- 7) 山田他；三輪模型自動車による橋梁振動，日本音響学会論文集，p129～130，1981.5.