

橋梁“壁構造”の遮風効果と耐風安定性に与える影響

Effect of Wall-like Structure on Bridge Decks on Aerodynamic Stability

技術本部 斎藤 通*¹ 本田 明弘*²
平井 滋登*² 所 伸介*²

強風時における車両走行安定性の確保を目的とした遮風壁、あるいは路線地域への騒音対策を目的とした遮音壁など、橋梁の桁（けた）上に壁構造が設置される事例が増加しつつある。本報では、まず都市内高架橋の耐風安定性上の特徴について整理した上で、このような壁構造が橋梁の耐風安定性に及ぼす影響を調査した。その結果、一般的に耐風安定性を損なうと考えられている壁構造の設置が、桁断面形状あるいは設置方法によっては耐風安定性を向上させることが明らかとなった。また、構造部材背後に発生する風速急変領域を緩和することを目的として、部分的に遮風壁を設置した場合についても検討し、その効果を確認するとともに、その他の新たな遮風構造についても提案するものである。

Girder bridges are constructed with wall-like structures on the deck, such as wind shields, to ensure stability of vehicles on windy days, or noise barriers, to reduce noise in urban areas. We studied the effect of these wall-like structures on aerodynamic bridge deck stability. We found that aerodynamic stability was improved depending on the shape of cross sections and securing of these structures. Where windshields are partially installed to mitigate the drastic change of wind speed behind the bridge structure, efficiency of alleviation was confirmed. We also discuss new wind-shield methods.

1. ま え が き

本報は、橋梁桁（けた）断面の形状と横風特性の関係及び壁構造の風速低減効果についてまとめるとともに、その耐風安定性に及ぼす影響について述べ、壁構造を設置する場合の耐風設計上の留意点についてまとめるものである。

2. 都市内高架橋の耐風安定性の特徴

都市内高架橋は、支間長が100 m前後と比較的短いことから、動的な耐風安定性については軽視されがちであるが、幅員が狭い場合には耐風安定性の低下を考慮する必要がある。図1は横軸に“支間長/幅員”，縦軸に“渦励振発生風速”をとって既存の風洞試験結果をプロットしたものである。また図中の実線は道路橋耐風設計便覧⁽¹⁾の推定式を示したものである。図1より、渦励振発生風速に関しては、“支間長/幅員”が支配的になり、例えば幅員11 mの2車線の桁橋では支間長100 m程度で渦励振発生風速が20 m/s以下となり、支間長が短い場合にも狭幅員となる場合には壁構

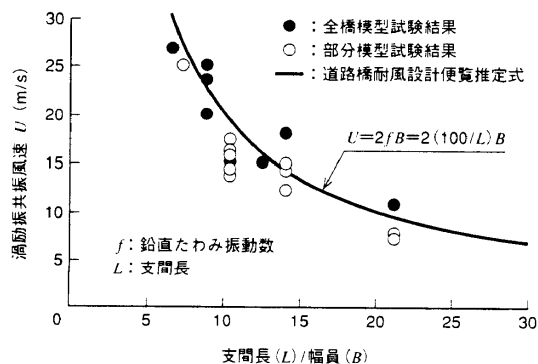


図1 桁橋の渦励振発生風速 “支間長/幅員”を横軸に、渦励振発生風速を縦軸にとって、既往の風洞試験結果をプロットした。
Resonance wind speed of vortex-induced vibration versus span length/girder width ratio

造設置の有無も含めて耐風安定性に対する配慮が必要となる。

3. 橋面上の横風特性と遮風壁

3.1 橋梁断面形状と横風特性

図2に、箱桁断面と偏平六角断面における橋面上風速特性をまとめて示す（各測定点における風速を接近風速で除した風速比で示している）。これより、偏平六角断面に比較して箱桁断面の場合は形状がずんぐりしているために風上側の部材からの風の流れのはがれが大きく、比較的低い地点においては全体的に橋面上風速が小さくなる傾向にある。また、同じ箱桁橋でも桁高が大きくなるほど上記の風の流れのはがれは大きくなると考えられ、橋面上風速もより大きく低減されると考えられる。すなわち、橋面上風

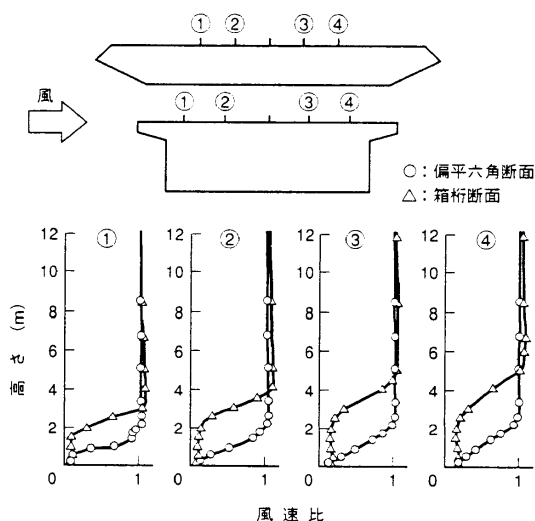


図2 橋面上風速特性 断面形状として箱桁と偏平六角断面を取上げ、各々における橋面上風速測定試験結果を接近流との風速比で整理した。
Comparison of wind speed profile on blunt box deck and shallow box deck

*1 長崎研究所次長 工博

*2 長崎研究所流体研究室

速の特性の面からはずんぐりした断面が有利であり、別途空力対策などによって耐風安定性が確保されれば、ずんぐりした断面形状そのものが有効な横風対策となり得る。

一方、並列橋の場合には、その配置パターンによっては、ずんぐりした桁断面であっても他の橋梁の影響によって加速された流れが作用する場合もあり⁽²⁾⁽³⁾、風洞試験あるいは数値流動解析などによる検討が必要になる。

3.2 遮風壁の風速低減効果

箱桁断面及び偏平六角断面に高さ・充実率の異なる遮風壁を設置した場合の橋面上風速特性を図3にまとめて示す。図3より、設置する遮風壁が高いほど、高い地点まで風速低減効果が得られるが、充実率の変化に関しては、風速低減効果にさほど大きな差異はなく、50%程度の充実率の遮風壁でも十分に風速低減効果が得られるものと考えられる。また、フェンスメーカなどで遮風壁の充実率と風速低減効果の関係が調査されているが、遮風壁が地面上に設置される場合と橋上に設置される場合とでは、鉛直下方への風の逃道の有無によって風速低減効果が異なると考えられるため、実際の適用に当たっては注意が必要である。

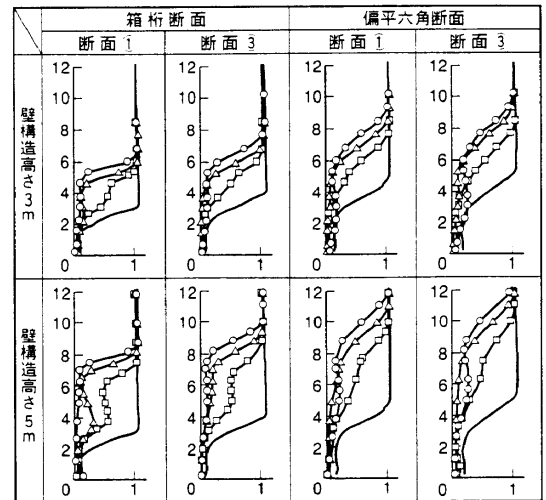
4. 遮風壁・遮音壁の耐風安定性への影響

4.1 一般的な橋梁断面に対する影響

箱桁断面及び偏平六角断面に関して、高さ・充実率の異なる壁構造を設置した場合の対風応答の変化特性を表1にまとめて示す。

(1) 発散振動

一：壁構造なし □：充実率50% △：充実率75% ○：充実率100%



注1：縦軸は橋面上高さを、横軸は接近流に対する風速比を示す。
注2：断面1、3は図2の断面1、3を示す。

図3 遮風壁の風速低減効果 箱桁、偏平六角断面における遮風壁の風速低減効果を示す。

Effect of wind shield of various height and solidity ratio

箱桁断面の場合、壁構造の設置によってたわみ発散振動の発振風速は低くなる傾向にある。高さ3mの壁構造を設置した場合のデータからは充実率が高いほど、また充実率100%の壁

表1 壁構造の設置による応答特性の変化

Aerodynamic response characteristics by installation of wall-like structures of various height and solidity ratio

	壁構造の充実率の変化による比較 (H=3m)		壁構造の高さの変化による比較 (φ=100%)	
	箱桁断面	偏平六角断面	箱桁断面	偏平六角断面
応答関数 (たわみ)				
応答関数 (ねじれ)	たわみ一自由度試験のため、データなし。 二主桁橋の場合には、要調査。		たわみ一自由度試験のため、データなし。 二主桁橋の場合には、要調査。	
振動発生風速				
振動発生風速				

注) U: 風速 (m/s), f: 振動数 (Hz), B: 幅員 (m), η: たわみ振幅 (m), H: 壁構造高さ (m), φ: 壁構造充実率

構造を設置した場合のデータからは、壁構造の高さが高いほど発振風速が低くなる傾向が読取れる。一方、偏平六角断面の場合には、高さ3 mの壁構造を設置した場合にねじれフラッタが発生し、充実率の増加に伴ってその発振風速が低下する傾向にある。さらに、高さ5 m以上の壁構造（充実率100%）を設置した場合にはたわみ発散振動の発振風速は壁構造高さによって複雑に変化し、高さ7 mの場合に極大となる特性を示す。

(2) 渦励振

箱桁断面の場合、高さ3 mの壁構造を設置した場合にはたわみ渦励振振幅は増大する傾向にあり、充実率の増加に伴って振幅も大きくなる傾向にある。また、高さ5 m以上の壁構造（充実率100%）を設置した場合には、たわみ渦励振振幅は複雑な変化特性を示し、高さ5 mで極大となる特性を示す。一方、偏平六角断面の場合、高さ3 mの壁構造を設置した場合には箱桁断面同様、充実率の増加に伴ってたわみ渦励振振幅は増大する傾向にあり、ねじれ渦励振振幅に関しては、顕著な変化は生じない。さらに、高さ5 m以上の壁構造（充実率100%）を設置した場合におけるたわみ渦励振振幅は複雑な変化特性を示し、高さ7 mで極大となる特性を示す。また、ねじれ振動に関しては、高さ3 mの壁構造（充実率100%）を設置した場合に発生した発散振動が高さ5 m以上の壁構造を設置すると渦励振として発生しており、壁構造が高いほどその振幅は小さくなる傾向にある。

なお、ここでは箱桁断面に関してたわみ振動のみを取上げたが、少数主桁橋のようにねじれの振動数が低くなる場合には、別途ねじれ振動に対する配慮が必要である。

また、上述のように、壁構造の設置によって渦励振が不安定化された断面に対しては、図4に示すように壁構造の形状を工夫することによって安定化を図ることも可能である⁽⁴⁾。

4.2 並列橋に対する影響

前述したように、単独状態の場合に高さ3 m程度の壁構造を設置すると、おおむね耐風安定性は低下する傾向にあるといえるが、並列橋の場合は、桁断面周りの流れが著しく複雑になっており、壁構造の設置による耐風安定性の変化特性に関して一概に述べる

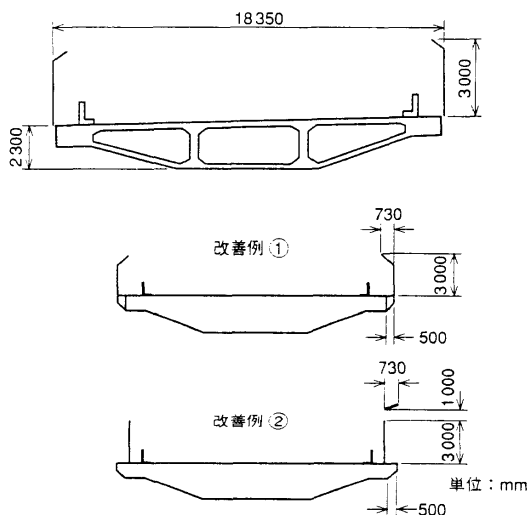


図4 渦励振安定化のための壁構造形状の改善例
渦励振振幅を低減させるための壁構造形状の改善例を示す。
Examples of modified noise barrier for alleviation of vortex-induced vibration

ことはできない。例えば、3橋並列状態の事例においては、遮風壁の設置によって限定振動の振幅が低減された例などもあり⁽⁵⁾、配置や形状を見ながら風洞試験などによって慎重に検討する必要がある。

4.3 新型遮音・遮風壁の提案

(1) 壁構造を兼用した高ウェブ鉸桁橋

図5に示すように遮音・遮風効果の目的のために設置される壁構造を構造部材として利用する手法が考えられる。本手法によれば、桁断面に高い剛性が確保できるため橋脚数を減らして経済的な構造とすることが可能である。

(2) 部分的な遮風壁の設置

吊橋における主塔部やアーチ橋におけるアーチリブ近傍では、構造部材の影響によって風速が急激に変化し、車両の走行安定性に影響を及ぼすことが指摘されている⁽⁶⁾。図6はアーチ橋のアーチリブ近傍において生じた風速急変領域に対して、部分的な

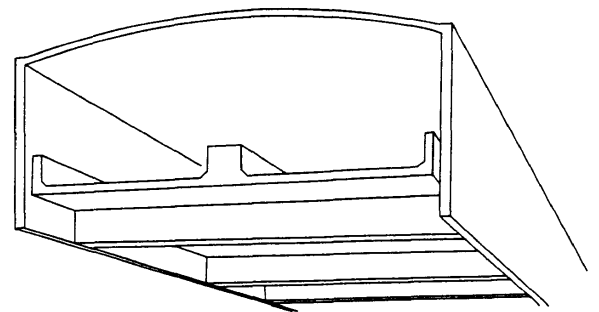


図5 壁構造を兼用した高鉸桁橋 壁構造を構造部材として用いた場合の橋梁断面を示す。
Example of cross section with noise barrier being effective as structural member

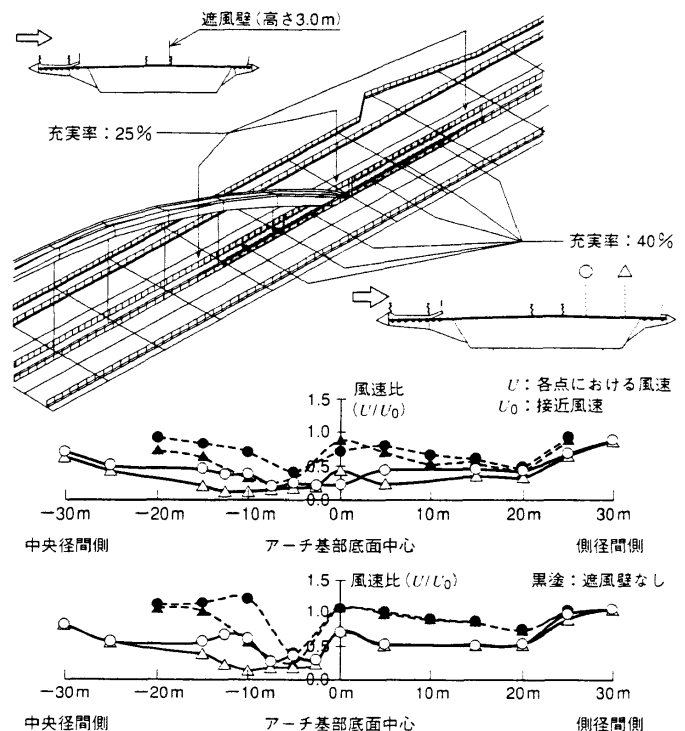


図6 部分的に設置された遮風壁 部分的に設置された遮風壁の概要及びその風速急変領域に対する緩和効果を示す。
Effect of partially installed wind shields for alleviation of drastic change of wind speed

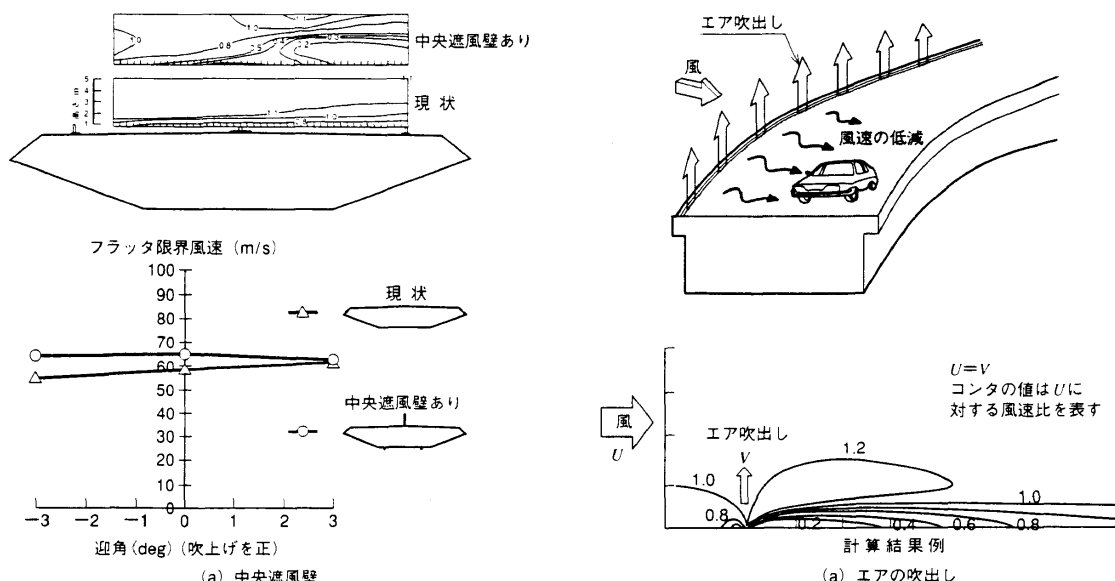


図7 新たな遮風構造 種々の新たな遮風・遮音構造案を示す。
Examples of new invented wind shields and noise barrier

遮風壁の設置による対処方法について検討した際の橋面上風速測定試験結果である⁽⁷⁾。

部分的な遮風壁の設置によって、橋軸方向に沿ってなだらかな風速変化特性へと改善されていることが分かる。

(3) 中央遮風壁の設置⁽⁸⁾

図7(a)は偏平箱桁断面の中央部に遮風壁を設置した場合のフラッタ特性を示す。これより、中央部に遮風壁を設置することによって長大橋などで主たる問題となるフラッタ限界風速を向上させることが可能であることが分かる。また、橋面上の風速に関しても遮風壁の後流側においては風速低減効果が得られており、前流側についても1車線分程度には十分な風速低減効果が得られているものと考えられる。

(4) 可倒式壁構造

壁構造の設置の必要性は、車両が橋上を走行して初めて生じるものであるといえる。したがって、車両が走行する風速域では遮音壁・遮風壁として機能し、車両通行が遮断される暴風時には壁構造が存在しないことが構造物として合理的である。

前述の観点から、ある風速以上の強風が作用した際に壁構造が倒れ、橋体に作用する風荷重が低減される仕組みのものも提案されている。

(5) エア吹出しによる方法

図7(b)に示すエアの吹出しによる遮へい効果を用いて有効な横風対策とすることが可能であると考えられる。この手法によれば、遮へい効果のON/OFFが可能となるため、通常の壁構造の設置のような耐風安定性の劣化や風荷重の増大に対する懸念がないほか、視界を妨げないため、景観上の配慮が必要とされる場合には特に有効な横風対策となるものと考えられる。また、鉄道橋のように運行スケジュールが既知であればエアの噴出しの頻度も少なくすることが可能であり、より実用化の可能性が高いであろう。

5. ま と め

遮音壁・遮風壁など壁構造の設置が橋面上の横風特性及び耐風安定性に与える影響についてまとめると以下のとおりである。

- (1) 橋面上の横風特性においては、偏平な断面よりもずんぐりした断面の方が有利な特性を示し、空力対策に工夫を施せばずんぐりした断面形状そのものが有効な横風対策となり得る。
 - (2) 並列橋における断面の横風特性に関しては、その配置形状によって特異性が強く、別途数値流動解析あるいは風洞試験などによる検討が必要になる。
 - (3) 遮風壁・遮音壁などの壁構造の充実率が高いほど耐風安定性は劣化する傾向にあるが、壁構造高さを高くすることで渦励振振幅を低減させることも場合によっては可能であり、風荷重を考慮しつつ壁構造高さを工夫すれば空力対策として有効になり得ると思われる。
- 本報で提案した新たな手法による壁構造の実用化を今後も推進していく予定である。

参 考 文 献

- (1) 日本道路協会, 道路橋耐風設計便覧, 丸善(1991) p.13
- (2) 中岡清則ほか, 関西国際空港連絡橋の桁断面まわり流れ流動解析, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集(1997) p.28
- (3) 小川一志ほか, 橋梁上の鉄道車両に作用する空気力特性の検討, 第13回風工学シンポジウム論文集(1994) p.137
- (4) Honda, A. et al., Aerodynamic Instability of Prestressed Concrete Cable-stayed Bridge with Noise Barrier, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.41-44 (1992) p.1169
- (5) 久保泰文ほか, 関西国際空港連絡橋への遮風壁設置に関する風洞実験, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集(1997) p.190
- (6) Smith, B. W. et al., Design of wind screens to bridges, experience and applications on major bridges, Bridge Aerodynamics Proceedings of the international symposium on advances in bridge aerodynamics (1998) p.289
- (7) 吉武範幸ほか, 新北九州空港連絡橋のアーチ基部近傍における風速急変に関して, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集(1999)
- (8) 京藤 通ほか, 2500m級吊橋を想定した一箱桁断面の耐フラッター性能向上に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集(1998) p.144