

充腹アーチ橋の地震時挙動における間詰土砂を対象とした遠心力載荷実験 (その2) 間詰土砂による慣性力の検討

西日本高速道路(株) 正会員 福田 泰樹 非会員 辻 浩幸
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 西村 航平 正会員 難波 正幸
(株)大林組 正会員 ○樋口 匡輝 正会員 伊藤 浩二 正会員 副島 紀代

1. はじめに

充腹アーチ橋は、橋梁の主部材であるアーチ上に間詰土砂を載せて転圧し、一般の土工部と同じ舗装構造とする橋梁である。そのため車の走行性を向上でき、維持管理性にも優れた構造である。

このような充腹アーチ橋について、直角方向加振時の間詰土砂の挙動に着目した遠心力載荷実験を実施し、その1では、間詰土砂が側壁に与える土圧について注目し、設計式と比較した結果を報告した。本稿では、間詰土砂が橋脚に与える慣性力について注目して整理した結果を報告する。

2. 遠心力載荷実験の概要

図-1 に遠心力載荷実験模型の構成を示す。実大橋梁を 1/40 スケールに縮小した形状をベースに、1 径間分の模型を作製した。模型の質量は 51.8kg であった。模型の内側には土圧計を設置して間詰土砂の土圧を計測（計測位置は図-3）するとともに、模型は二分力計を介して剛

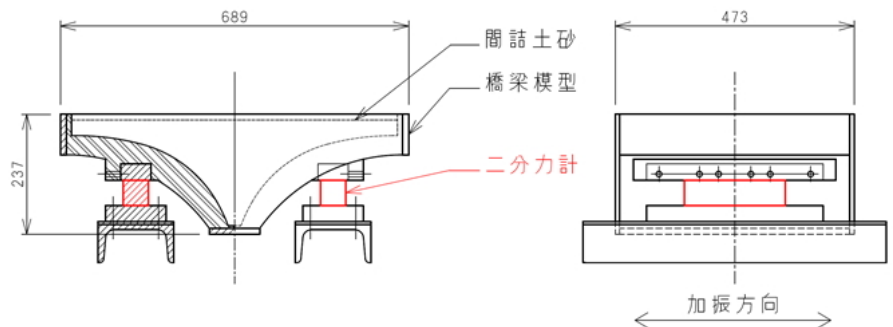


図-1 遠心力載荷実験模型の構成

土槽、振動台に固定した。模型は二分力計以外の部分では支持されていないため、二分力計の計測値は橋脚に作用する荷重と考えることができる。また模型には加速度計を設置し、加振時の応答加速度を計測した。間詰土砂は、珪砂のみ（ケース1）と、珪砂に粘土を20%混合した土砂（ケース2）について実験を行った。湿潤密度は、ケース1が 1.645t/m^3 、ケース2が 1.931t/m^3 である。模型に遠心加速度 40G を載荷した状態で、 60Hz （実物換算 1.5Hz ）の正弦波で水平加振を行った。本稿では加振レベル 15G 、 20G 、 25G の結果を取り上げる。

3. 模型に作用する荷重の整理方法

間詰土砂の慣性力により橋脚に作用する荷重を検討するにあたり、模型に作用する水平力を整理したものを図-2 に示す。便宜的に加振方向を南北方向とし、加振方向に垂直な側壁を北壁、南壁と呼ぶこととした。図より総せん断力、模型慣性力、側壁土圧、周面摩擦の力のつり合いを考慮し、計測値を以下のように整理した。

- 総せん断力 $F_h = F_{h1} + F_{h2}$ (1)
- 模型慣性力 $F_m = 51.8 \times A_m$ (51.8kg は模型質量) (2)
- 側壁土圧力 $F_e = \sum_i (P_{si} \times A_i) - \sum_i (P_{ni} \times A_i)$ (3)
- 周面摩擦力 $F_f = F_h - F_m - F_e$ (4)

ここに、 F_{h1} 、 F_{h2} ：2つの二分力計の各水平計測値

A_m ：模型の水平加速度計測値

P_{si} 、 P_{ni} ：南壁、北壁の土圧計*i*の計測値

A_i ：土圧計*i*の分担面積（図-3）

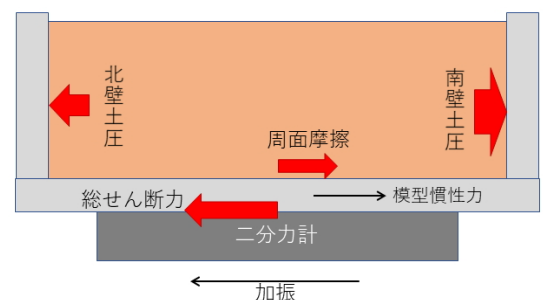


図-2 模型に作用する水平力

データ整理における計測値には、総せん断力 F_h が最大値をとる時刻における計測値（瞬時値）を用いた。

キーワード 充腹アーチ橋、地震時挙動、土圧、遠心力載荷実験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 TEL042-495-1015

4. 模型に作用する荷重

ケース2の25G加振結果について、総せん断力と模型加速度の時刻歴を図-4に示す。図-4より、総せん断力が最大となる時刻は0.2672秒であったため、そのときの総せん断力 F_h 及び模型加速度 A_m をピックアップし、同時刻における南壁の土圧計測値を示したものが図-5である。

図-5の各計測値 P_{si} と図-3の各面積 A_i の積を総和し、北壁との差をとることにより側壁土圧力 F_e を推定するとともに、総せん断力 F_h から、模型慣性力 F_m と側壁土圧力 F_e を差し引いたものを、周面摩擦力 F_f とした。

5. 遠心力載荷実験結果

前章のように計測値を整理した結果の一覧を表-1に示す。表を見ると、側壁土圧力 F_e は加振レベルが大きくなるほど大きくなり、間詰土砂重量(ケース1:14.4kN/ケース2:16.9kN)に対する割合で考えると、ケース1で4~18%、ケース2で9~21%と、ケース2の方がわずかに大きくなった。表には、各ケースにおける側壁土圧力 F_e と周面摩擦力 F_f の配分割合を記載したが、ケース1では9~28%と加振レベルが大きくなるほど側壁土圧割合が大きくなる傾向が見られたのに対し、ケース2では21~23%で大きな変動は見られなかった。大加振における実験映像で、ケース2では模型と間詰土砂が一体で振動している様子が見られたのに対し、ケース1では間詰土砂が暴れるような挙動が見られており、このような間詰土砂の挙動の差異も結果に影響したことが考えられる。

模型と間詰土砂の摩擦を測定した結果から遠心力載荷実験での動摩擦力を推定すると、ケース1で約10kN、ケース2で約13kNであった。周面摩擦力の結果はこれ以下になっており、間詰土砂の滑動までは生じなかったと考えられる。

6. まとめ

充腹アーチ橋の遠心力載荷実験について、間詰土砂が橋脚に与える慣性力について整理した結果について報告した。間詰土砂の種類による比較の結果、側壁土圧力の割合で傾向に差が見られ、ケース1では加振レベルが大きくなるほど約1~3割と大きくなったのに対し、ケース2では加振レベルによらず約2割でほぼ一定であった。

参考文献

- ・西村ら：充腹アーチ橋の地震時挙動における間詰土砂を対象とした遠心力載荷実験(その1)土圧の計測値と設計式の比較, 土木学会第77回年次学術講演会, 2022.

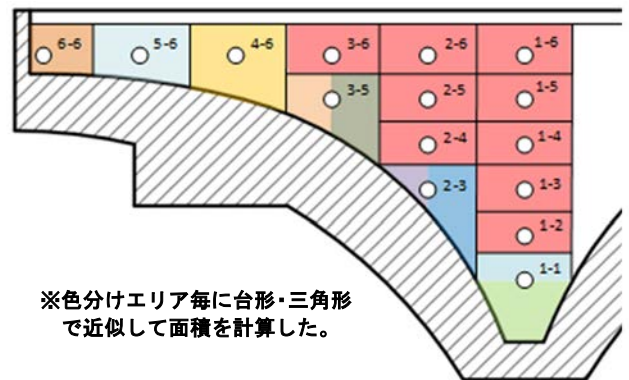


図-3 各土圧計の分担面積

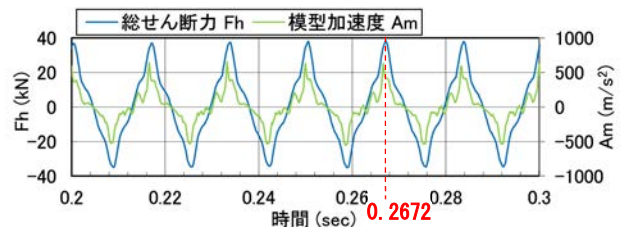


図-4 ケース2・25G加振における総せん断力・模型加速度時刻歴

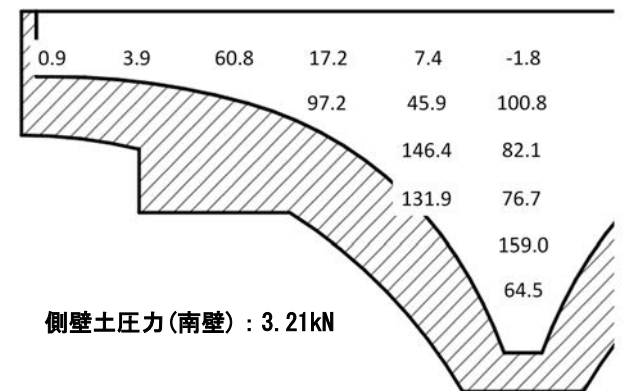


図-5 ケース2・25G加振における0.2672(s)の南壁土圧計測値

表-1 遠心力載荷実験結果

間詰土砂	加振レベル (実物換算)	総せん断力 F_h 最大時			
		F_h	F_m	F_e	F_f
ケース1 珪砂のみ	15G (0.375G)	17.24 kN	10.39 kN	0.618 kN	6.23 kN
		側壁土圧と周面摩擦の配分		9.0%	91.0%
	20G (0.5G)	26.25 kN	21.08 kN	1.18 kN	3.99 kN
		側壁土圧と周面摩擦の配分		22.8%	77.2%
25G (0.625G)	33.84 kN	24.60 kN	2.55 kN	6.69 kN	
	側壁土圧と周面摩擦の配分		27.6%	72.4%	
ケース2 粘土混合	15G (0.375G)	15.97 kN	8.93 kN	1.56 kN	5.48 kN
		側壁土圧と周面摩擦の配分		22.2%	77.8%
	20G (0.5G)	29.47 kN	19.92 kN	2.18 kN	7.37 kN
		側壁土圧と周面摩擦の配分		22.8%	77.2%
25G (0.625G)	38.37 kN	22.14 kN	3.51 kN	12.72 kN	
	側壁土圧と周面摩擦の配分		21.6%	78.4%	