

橋梁と商業空間を有する複合施設における許容鉛直振動レベルの検討

東京大学大学院	学生会員	○窪島 智樹
東京大学大学院		Myung- Kwan SONG
東京大学	フェロー	藤野 陽三
独立行政法人産業安全研究所	正会員	大幢 勝利
東京大学大学院	学生会員	中西 正継

1. 研究の背景および目的

中国の天津市の都市再開発の一環として、慈海橋の建設がはじまっている（図 1）．なお、本橋の設計は川口衛氏（川口衛構造設計事務所）による．

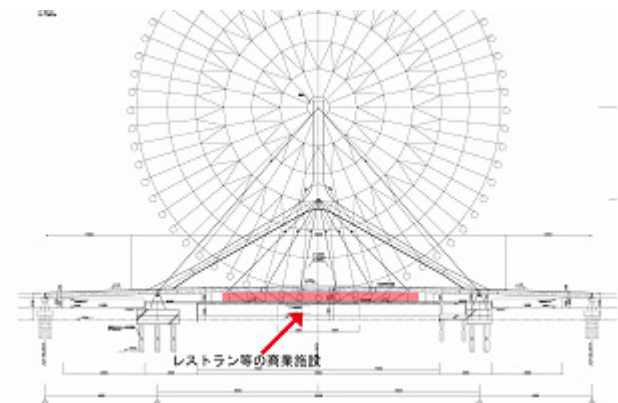


図 1 慈海橋側面図

慈海橋はダブルデッキとなっており、上路は道路橋、下路は歩道および商業施設となる．橋梁の上方には直径約 140 メートルの観覧車が設置される．観覧車を支える脚は、ケーブルを介して桁を支える脚（塔）も兼ねている．観覧車は橋梁の中心部分に貫入するように回転し、乗り降りはダブルデッキ下路で行う仕組みになっている．主な商業施設であるレストランは径間中央付近に設置される予定となっている．レストランを設置するにあたり、橋梁の交通振動が懸念されるため、鉛直振動台を用いた実験によりレストランにおける人間の許容鉛直振動レベルを検討した．

2. 研究内容

あるピークを持つ非定常な振動が、ある間隔をおいて繰り返されたときの人間の心的応答を測定した．入力振動は慈海橋の交通振動（解析結果）を用い、

キーワード 鉛直振動，交通振動，心的応答，加速度，道路橋

ピーク値を 20gal, 40gal, 60gal, 80gal, 100gal, 150gal, 200gal の 7 種類に変化させる．また、これらの波形を入力する際のピーク間のインターバルとして 2.5 秒, 10 秒, 15 秒, 20 秒を設定した．インターバルの導入により交通量を考慮することができる．インターバルの区間は振動無入力状態としている．これらの組み合わせで 21 種類の振動を設定し、13 人の被験者にこれらの振動を与えた．振動は 1 つにつき 60 秒間入力し、被験者は振動を感じながらアンケートに回答する．これを全 21 種類の振動に対し繰り返しおこなった．以下の表 1 に入力振動パターンを、図 2 に入力波形例を示す．

表 1 入力振動パターン

最大加速度 gal	20	40	60	80	100	150	200
インターバル sec							
1	○						
2.5	○	○	○				
10		○	○	○	○	○	○
15		○	○	○	○	○	○
20			○	○	○	○	○

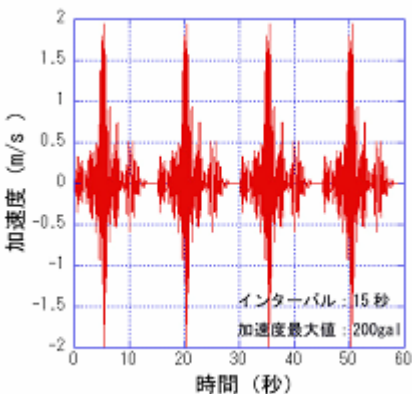


図 2 非定常な入力鉛直振動波形例

アンケートのいくつかの項目のうち、レストランとして受忍できるかどうかという質問に対する回答を、横軸を加速度最大値、縦軸を受忍率としインターバルごとにグラフ化すると下ようになる。

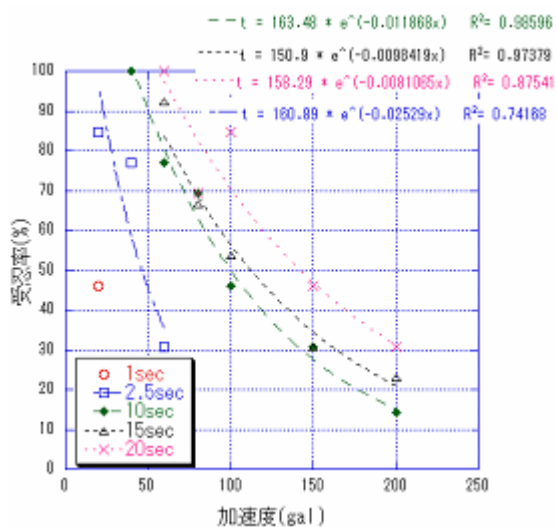


図 3 インターバルごとの加速度最大値と受忍率の関係

加速度を無限大に大きくしていくと受忍率は限りなくゼロに近づいていくことから、加速度と受忍率の関係は指数関数的な性格が大きいと考えられる。そこで、受忍率を $P[\%]$ 、加速度最大値を $a[\text{gal}]$ 、インターバルを $\tau[\text{sec}]$ とし、 P と a の関係を指数関数で表し、その変化の割合が τ の関数で表せるとし、実験結果とよく合致するように適当に係数を決定すると、以下ようになる。

$$P[\%] = \alpha(\tau) e^{-\beta(\tau)a}$$

$$\alpha(\tau) = 171.58\tau^{-0.036}, \beta(\tau) = 0.0433\tau^{-0.5603} \quad (2.5 \leq \tau \leq 20, 20 \leq a \leq 200)$$

式 (1)

次に、車両と橋梁の相互作用を考慮した橋梁の動的応答解析プログラムを用いて、慈海橋の桁中点鉛直振動レベルを予測した（表 2）。なお、車両は約 20 トン、路面状態は良好を想定している。

表 2 慈海橋の予測鉛直応答加速度のピーク値

	ピーク値(gal)
車両 1 台	90
車両 2 台同時	107
車両 4 台同時	309

この値を先に求めた受忍率を求める式 (1) に代入しグラフ化すると以下の図 4 のようになる。図 4 を見ると、わずか 1 台の車両（約 20 トン）が通過す

る場合でもインターバル 20 秒で約 75% の受忍率にとどまることがわかる。慈海橋は建設中の橋梁であり、交通量の予測は困難であるが、幹線道路であり比較的大きい交通量が予想されるため、なんらかの振動制御が必要と思われる。

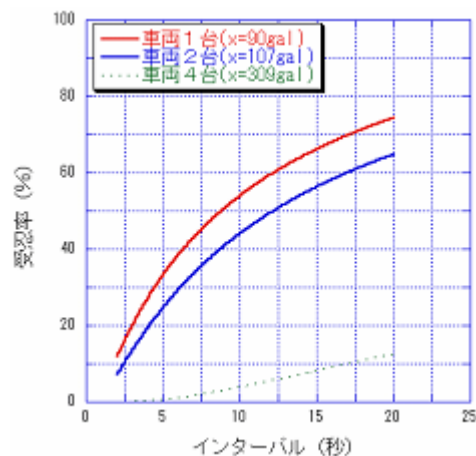


図 4 桁中点鉛直振動に対する受忍率とインターバルの関係

3. 今後の課題

実験結果をより精度のあるものとするため、実験環境が想定する場所と可能な限り同じになるように、視覚や聴覚などにも配慮した実験環境を整える必要がある。また、現時点では十分な被験者数とはいえないため、被験者数を増やす必要がある。多様化が進む将来の都市環境では慈海橋のケースのように振動を知覚閾以下に抑えることが困難な生活空間も少なからず登場してくることが予想されるため、非定常な鉛直振動に対する心的応答の評価値として、これから登場するであろう新たな構造物を設計する際の一つの評価指針の参考として提示することを目指す。また、慈海橋にダンパー等を設置することによる制振効果を検証し、制振後の商業施設の設置可能性も検討する必要がある。

本研究を進めるにあたり、埼玉大学の松本泰尚先生にご指導いただきました。改めてここに感謝申し上げます。

4. 参考文献

- (1) 石川 孝重, 野田 千津子: 広振動数範囲を対象とした水平振動感覚の評価に関する検討, 日本建築学会計画系論文集, 第 506 号, 1998 年 4 月
- (2) 日本建築学会: 建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説, 第 2 版, 2004 年 5 月
- (3) ISO2631-1: Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part1: General requirements, 1997