

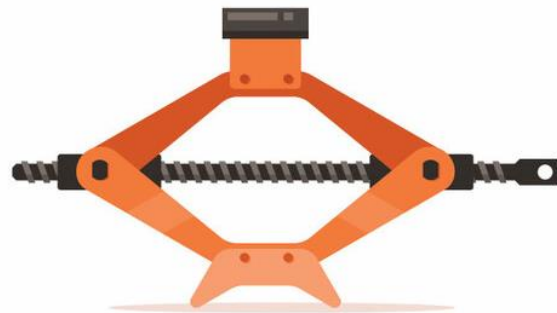
15. GAIA: TORLOJU BIDEZKO LOTURAK

1. SARRERA

Torlojuak, urrunetik, elementu mekaniko ohikoenak dira. Erresistentzia mekanikoaren, korrosioarekiko erresistentziaren, bibrazioen aurreko erantzunaren, muntatzeko erraztasunaren eta abarren arabera hautatzen dira. Torlojuak bi aplikazio nagusi dituzte. Alde batetik, torloju bidezko lotura deritzonengan bi elementu edo gehiago modu ez-iraunkorrean lotzea (1a irudia). Bestalde, biraketa-mugimendua mugimendu lineala bihurtzeko erabiltzen da; kasu horretan, potentzia transmititzeko torlojua da (1b irudia). Gai honetan torloju bidezko loturak lantzen dira.



a)



b)

1. irudia. Torlojuen aplikazioak: a) torloju bidezko lotura b) potentzia transmititzeko torlojua. Egileen irudia.

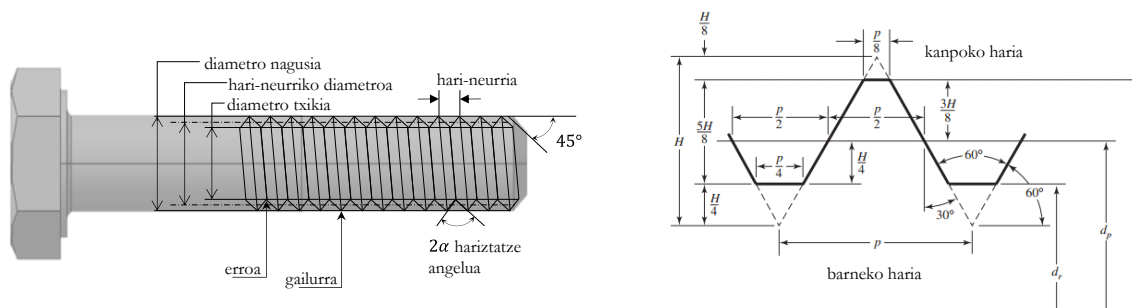
Torlojuak normalizatuta daude. 2. irudian, ISO arauaren M hariaren oinarritzko profila ageri da. Terminologiari dagokionez, hariaren helizeak torlojuaren inguruan bira oso bat ematean egiten duen distantzia axiala da hari-neurria. Torlojuaren diametro handiena eta txikiena hariaren diametrorik handiena eta txikiena dira, hurrenez hurren. Hari metrikoak (ISO araua) diametroaren eta hari-neurriaren bidez zehazten dira (mm-tan), adibidez, M12x1.75. Arauak hainbat hari-neurri mota definitzen ditu. Zabala da ohikoena, ohiko aplikazioetan erabiltzen

Dokumentuko errekurtsio grafiko eta irudi denak egileek dira, askeak dira edo/eta baimenduta erabili dira.

dena eta hari-neurri estua bibraziopeko aplikazioetan erabiltzen da (autoak, hegazkinak), gutxiago lasaitzen direlako. Azkenik, hari-neurri estraestua dago, bibrazio eta talka handiak jasaten dituzten aplikazioetan edo instrumentaziorako erabiltzen dena. 1. taulan, A_t erresistentzia azaleraren balioa adierazten da, metrika eta igarotze mota bakoitzerako; azalera hori torlojuaren zati hariztatuaren batez besteko diametrotik abiatuta kalkulatzen da.

Torloju bidezko loturak asko erabiltzen dira egituretan, eta horiek kalkulatzeko arau espezifikoak daude. Gai honetan aurkeztzen dena kalkulu-metodo orokor bat da, makinetako elementuen arteko loturetarako.

Hasteko, lotura horien aurrekargaren kontzeptua eta honen izateko arrazoia azalduko dira. Ondoren, karga axialen eta ebakitzailen aurrean nola jokatzen duen aztertuko da. Azkenik, lotura baten torlojuetan aurrekarga nola sartzen den deskribatzen da.



2. irudia. Torlojuen normalizazioa. Egileen irudia.

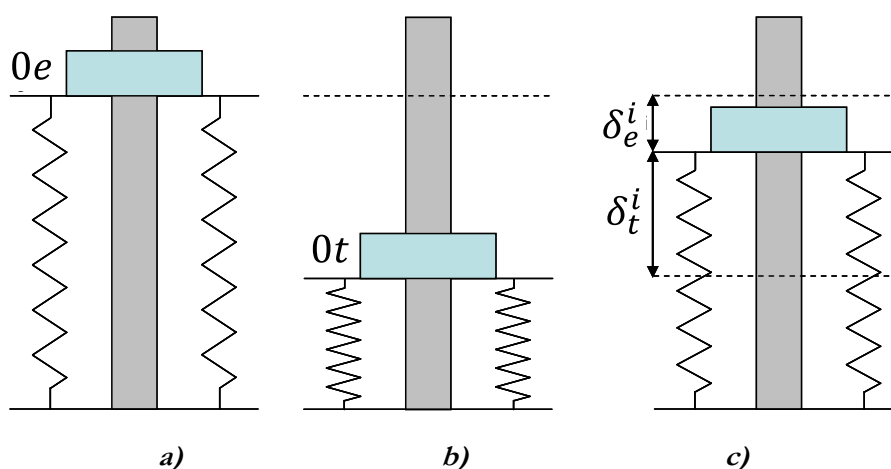
DIAM. NOMINALA (d, mm-tan)	HARI-NEURRI ZABALA		HARI-NEURRI ESTUA	
	Hari- neurria (p, mm)	Azalera erresistentea (A _t , mm ²)	Hari- neurria (p, mm)	Azalera erresistentea (A _t , mm ²)
1.6	0.35	1.27		
2	0.40	2.07		
2.5	0.45	3.39		
3	0.5	5.03		
3.5	0.6	6.78		
4	0.7	8.78		
5	0.8	14.2		
6	1	20.1		
8	1.25	36.6	1	39.2
10	1.5	58.0	1.25	61.2
12	1.75	84.3	1.25	92.1
14	2	115	1.5	125
16	2	157	1.5	167
20	2.5	245	1.5	272
24	3	353	2	384
30	3.5	561	2	621
36	4	817	2	915
42	4.5	1120	2	1260
48	5	1470	2	1670
56	5.5	2030	2	2300
64	6	2680	2	3030
72	6	3460	2	3860
80	6	4340	1.5	4850
90	6	5590	2	6100
100	6	6990	2	7560
110			2	9180

1. taula. Hari metrikoko torlojuen A_t azalera erresistenteen balioak (diametroak eta hari-
neurriak mm-tan, azalera mm²-tan). Egileen taula.

2. AURREKARGA TORLOJU BIDEZKO LOTURETAN

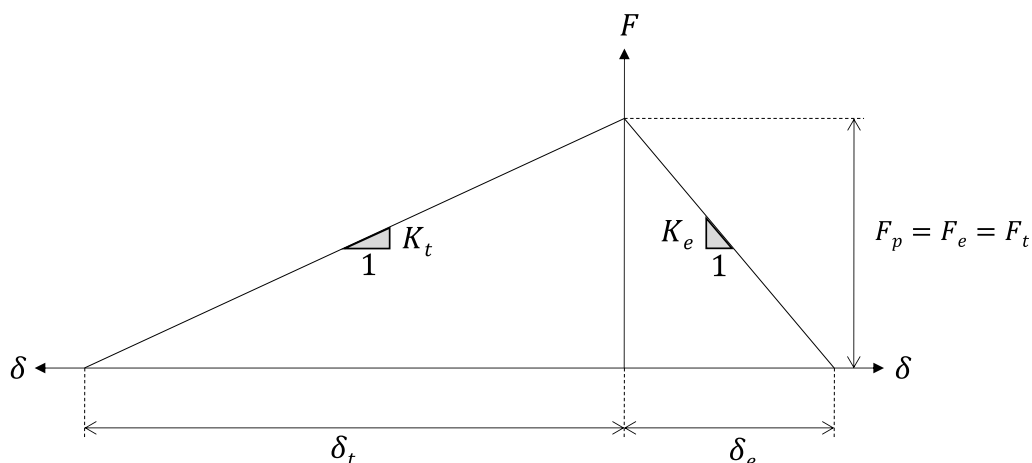
Estutze prozesuan azkoina torlojuarekiko biratzean (edo alderantziz), torlojuak trakzionatu egiten da eta elementuak konpresio bidez lotzen dira. Egoera horretan, lotura aurrekargatuta dagoela esaten da. Aurrekargaren prozesua aztertzeko, jo dezagun ez torlojuak ez azkoinak ez dutela haririk. Hasierako egoeratik abiatuta (3a irudia), torlojuaren zurtoinean zehar “irristatzen” da azkoina, eta, hala, lotutako elementuak konprimatzen dira (3b irudia); une horretan, azkoina torlojuari lotzen zaio (soldadura aplikatuko balitz bezala), eta sistema libre geratzen da 3c irudiko oreka egoerara iritsi arte. Oreka egoera horretan, torlojuak δ_t trakzio deformazio bat du hasierako atsedean posizioarekiko (0t) (3b irudia), eta elementuek δ_e konpresio deformazio bat dute hasierako atsedean posizioarekiko (3a irudia). Horren ondorioz, torlojuak eta elementuek karga bera garatzen dute: $F_t = F_e = F_p$; F_p aurrekarga deritzona da, eta azkoina oreka estatikoan dago (torlojuak beherantz bultzatzen du eta elementuek gorantz bultzatzen dute):

$$F_p = F_e = F_t = K_e \cdot \delta_e = K_t \cdot \delta_t \quad (1)$$



3. irudia. Torloju baten aurrekarga prozesuaren azterketa. Egileen irudia.

K_t eta K_e torlojuaren eta elementuen zurruntasuna dira, hurrenez hurren. Aurrekargako prozesu hori 4. irudiko “loturaren diagrama” izenekoan irudikatu ohi da, ardatz bertikalean indarra adieraziz eta horizontalean deformazioa. Diagrama horretan, zuzen bidez adieraz daitezke K_t eta K_e zurruntasunak, eta, hala, grafikoki irudikatzen da aurrekargaren oreka ekuazioa.



4. irudia. Aurrekargatutako loturaren lotura diagrama. Egileen irudia.

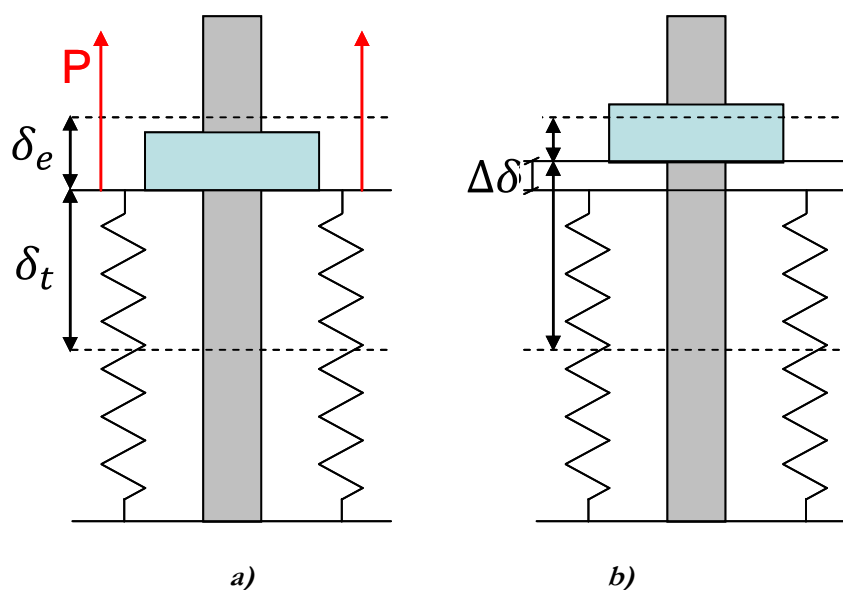
3. LOTURAK KANPOKO KARGEI EMANDAKO ERANTZUNA

3.1 Karga axiala

3. irudiko aurrez kargatutako loturari P kanpo-karga axial bat aplikatzen zaio (5a irudia), eta $\Delta\delta$ deformazio bat sortzen da (5b irudia). Torlojuko karga berriak eta elementuak hauek izango dira:

$$F_e = F_p - K_e \cdot \Delta\delta \quad (2a)$$

$$F_t = F_p + K_t \cdot \Delta\delta \quad (2b)$$



5. irudia. Aurrekargatutako torlojuan kanpo karga axial bat sartu ondorengo azterketa. Egileen irudia.

Hau da, torlojuaren trakzio karga handitu egiten da $K_t \cdot \Delta\delta$ -n, eta lotutako elementuen konpresio karga txikitu egiten da $K_e \cdot \Delta\delta$ -n. Gainera, kanpo karga torlojuen eta lotutako elementuen karga aldaketan batura da:

$$P = (K_e + K_t) \cdot \Delta\delta \quad (3)$$

Puntu horretan definitzen da “loturaren zurruntasun konstantea”, C :

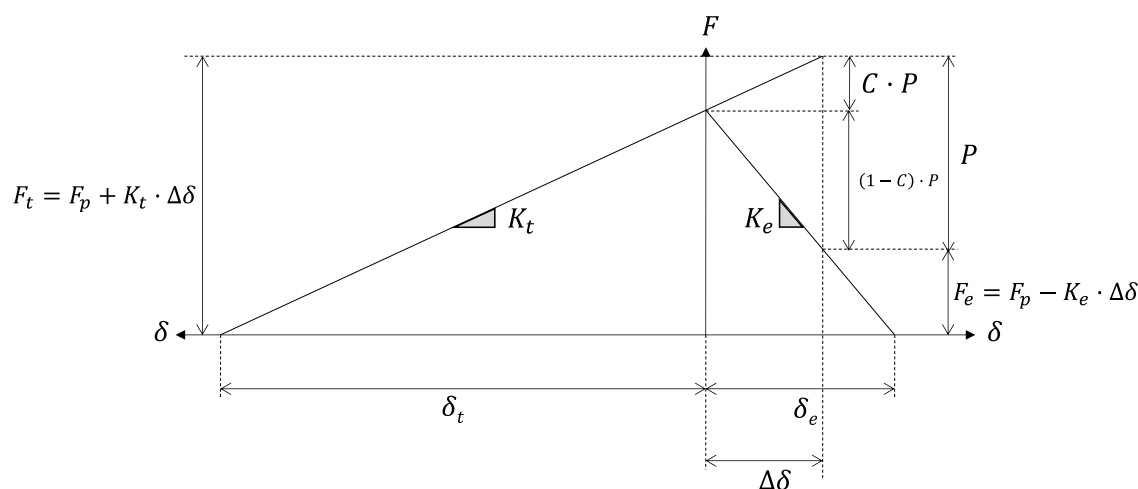
$$C = \frac{K_t}{K_e + K_t} \quad (4)$$

(4) ekuazioa (2) adierazpenetan ordezkaturaz:

$$F_e = F_p - (1 - C) \cdot P \quad (5a)$$

$$F_t = F_p + C \cdot P \quad (5b)$$

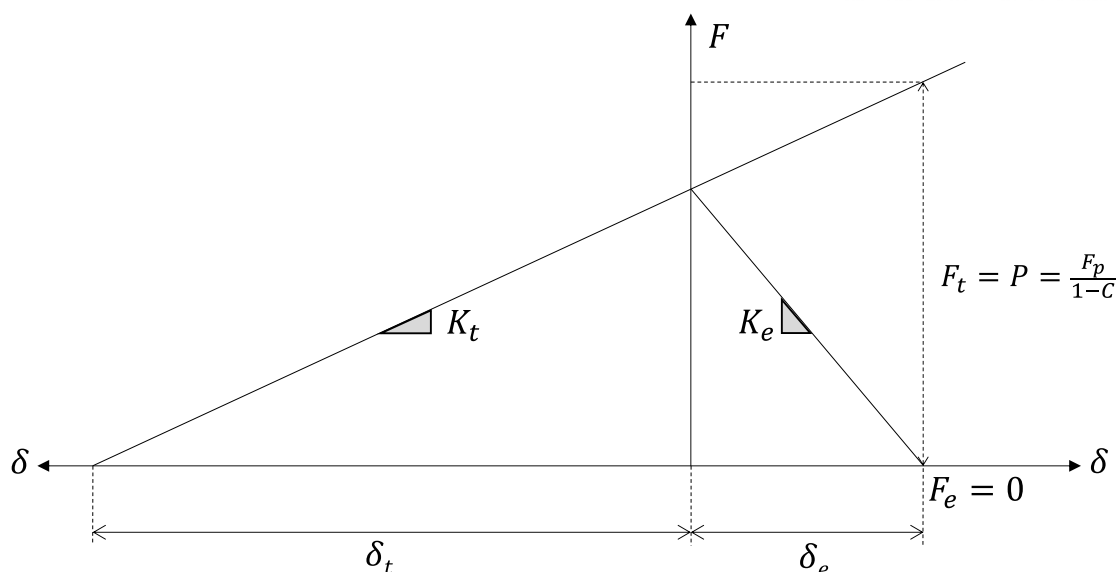
Adierazpen horietatik ondorioztatzen da torlojuari P kanpo karga axialaren “ C ” ehuneko portzentai bat helduko zaiola, eta elementuek, berriz, gainerako “ $1-C$ ” ehunekoa absorbatzen dutela. 6. irudiko lotura diagraman grafikoki azaltzen da fenomeno hori.



6. irudia. P kanpo karga axial baten eraginpean dagoen aurrekargatutako loturaren lotura diagrama. Egileen irudia.

Jakina, adierazpen hauek lotu beharreko elementuak banatzen ez diren bitartean soilik izango dira baliozkoak, hau da, $F_e > 0$ bitartean. Hori gertatuko da baldin eta betetzen bada (ikusi 7. irudia):

$$F_e = F_p - (1 - C) \cdot P > 0 \rightarrow P < \frac{F_p}{(1-C)} \quad (6)$$



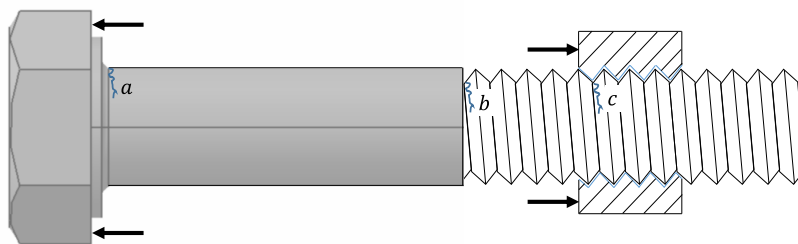
7. irudia. P kanpo karga axial baten eraginpean dagoen aurrekargatutako loturaren lotura diagrama: elementuak deskargatzen diren puntua ($F_e=0$). Egileen irudia.

Puntu horretatik aurrera, elementuak erabat deskargatuta egongo dira, eta torlojuak kanpo karga axial guztia absorbatuko du, hau da, $F_e=0$ eta $F_t=P$.

Nolanahi ere, torlojuak karga estatikopean huts egiten duela jotzen da haren F_t/A_t tentsio normalak “probako tentsioa” izeneko baliora heltzen denean. Balio hori 2. taulan ageri da eta torlojuaren graduaren arabera da. Tentsio hori isurpen tentsioa baino zertxobait txikiagoa da eta torlojuaren erregimen plastikoan sartzeko erabiltzen den balioari dagokio (gogoan izan behar da torlojuaren isurpen tentsioa %0,2ko deformazio iraunkor bati dagokiola). Torlojuaren tentsio kontzentrazioen eremuak buruaren eta zurtoinarekin arteko loturan eta harietan daude (ikus 8. irudia), baina ez dira kontuan hartzen, hutsegite estatikoa duen material harikorraren baten kalkulua baita.

KLASEA	DIAMETRO TARTEA	PROBAKO TENTSIOA (MPa)	ISURPEN TENTSIOA (MPa)	HAUSTURA TENTSIOA (MPa)
4.6	M5-M36	225	240	400
4.8	M1.6-M16	310	340	420
5.8	M5-M24	380	420	520
8.8	M3-M36	600	660	830
9.8	M1.6-M16	650	720	900
10.9	M5-M36	830	940	1040
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220

2. taula. Torloju metrikoen motak eta erresistentzia. Egileen taula.



8. irudia. Buru eta zurtoinen arteko loturen harietako tentsio-kontzentrazio eremuak.

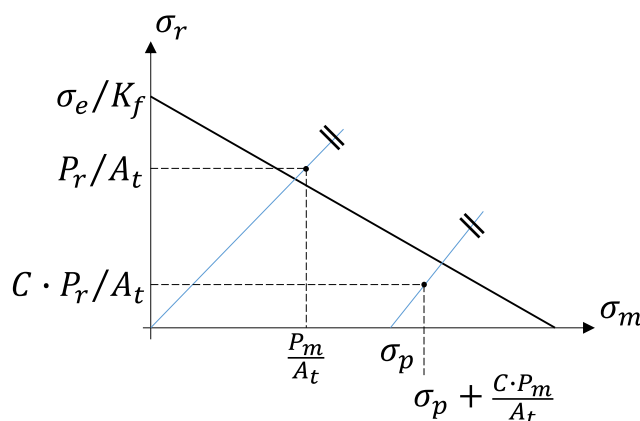
Egileen irudia.

Kanpoko P karga axiala denboran aldakorra bada konstantea izan ordez, analisiak nekearen araberakoa izan behar du. Kasu horretan, torlojuak osagai batezbesteko eta alternoko tentsioa izango du: F_p aurrekargak tentsio ertaina sortzen du; P kanpoko karga axialaren ondorioz torlojuak jasaten duen $C \cdot P$ kargak tentsio ertaina eta/edo alternoa sortzen du, P -ren izaeraren arabera. Beraz, hauek dira torlojuak batez besteko karga eta karga alternoa, F_{tm} eta F_{tr} :

$$F_{tm} = F_p + C \cdot P_m \quad (7a)$$

$$F_{tr} = C \cdot P_r \quad (7b)$$

P_m eta P_r P kanpo-karga axialaren osagai ertaina eta alternoa dira. Horren ondorioz, aurrez kargatutako torlojuak erantzun hobea izango du nekeza, aurrez kargatuta ez dagoen torloju batekin alderatuta. 9. irudiak erakusten du, adibide gisa, torloju batek iraupen mugatua duela ($<10^6$ ziklo), eta aurrez kargatutako torloju berak bizitza mugagabea duela. Nekea kalkulatzeko, aurreko gaietan azaldutako metodo klasikoa erabiltzen da eta kasu horretan, tentsio egoera uniaxiala izango da. Tentsio-kontzentrazioari dagokionez, kasu honetan badute eragina K_f koefizientearen bidez. 3. taulak balio orientagarriak ematen ditu buru-zurtoin lotura eremuetarako (fillet) eta harietarako (threads); ikusten da ijeztutako hariak (rolled threads) mekanizatuek (cut threads) baino portaera hobea dutela nekearekiko.



9. irudia. Soderberg-en zuzena, aurrekargatu gabeko torlojuaren tentsio egoerarekin (bizitza mugatua) eta aurrez kargatuarekin (bizitza infinitua). Egileen irudia.

TORLOJUAREN KLASEA	IJEZTATUTAKO HARIAK	MEKANIZATUTAKO HARIAK	AKORDIO ERRADIOA
3.6-tik 5.8-ra	2,2	2,8	2,1
6.6-tik 10.9-ra	3,0	3,8	2,3

3. taula. K_r -ren balio orientagarriak torlojuko tentsioen-kontzentrazio eremuetarako.

Egileen taula.

Atal honetan aurkeztutako formulak nahiko sinpleak diren arren, ez da ahaztu behar kalkulu sinplifikatua dela.

- Lehenik eta behin, zaila da C kalkulatzeko, ez baita erraza K_e -ren balioa zehatza lortzea: elementu konprimatuak kono edo barrileteekin parekatzea bezalako hurbilketak erabiltzen diren arren (ikus 10a irudia), K_e -ren balio fidagarri bat metodo zehatzagoen bidez lortu behar da, adibidez, elementu finituen bidez. K_t torlojuaren zurruntasuna ere kontu handiz kalkulatu behar da, torlojuaren luzera trakzionatua eta azalera-erresistente eraginkorra kontuan hartuta.
- Bigarrenik, kanpoko karga axiala elementuen gainazalean dagoela jo da (ikus 5a irudia), baina berez ez du hala izan behar, 10b irudian adierazten den bezala.
- Azkenik, loturaren geometriaren arabera (elementuen eta torlojuaren zurruntasuna), deskribatutako kalkuluetan kontuan hartzen ez den palanka-efektua gerta daiteke, baita karga zentratua denean ere (ikus 10c irudia); horren ondorioz, torlojuak, karga axiala ez ezik, palanka-efektu horren eraginarengatik karga gehigarri bat ere jasoko du, eta efektu horren balioa lortzea oso zaila da, oso zaila baita loturak zein punturekiko pibotatzen duen jakitea.

Lotura 11. irudikoaren antzeko M flexio momentu baten eraginpean badago, momentu hori Makinen Diseinua

Mikel Abasolo, Edurne Iriondo eta Javier Corral

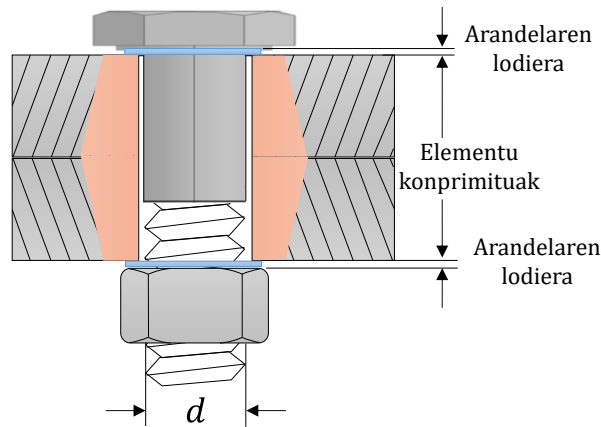
9

torlojuentzat indar axial bihurtzen da. Betiere, lotutako elementuak behar bezain malguak badira, lotura ez ireki ahal izateko elementuen arteko kontaktu punturen batean, honako hau onartzen da::

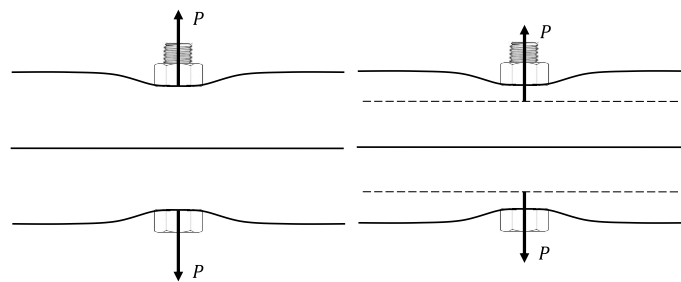
$$\frac{F_i}{d_i} = cte \quad (8a)$$

$$M = \sum (F_i \cdot d_i) \quad (8b)$$

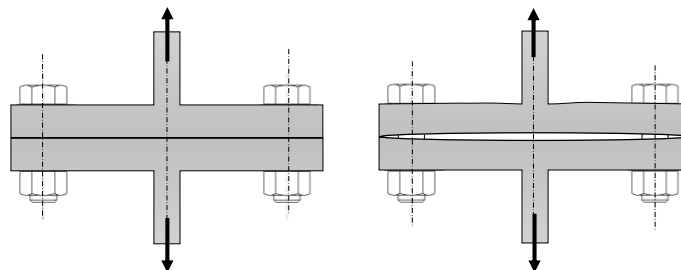
i torlojuaren eta flexio momentuaren zuntz neutroaren arteko distantzia da i , eta F_i torloju bakoitzera iristen den indar axiala. Aurrez azaldutakoaren arabera, i torlojuak $C \cdot F_i$ zati bat bakarrik absorbatuko du.



a)

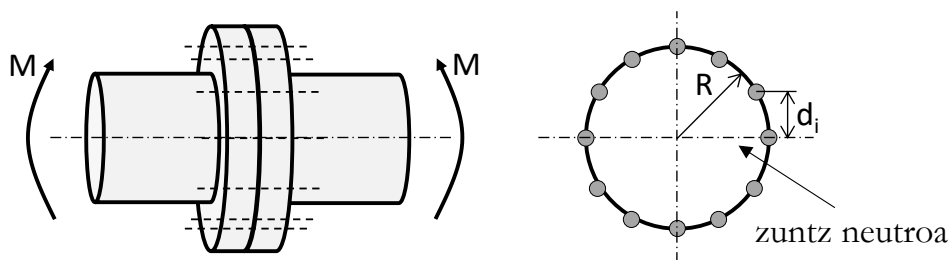


b)



c)

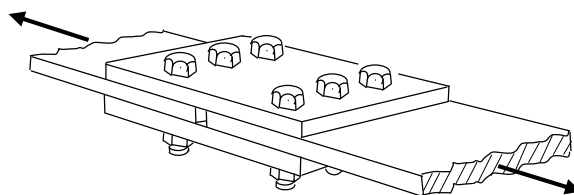
10. irudia. Deskribatutako kalkulu prozeduraren sinplifikazio nagusiak. Egileen irudia.



11. irudia. Torloju bidezko lotura M momentu makurtzailepean.

3.2 Karga ebakitzaila

Torloju bidezko lotura bati 12. irudikoa bezalako kanpo karga ebakitzaila ezartzen zaionean, haren erantzunaren arabera, lotura bi motatan sailka daiteke (nahiz eta normalean erantzuna bien konbinazioa izan): “friction type” eta “bearing type”.

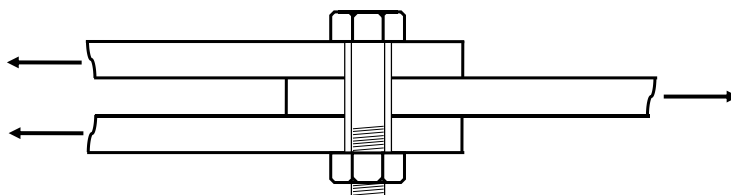


12. irudia. Torlojuz lotutako lotura, karga ebakitzailapean.

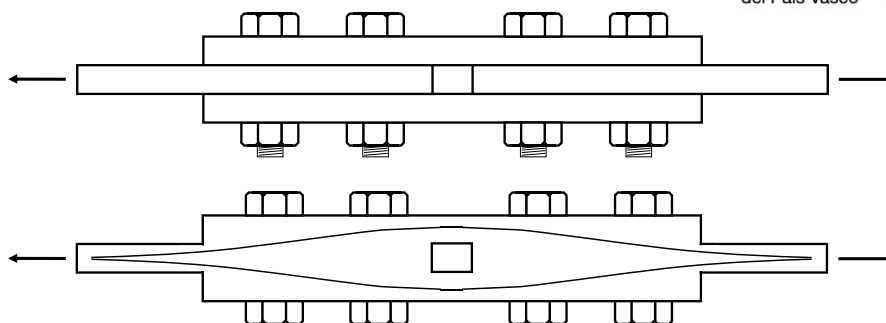
Friction type loturetan, aplikatutako P indar ebakitzailak ez du gainditzen F_p aurrekargak sortutako elementuen arteko marruskadura indarra:

$$P < \mu \cdot F_p \cdot N \cdot m \quad (9)$$

Adierazpenean, N loturan lan egiten duten torlojuen kopurua da, eta m marruskadura aurpegiaren kopurua; adibidez, 12. irudiko loturan, $N=3$ eta $m=2$ dira. Lotura mota horietan, marruskadura indarrak eragotzi egiten du lotutako elementuak elkarrekiko labaintzea (ikus 13. irudia); hala, P kanpo karga ebakitzailak torlojuak ez eragitea lortzen da, eta loturak bloke solido bakar baten gisa lan egitea indarrak transmititzeko, 14. irudian ageri den bezala.



13. irudia. Friction type lotura baten erantzuna. Egileen irudia.

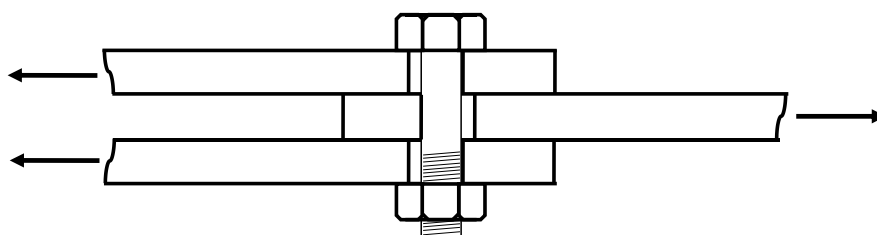


14. irudia. Friction type lotura bateko esfortzuen transmisio lerroak. Egileen irudia.

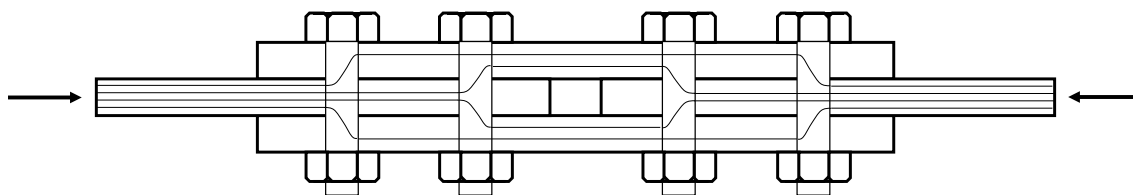
Bearing type loturetan, aplikatutako P indar ebakitzailak gainditu egiten du aurrekargak sortutako elementuen arteko marruskadura ($\mu \cdot F_p$), hau da:

$$P > \mu \cdot F_p \cdot N \cdot m \quad (10)$$

Lotura mota horietan, marruskadura indarrak ez du eragozten elkarri lotutako elementuek labaintzea (ikusi 15. irudia); hala, P kanpo karga ebakitzailak torlojuak zizailatzen ditu, eta ebakitzailapean lan egiten du, indarrak haien bidez transmititu daitezten, 16. irudian ageri den bezala.



15. irudia. Bearing type lotura baten erantzuna. Egileen irudia.

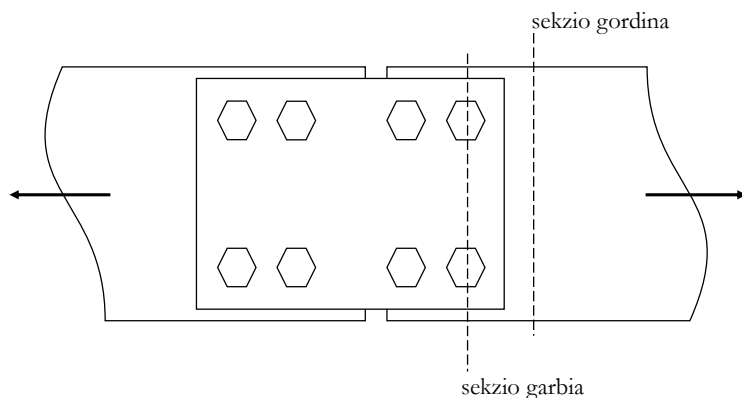


16. irudia. Bearing type lotura bateko esfortzuen transmisio lerroak. Egileen irudia.

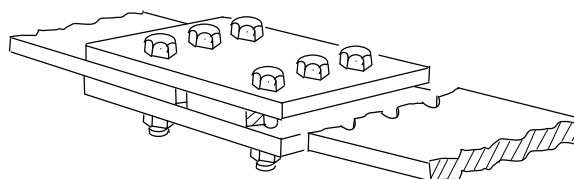
Lotura mota bakoitzak izan ditzakeen hutsegiteei dagokienez, friction type motako loturek sekzio garbia haustearen ondorioz huts egiten dute (sekzio hori 17. irudian ageri da). Bearing type loturek hainbat modutan egin dezakete huts (hutsegite horietako batzuk 18. irudian ageri dira):

- a) Torlojuak zanpatu eta ebakitzen denean (kalkulua txabetetarako erabiltzen denaren antzekoa da).

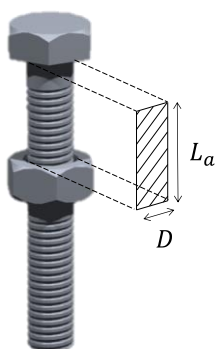
- b) Xafla zanpatzeagatik.
- c) Sekzio garbia haustearen ondorioz (ikus 17. irudia).
- d) Xaflaren ertza hausten denean.



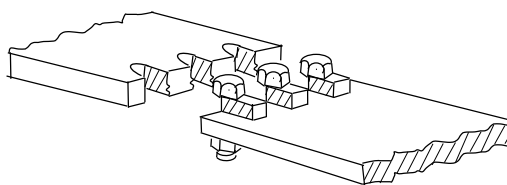
17. irudia. Ebakitzailerako loturaren sekzio garbia eta gordina. Egileen irudia.



a)



b)

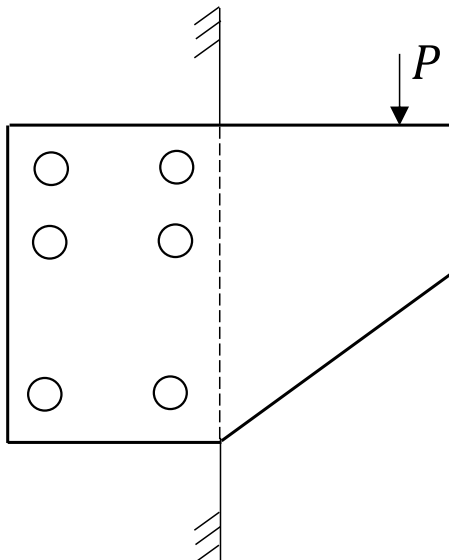


c)

18. irudia. Bearing type lotura batek izan ditzakeen hutsegite batzuk: a) sekzio garbia
 Makinen Diseinua Mikel Abasolo, Edurne Iriondo eta Javier Corral

haustea b) zapaltzea c) ertzen haustura. Egileen irudia.

P karga ebakitzailera 19. irudian bezala “bihurdurakoa” denean, torloju bakoitzera iristen den karga desberdina da.



19. irudia. Torloju bidezko lotura, “bihurdurazko” kanpo karga ebakitzailerekin. Egileen irudia.

Lehenik, torloju guztien grabitate zentroa aurkitu behar da. Ondoren, karga ebakitzailera grabitate zentro horretara eramaten da, eta, kargaz gain (karga zuzena), momentu “tortsore” bat ere ematen da (karga ez-zuzena). Karga zuzena uniformeki banatzen da lotura osatzen duten n torlojuen artean, eta i torloju bakoitzari F_{dir} karga zuzen bera iristen zaio, P -ren norabide berarekin:

$$F_{dir,i} = \frac{P}{n} \quad (11)$$

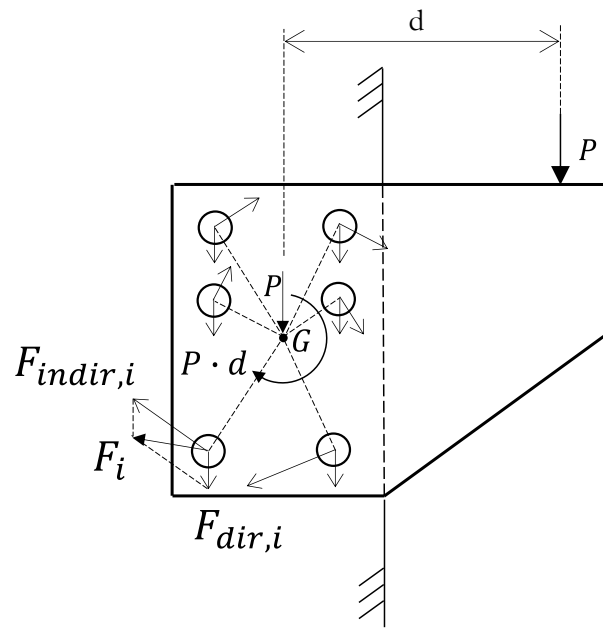
Karga ez-zuzena grabitate zentroarekiko torloju bakoitza dagoen distantziaren arabera banatzen da. Edozein i torlojuak daraman F_{indir} karga, i torloju loturaren grabitate zentroarekin batzen duen lerroarekiko perpendikularra da, eta honela kalkulatzen da:

$$\frac{F_{indir,i}}{d_i} = cte \quad (12a)$$

$$T = P \cdot d = \sum (F_{indir,i} \cdot d_i) \quad (12b)$$

20. irudian, torloju bakoitzak jasango duen karga zuzena eta ez-zuzena ageri dira. Hala, torloju batek jasoko duen F_i karga totala bi kargen batuketa bektoriala izango da:

$$\vec{F}_i = \vec{F}_{dir,i} + \vec{F}_{indir,i} \quad (13)$$

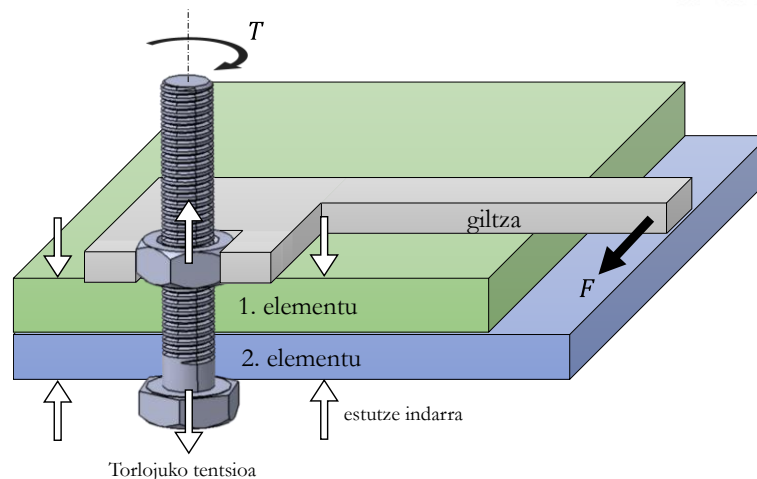


19. irudiko lotuneko karga banaketa. Egileen irudia.

Adibidearen kasuan, torloju kargatuena beheko lerroko eskuinekoa da, indarren batura bektoriala maximoa baita. Bere karga totalak ez badu $\mu \cdot F_p$ marruskadura indarra gainditzen, loturaren portaera friction type izango da eta bestela, bearing type izango da. Deskribatutako prozedura baliozkoa da loturaren torloju guztiek metrika bera badute, eta hori, bestalde, ohikoa da.

4. TORLOJUARI AURREKARGA SARTZEA

Frogatu da, aurrekargak loturak kanpoko kargen aurrean duen portaera hobetu egiten duela. Torlojuak, orokorrean, 21. irudiko bihurtura giltzarekin estutu behar dira.



21. irudia. Bihurdura giltza. Egileen irudia.

Estutzean, tortsore pare bat ezartzen da azkoinean, eta, ondorioz, torlojua hariztatu egiten da; azkoina hariztatu ahala, torlojua trakzionatu egiten da. Estutze momentua hiru erresistentzia gaitzeko erabiltzen da:

- a) Lehenik eta behin, torlojua trakzionatzen du.
- b) Bigarrenik, torlojuaren harien eta azkoinaren arteko kontaktu marruskadura gaitzen du.
- c) Azkenik, azkoinaren buruaren eta elementuaren arteko kontaktu marruskadura gaitzen du.

Aplikaturako T momentuaren eta F_p torlojuaren lortutako aurrekargaren arteko erlazioa hau dela frogatzen da:

$$T = F_p \cdot tg\lambda \cdot \frac{d}{2} + F_p \cdot \frac{\mu}{\cos\alpha} \cdot \frac{d}{2} + \mu' \cdot F_p \cdot \frac{d_t}{2} \quad (14)$$

Non μ harien arteko marruskadura koefizientea da, μ' azkoin-elementu marruskadura koefizientea, λ hariaren helize angelua, α hariaren profilarren inklinazio angelua, d torlojuaren metrika eta d_t azkoinaren diametroa da. Lehenengo batugaia torlojuaren trakzioarengatik erresistentzia da; bigarrena, harien arteko marruskaduraren ondoriozko erresistentzia; eta hirugarrena, azkoin-elementu marruskaduraren ondoriozko erresistentzia. Adierazpen hori honela berridatz daiteke:

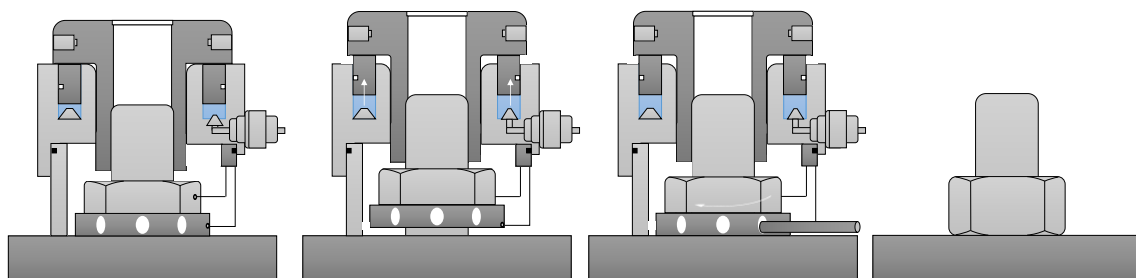
$$T = K \cdot F_p \cdot d \quad (15)$$

Non K “azkoinaren faktorea” da, balio hau duena:

$$K = 0.5 \cdot \frac{\mu + tg\lambda \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu \cdot tg\lambda} + 0.625 \cdot \mu' \quad (16)$$

Orokorrean, K azkoinaren faktorearen balioa esperimentalki lortzen da. Literaturan aurki daitekeen K-ren balio tipikoa 0,2 ingurukoa da, baina dispertsio handia du marruskadura fenomenoaren berezko dispertsioaren ondorioz; fenomeno horretan eragina dute zenbait faktorek, hala nola materialak, gainazalaren akaberak, lubrifikazioak, azkoina estutzeko abiadurak, harien arteko tolerantziak, zirrindolak izateak edo ez izateak, eta abar. Beste fenomeno batzuek ere eragiten dute K-ren dispertsioa, hala nola loturaren elementuen imperfekzio geometrikoek (perpendikulartasunik ez, harien perdoiak), torlojuaren eta zuloaren arteko deslerrokadurek, langilearen trebetasunek... Birtualki ezinezkoa da faktore horien eragina aurreikustea. Horren ondorioz, K-k oso balio desberdinak har ditzake, eta aplikatutako T momentu tortsore berarentzat dispertsio handia gertatzen da (orokorrean $\pm\%$ 30) torlojuaren ondoriozko F_p aurrekargan.

Ziurgabetasun hori murrizteko, badira beste metodo zehatzago baina konplexuago batzuk, torlojuaren aurrekargaren berri izateko. Adibidez, torlojuaren aurrekargaren balioa (bihurdura giltza batekin estutua) galga estentsometrikoekin, ultrasoinuen neurgailuekin edo antzeko beste sistema batzuekin neur daiteke. Tenkagailuak izeneko gailuak ere badaude (22. irudia), eta, bihurtura momentu baten bidez aurrekarga sartu beharrean, zuzenean torlojuia “heltzen” dute eta trakzionatu egiten dute; horrela, sartutako aurrekarga zuzenean kontrola daiteke. 22. irudian torlojuia tenkatzeko eman beharreko urratsak ageri dira. Hala, marruskadurak eragindako ziurgabetasuna ezabatzen da.



22. irudia. Torlojuia aurrekargatzeko gailua. Egileen irudia.