

- Донбаської академії будівництва і архітектури: зб. наук. праць. – Макіївка: ДонНАБА, 2005. – 56, т. 8. – С. 80-83.
8. Супрун О.Ю. Технологические свойства акриловых клеев для заделки анкерных болтов в бетон / О.Ю. Супрун, С.М. Золотов // Эффективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві: міжнар. наук.-практ. конф. – Х.: ХНУБА, 2014. – С. 31-35.
9. Бабаев В.Н. Влияние поперечных размеров арматурных стержней серповидного профиля класса А500С на напряженно-деформированное состояние анкерного соединения. / В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, Э.А.

- Шишкин, В.А. Скляров, А.О. Гарбуз // Комунальне господарство міст: наук.-техн. вісник. – Харків, 2013. – Вип. 107 – С. 27-32.
10. Бабаев В.Н. Прочность и деформативность клеевой анкерной арматурной стержней серповидного профиля класса А500С при действии кратковременных и длительно действующих выдергивающих усилий / В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, В.А. Скляров, А.О. Гарбуз // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: III Всерос. (II Международная) конф. по бетону и железобетону; науч. труды. – Москва: МГСУ, 2014. – Т. 3. – 464с.

УДК 69.001.5

Izbash Y.M.

*University of Liege – Liege – Belgium
Polytechnic University of Timisoara – Timisoara – Romania*

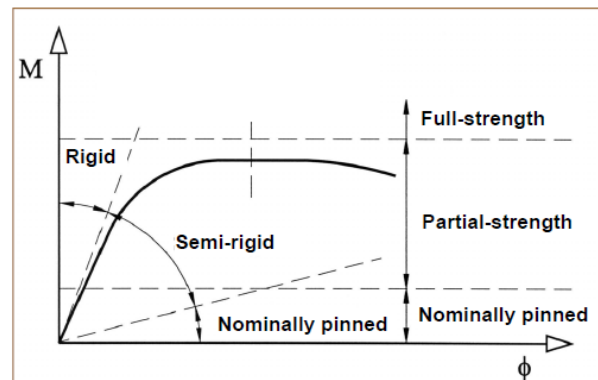
ADVANTAGES IN STRUCTURAL RESPONSE DUE TO SEMI RIGID JOINTS

Importance of joints is obvious, it is crucial for structural shape, transportation and erection phase likewise it is also influence: strength and stiffness of the structure; the design approaches and time, as well as a final cost of the structure.

EN 1993-1-8 requires that joints must be classified by stiffness (as rigid, semi-rigid or nominally pinned) or by strength (as full strength, partial strength or nominally pinned) fig.1. Also joints shall be designed on the basis of a realistic assumption of the distribution of internal forces and moments [1]. The stiffness classification is used for elastic analysis of frames while the strength classification is for plastic analysis of frames. The EN defines joint models as simple, semi-continuous or continuous, depending on stiffness and strength.

Previously only one approach of connections design was known. So called traditional approach (frame modeling with pinned or rigid joints, pre-design of members; internal forces; design checks of members – ULS and SLS; design the joints, verifying the initial assumptions). However, nowadays a lot of researchers and designers implementing semi-

continuous approach (the joints are modeling as semi-rigid, which may imply more economical solutions) fig.3 [2].



Example – Partial-strength semi-rigid joint (high ductility)

Fig. 1. Classification of joints

Due to rotational stiffness joints can be divided in three zones fig.2 [3]:

Zone 1: rigid, if $S_{j,ini} \geq k_b EI_b / L_b$,
where: $k_b = 8$ for frames where bracing system reduces the horizontal displacement by at least 80%; $k_b = 25$ for other frames, provided that in every storey $K_b / K_c \geq 0,1^1$.

Zone 2: semi-rigid.

¹ For frames where $K_b / K_c < 0,1$ the joints should be classified as semi-rigid.

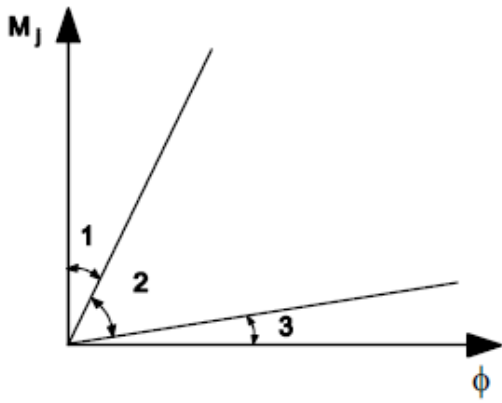


Fig. 2. Classification of joints by stiffness

All joints in zone 2 should be classified as semi-rigid. Joints in zones 1 or 3 may optionally also be treated as semi-rigid.

Zone 3: nominally pinned, if $S_{j,ini} \geq 0,5EI_b/L_b$.

Key:

K_b is the mean value of I_b/L_b for all the beams at the top of that storey;

K_c is the mean value of I_c/L_c for all the columns in that storey;

I_b is the second moment of area of a beam;

I_c is the second moment of area of a column;

L_b is the span of a beam (centre-to-centre of columns);

L_c is the storey height of a column.

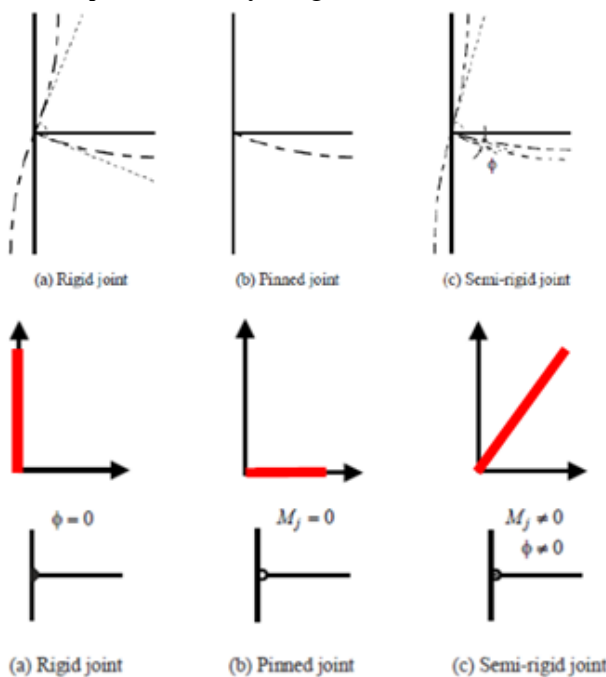


Fig. 3. Traditional and semi-continuous approaches

To explore this phenomenon next frame will be calculated with two types of joints:

1. Rigid beam-column joints;
2. Beam-column joints with rotational stiffness 50000 kNm/rad (semi-rigid joints).

Beams: IPE 400 – 10 m, Columns: HEA 260 – 5 m, $E = 210000$ MPa (structural steel), column base are fixed.

The variation of moments, shear forces and axial forces in points from 1 to 6 will be investigated below fig. 4.

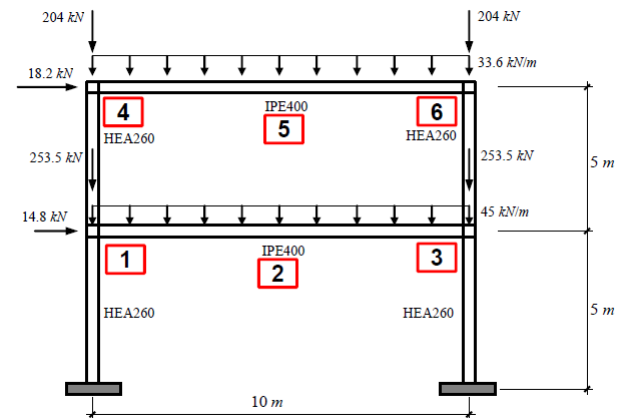


Fig. 4. Frame to be analyzed

1) Minimum value of rotational stiffness of the beam-column joints, to be classified as rigid [4]:

$$S_{j,ini} \geq \frac{k_b EI_b}{L_b} = \frac{25 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 23130 \cdot 10^{-8}}{10} \cong 121433 \text{ kNm/rad fig. 5.}$$

	M_y (kNm)	V_z (kNm)	N_x (kNm)	δ (mm)
1	256.7	214.6	34.6	12.23
2	253.5	10.0	34.6	43.40
3	361.2	235.5	34.6	12.43
4	174.3	162.7	87.1	23.70
5	219.1	5.8	87.1	41.66
6	227.5	173.3	87.1	23.21

Fig. 5. Internal forces and displacement of frame with $S_{j,ini} = 121433 \text{ kNm/rad}$

Assume rotational stiffness in the beam-column joints: $S_{j,ini} = 140000 \text{ kNm/rad}$ fig. 6.

	M_y (kNm)	V_z (kNm)	N_x (kNm)	δ (mm)
1	241.9	214.9	32.7	13.20
2	270.1	10.1	32.7	47.75
3	342.9	235.1	32.7	13.40
4	164.2	162.6	83.2	25.90
5	228.8	5.4	83.2	44.25
6	218.2	173.4	83.2	25.50

Fig. 6. Internal forces and displacement of frame with $S_{j,ini} = 140000 \text{ kNm/rad}$

2) Rotational stiffness in the joints:

$S_{j,ini} = 50000 \text{ kNm/rad}$ (Semi-rigid) fig. 7.

As a result, increase of only 8.66% (in the first level) and 6.23% (in the second level) at the mid-span moments of beams. Moreover, increase of 12.2% and 8.2% in the vertical displacement. All in all, due to efficient distribution of bending moment and easier connection typology, semi-rigid connections could be very time and cost saving fig. 8.

	$M_y \text{ (kNm)}$	$V_z \text{ (kNm)}$	$N_x \text{ (kNm)}$	$\delta \text{ (mm)}$
1	218.8	215.5	29.7	14.3
2	295.7	10.3	29.7	54.4
3	314.4	234.6	29.7	14.4
4	148.4	162.5	77.1	29.2
5	244.0	6.1	77.1	48.2
6	203.5	173.5	77.1	28.7

Fig. 7. Internal forces and displacement of frame with $S_{j,ini} = 50000 \text{ kNm/rad}$

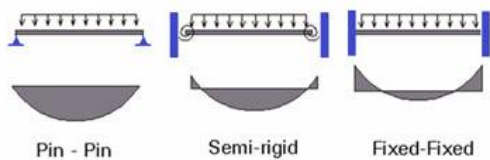


Fig. 8. Distribution of bending moment

According to finite element analysis results, the degree of the semi-rigid connection is important, as much as its right for existence in the design phase [5].

REFERENCE:

1. EN 1993-1-8: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints
2. Xu L., Sherbourne A. N., Grierson D. E., "Optimal Cost Design of Semi-Rigid Low-Rise Industrial Frames", Engineering Journal, AISC, Vol. 32, No. 3, 1995, p 84.
3. Dhillon B. S. and O'Malley J. W., "Interactive Design of Semi-Rigid Steel Frames", Journal of Structural Engineering - ASCE, Vol. 125, No. 5, 1999, p 556.
4. Bjorhovde, R., Colson, A. and Brozzetti, J., "Classification System for Beam-to-Column Connections", Journal of Structural Engineering - ASCE, Vol. 116, No. 11, 1990, p 3059.
5. Kishi, N., Chen, W. F., Goto, Y. and Matsuoka, K. G., "Design Aid of Semi-Rigid Connections for Frame Analysis", Engineering Journal - AISC, Vol. 30, 1993, p 9.

УДК 524.21

Кожушко В.П.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА КОСОГО СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ПО ДВУМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ МЕТОДАМ

Введение.

Ныне при определении напряженно-деформированного состояния пролетных строений автодорожных и городских мостов используются различные пространственные методы расчета, в той или иной степени отражающие реальную работу конструкции. Наиболее точными считаются методы Б.Е. Улицкого [1-5] и А.В. Александра [6]. Их реализация возможна только при применении ЭВМ. Эти методы расчета охватывают лишь плитные балочные пролетные строения.

Довольно точные результаты дают метод ребристой плиты, разработанный Л.В. Семенцом [7-10], и энергетический метод Н.П. Лукина [11]. Но снова-таки метод Л.В. Семенца предназначен для расчета

только балочных мостов, а метод Н.П. Лукина применим лишь при расчете железобетонных бездиафрагменных разрезных пролетных строений.

Все же типы пролетных строений можно рассчитать, используя метод, предложенный автором [12-21]. В связи с этим интересным является вопрос сравнения результатов расчета, выполненных по методу автора и по какому-либо другому методу, скажем, по методу Л.В. Семенца.

Цель и задачи исследования.

В данной статье предлагается проанализировать результаты расчета сталежелезобетонного пролетного строения путепровода, рассчитанными по методам ав-