数値解析上で斜角延長床版を施した橋梁の振動・音響特性

金沢大学大学院　正会員○深田　宰史
金沢大学大学院　正会員　梶川　康男

1．はじめに

大型車両が高架橋上を走行することによって生じる橋梁振動の発生要因は，大きく分けて 2 つある．一つは，板ばね構造を有する大型車両のばね上振動数（3Hz 付近）に共振する場合，もう一つは，伸縮装置部の段差を大型車両が乗り越える際の衝撃である．この衝撃により床版端部，端横桁および端対傾構などの部材には，ばね下振動に起因した 10～20Hz の振動や発生原因が特定できない 20～50Hz の振動が生じる．これらの橋梁から発生した振動により，音環境（低周波音，騒音）や高架橋周辺の地盤振動，さらに伸縮装置などの橋梁部材の耐久性にも影響を及ぼしている．

そこで本研究では，段差を乗り越える際の橋体への車両ばね下振動の入力を減らし，橋梁の周辺環境へ伝播する振動および音圧の低減を図ることを目的として，支間長は変えず，桁かかり部を土工部に斜角を有しながら延長する，斜角延長床版を考えた．本文では，数値解析上で橋梁モデルに対して斜角を施し，車両が橋梁に進入した時，斜角の変化とともに周辺環境に与える音圧がどの程度変化するのか音響解析により検討した結果を報告する．

2．解析概要

本研究で対象とした橋梁は**図-1** に示すような支間長 30m,4 本の主桁を有する単純桁橋とした．この橋梁に**図-2** に示すような斜角ケースを設けた．各斜角ケースの違いは，別の見方をすると右車輪が進入してから，左車輪が進入するまでの時間遅れが異なっている点である．この斜角の違い（時間遅れの違い）がどれだけ上部構造の振動特性や上部構造から放射される音響特性に影響を与えるのかを解析では比較する．

解析パラメータは，上述した斜角（4 ケース）の他に，車両走行速度（40，80km/h の 2 ケース），車両後輪のばね下振動数（橋梁の固有振動数に合わせ,9.8,11.4,12.5,15.0Hz の 4 ケース）とした．

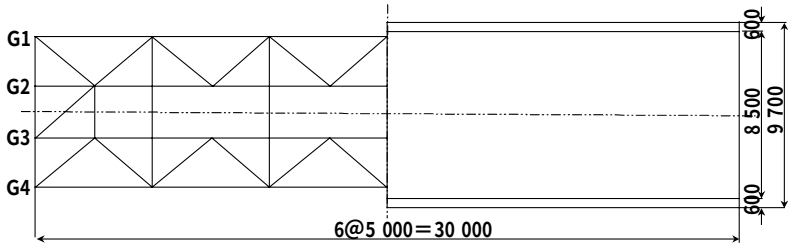
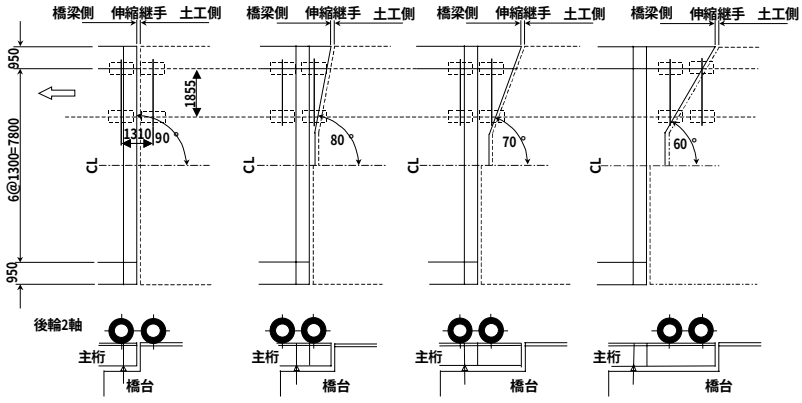


図-1　対象橋梁の一般図



(a) 90 度　**(b)** 80 度　**(c)** 70 度　**(d)** 60 度

図-2　斜角の解析ケース

これらの解析パラメータに対して車両走行による動的応答解析を行い，その解析により算出した床版部の各節点の速度周波数応答（3 方向）を用いて，境界要素法による周波数応答解析を行った. なお, 本解析では, 音響解析ソフト SYSNOISE を用い, 境界内部と境界外部を同時に解析できる INDIRECT 機能による解析を行い，任意の受音点での音圧を求めた．音響解析に用いたメッシュ図を**図-3** に示す.

3．固有振動特性

各斜角の固有振動数と振動モードを**表-1** にまとめた．たわみ 1 次振動 3.2Hz，ねじれ 1 振動 4.2Hz となっ

キーワード：斜角，延長床版，音響解析，振動特性
連絡先：〒920-1192　金沢市角間町　　TEL:076-234-4605，FAX:076-234-4605

ており，両者は比較的近接している．これらは，大型車両のばね上振動数領域（196kN 車:3Hz 付近，49kN:4Hz 付近）に存在しているといえる．また，たわみ 2 次振動 9.8Hz（**図-4**），ねじれ 2 次振動 12.5Hz，床版局部振動 15.0Hz（**図-5**）は，ばね下振動数領域（10～20Hz 付近）に存在している．

4．解析結果

車両後輪のばね下振動数を橋梁の固有振動数(9.8, 11.4, 12.5, 15.0Hz）に合わせ，それぞれの車両が 80km/h で進入した際の橋梁 1/4 点の桁直下の音圧分布（**図-6**）音圧スペクトル（**図-7**）を音響解析により求めた．その際の音圧と周波数の関係から，人体に影響を及ぼすと考えられる 9Hz～30Hz の音圧を等価平均したものを**図-8** に示す．これより，車両ばね下振動では斜角が小さくなるとともに音圧が小さくなり，60 度では 90 度と比較して 6dB 程度の低減が見られた．このことから，斜角を設けることにより，音圧低減が見られた．また，車両タイプでは車両ばね下振動数 15Hz の車両が最も大きな値をとっていた．これより，他の振動モードに比べて，床版局部の振動モードが桁下の音圧に大きな影響を及ぼす振動モードと考えられる．

次に，車両後輪のばね下振動数を橋梁の固有振動数（15.0Hz）に合わせ，走行速度 40, 80km/h で進入した際の橋梁 1/4 点の桁直下の音圧スペクトルを音響解析により求め，上述したように 9Hz～30Hz の音圧を等価平均したものを**図-9** に示す．これより，80km/h で進入した場合の方が，音圧が 3dB 程度大きくなっている．また，斜角が小さくなるとともに音圧が下がり，40, 80km/h 走行ともに，90 度と比較して 60 度では 6dB 程度の低減が見られた．

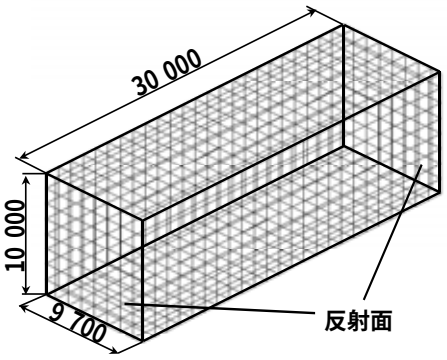


図-3　音響メッシュ図

表-1　固有振動数（単位：Hz）

次数	振動モード	斜角(60度)	斜角(70度)	斜角(80度)	直角(90度)
1	たわみ1次	3.189	3.184	3.172	3.162
2	ねじれ1次	4.176	4.175	4.164	4.154
3	水平1次	6.211	6.223	6.233	6.239
4	たわみ2次	9.796	9.807	9.812	9.819
5	水平2次	11.114	11.232	11.323	11.397
6	ねじれ2次	12.514	12.528	12.538	12.552
7	床版局部	15.013	15.034	15.045	15.049

図-4　たわみ 2 次振動（9.8Hz）

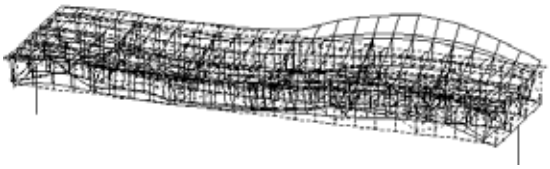


図-5　床版局部振動（15.0Hz）

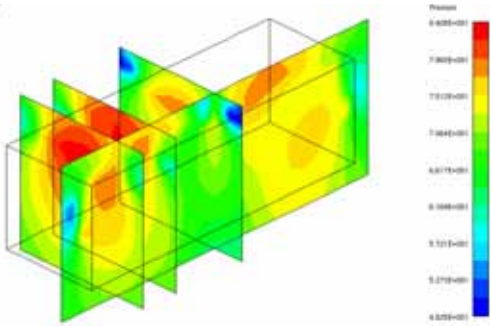


図-6　15.0Hz 付近の音圧分布

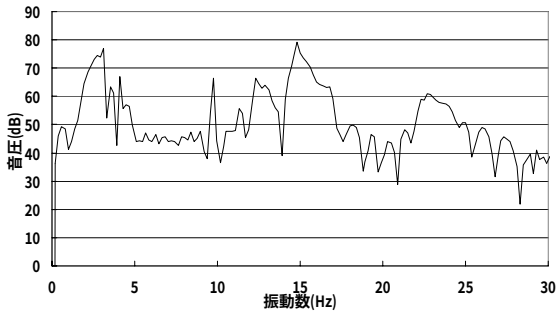


図-7　音圧スペクトル（G1 桁，直下 2m）

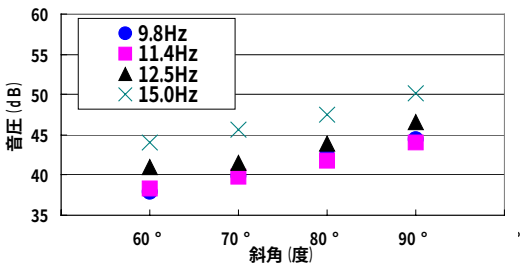


図-8　等価平均（9-30Hz，各車両 80km/h）

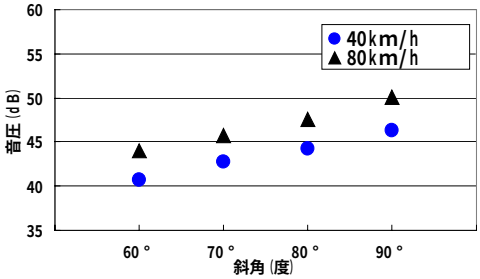


図-9　等価平均（9-30Hz，15.0Hz 車両）