УСИЛВАНЕ НА ПЛОСКИ СТОМАНЕНИ ФЕРМИ НА ПОКРИТИЕТО НА ФУТБОЛЕН СТАДИОН

Живко Митков Митев

студент в катедра „Стоманени и дървени конструкции”,

Национален изследователски Московски държавен строителен университет

129337, гр. Москва, Ярославско шосе, № 26, zhivko.mitevv@gmail.com

Abstract: To this day we have seen many cases of accidents of breakdown of steel cover frames as a result of depletion of carrying capacity of their compressive frames. It can be said that in higher frames, like covered constructions of contemporary stadions, the possibility of the compressive bar losing the resistance is bigger than in case of compressive belt. With help of software product the bearing constructions of stadium coverage has been modeled by opening frames, reclined one another. When we start to rise the snow load, which is effecting to the construction by pressure, one of the frames losing its resistance. As a result of this, the all covered constructions had been destroyed. The method has been developed with the hepl of the appearance of local destructions can be avoid and the stability of bearing construction can be enhanced.

Key words: big-opened frames, coverage of the stadium, losing resistance, bearing constructions stability enhanced

Резюме: До ден днешен сме свидетели на много случаи на аварии на стоманени покривни ферми в резултат изчерпването на носещата способност на натисковите им пръти. Може да се каже, че при високи ферми, каквито са при покривните конструкции на съвременните стадиони, вероятността да загуби устойчивост натисков прът на решетката е по-голяма отколкото при натисковия пояс. С помощта на програмен продукт е моделирана носещата конструкция на покритието на стадион, която се състои от големоотворни ферми, опиращи се една на друга. При постепенно повишаване на снеговото натоварване, действащо на конструкцията, натисков прът на една от фермите губи устойчивост. В резултат на тази

локална повреда се разрушава цялата покривна конструкция на стадиона. Разработен е метод, с помощта на който не само може да се предотврати появата на такова локално разрушение, а и значително да се повиши носещата способност на стоманената конструкция.

Ключови думи: големоотворни ферми, покритие на стадион, загуба на устойчивост, повишение на носещата способност на стоманени ферми.

Загубата на устойчивост на натискови конструктивни елементи е най-големия проблем при стоманените конструкции. Съществуват методи за повишаване на носещата способност на стоманените ферми, където основно внимание се обръща на натисковите пръти. Най-използваните методи са: увеличение на сечението на елементите, работещи на натиск; добавяне на допълнителни пълнежни пръти в решетката, в резултат на което се променя конструктивната схема на фермата и др. [1, 2].

Природните въздействия като сняг и вятър, действащи на сгради и съоръжения, са едни от най-непредсказуемите. Този вид натоварвания са нормирани за съответния регион на страната на базата на информация от изминалите години, но никога не може да се предвиди тяхната големина.

По света съществуват много случаи на аварии, в резултат на снегово натоварване по-голямо от нормираното. През месец март 2005 година в Чехия се е разрушила козирка на футболен стадион. Тя се е състояла от стоманени конзолни греди, имащи двойно Т сечение. При снегово натоварване в основата на конзолите, стеблата на гредите са загубили устойчивост, което е довело до разрушението на конструкцията (фиг. 1 и фиг. 2) [3]. Трябва да се отбележи, че на тези места не са поставени укрепващи ребра. В САЩ през 2010 година под въздействието на снеговото натоварване се е разрушило покритието на стадион Metrodome (фиг. 3). Това е петото разрушение на покритието на този стадион [4]. В същата страна през 1978 г. поради същата причина се е разрушило покритието на спортна зала Hartford Civic Center, предназначена за хокей, баскетбол и други спортове (фиг. 4) [4]. Подобен случай съществува и в Нова Зеландия. Там

през 2010 година, в резултат на снегово натоварване са се разрушили няколко ферми на покритието на спортно съоръжение (фиг. 5) [5], а поради същата причина в Полша през 2006 година се е разрушило покритието на сграда, състоящо се от стоманени ферми (фиг. 6). При този инцидент са загинали 65 човека [6].

Трябва да се отбележи, че натрупването на сняг върху даден покрив зависи от типа на покрива, от което пък зависи и завихрянето на вятъра около него [7].

Фиг. 1

Фиг. 2

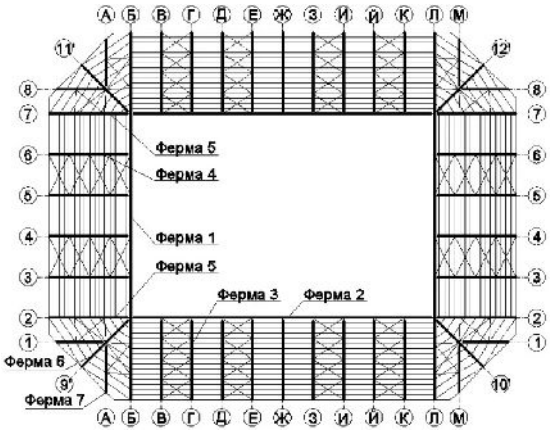
Фиг. 3

Фиг. 4

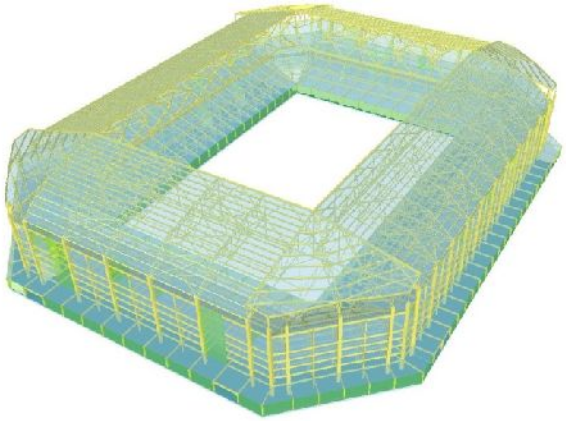
Фиг. 5

Фиг. 6

В случая е разгледана стоманена конструкция на покритието на стадион, състояща се от големоотворни стоманени ферми (фиг. 7 и фиг. 8). Снеговото натоварване приложено на конструкцията е 1,12 kN/m^2, съответстващо за град Стара Загора според наредбата за въздействията върху конструкциите от 2004 година. Там преди 30 години е заваляло сняг с приблизително 50% повече от предвиденото по норматив, в резултат на което козирка на бензиностанция частично се е разрушила.



Фиг. 7. Стоманена конструкция на покритието на стадиона в план



Фиг. 8. 3D модел на стадиона

За да се провери работата на стоманената конструкция на покритието на стадиона постепенно и несиметрично е повишено снеговото натоварване

(фиг. 9). Приемаме, че посоката на вятъра в даден момент е под 45° спрямо стадиона, за това снегът се натрупва основно на подветрените скатове на покритието.

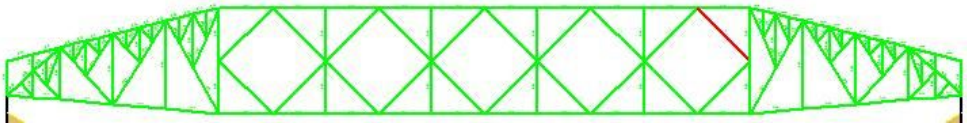
При снегово натоварване 1,55 kN/m^2 устойчивост губи натисков диагонал на ферма 1 по ос Б. Оказва се, че след неговото изключване от работа устойчивост губят и други натискови пръти на пространствената конструкция, в следствие на което тя се разрушава.

Фиг. 9. Площ на повишение на снеговото натоварване

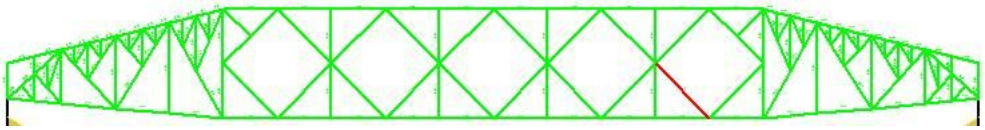
С цел да се избегне появата на това локално разрушение, а в резултат на това и цялостното разрушение на покритието, е необходимо да се укрепи губещия устойчивост диагонал на ферма 1 по ос Б. Чрез такова укрепване в експлоатационно състояние е възможно съществено да се повиши носимоспособността на конструкцията. За тази цел трябва постепенно и поетапно да се увеличи снеговото натоварване и да се проследят губещите устойчивост пръти. Трябва да се подчертае, че на всеки етап трябва да се усили съответният проблемен прът и едва след неговото усилване може да се премине към следващ етап. Разработени са 6 етапа за увеличение на носимоспособността на конструкцията. По време на поетапното увеличение на снеговото натоварване се оказа, че устойчивост губят следните пръти:

- Натисков диагонал на ферма 1 по ос Б при натоварване 1,55 kN/ m^2 (фиг. 10);
- Натисков диагонал на ферма 1 по ос Б при натоварване 1,72 kN/ m^2 (фиг. 11);

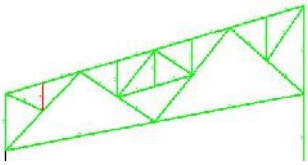
- Натисков вертикал на ферма 6 по ос 9‘ при натоварване 1,81 kN/ m^2 (фиг. 12);
- Натисков диагонал на ферма 7 по ос А при натоварване 1,84 kN/ m^2 (фиг. 13);
- Натисков диагонал на ферма 7 по ос 1 при натоварване 1,86 kN/ m^2 (фиг. 14);
- Натисков диагонал на ферма 2 по ос 2 при натоварване 1,90 kN/ m^2 (фиг. 15).



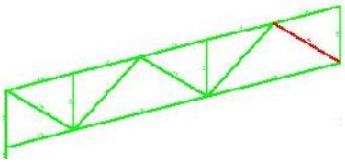
Фиг. 10. Ферма 1



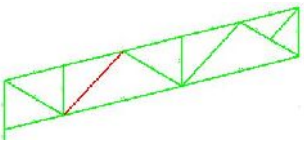
Фиг. 11. Ферма 1



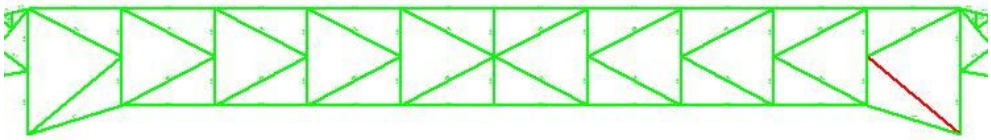
Фиг. 12. Ферма 6



Фиг. 13. Ферма 7

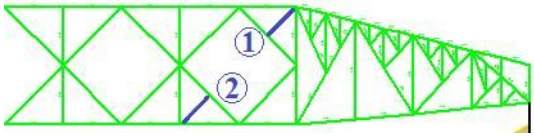


Фиг. 14. Ферма 7

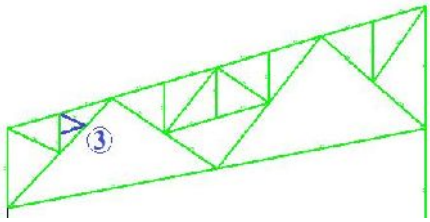


Фиг. 15. Ферма 2

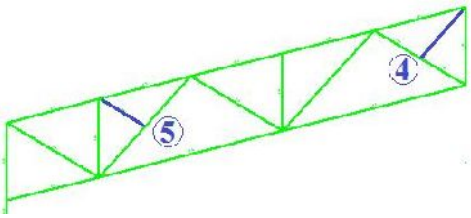
В случая, за да се усилят проблемните пръти са добавени допълнителни диагонали в равнините на фермите, които разполовяват изчислителната дължина и предотвратяват загубата им на устойчивост (фиг.16-19). Този метод на усилване съществено увеличава носещата способност на фермите при малък разход на материал [8]. Трябва да се отбележи, че допълнителните пръти са добавени отделно на всеки етап и номерираният прът на схемата съответства на номера на етапа.



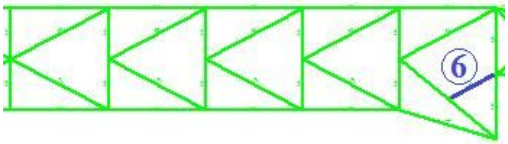
Фиг. 16. Ферма1



Фиг. 17. Ферма 6

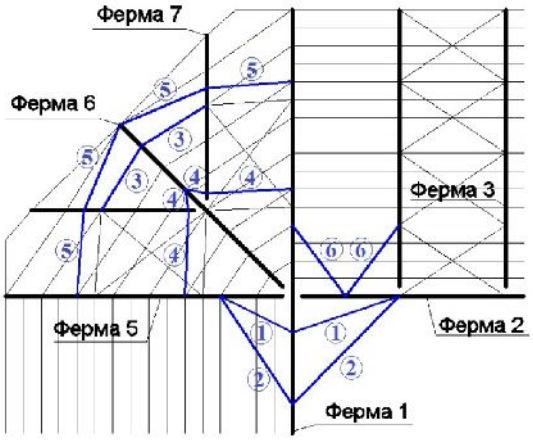


Фиг. 18. Ферма 7



Фиг. 19. Ферма 2

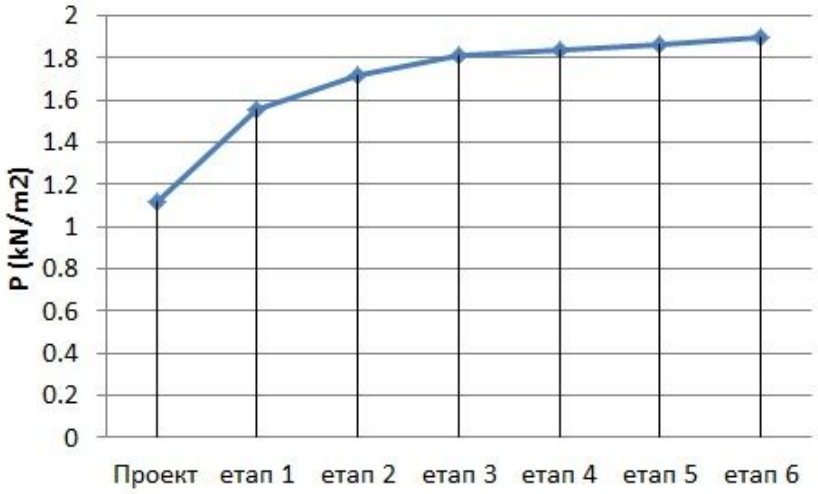
Необходимо е проблемните пръти да се укрепят и пространствено, за да не загубят устойчивост извън равнината на фермата, в която се намират. За целта на всеки етап заедно с прътите, добавени в равнината на фермата, се добавят и пръти, които укрепват пространствено проблемния елемент (фиг. 20).



Фиг. 20

За етап 1, 2, 3, 4 и 5 това са елементи работещи на опън (разтяжки), имащи неголямо сечение (40/40/3). За етап 6 са предвидени пръти, които да работят на опън и натиск, защото се намират само от едната страна на

опорния диагонал, който усилват (200/200/5). По този начин поетапно и симетрично към пространствената стоманена конструкция се добавят повишаващите носимоспособността й допълнителни пръти (фиг. 21).



Фиг. 21. Диаграма показваща ръста на носимоспособност на стоманената конструкция

Добавени са 36 пръта в равнините и 64 извън равнините на усилените ферми. Тяхното тегло е 6,67t, а заедно с тях стоманената конструкция тежи 4021,17t.

Извод: Проведените изследвания показват, че в резултат на усилването, носещата способност на покритието на стадиона се е увеличила със 74%.

Литература:

1. Кудишин Ю.И., Беленя Е.И., Игнатьева В.С. и др. Металлические конструкции. 12-е изд. Издательский центр „Академия“, 2010. 465 с.
2. Усиление металлических балок, ферм и прогонов. Режим на достъп: http://tehlib.com/rekonstruktsiya-zdanij-i-sooruzhenij/usilenie-metallicheskih-balok/. Дата: 02.10.2016.

3. Vit Krivy, Radim Cajka, Kristyna Vavrusova. Practical Application of the New Digital Snow Load Map. Режим на достъп: https://www.researchgate.net/publication/268353311_Practical_Application_of_the_New_Digital_Snow_Load_Map. Дата: 11.11.2016.
4. Structures and snow. Режим на достъп: http://archineeringtalk.com/?p=271. Дата: 11.11.2016.
5. Stadium Southland, New Zealand. Режим на достъп: https://failures.wikispaces.com/Stadium+Southland,+New+Zealand. Дата: 11.11.2016.
6. Examples of accidents caused by structural collapse when overload prevention systems were not installed. Structural collapses occur mainly due to overload, or sometimes overload combined with extreme weather conditions. Режим на достъп: http://www.eilon-engineering.com/code/accidents.html. Дата. 11.11.2016.
7. Снеговая нагрузка. Режим на достъп: http://ostroykevse.com/Krisha/03.html. Дата: 27.10.2016.
8. Рекомендации по усилению стальных конструкций производственных зданий и сооружений энергопредприятий. Режим на достъп: http://docs.cntd.ru/document/1200044192. Дата: 02.10.2016.