

Аналіз можливості застосування сучасних синтетичних матеріалів при будівництві пішохідних мостів

Виконав студент гр. МТ-V-I

Керівник роботи, професор

В.А. Теміргалієв

К.В. Медведєв

Мета дослідження:

Глобальною метою дослідження є пошук форм застосування інноваційних матеріалів для будівництва мостів.

В роботі наводиться числовий аналіз напружено-деформованого стану конструкцій мостів: із матеріалу FRP та традиційної гібридної сталі-залізобетонної і виконується їх техніко економічне порівняння

Задачі дослідження:

- провести аналіз фізико-механічних властивостей синтетичних матеріалів;
- проаналізувати можливість застосовуватись їх в будівництві транспортних споруд;
- розробити пропозиції конструкцій пішохідного мосту з застосуванням синтетичних матеріалів;
- виконати техніко-економічний порівняння конструкцій з застосуванням синтетичних матеріалів та традиційними матеріалами;

Армовані полімерні матеріали

не металеві волокна
(скло, вуглець, арамід)

Цемент-матриця

Армований бетон
FRP

- коротке волокно;
- текстильне армування;
- тросове армування;
- попереднє напруження;

Полімер-матриця
(поліестер, епоксидна смола)

Напружені елементи

- смуги;
- ремені;
- троси і кабелі;
- листи / каркаси;

Системи жорстких
елементів

- профілі;
- палуби ПЧ;
- прикріплююча тех.;
- датчики;

Ремонт і
підсилення

Гібридна нова
структура

Цільнокомпозитна
нова структура

Конструкції з армованого пластику

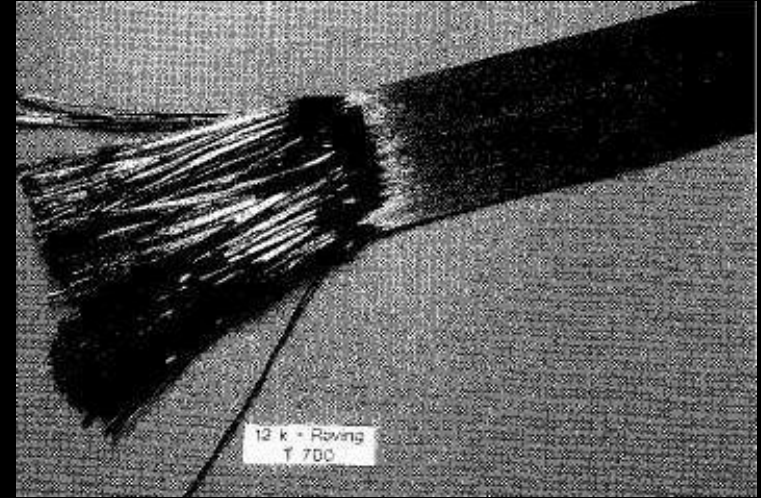
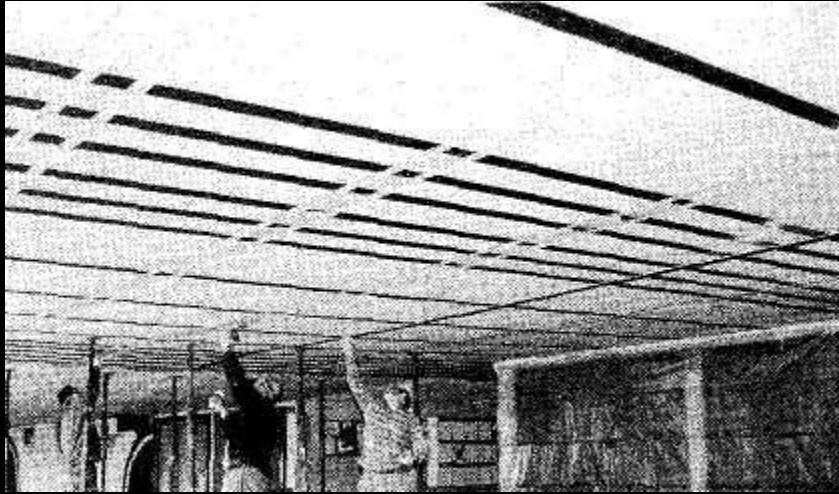


Рис.1 Зміцнювальні смуги

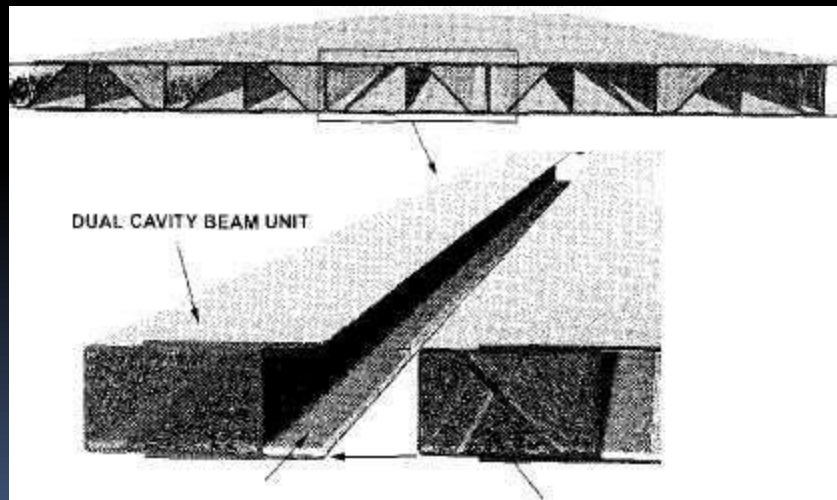


Рис.2 Проїзна частина «Dura Span»



Рис.3 Профіль

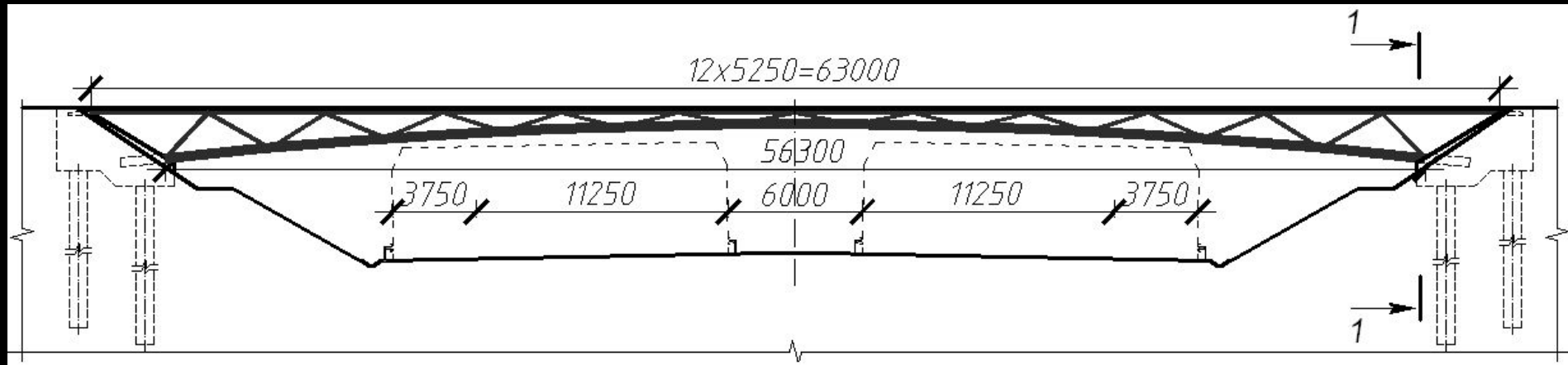
Фізико-механічні властивості волокон різного типу

Характеристика	Од- вим.	Е-скловолокно	Вуглецеві волокна	Волокна "Aramid"
Поріг міцності	МПа	3500	2600..3600	2800..3600
Модуль Пружності E	ГПа	73	200...400	80..190
Видовження при відмові	%	≈ 4,5	0,6..1,5	2..4
Щільність	г/см ³	2,6	1,7..1,9	1,4
Коефіцієнт теплового розширення	10 ⁻⁶ /К	5 ÷ 6	осьовий: -0,1...-1,3, радіальний: 18	-3,5
Діаметр волокна	мкМ (μm)	3...13	6..7	12
Волокниста структура		ізотропна	анізотропна	анізотропна

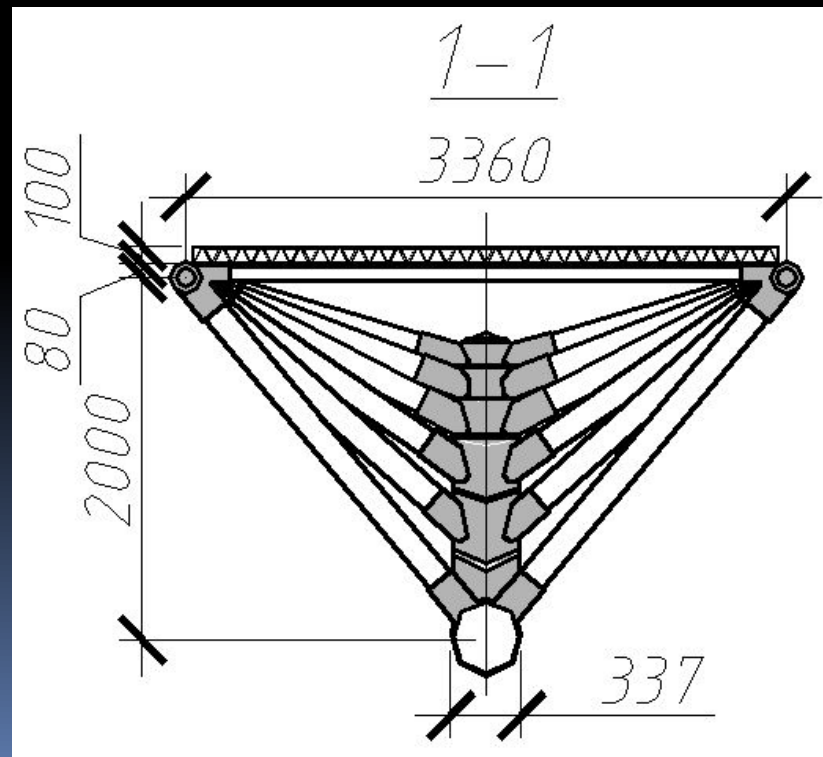
Характеристика	Одиниця вим.	Паралельний волокну	Поперечний до волокна
Границя міцності	МПа	200..400	50..60
Границя міцності на стиск	МПа	200..400	70..140
Границя міцності при зсуву	МПа	25..30	
Модуль пружності	ГПа	20..40	5..9
Модуль зсуву	ГПа	3..4	
Щільність	кг/см ³	1,8..1,9	
Вміст волокна	% на вагу	50..70	

Пропозиція конструкції пішохідного мосту

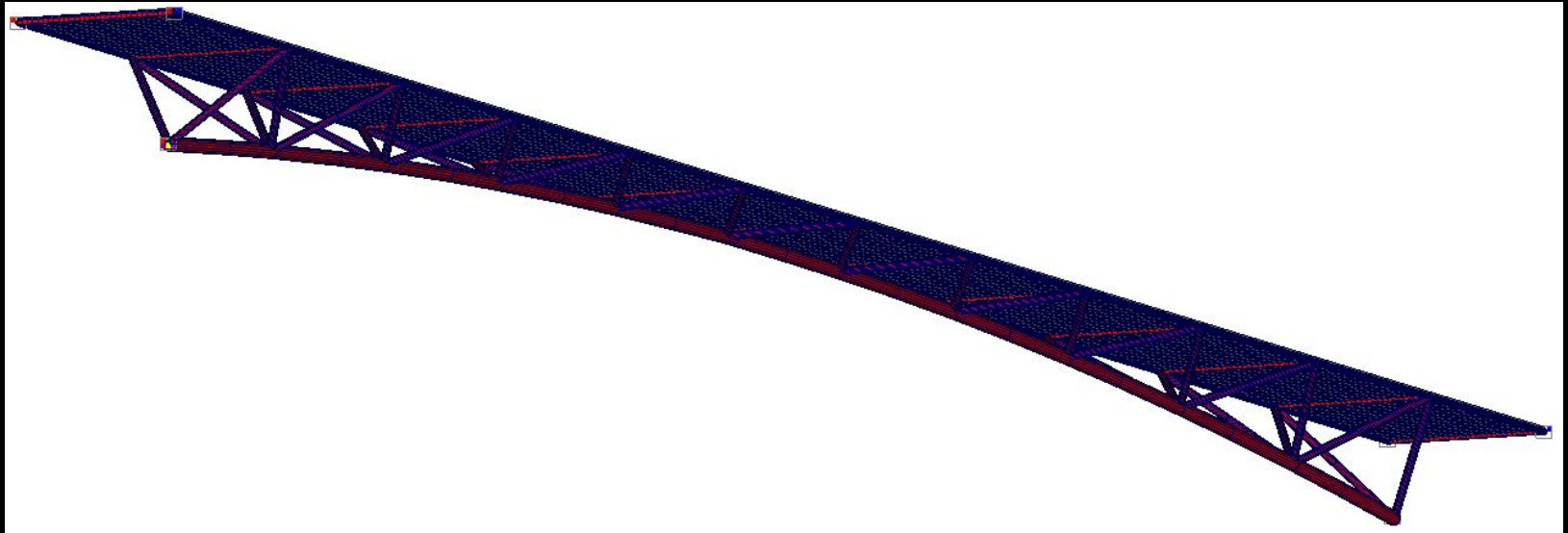
Фасад мосту. Варіант №1



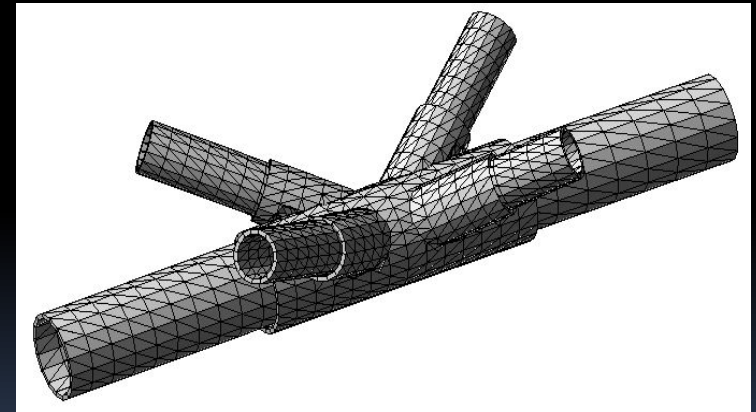
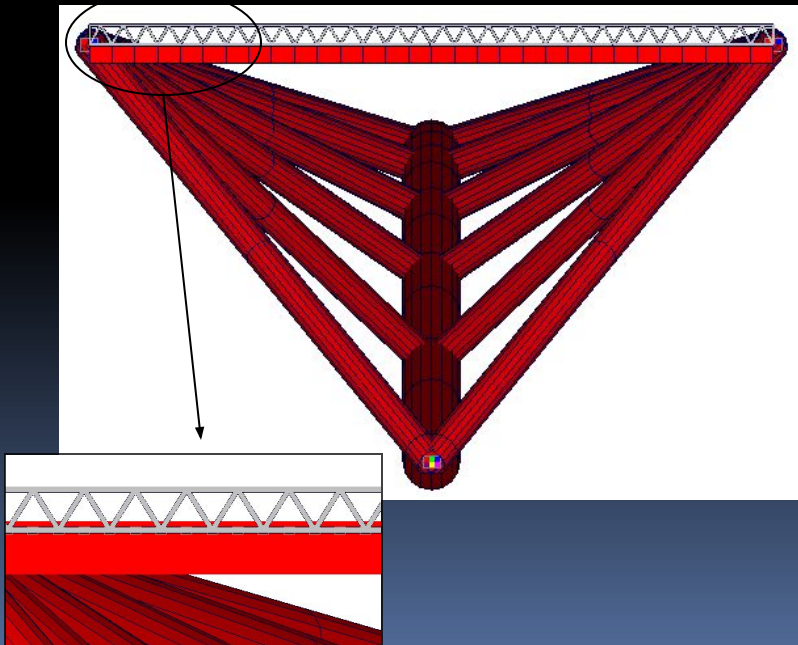
Варіант №1



Моделювання просторової конструкцій варіанту №1



Загальний вигляд SE моделі варіанту №1

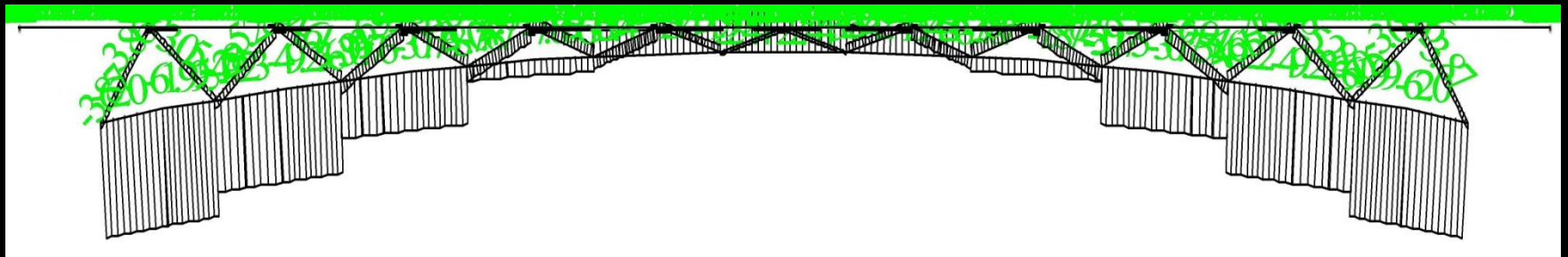


Моделювання окремих вузлів конструкції з GFRP

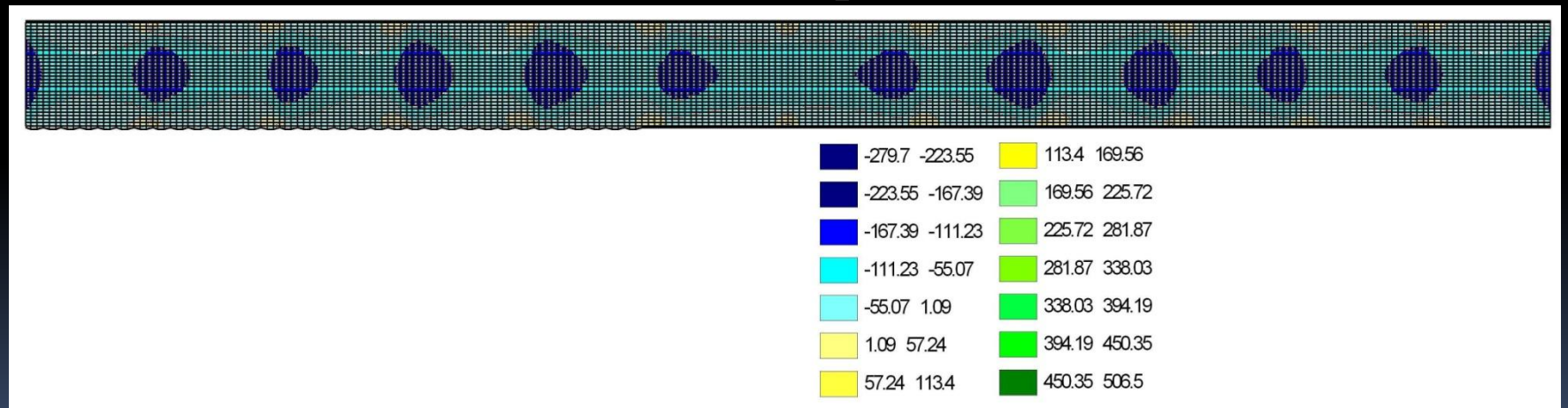
Аналіз НДС варіанту №1



Переміщення моделі по вісі Z.

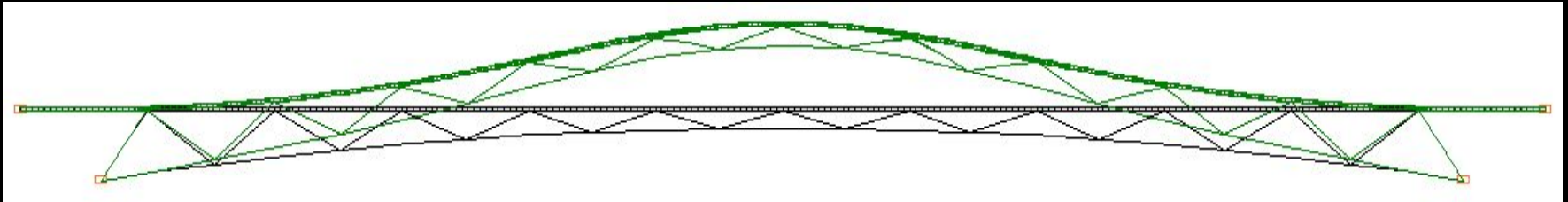


Поздовжня сила в стержневих елементах.

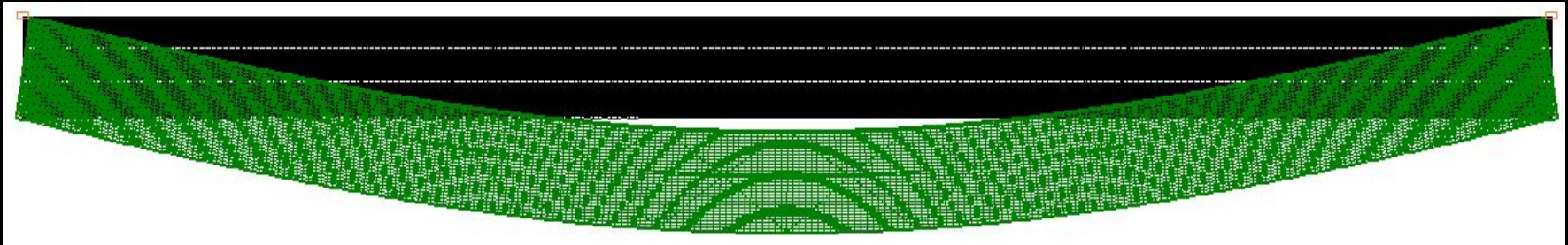


Головні напруження в елементах плити вздовж осі X в розрахункові напруження та переміщення в моделі не перевищують нормативних.

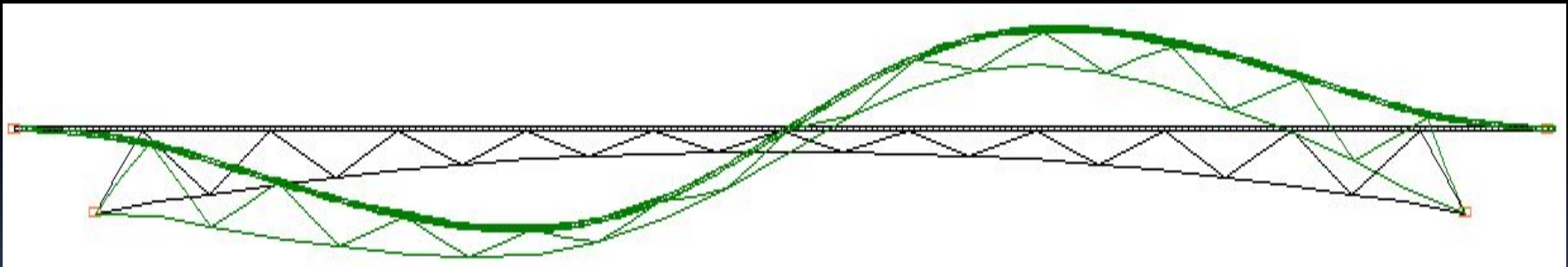
Динамічний розрахунок варіанту №1



1 форма



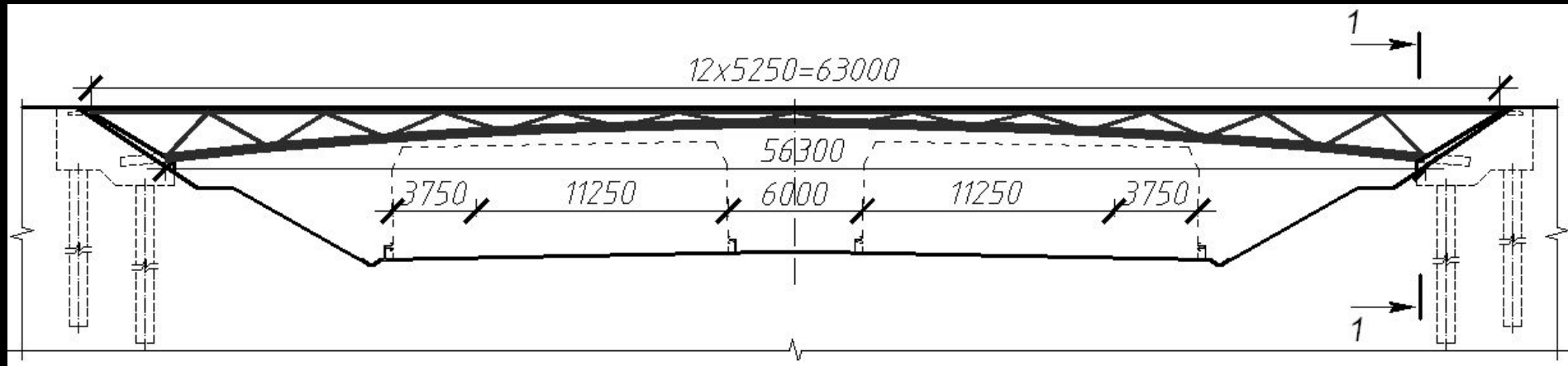
2 форма



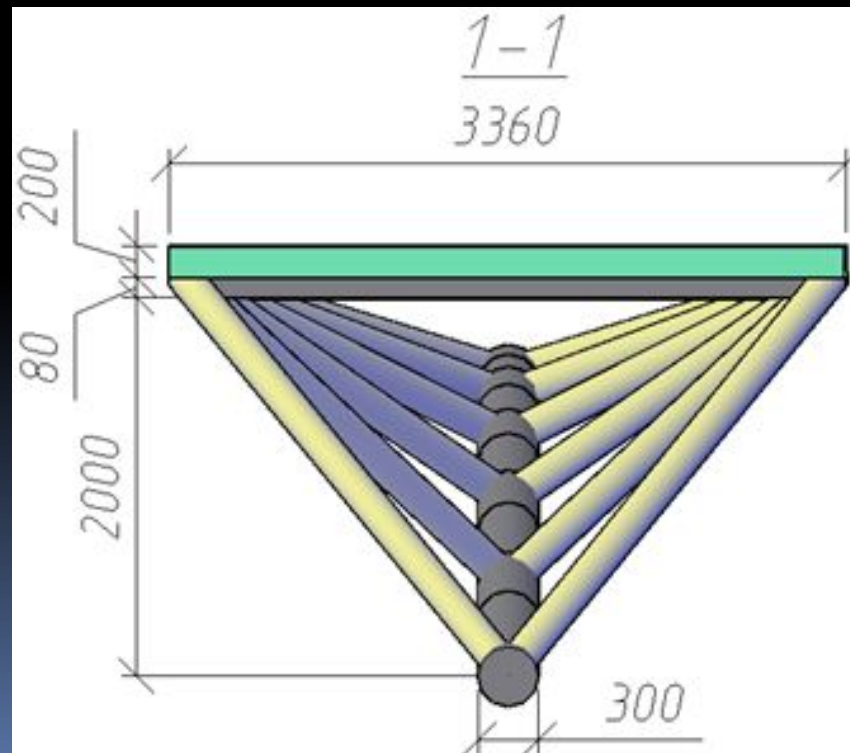
3 форма

Розрахункові характеристики модального аналізу не перевищують нормативні значення.

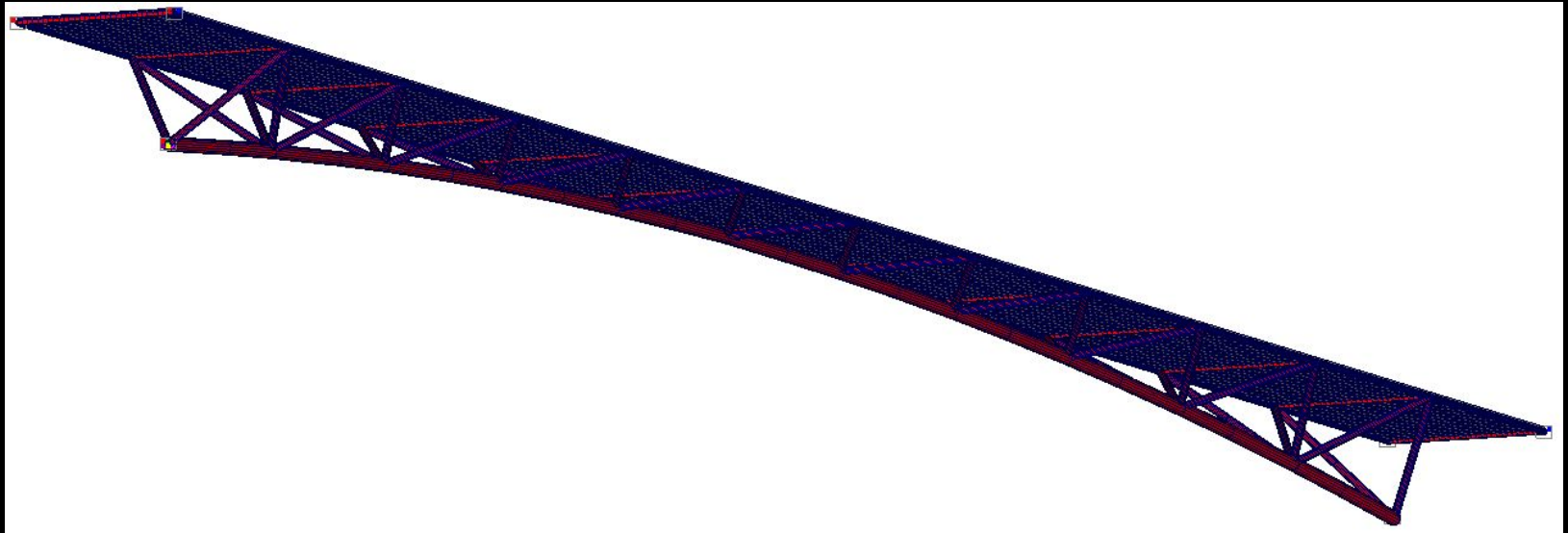
Фасад мосту. Варіант №1



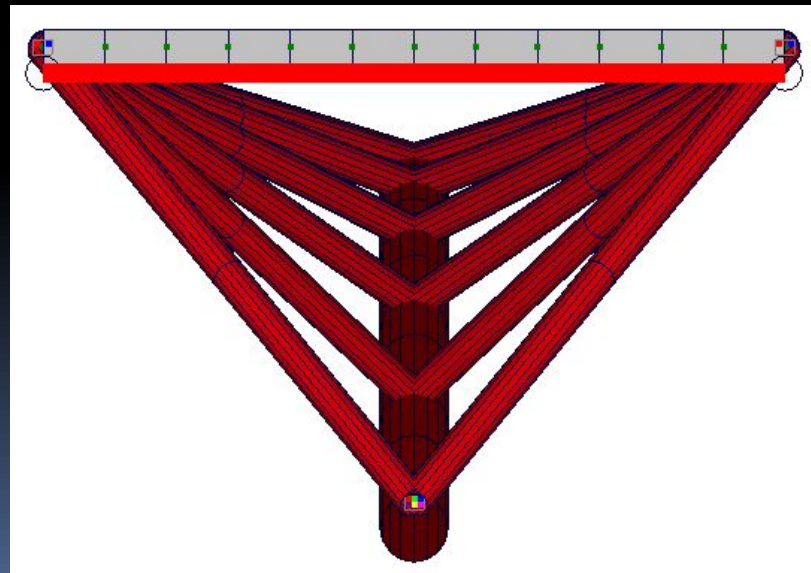
Варіант №2



Моделювання просторової конструкцій варіанту №2

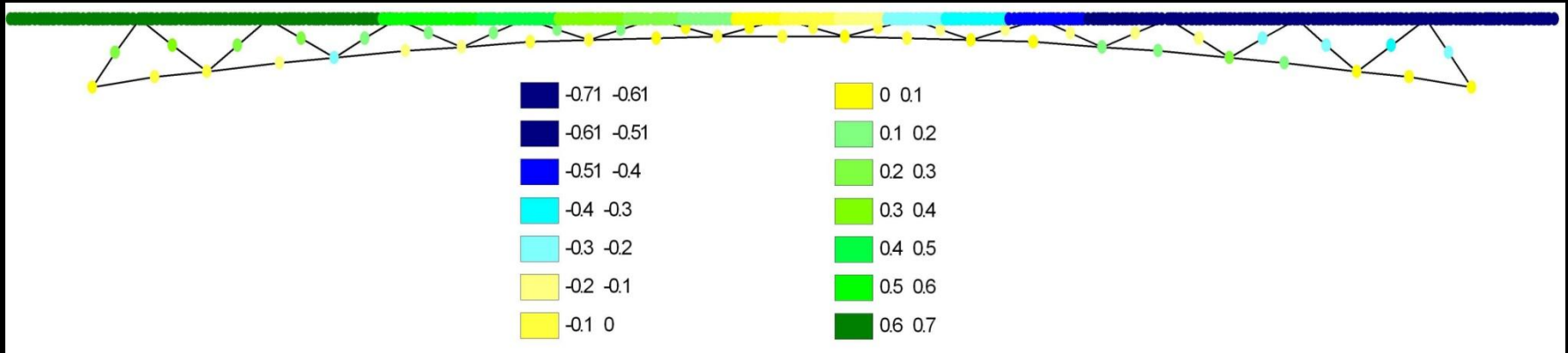


Загальний вигляд СЕ моделі варіанту №1

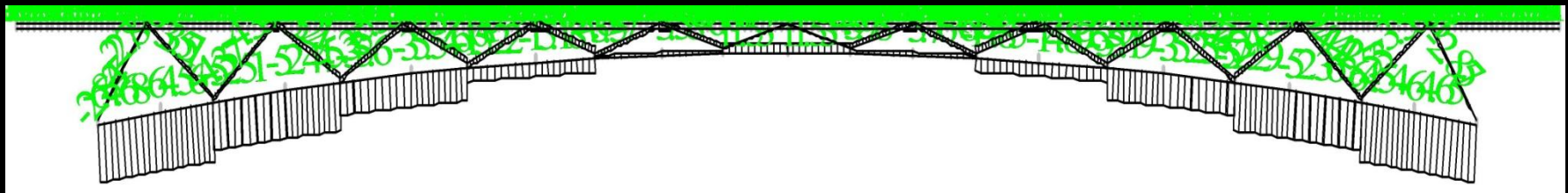


Вигляд збоку СЕ моделі

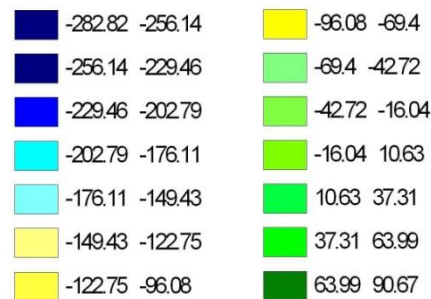
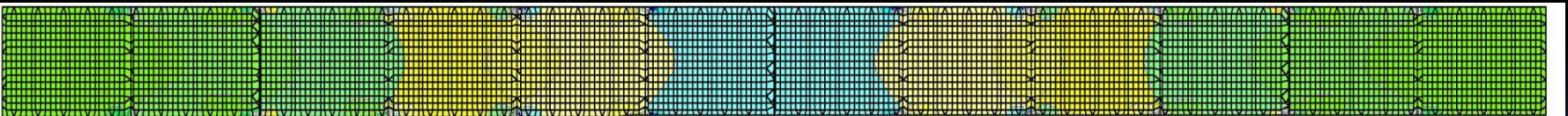
Аналіз НДС варіанту №2



Переміщення моделі по вісі Z.

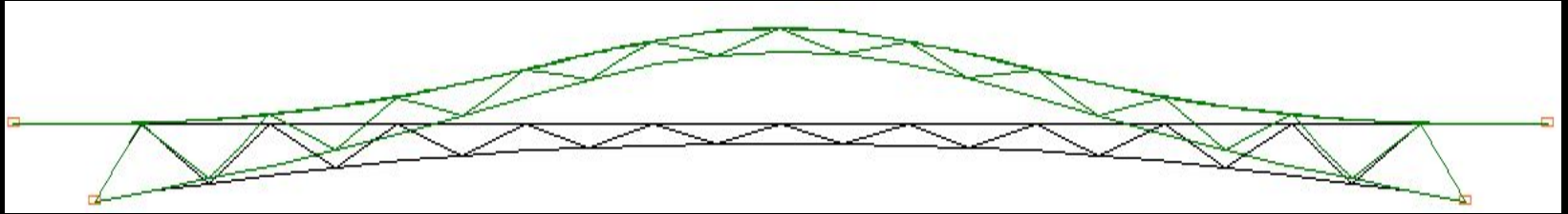


Поздовжня сила в стержневих елементах.

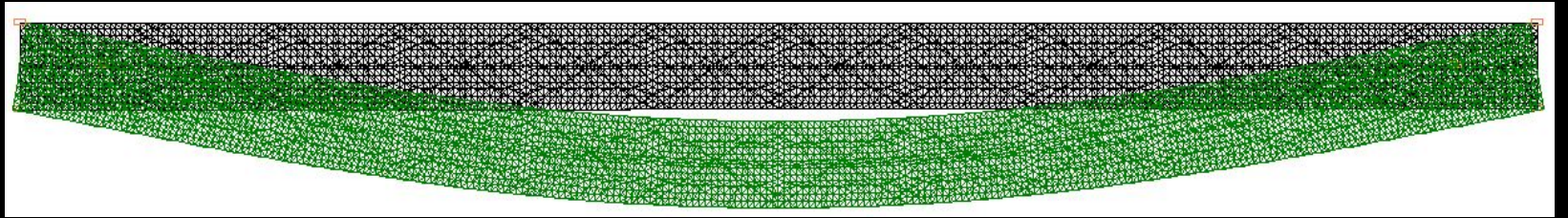


Головні напруження в елементах плити вздовж осі X в

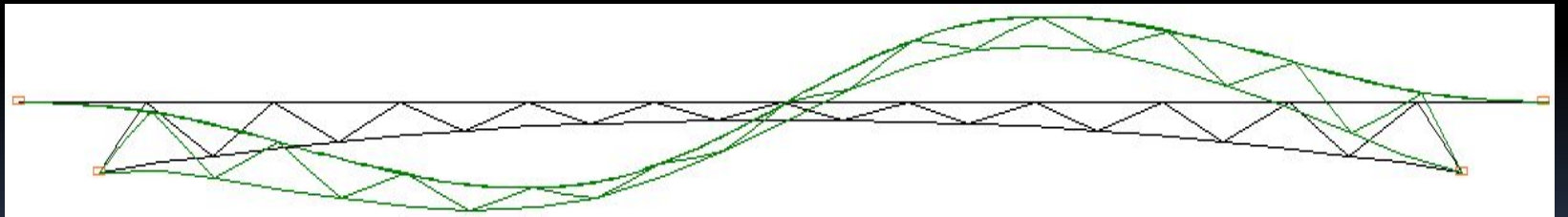
Динамічний розрахунок варіанту №2



1 форма



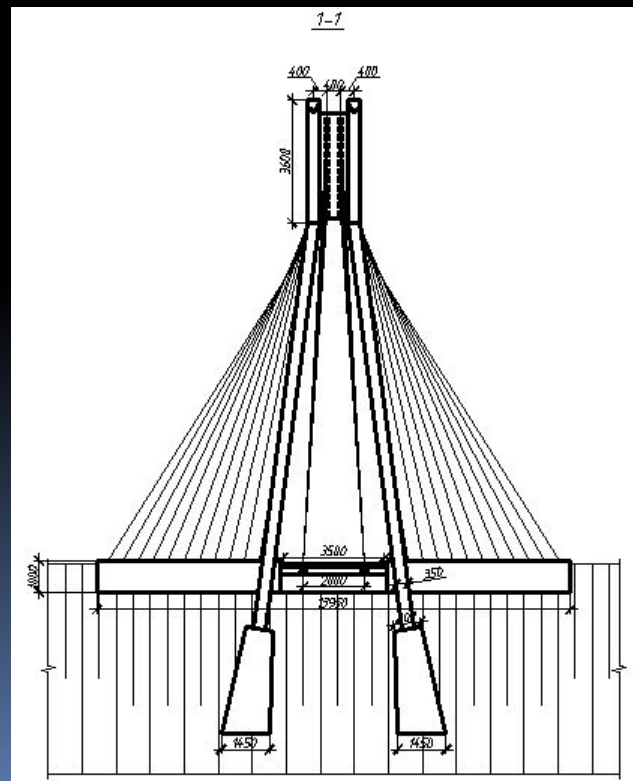
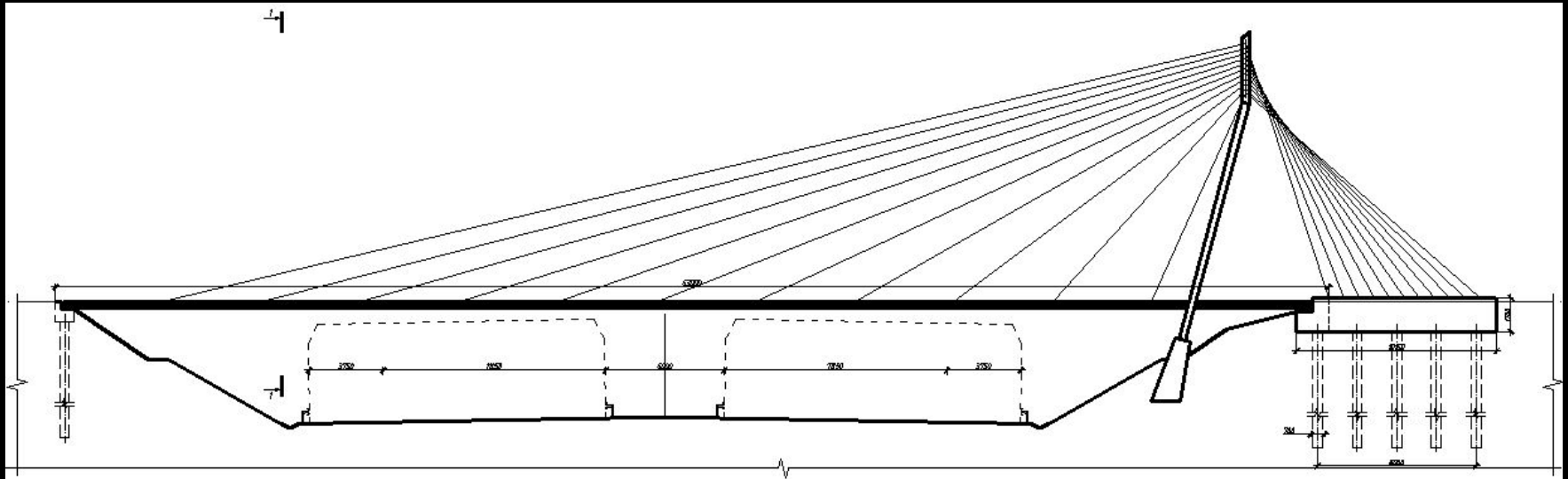
2 форма



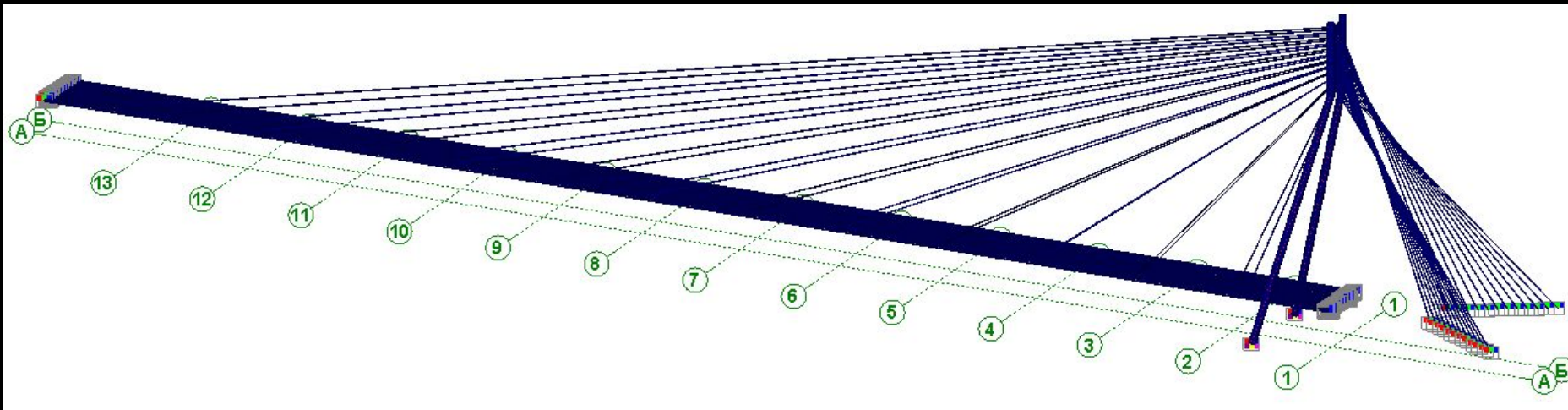
3 форма

Розрахункові характеристики модального аналізу не перевищують нормативні значення.

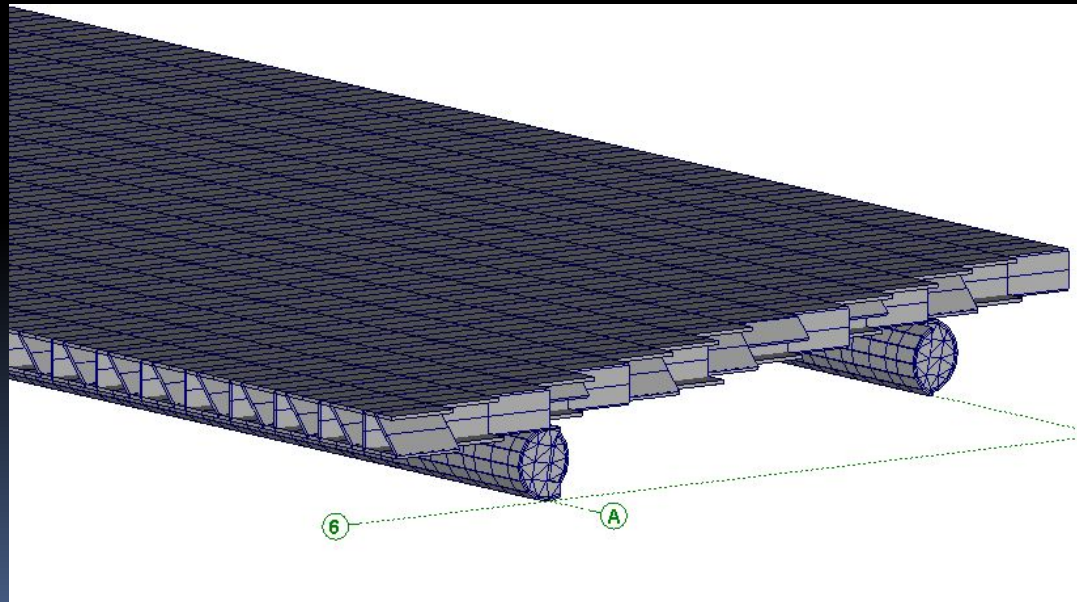
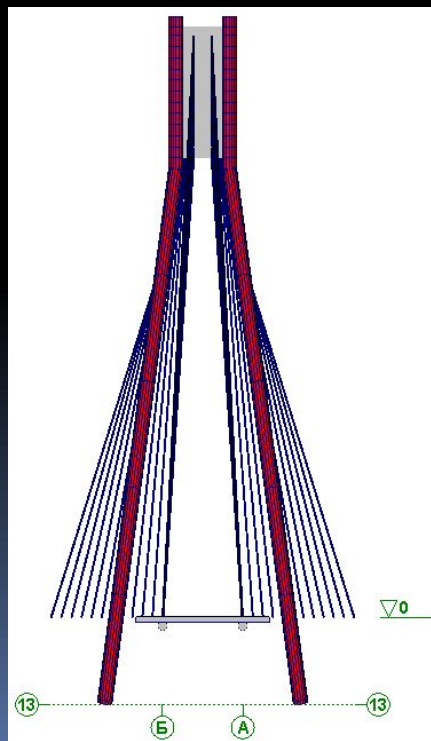
Фасад мосту та поперечний переріз. Варіант №3



Моделювання просторових конструкцій

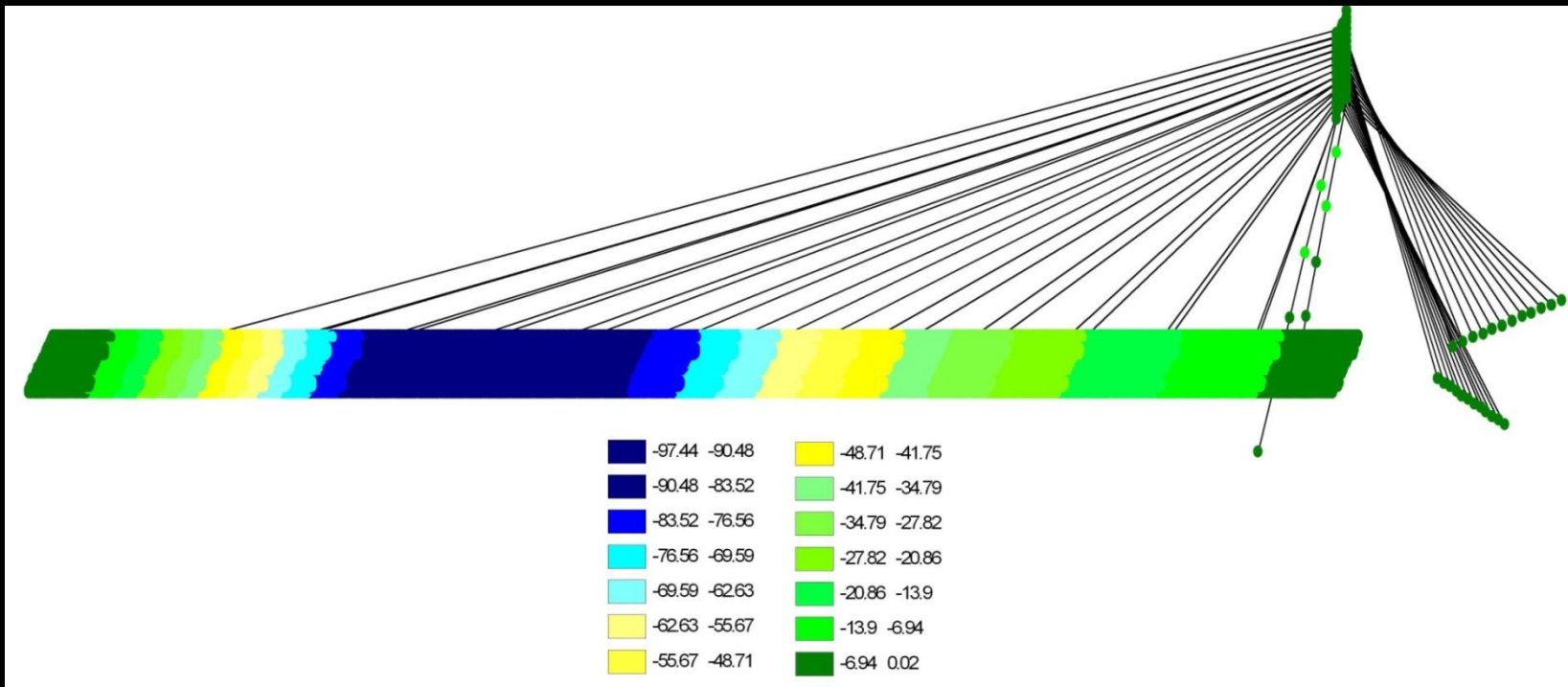


Загальний вигляд розрахункової моделі. Варіант №3

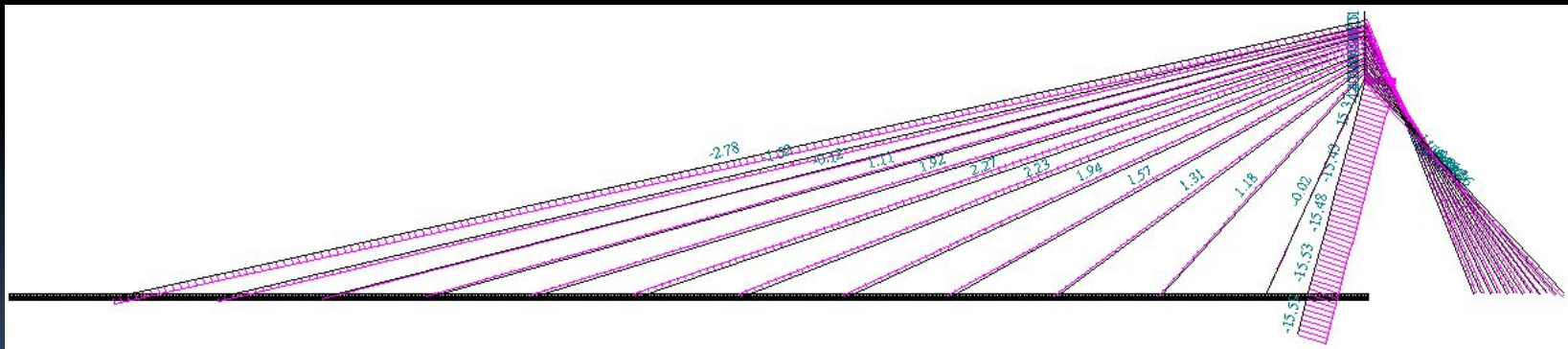


Фрагмент скінченно-елементної моделі плити

Аналіз НДС варіанту №3

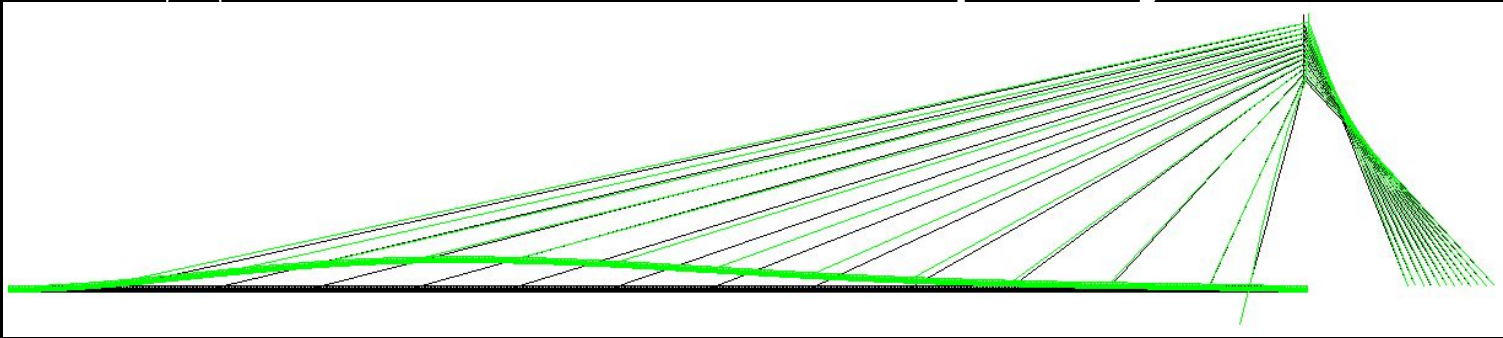


Переміщення по вісі Z.

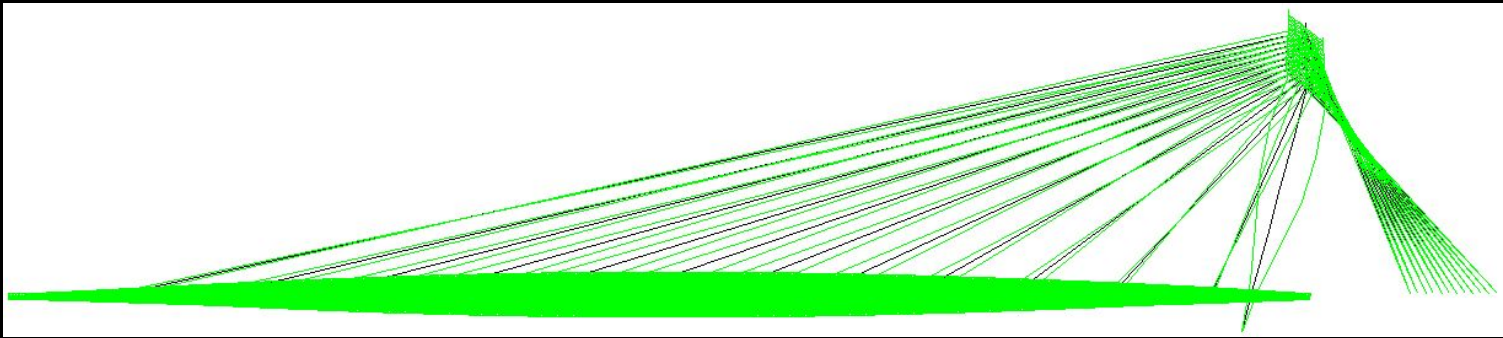


Поздовжня сила в стержневих елементах моделі. Варіант №3
Розрахункові напруження та переміщення в моделі не перевищують нормативних.

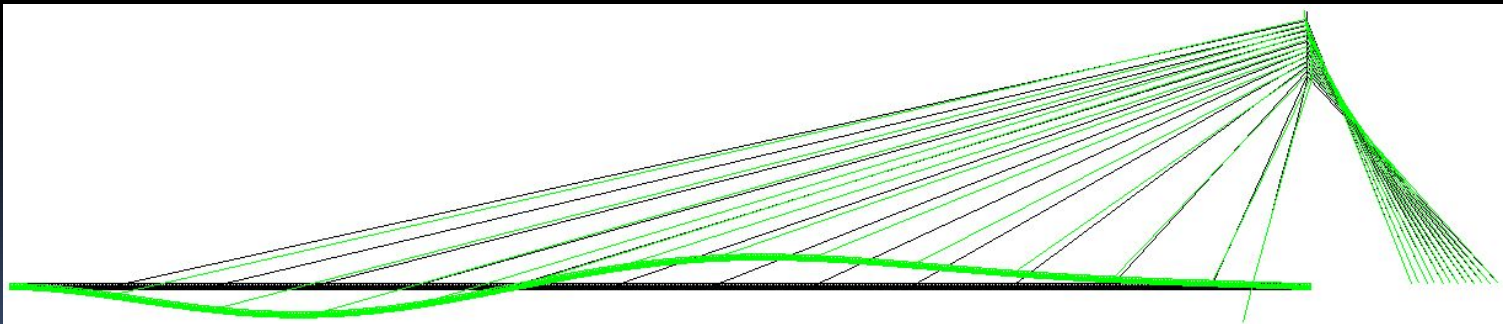
Динамічний аналіз варіанту №3



1 форма





2 форма



3 форма

Розрахункові характеристики модального аналізу не перевищують нормативні значення.

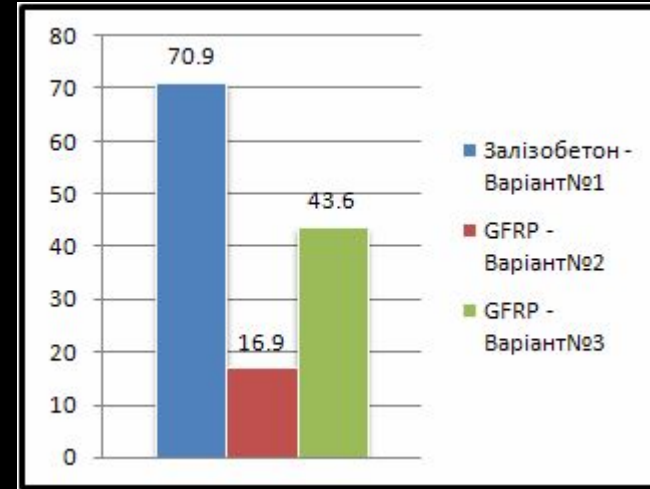
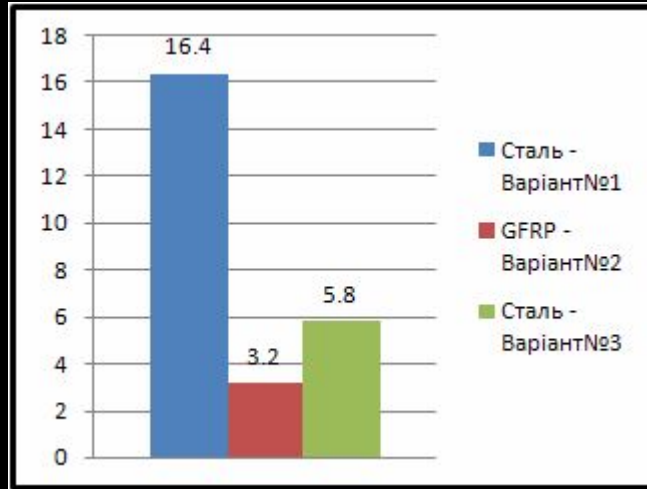
Результати скінченно-елементного аналізу для аркових моделей

Найбільш завантажений елемент	Переріз	GFRP модель				Сталезалізобетонна модель			
		Ø, м	товщина, м	N, кН	My, кН	Ø, м	товщина, м	N, кН	My, кН
в замку арки		0.273	0.02	-8.3	7.2	0.299	0.03	-38.2	-36.3
в п`яті арки		0.273	0.02	-265.2	-30.3	0.299	0.03	-495	-55.8
крайній розкос арки		0.152	0.006	-7.3	-0.07	0.168	0.08	-46.2	-0.16
повздовжній елемент плити		0.108	0.006	-1.72	-0.1	0.127	0.005	-6.8	0.12
поперечний елемент плити		0.08	0.006	1.1	0.1	0.08	0.005	0.8	0.1

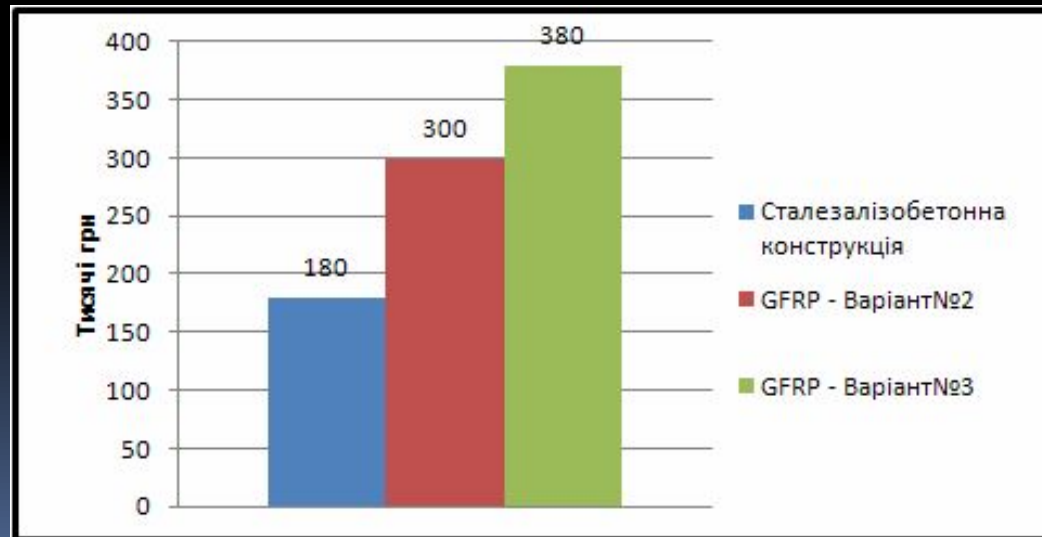
Результати модального аналізу

№ форми коливань	Варіант №1 FRP		Варіант №2 Сталезалізобетон		Варіант №3 FRP	
	Період коливань, сек	Частота коливань, Гц	Період коливань, сек	Частота коливань, Гц	Період коливань, сек	Частота коливань, Гц
1	0.765	1.308	0.695	1.438	0.534	1.873
2	0.685	1.46	0.636	1.572	0.267	3.745
3	0.587	1.703	0.533	1.876	0.258	3.876

Техніко-економічне порівняння варіантів



Вага матеріалів варіантів конструкцій в тоннах:
а) матеріалів несної конструкції ; б) матеріалів плити



Загальні вартості матеріалів конструкцій

Висновки :

Застосування армованого пластику, в будівництві та реконструкції мостів, на відміну від традиційних матеріалів, має такі переваги:

- мала власна вага;
- висока міцність;
- короткий час спорудження (індустріальне виготовлення та простий монтаж);
- корозійна стійкість;
- малі експлуатаційні витрати

Недоліками, що стримують безпосереднє застосування в наш час є:

- вартість синтетичних матеріалів (особливо вуглецевих волокон);
- відсутність досвіду відносно тривалих і довгострокових характеристик;

Це дослідження є невеликим кроком вперед на шляху до широкого застосування несних конструкцій мостів з інноваційних синтетичних матеріалів. В роботі показано, що конструкція пішохідного мосту з синтетичного матеріалу FRP є цілком конкурентно-спроможною порівняно з традиційною сталє-залізобетонною.

Показано, що вартість конструкції з FRP в момент будівництва виявляється в 1,5 – 1,8 разів вищою, ніж традиційна. Проте, переваги конструкції з FRP протягом життєвого цілком компенсують початкові втрати при будівництві.

Проведені дослідження лягли в основу статті поданої на конференцію Fottbridge 2011 у Ворцлаві, яка в подальшому була прийнята як доповідь.