



บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 สะพานลอยไทย-เบลเยียม

เป็นที่ทราบกันว่า การก่อสร้างถนนและสะพานในประเทศเบลเยียมนั้น เป็นไปอย่างรวดเร็ว และประเทศเบลเยียมจัดได้ว่าเป็นประเทศหนึ่งที่มีถนนที่คึกคักในทวีปยุโรป การก่อสร้างสะพานลอยและสะพานสำเร็จรูปในประเทศเบลเยียมนั้นสามารถกระทำได้ภายในเวลา 48 ชั่วโมง โดยที่สะพานประเภทนี้ได้เริ่มก่อสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2513

วิศวกรแห่งกระทรวงโยธาของประเทศเบลเยียม ได้นำระบบการก่อสร้างสะพานที่สามารถประกอบหรือถอนได้อย่างรวดเร็วนี้มาสู่ประเทศไทยในปี พ.ศ. 2528 ต่อมารัฐบาลเบลเยียมตกลงใจที่จะมอบสะพานลักษณะพิเศษนี้ให้กับกรุงเทพมหานคร เพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดที่ทางแยกวิฑู โดยลงนามหนังสืออุทิศสะพานให้เมื่อเดือนมีนาคม 2529

หลังจากเตรียมการก่อสร้างฐานรากรองรับตัวสะพานตั้งแต่เดือนมีนาคม 2531 ในเย็นวันศุกร์ที่ 22 เมษายน 2531 ก็เริ่มมีการระบายรถออกจากทางแยก เพื่อเตรียมการประกอบในเวลา 18.00 น. โดยพนักงานของบริษัท ซีโนไทย 300 คน และบรรดาผู้เกี่ยวข้องอีกหลายสิบคน ส่วนประกอบของสะพานลอยไทย-เบลเยียม ประกอบด้วยท่อนเหล็ก 120 ท่อน ซึ่งรื้อถอนมาจากประเทศเบลเยียม แต่ละท่อนใช้เวลาติดตั้งประมาณ 15 นาที ซึ่งแต่เดิมนั้นคาดการณ์ไว้ว่าจะใช้เวลาประกอบทั้งหมด 48 ชั่วโมง แต่ปรากฏว่าใช้เวลาติดตั้งจริง ๆ เพียงแค่ 42 ชั่วโมง ส่วนเวลาที่เหลือเป็นการตกแต่งและทาสีให้แลดูเรียบร้อยและสวยงาม

ข้อมูลโดยย่อของสะพานลอยไทย-เบลเยียม

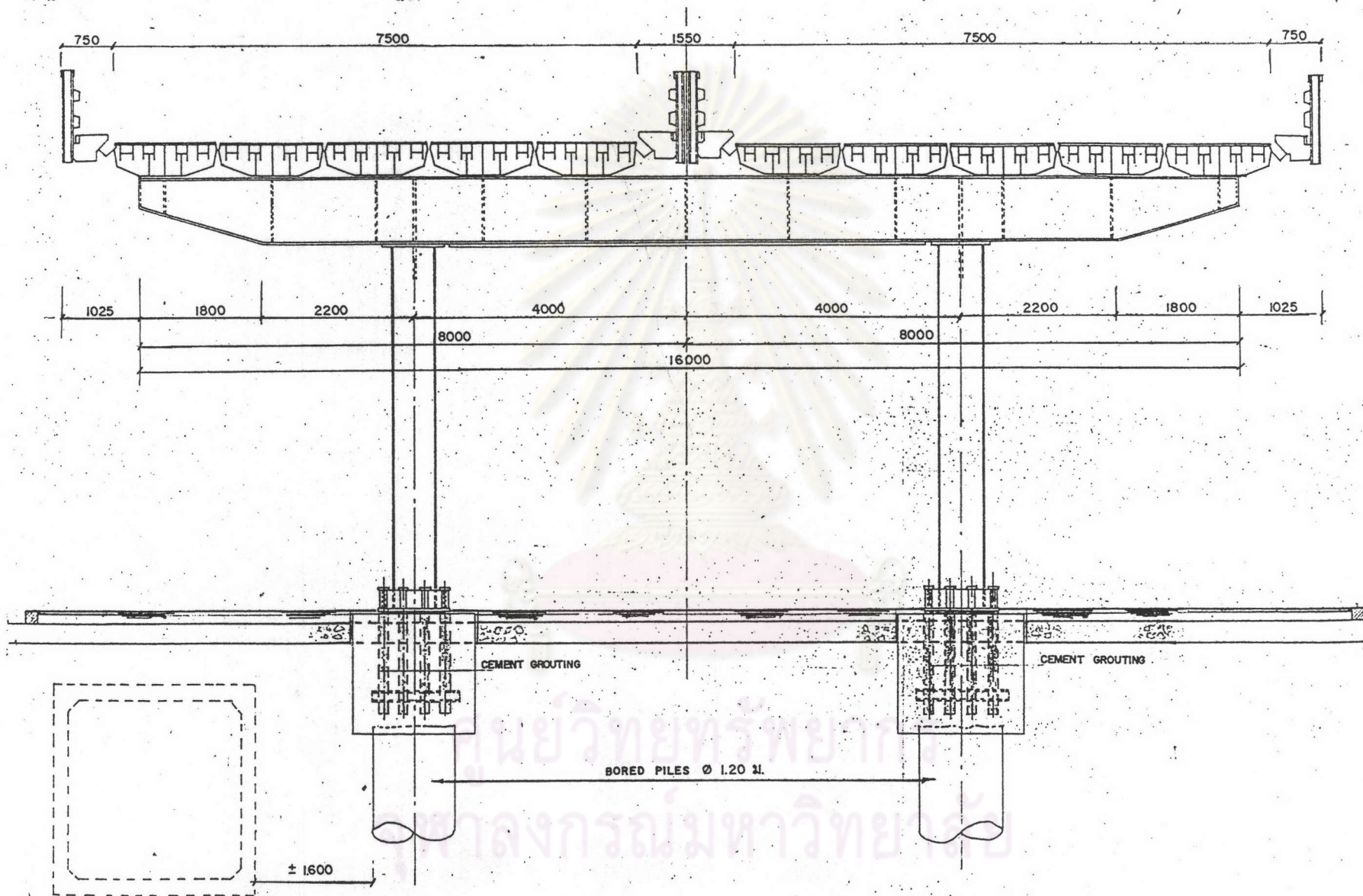
ชนิดสะพาน : สะพานคู่ ช่วงเดียวธรรมดา (ช่วงยาว 25 เมตร) และต่อเนื่องในช่วงกลางของสะพาน (ช่วงยาว 20, 30 เมตร) โครงสร้างเหล็ก (Corton Steel)

- โครงสร้างส่วนบน : ผิวจราจร Tar Epoxy คานสะพานกว้าง 1.50 เมตร ยาว 25.00 เมตร เรียงตามยาววางบนคานขวาง รองรับด้วยเสา 2 ต้น และที่จุดวางคานสะพานบนคานขวางใช้ยาง Neoprene รองรับ
- สูงจากผิวจราจร : 5 เมตร ที่บริเวณข้ามทางแยก
- ช่องทางจราจร : 4 ช่องจราจร (2 ทิศทาง ๆ ละ 2 ช่องจราจร)
- ความกว้างผิวทาง : ทิศทางละ 7.50 เมตร
- ความกว้างขอบทาง : ข้างละ 0.75 เมตร สำหรับแต่ละทิศทาง
- ความกว้างสะพาน : 18.05 เมตร
- ความยาวโครงสร้าง : 301.444 เมตร
- โครงสร้างส่วนล่าง : เสาเข็มเจาะขนาด ϕ 1.20 ม. x 23.00 ม. รับเสาสะพาน แต่ละเสา
- จำนวนช่วงสะพาน : 12 ช่วง (4@25 - 20 - 2@30 - 20 - 4@25)
- เชิงลาดสะพาน : กำแพงเชิงลาดสะพาน ค.ส.ล. หล่อสำเร็จรูป พื้นทางหินคลุกบดอัดแน่น ผิวทางแอสฟัลท์ผสมร้อน ยาวข้างละ 45.04 เมตร
- ความยาวสะพาน : รวม 391,524 เมตร
- ออกแบบรับน้ำหนัก : รถสิบล้อมาตรฐานของประเทศไทย (สำนักงานโยธา กรุงเทพมหานคร, 2531)
- ประมาณการค่าก่อสร้าง: ความช่วยเหลือจากรัฐบาลเบลเยียม 40 ล้านบาท (สำหรับคาน-เสา-พื้นสะพานหลัก) งบประมาณกรุงเทพมหานคร 8 ล้านบาท ค่าขนส่งและติดตั้งขอรับความช่วยเหลือจากเอกชน

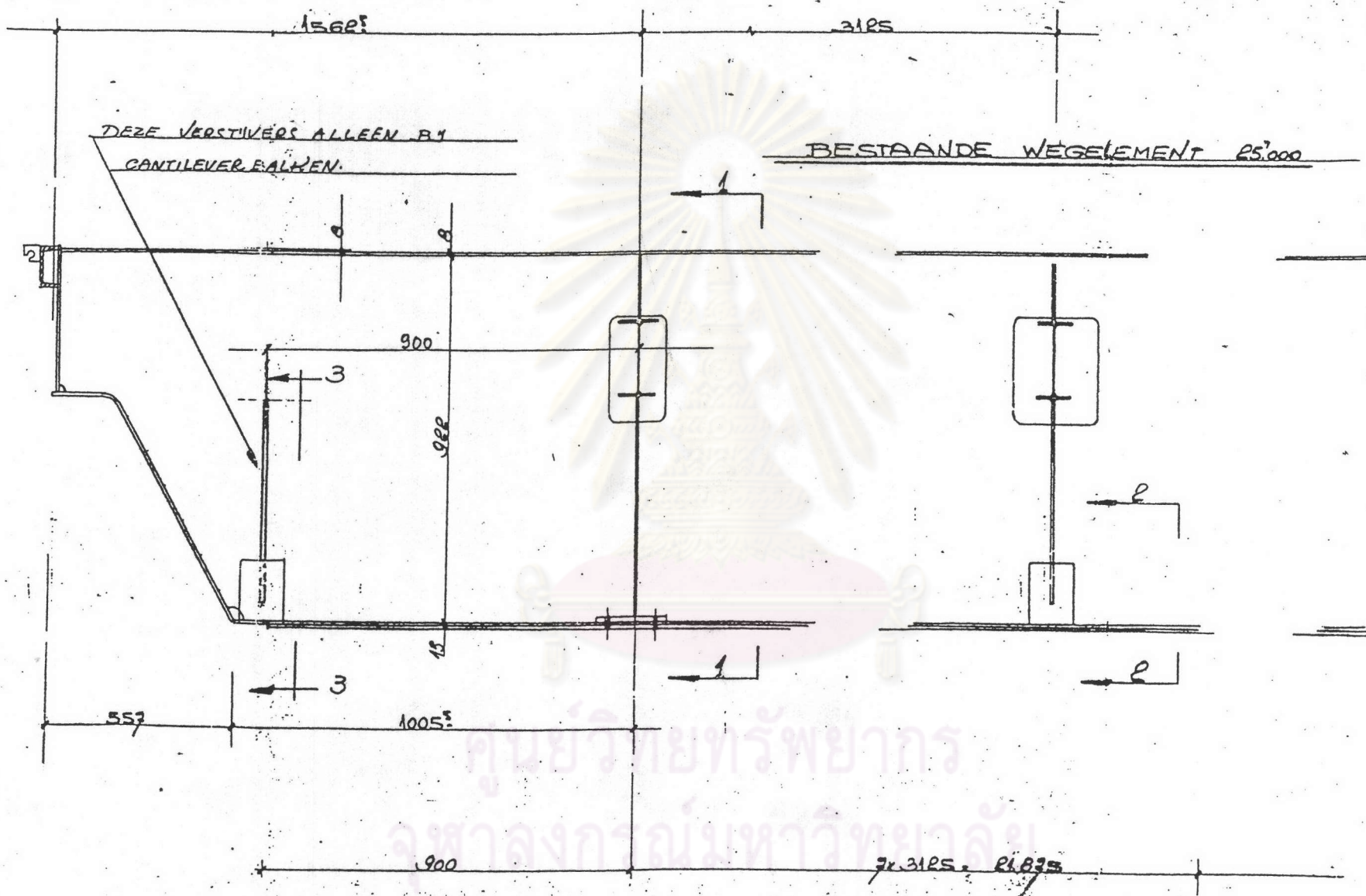
รูป 2.1-2.11 แสดงสถานที่ตั้ง แพลน รูปตัด และรูปถ่าย ของสะพานลอยไทย-เบลเยียม



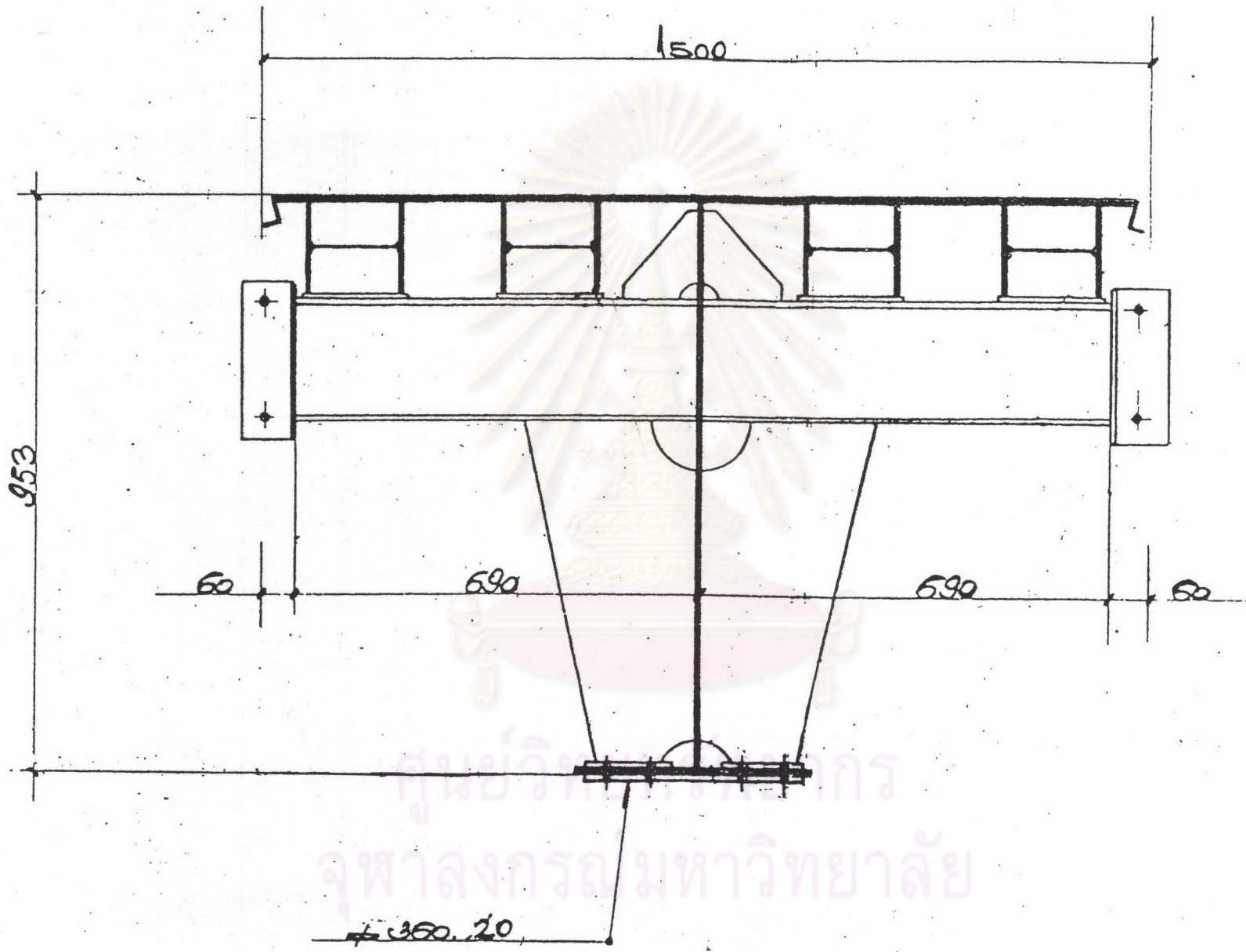
รูป 2.1 แผนที่แสดงที่ตั้งของสะพานลอยไทย-เบลเยียม



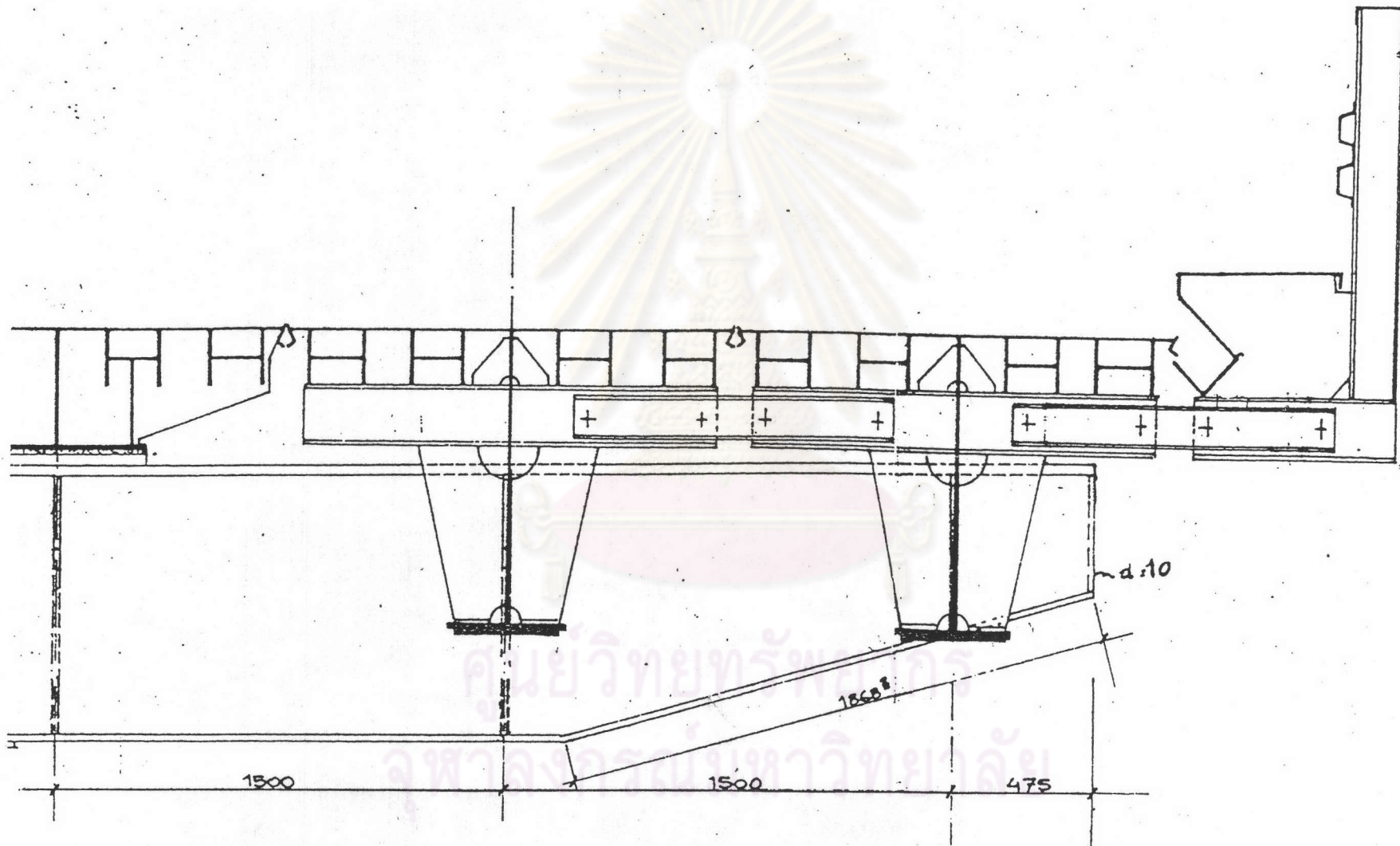
รูป 2.3 รูปตัดของสะพานลอยไทย-เบลเยียม



รูป 2.4 รูปตัดตามยาวของคานประกอบ (Plate girder)



รูป 2.5 รูปตัดของคานประกอบ (Plate girder)



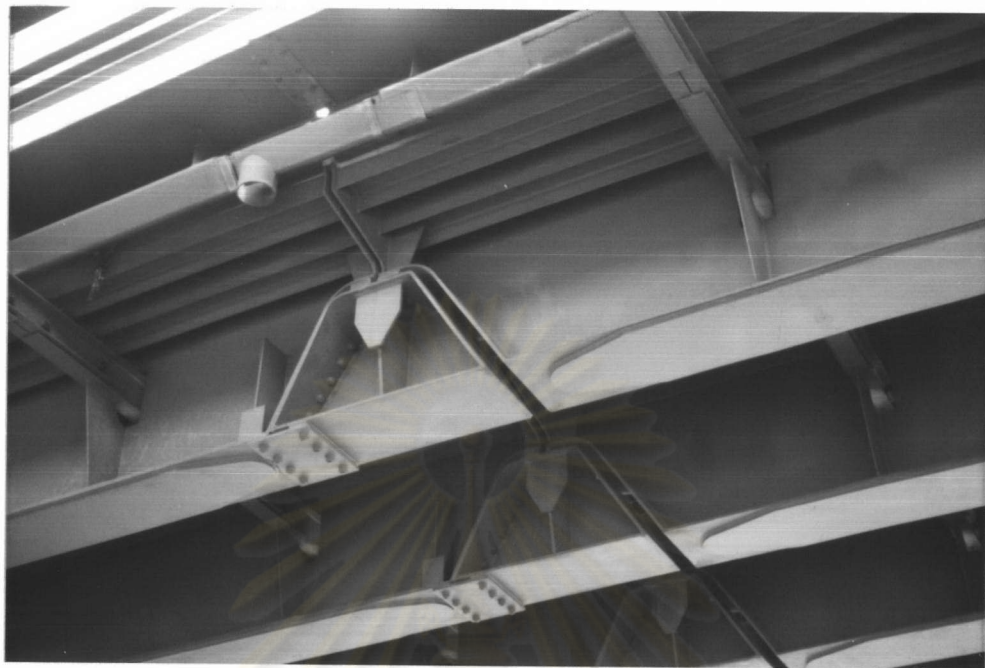
รูป 2.6 รูปตัดแสดงทางเท้า



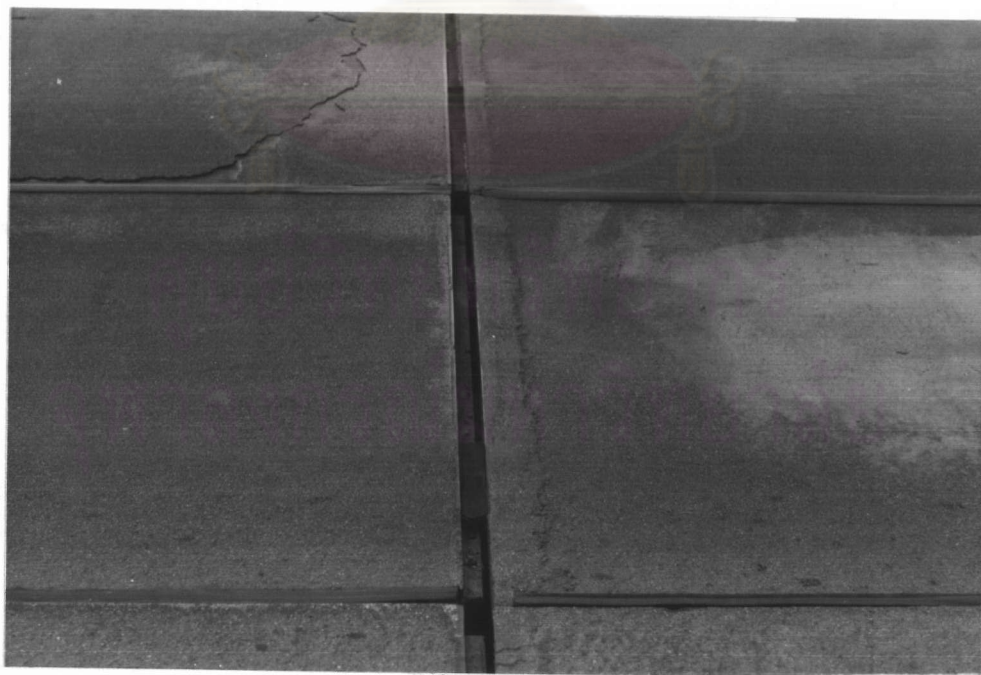
รูป 2.7 รูปถ่ายแสดงระบบคานของสะพานลอยไทย-เบลเยียม



รูป 2.8 รูปถ่ายแสดงระบบรองรับของคาน



รูป 2.9 รูปถ่ายแสดงจุดต่อ (Hinge) ที่ Span 30 เมตร



รูป 2.10 รูปถ่ายแสดงพื้นผิวสะพาน (Tar epoxy) และ Expansion joint ที่ชำรุด



รูป 2.11 รูปถ่ายแสดงยวดยานที่แล่นบนสะพาน

2.2 ผลงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Csagoly, Campbell และ Agarwal (1972) ได้ทดสอบการสั่นสะเทือนของสะพานแบบต่อเนื่อง (ดูตาราง 2.1) และทำการวัดค่า Impact value โดยใช้ Deflectometer รูปแบบการทดสอบแสดงไว้ในรูป 2.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.1 ผลการทดสอบสะพานแบบต่อเนื่อง

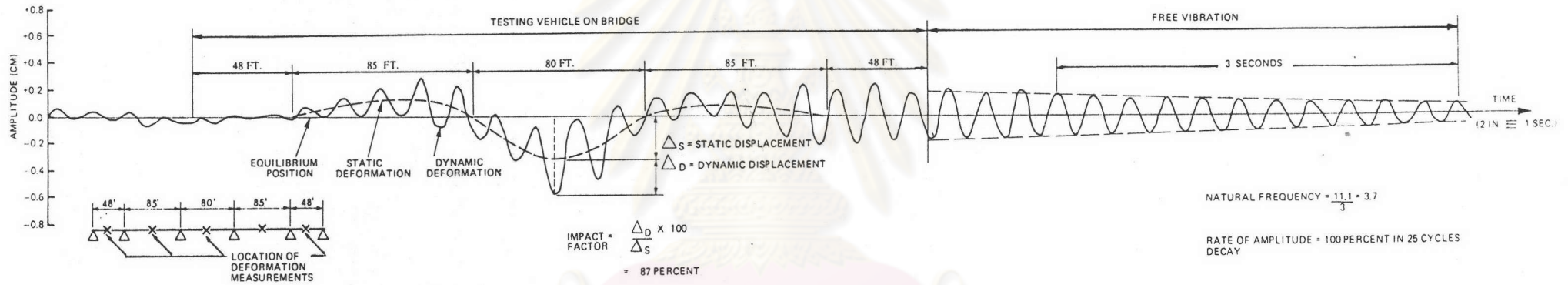
STRUCTURE	LOCATION	TYPE	SPANS IN FT.	IMPACT* VALUE	FREQUENCY VIBRATION CPS
1. Bridge No. 15	Hwys. 401-427 Interchange	Voided Post- Tensioned Concrete Deck	48, 85, 80 85, 48	87%	3.7
2. Quinte Skyway	Hwy. 49	Plate Girder Concrete Slab	140, 150, 150	41%	4.1
3. Thames River Bridge	Wardsville	Plate Girder with Cantilever Suspended Span	100, 140, 100	39%	3.4
4. Seine River Bridge	Hwy. 11	Plate Girder Concrete Slab Inclined Legs	85, 110, 85	78%	2.8
5. Rouge River Bridge	Hwy. 401	Steel Truss with Cantilever Suspended Span	84, 115, 115, 84	55%	2.6
6. Thames River Bridge	London Ontario	Plate Girder Concrete Slab	102, 128, 128 102	66%	3.2
7. McCowan Road Bridge	Hwy. 401	Voided Post- Tensioned Concrete Deck	118, 148, 118	55%	2.7
8. Sydenham River Bridge	Strathroy	Post-Tensioned Concrete Deck	30, 55, 30	10%	5.8
9. Waubashene Railway Bridge	Hwy. 103	Reinforced Concrete Deck	65, 90, 65	27%	3.6
10. Bronte Creek Bridge	Tansley Hwy. 5	Steel Trusses Concrete Deck	150, 200, 200 150	47%	2.9
11. Conestogo River Bridge	Hwy. 85	Steel Low-Truss Concrete Deck**	94, 94	28%	3.0

* Impact Value = (dynamic deflection ; static deflection) x 100

** Simply supported with exceptionally wide deck

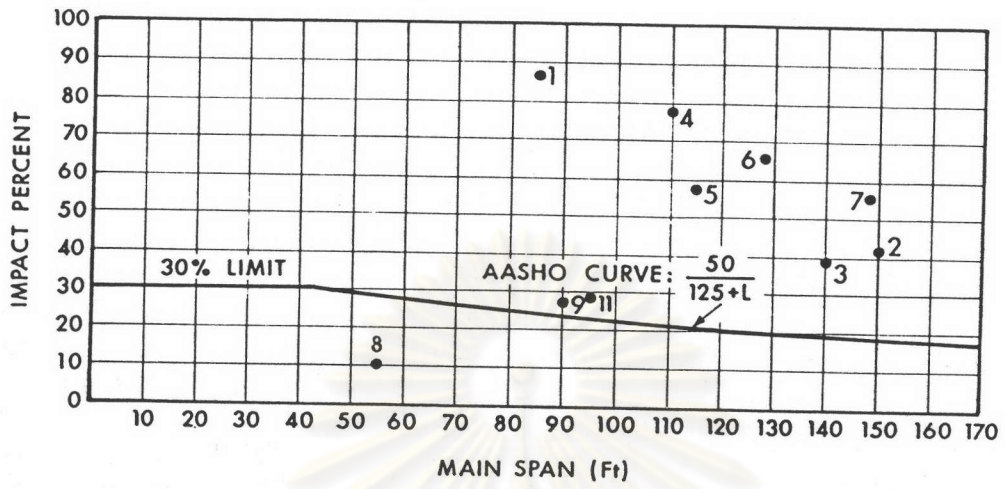
ผลการทดสอบปรากฏตามตาราง 2.1 แสดงไว้ในรูป 2.13 ซึ่งเปรียบเทียบกับ AASHTO formula ข้อกำหนดการออกแบบสำหรับการล้นสะพาน Impact factor ซึ่งเป็น Function ของช่วงความยาวสะพาน ($50/L + 125$) โดยค่ามากที่สุดไม่เกิน 30 เปอร์เซนต์ (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

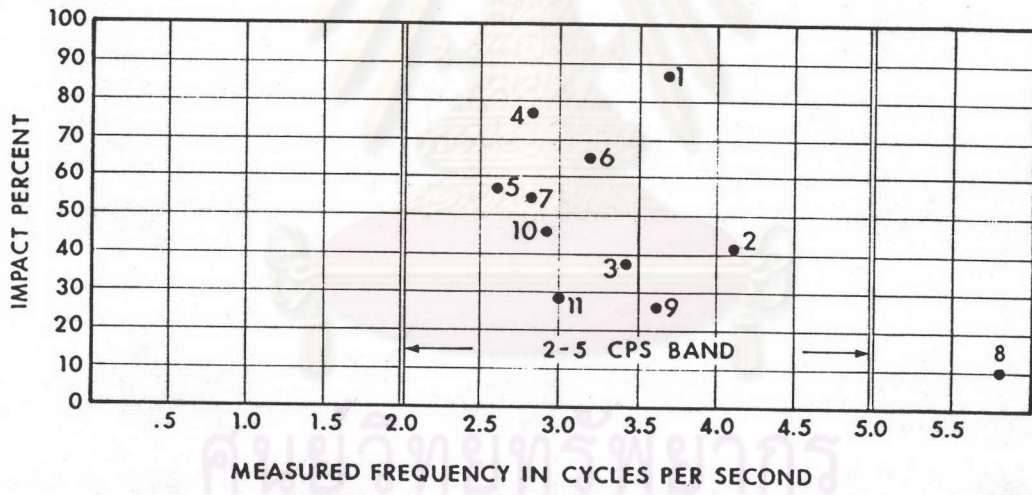


รูป 2.12 Dynamic deformation profile ของสะพานหมายเลข 15

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2.13 a



รูป 2.13 b

รูป 2.13 ผลการทดสอบการสั่นสะเทือนของสะพาน ค.ศ. 1969-1971

จากการทดสอบพบว่า ถ้าความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) ของสะพาน อยู่ในช่วง 2-5 รอบต่อวินาที (cps) ค่า Impact factor จะเกินข้อกำหนดของ AASHTO

พารามิเตอร์ที่สำคัญของการตอบสนองทางพลวัต (Dynamic response) ของโครงสร้างคือ ความถี่ธรรมชาติของโครงสร้าง Csagoly และคณะ (1972) แนะนำว่า สำหรับสะพานแบบต่อเนื่อง ความถี่ธรรมชาติควรจะมีค่ามากกว่า 5 cps ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยง ภัยพิบัติการสั่นพ้อง (Resonance) ของความถี่ธรรมชาติกับความถี่ป้อนเข้า (Input frequency) จากรถบรรทุกหนัก ซึ่งมีความถี่ (Bounce and pitch type) อยู่ในระหว่าง 2-5 cps สำหรับสะพานวางบนช่วงธรรมดา (Simply supported) ความถี่ธรรมชาติอาจน้อยกว่า 5 cps ได้เล็กน้อยโดยไม่เกิดปัญหาการสั่นสะเทือน

Csagoly และคณะ (1972) ได้สรุปถึงพารามิเตอร์ใหญ่ ๆ 2 อย่างที่มีผลต่อความถี่ ธรรมชาติ หรือพลศาสตร์ของโครงสร้าง คือ อัตราส่วน (Ratio) ช่วงความยาวของสะพาน ที่อยู่ติดกัน (L_1/L_2) และอัตราส่วนของ Longitudinal flexural rigidity กับ Dead load (EI/m)

Whiffin และ Leonard (1972) จาก RRL ของประเทศอังกฤษ ได้ทำการวัด การสั่นสะเทือนของสะพานโดยวัดการโก่งตัว (Deflections) และความถี่ที่จุดกึ่งกลางช่วง ความยาวของสะพาน และคำนวณหาค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด ($PPV = 2\pi fA$) ผลการทดสอบ แสดงไว้ในตาราง 2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.2 ผลการทดสอบสะพานโดย Road Research Laboratory (ค.ศ. 1966-1970)

Bridge type and description	Form of excitation	Max. mean deflection*(i.e. long period amplitude (mm))	Max. amplitude of superimposed deflection (mm)	Frequency of superimposed deflection (Hz)	Equivalent velocity of superimposed vibration (mm/s)	Damping factor (Log decrement)
3 span simply supported steel lattice 22m-22m-22m Deck:- clay base with bituminous surface	2 axle test vehicle (axle loads 3150Kg-8580Kg) at 20 km/h	1.57	0.61	4.15	15.9	0.050
3 span simply supported steel lattice 22m-22m-22m Deck:- concrete base with bituminous surface	2 axle test vehicle (axle loads 3150Kg-8580Kg) at 24.5 km/h	1.60	0.71	4.35	19.4	0.066
4 span continuous 17m-22.5m-22.5m-18.3m concrete decking on continuous steel beams	2 axle test vehicle (axle loads 3810Kg-10100Kg) at 24 km/h regular 4 ft. pitch surface corrugations	0.89	0.94	3.75	22.2	-
4 span continuous 17m-22.5m-22.5m-18.3m concrete decking on continuous steel beams	2 axle test vehicle (axle loads 3810Kg-10100Kg) at 24 km/h after re-surfacing	0.86	0.43	3.75	10.1	-
Single span simple supported 36.6m concrete overbridge	2 axle test vehicle (axle loads 4060Kg-10670Kg) at 40 km/h	1.04	0.48	2.32	7.0	0.048
Double span simple supported 19.2m-19.2m concrete overbridge	Maximum observed general traffic at 24.0 km/h	0.25	0.10	4.90	3.1	0.193

ตาราง 2.2 (ต่อ)

Bridge type and description	Form of excitation	Max. mean deflection*(i.e. long period amplitude (mm))	Max. amplitude of superimposed deflection (mm)	Frequency of superimposed deflection (Hz)	Equivalent velocity of superimposed vibration (mm/s)	Damping factor (Log decrement)
Double span simple supported 19.2m-19.2m concrete overbridge	Maximum observed general traffic at 20.0 km/h	0.28	0.20	5.55	7.0	0.193
Single span cantilever and suspended span steel river bridge 50.6m-33.5m suspended span	Maximum observed general traffic at 26.5 km/h	2.64	0.99	3.05	19.0	0.069

* At centre of span monitored

Note: In all cases higher levels of vibration could be excited using a moving oscillatory load tuned to the natural frequency of the bridge.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Linger และ Hulsbos (1962) ได้ศึกษาการสั่นสะเทือนของสะพานแบบต่อเนื่องเมื่อมีขบวนรถวิ่งผ่าน (Forced vibration of continuous highway bridges) ได้หาความสัมพันธ์ของ Forced vibration กับ Dynamic impact ที่เกิดขึ้น โดยคิดว่าผลของขบวนรถเป็น Oscillating forcing function มีความถี่เท่ากับความถี่ของการผ่านของเพลลา (Frequency of repetition) และน้ำหนักทั้งหมดของขบวนรถจะเป็นน้ำหนักให้เกิดการสั่นสะเทือน ได้ผลสรุปว่าลักษณะของ Impact จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างความถี่ของการผ่านของเพลลากับความถี่ธรรมชาติของสะพาน เมื่อความถี่ทั้ง 2 ค่านี้มีค่าเกือบเท่ากัน ค่า Impact จะมีค่ามาก คือจะเกิด Resonance ของระบบ

วรุณ คุณวาสิ และคณะ (2529) ได้ทำการวัดระดับการสั่นสะเทือนของสะพานลอยอโศก เนื่องจากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยใช้ Velocity transducer ได้ความเร็วของการสั่นสะเทือน (Forced vibration) มีค่ามากที่สุดเพียง 1.13 มม.ต่อวินาที ที่ความถี่ 18 รอบต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย