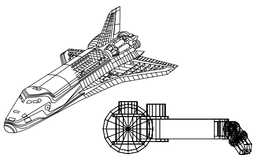
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამეცნიერო-ტექნიკური
კ ო ნ ფ ე რ ე ნ ც ი ი ს

ParametricCAD'99

შრომები

19-10 ნოემბერი
1999 წელი
თბილისი



UDC 621.81:539.4

მიმმართველი ბაზის სიხისტის მახასიათებლების ორი სისტემის და მათ შორის დამოკიდებულების შესახებ

დოც. გ.ზანშიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
მექანიკა-მანქანათმშენებლობის
ფაკულტეტი

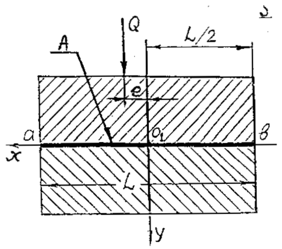
ტექნოლოგიური სისტემის - ჩარხი-სამარჯვი-იარაღი დეტალის (ჩსიდ) - შემდგენი ელემენტების საბაზო ზედაპირების კონტაქტური დეფორმაციების შედეგად წარმოქმნილი დრეკად გადაადგილებათა განსაზღვრისათვის დღეისათვის რეკომენდირებულია სამი თეორიული მოდელი ანუ საანგარიშო სქემა

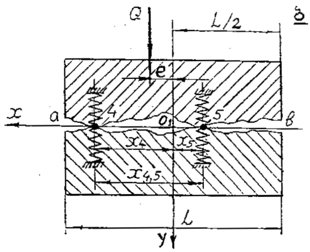
1. მოდელი თანაბარსიხისტიანი ფუძით (ნახ.1,ა) [1,2];
2. წერტილოვანი მოდელი (ნახ.1,ბ) [3,4];
3. წერტლოვანი მოდელის ექვივალენტური, ან უფრო მოკლედ, ექვივალენტური მოდელი (ნახ.1,გ) [5,6].

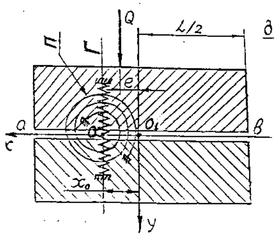
ექსპერიმენტალური მონაცემებიდან [1,2] გამომდინარეობს, რომ თანაბარსიხისტიანი ფუძის მქონე მოდელი იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იმ შემთხვევებში როდესაც შეპირაპირებული საბაზო ზედაპირების წყვილიდან ორივე, ან ერთ-ერთი მათგანი, მცირე გაბარიტული ზომებისაა, ანდა ორივე შეპირაპირებული ზედაპირები იმდენად მაღალი სიზუსტით არის დამუშავებული, რომ მათ გეომეტრიულ ფორმაზე მაკროგადახრების (არასწორხაზოვნობის, არასიბრტყეობის და სხვ.) კონტაქტურ დრეკად დეფორმაციებზე გავლენა შეიძლება მხედველობაში არ იქნეს მიღებული.

რეალური გაბარიტული ზომების და ეკონომიური სიზუსტით დამუშავებული საბაზო ზედაპირების შემთხვევბში კი, როგორც გამოკვლევები [3,4] და ანალიზი [5,6] ადასტურებს, არ შეიძლება არ იქნეს გათვალისწინებული შეპირაპირებული საბაზო ზედაპირების ურთიერთკონტაქტის წერტილოვანი ხასიათი (ნახ.1,ბ) და ბაზების მცირე და საშუალო სიდიდის ძალებით დატვირთვისას,

საყრდენი წერტილების ექვსი წერტილის კანონით განაწილებაც. კონტაქტურ დეფორმაციებზე საბაზო ზედაპირების ფორმაზე მაკროგადახრების დიდი გავლენა აღიარებულია აგრეთვე ნაშრომში [1], მაგრამ მასში ეს კეთდება შესაბამის დრეკად გადააადგილებათა საანგარიშო ფორმულებში მნიშვნელოვანი სიდიდის შემასწორებელი კოეფიციენტების შეყვანით და თანაბარსიხისტიანი ფუძის მქონე მოდელის (ნახ.1,ა) გავრცელებით მაკროგადახრებიანი ზედაპირებით შეპირაპირების შემთხვევებისათვისაც. გამოთვლები და ანალიზი კი ცხადყოფს [6], რომ მაგალითად მიმმართველ ბაზად გამოყენებული რეალური ბრტყელი პირაპირის დრეკადი სისტემის წერტილოვანი მოდელის (ნახ.1,ბ) თანაბარი სიხისტის ფუძის







ნახ.1 მიმმართველ ბაზად გამოყენებული ბრტყელი პირაპირის დრეკადი სისტემის თეორიული მოდელები (ა - მოდელი თანაბარ სიხისტიანი ფუძით, ბ - წერტილოვანი მოდელი, გ - წერტილოვანის ექვივალენტური მოდელი) და მათი ელემენტები: O_1 - ბაზის გეომეტრიული ცენტრი; À - თანაბარსიხისტიანი ფუძე; 4 და 5 - ბაზის საყრდენი წერტილების დრეკადობის ექვივალენტური ზამბარები; 0 - ბაზის სიხისტის ცენტრი; Ã- სიხისტის ცენტრის დრეკადობის ექვივალენტური ზამბარა და სიხისტის მთავარი ღერძი; Ï -ბაზის xy სიბრტყეში კუთხური შემობრუნების დრეკადობის ექვივალენტური ზამბარა.

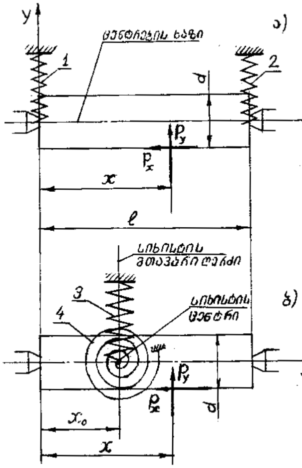
მქონე მოდელით (ნახ.1,ა) შეცვლა დასაშვებია მხოლოდ ერთ კერძო შემთთვევაში - როდესაც პირაპირი დატვირთულია ცენტრალური ანუ გეომეტრიულ ცენტრში მოქმედი ძალით და ამ ცენტრის მიმართ სიმეტრიულად არიან განლაგებულნი ბაზის საყრდენი წერტილები. ყველა დანარჩენ, პრაქტიკულად გაცილებით ხშირად შესაძლო შემთხვევებში, წერტილოვანი მოდელის თანაბარი სიხისტის ფუძის მქონე მოდელით შეცვლას თან დევს გაანგარიშებით მიღებულ დრეკად გადაადგილებათა არა მარტო რაოდენობრივი, არამედ თვისობრივი განსხვავებაც.

ამავე დროს, რეალურ ტექნოლოგიურ სისტემებში (ჩსიდ) პრაქტიკულად გამოყენებული კონსტრუქციის ბაზების და მათი შეპირაპირებათა დრეკადი სისტემების წერტილოვანი მოდელის (ნახ.1,ბ) მახასიათებლები - ბაზების საყრდენი წერტილების კოორდინატები და სიხისტის (ან დამყოლობის) კოეფიცენტები, როგორც წესი, უცნობი სიდიდეებია და ექსპერიმენტალური მეთოდებით მათი განსაზღვრა სერიოზულ პრაქტიკულ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული [4]. ძირითადად სწორედ ამ გარემოებით არის ნაკარნახევი ნაშრომებში [5,6] ბაზებით შეპირაპირების დრეკადი სისტემის წერტილოვანი მოდელის ნაცვლად მისი ექვივალენტური მოდელის ცნების შემოტანა და გამოყენება.

ქვემოთ გადმოცემულია რეკომენდირებული მოდელის (ნახ.1,გ) არსი და წერტილოვან მოდელთან მისი ექვივალენტურობის დამადასტურებელი დამოკიდებულლებები. გამოვლენილი და ნაჩვენებია აგრეთვე ის მეთოდური ხასიათის თავისებურება და უპირატესობაც, რაც გააჩნია რეკომენდირებულ მოდელს როგორც თანაბარი სიხისტის ფუძის მქონე მოდელთან, ისე წერტილოვან მოდელთან შედარებით.

აღნიშნული საკითხების გაშუქებისათვის ფრიად მოხერხებული აღმოჩნდა სახარატო ჩარხის წინა (მარცხენა) და უკანა ცენტრებით შექმნილი, ე.წ. ცენტრების ხაზის დრეკადი სისტემა (იხ.ნახ.2). საქმე იმაშია, რომ ცენტრებზე დაყენებული ხისტი ნამზადისათვის ნახსენები ცენტრების ხაზი ჰორიზონტალურ xy სიბრტყეში ასრულებს ისეთი მიმმართველი ბაზის ფუნქციას, რომლის საყრდენი წერტილების (წინა და უკანა ცენტრების) კოორდინატები ცნობილი სიდიდეებია და არც მათი სიხისტის (ან დამყოლობის) კოეფიცენტების ექსპერიმენტალური მეთოდით განსაზღვრა წარმოადგენს რაიმე სიძნელეს. ამიტომ ნახ.2,ა სქემაზე მოტანილი ცენტრების ხაზის (xy სიბრტყეში ნამზადის მიმმართველი ბაზის) დრეკადი სისტემის წერტილოვანი მოდელის მახასიათებლები - საყრდენი წერტილების კოორდინატები და მათი სიხისტის (ან დამყოლობის) კოეფიცენტები, შეიძლება მივიჩნიოთ ცნობილ და მოცემულ სიდიდეებად.

ნახ.2,ბ სქემაზე მოტანილია ცენტრების ხაზის დრეკადი სისტემის წერტილოვანი მოდელის ექვივალენტური სქემა. ამ მოდელის მიხედვით ცენტრების ხაზის დრეკადი სისტემის მახასიათებლებია: სიხისტის ცენტრის კოორდინატები (x_o,0), სიხისტის მთავარი ღერძის მიმართულებით სიხისტის ცენტრის დამყოლობის (K_o) ან სიხისტის ($J_o=1/K_o$) კოეფიცენტი და სიხისტის ცენტრის მიმართ ცენტრების ხაზის კუთხური დრეკადი შემობრუნების დამყოლობის (K_m) ან სიხისტის ($J_m=1/K_m$) კოეფიცენტი.



ნახ.2.
სახარატო ჩარხის ცენტრების ხაზის XY სიბრტყეში მოქმედი მიმმართველი ბაზის დრეკადი სისტემის მოდელირება:

ა) წინა (მარცხენა) და უკანა ცენტრების დრეკადობის ექვივალენტური ორი გადატანითი მოძრაობის ზამბარის (1,2) საშუალებით;

ბ) იგივე ცენტრების დრეკადობის ექვივალენტური ერთი გადატანითი (3) და ერთი ბრუნვითი (4) მოძრაობის ზამბარის საშუალებით. (ნაგულისხმევია, რომ ცენტრებზე დაყენებულია იმდენად მაღალი სიხისტის ნამზადი, რომ მისი საკუთარი დეფორმაცია შეიძლება მხედველობაში არ იქნეს მიღებული).

სახარატო ჩარხის xy სიბრტყეში (იხ.ნახ.2) ცენტრების ხაზის დრეკადი სისტემის ექვივალენტური თეორიული მოდელის ძირითადი თავისებურება მდგომარეობს ბაზის დრეკადი სისტემის სიხისტის ცენტრის ცნების შემოტანასა და გამოყენებაში. სიხისტის ცენტრი, კერძოდ ჩარხის ცენტრების ხაზისათვის, მისი ის წერტილია, რომელიც მოქმედი ძალების ნებისმიერი კომბინაციისას ასრულებს მხოლოდ სწორხაზოვან დრეკად გადაადგილებას, და არ მონაწილეობს ცენტრების ხაზის დრეკად კუთხურ შემობრუნებაში. ამიტომ, როდესაც მოქმედი ძალების ტოლქმედის მოქმედების ხაზი გადის სიხისტის ცენტრში, მაშინ ცენტრების ხაზი და მაშასადამე მოცემულ შემთხვევაში xy სიბრტყეში ნამზადის მმიმმართველი ბაზა (და თვითონ ნამზადიც) ასრულებს მხოლოდ თავისი თავის პარალელურ სწორხაზოვან დრეკად გადაადგილებას და მისი კუთხური შემობრუნება ნულის ტოლია. ცენტრების ხაზის და საერთო შემთხვევაში მიმმართველი ბაზის დრეკადი სისტემის სწორედ ეს თვისება შეიძლება და ჩვენს მიერ კიდევაც არის გამოყენებული: სიხისტის ცენტრის x_o კოორდინატის (იხ.ნახ.2,ბ), სიხისტის მთავარი ღერძის მიმართულებით სიხისიტის ცენტრის დამყოლობის (K_o) ან სიხისტის ($J_o=1/K_o$) კოეფიცენტის და სიხისტის ცენტრის მიმართ ცენტრების ხაზის კუთხური დრეკადი შემობრუნების დამყოლობის (K_m) კოეფიცენტის უშუალოდ (ექსპერიმენტული მეთოდით) განსასღვრისათვის. ამისათვის საკმარისია ცენტრების ხაზის დრეკადი სისტემა დავტვირთოთ y

ღერძის პარალელური ძალით, გავზომოთ ცენტრების ხაზის ნებისმიერ ურთიერთდაშორებულ (მიზანშეწონილია მაქსიმალურად დაშორებულ) ორ წერილში y ღერძის პარალელური მიმართულებით დრეკადი გადაადგილებები და მოვნახოთ ძალის მოდების ისეთი x კოორდინატი, როდესაც აღნიშნულ ორ წერტილში დრეკადი გადაადგილებები გაუტოლდება ერთმანეთს. ცხადია, რომ ძალის მოდების სწორედ ასეთი წერტილის კოორდინატი იქნება სიხისტის ცენტრის x_0 კოორდინატი (იხ.ნახ.2,ბ). სიხისტის ცენტრში y ღერძის პარალელურად მოქმედ ძალასა და იგივე მიმართულებით სიხისტის ცენტრის დრეკად გადაადგილებას შორის დამოკიდებულების საფუძველზე შეგვიძლია განვსაზღვროთ თვითონ სიხისტის ცენტრის დამყოლობის (K_o) კოეფიცენტი სიხისტის მთავარი ღერძის მიმართულებით, აგრეთვე სიხისტის ცენტრის მიმართ მოქმედი ძალის მომენტისა და ცენტრების ხაზის დრეკად კუთხურ შემობრუნებას შორის დამოკიდებულების საფუძველზე კი შეგვიძლია დავადგინოთ ცენტრების ხაზის xy სიბრტყეში დრეკადი კუთხური შემობრუნების დამყოლობის (K_m) კოეფიცენტი.

ამასთანავე თეორიული ანალიზი და გამოთვლები ცხადყოფენ, რომ ნახ.2,ბ საანგარიშო სქემის, ანუ წერტილოვანი მოდელის (იხ.ნახ.1,ბ და ნახ.2,ა) ექვივალენტური მოდელის ზემოთაღნიშნულ მახასიათებლებსა და ცენტრების ხაზის (xy სიბრტყეში) საყრდენი წერტილების (განსახილველ შემთხვევაში წინა და უკანა ცენტრების) სიხისტის მახასიათებლებს შორის არსებობს შემდეგი დეტერმინირებული დამოკიდებულებები:

$$x_0 = l \cdot \frac{K_1}{K_1 + K_2} = l \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \qquad (1) \qquad\qquad x_0 = l \cdot \frac{K_1}{K_1 + K_2} = l \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \qquad (2)$$

$$K_m = \frac{K_1 + K_2}{l^2} = \frac{j_1 + j_2}{l^2 \cdot j_1 \cdot j_2} \qquad (3)$$

სადაც K_1, K_2 და j_1, j_2 – მიმმართველი ბაზის (განსახილველ შემთხვევაში ჩარხის, შესაბამისად წინა და უკანა ცენტრების) დამყოლობის და სიხისტის კოეფიციენტებია ბაზის დრეკადი სისტემის წერტილოვანი მოდელის ანუ ნახ.2,ა საანგარიშო სქემის მიხედვით; l– მიმმართველი ბაზის (განსახილველ შემთხვევაში ცენტრების ხაზის) საყრდენ წერტილებს შორის მანძილია.

მაშასადამე, თუ წინასწარ გაზომილი და ცნობილია სახარატო ჩარხის წინა და უკანა ცენტრების, ანუ საერთო შემთხვევაში

მიმმართველი ბაზის საყრდენი წერტილების დამყოლობის K_1, K_2 კოეფიციენტები და ბაზის საყრდენ წერტილებს შორის მანძილი l, მაშინ (1), (2) და (3) ფორმულების გამოყენებით შეგვიძლია დავადგინოთ განსახილველ შემთხვევაში ჩარხის ცენტრების ხაზის და საერთო შემთხვევაში მიმმართველი ბაზის დრეკადი სისტემის ექვივალენტური მოდელის დამყოლობის (x_0, K_0, K_m) ან სიხისტის $(x_0, j_0=1/K_0, j_m=1/K_m)$ მახასიათებლები.

ცხადია,რომ არსებობს პრაქტიკულად შედარებით უფრო მნიშვნელოვანი, აღნიშნული ამოცანის შებრუნებული ამოცანის გადწყვეტის შესაძლებლობაც. მართლაც, თუ მივიჩნევთ,რომ (1), (2) და (3) ფორმულებში მიმმართველი ბაზის დრეკადი სისტემის ექვივალენტური მოდელის დამყოლობის მახასიათებლები (x_0, K_0, K_m) ზემოთ აღწერილი ექსპრტიმენტალური მეთოდიკით გაზომილი და ცნობილი სიდიდეებია, ხოლო ჩარხის ცენტრების ხაზის, ანუ საერთო შემთხვევაში მიმმართველი ბაზის დრეკადი სისტემის წერტილოვანი მოდელის მახასიათებლები (K_1, K_2 და l) უცნობი სიდიდეებია, მაშინ ამ უკანასკნელთა განსაზღვრისათვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ (1), (2), (3) განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შედეგად მიღებული შემდეგი ფორმულებით:

$$K_1 = K_0 + x_0^2 \cdot K_M \qquad (4)$$

$$K_2 = K_0 \cdot \left(1 + \frac{K_0}{x_0^2 \cdot K_M}\right) \qquad (5)$$

$$l = x_0 + \frac{K_0}{K_0 \cdot K_M} \qquad (6)$$

ანალიზი ცხადყოფს, რომ ჩარხის ცენტრების ხაზის x კოორდინატის მქონე წერტილის y ღერძის პარარელური მიმართულებით დრეკადი გადაადგილების (y_x) ჭრის ძალის p_x და p_y მდგენელებისაგან დამოკიდებულებით განისაზღვრება:

ა) ნახ.2,ა-ზე წარმოდგენილი მოდელისა და საანგარიშო სქემის მიხედვით, ფორმულით (7)

$$Y_x = \left[\left(\frac{l-x}{l}\right)^2 \cdot k_1 + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \cdot k_2\right] \cdot p_v + \frac{d}{2} - \left[\frac{k_1}{l} - \frac{x(k_1+k_2)}{l^2}\right] \cdot p_x \qquad (7)$$

ბ) ნახ.2,ბ-ზე წარმოდგენილი მოდელისა და საანგარიშო სქემის მიხედვით კი ფორმულით (8).

$$Y_x = k_0 \cdot p_x + (x - x_0)^2 \cdot k_m \cdot p_v - \frac{d}{2} \cdot (x - x_0) \cdot k_m \cdot p_x \qquad (8)$$

სახარატო ჩარხის ცენტრების ხაზის დრეკადი სისტემის პარამეტრების ერთი და იგივე რიცხვითი მნიშვნელობებისათვის, ზემოთ განხილული ორივე საანგარიშო სქემისა და შესაბამისი

ფორმულების (7,8) გამოყენებით, ცხრილში (1) შედარებულია ცენტრების ხაზის ოთხ დამახასიათებელ წერტილში დრეკადი გადაადგილების (y_x) გაანგარიშების შედეგები.

ცხრილი 1-ის მონაცემები საშუალებას იძლევა გაკეთბული იქნეს შემდეგი დასკვნა: სახარატო ჩარხის ცენტრების ხაზის ნებისმიერ წერტილში y ღერძის პარარელური მიმართულებით ჯამური დრეკადი გადაადგილების მიხედვით ნახ.2-ის (ა) და (ბ) საანგარიშო სქემები ერთმანეთის ექვივალენტურია, ე.ი. სხვა ერთნაირ საწყის პირობებში იძლევიან ცენტრების ხაზის ერთიდაიგივე ჯამურ დრეკად გადაადგილებას. ამასთანავე, (ბ) სქემაზე წარმოდგენილი მოდელი, (ა) სქემისაგან განსხვავებით, იძლევა შესაძლებლობას ცენტრების ხაზის ნებისმიერი წერტილის საერთო დრეკად გადაადგილებაში გამოყოფილი იქნეს ცენტრების ხაზის დრეკადი გადატანითი გადაადგილებით და დრეკადი კუთხური შემობრუნებით წარმოქმნილი ნაწილები, აგრეთვე განსაზღვრული იქნეს დამყოლობის (ან სიხისტის) შესაბამისი მახასიათებლებიც და ამ გზით და საშუალებით, შედარებებით დეტალურად იქნეს შესწავლილი არა მარტო სახარატო ჩარხის ცენტრების ხაზის საყრდენი წერტილებით(წინა და უკანა ცენტრებით) ჰორიზონტალურ (xy) სიბრტყეში შექმნილი მიმმართველი ბაზის დრეკადი სისტემა, არამედ საერთოდ წერტილოვანი მოდელის შესაბამისი დრეკადი სისტემების მქონე ჩარხის სხვა ელემენტების ბაზების საკუთარი სიხისტის მახასიათებლები და დრეკადი გადაადგილებები.

ლ ი ტ ე რ ა ტ უ რ ა

1. *Левина З.М. , Решатов Д.Н. Контактная Жесткость машин. М. : " машиностроение", 1971, 264*

2. *Чихладзе Г.Е. Экспериьентальное исследование жесткости плоских стыков. Известия вузовю , " Машиностроение" , № 4, М. , 1962г.*

3. *Колесов И.М. Основы технологии Машиностроения.М., "машиностроение" , "станкин", 1997г. , 590с.*

4. *Базров Б.Л. Технологическое основы проектирования самоподнастраивающихся станков , М. , "Машиностроение ", 1978г., 218с.*

5. *Шаншиашвили Г.Д. Характеристика без деталей Машин. — Тезисы докладов научно-технического совещания" Контактная жесткость в машиностроении" Куибышеи, 1977г.*

6. *Шаншиашвили Г.Д. Сравнительный анализ теоретических моделей упругих систем плоских стыков. Научные труды № 10 (280) Технология машиностроения , ГПИ ,Тбилиси ,1984г, 62-69с.*