

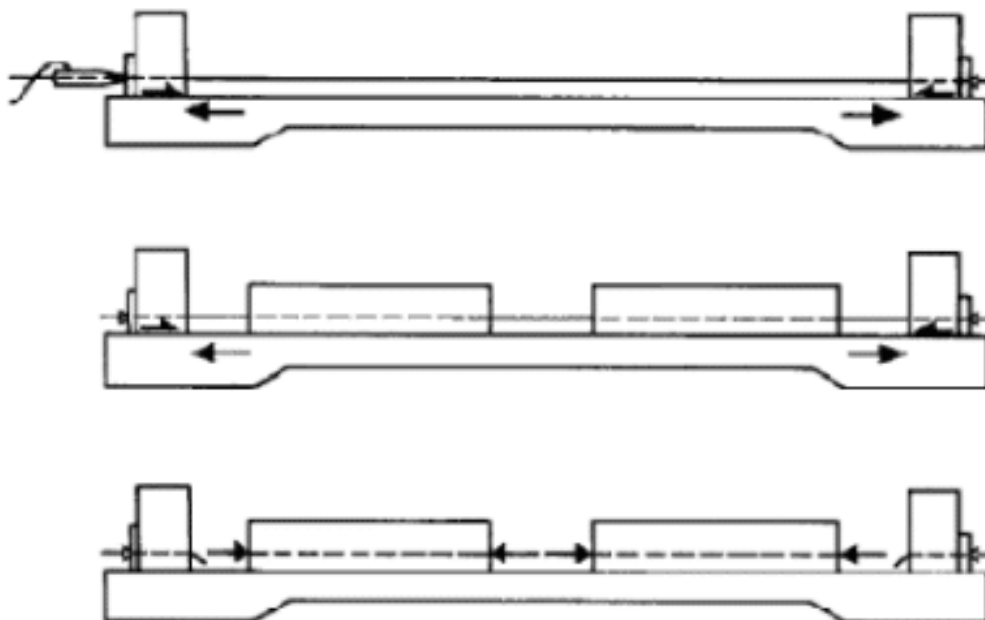
ПРЕТХОДНО НАПРЕГНУТЕ БЕТОНСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Ненад Пецић – материјал за наставу

2024.

Претходно напрезање претходним затезањем каблова

Одговарајући термин на енглеском језику је „pretensioning“, а код нас се у инжењерској пракси најчешће користи назив „ПН на стази“, јер је за извођење потребан простор и постројење (опрема) који се зове стаза или писта.











За ПН на стази користи се иста ужад која се употребљава за формирање каблова. За мале елементе може се користити и тања ужад или ужад од мање жица (на пример 3).

Добре стране ПН на стази:

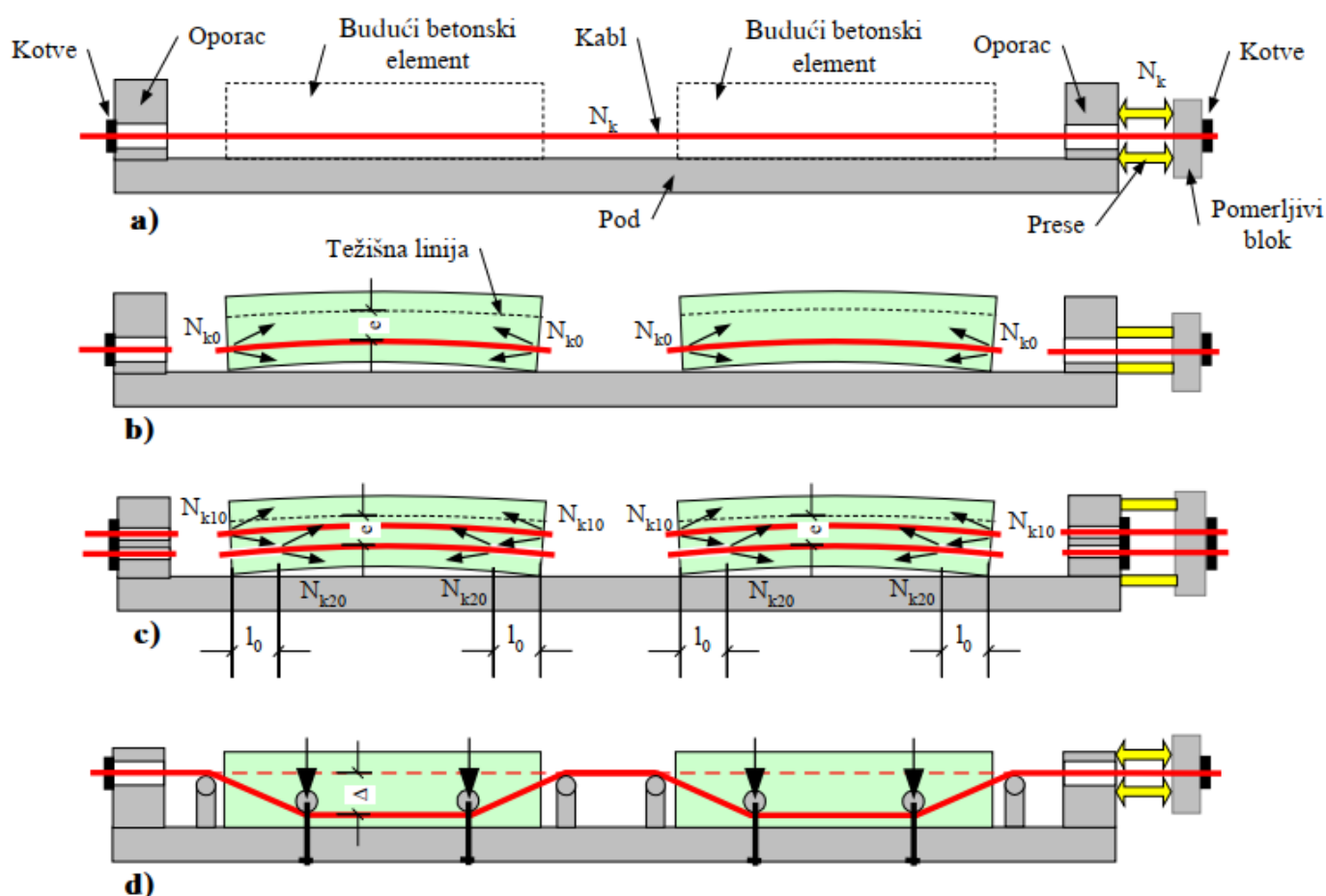
- Фабричка производња даје добар квалитет;
- Нису потребне котве – уштеда;
- Није потребно инјектирање – уштеда (пре свега) у раду;
- Може се претходно напрезати више елемената одједном.

Ограничења (слабости) ПН на стази:

- Величина сила ПН (а тиме и елемената) које се могу постићи је ограничена (начином анкеровања);
- Облици трасе су ограничени на праволинијске и полигоналне;
- Попречни пресеци су нешто већи него када се исти носач решава са ПН накнадним утезањем (због ограничења у обликовању трасе);
- Носачи су (углавном) статички одређени (просте греде, конзоле);
- Транспорт (из фабрике) може бити захтеван.

Кораци при изрази носача су

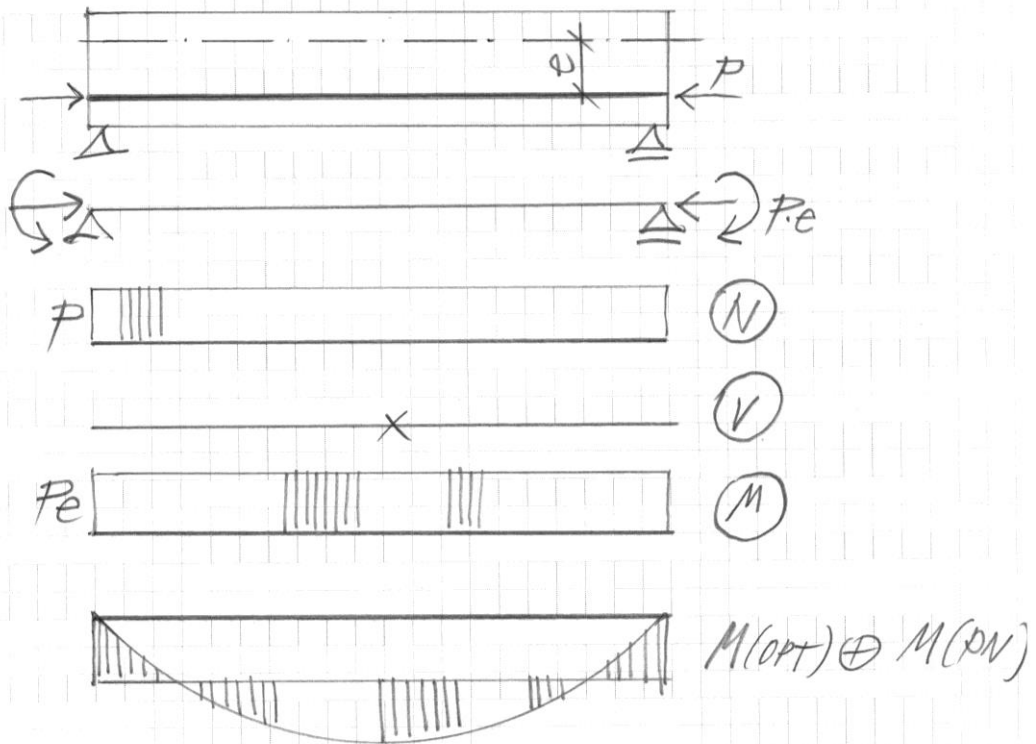
- Затежање ужади (кроз ваздух) између опораца на крајевима стазе. Затегнута ужад је права. Ако је потребна полигонална траса, врши се потискивање ужади на доле на потребним местима, уз претходно постављање ослонаца који задржавају виши ниво ужади тамо где је то потребно. За постизање полигоналне трасе потребно је да стаза има одговарајуће елементе и додатну опрему. Полигонална траса је рационалнија, али захтева више рада и времена. Праволинијске трасе доминирају у производњи ПН елемената.
- Поставља се (обична) арматура елемената;
- Постављају се оплате;
- Врши се бетонирање;
- У већини случајева спроводе се поступци за убрзано очвршћавање бетона, како би се стаза ослободила за нове елементе и производња била исплатива. Данас се најчешће примењује запаривање;
- Када се постигне пројектована чврстоћа за ПН, врши се (постепено) отпуштање ужади на крајњим опорцима чиме се сила ПН преноси на елементе. Олабављена ужад између елемената се одсеца.



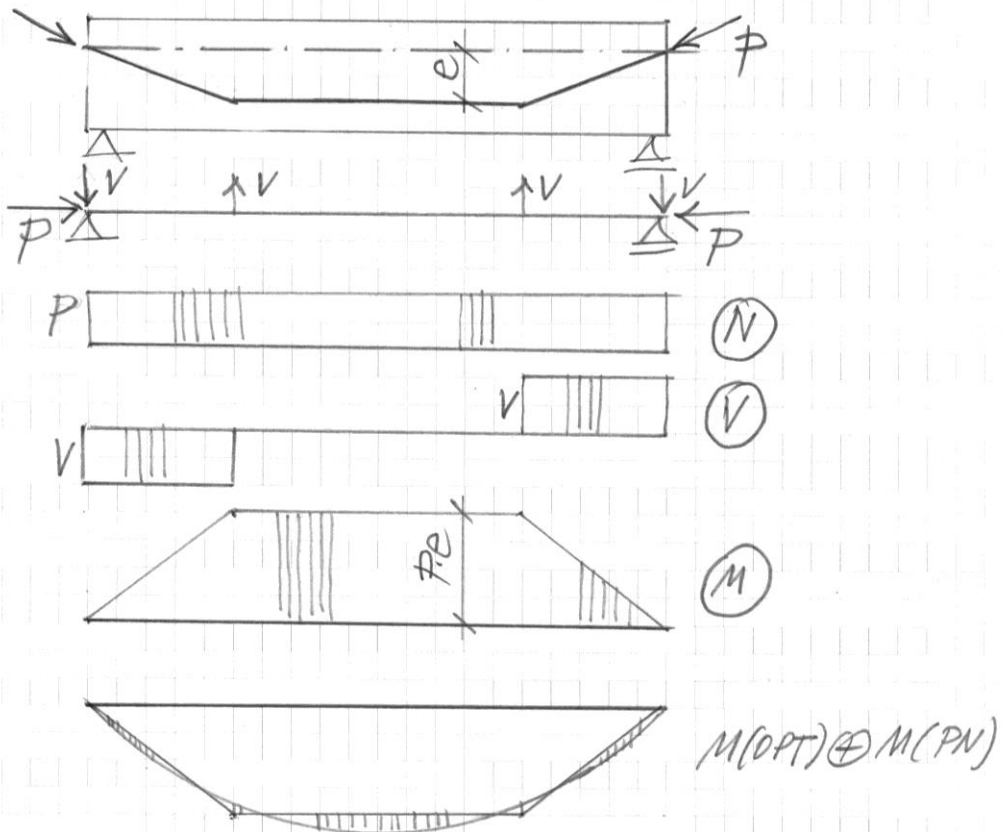
Slika 1.8 Prethodno naprezanje na stazi - 'adheziono prethodno naprezanje'

Облици еквивалентног оптерећења и утицаји од ПН који се постижу на стази

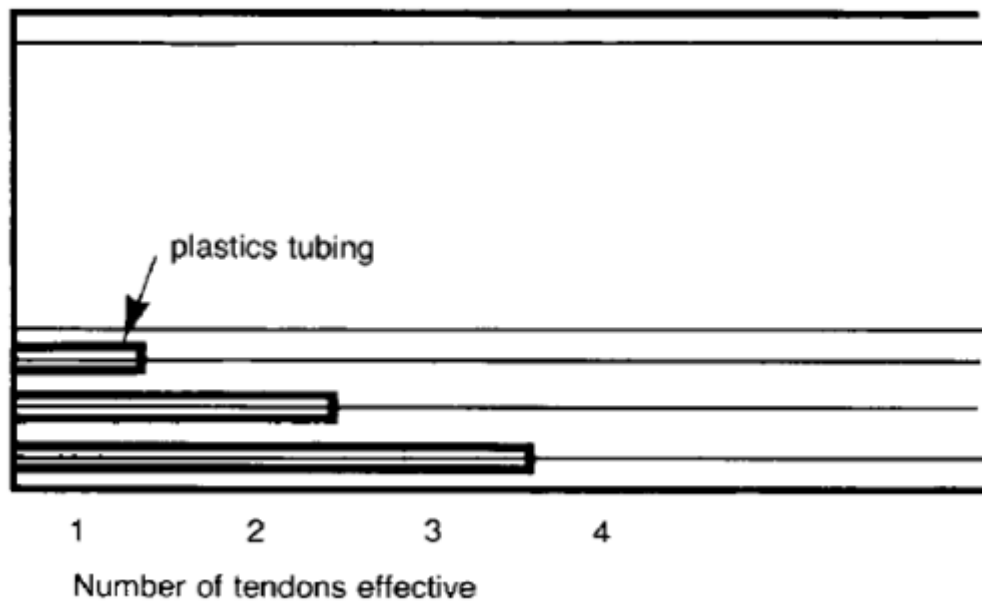
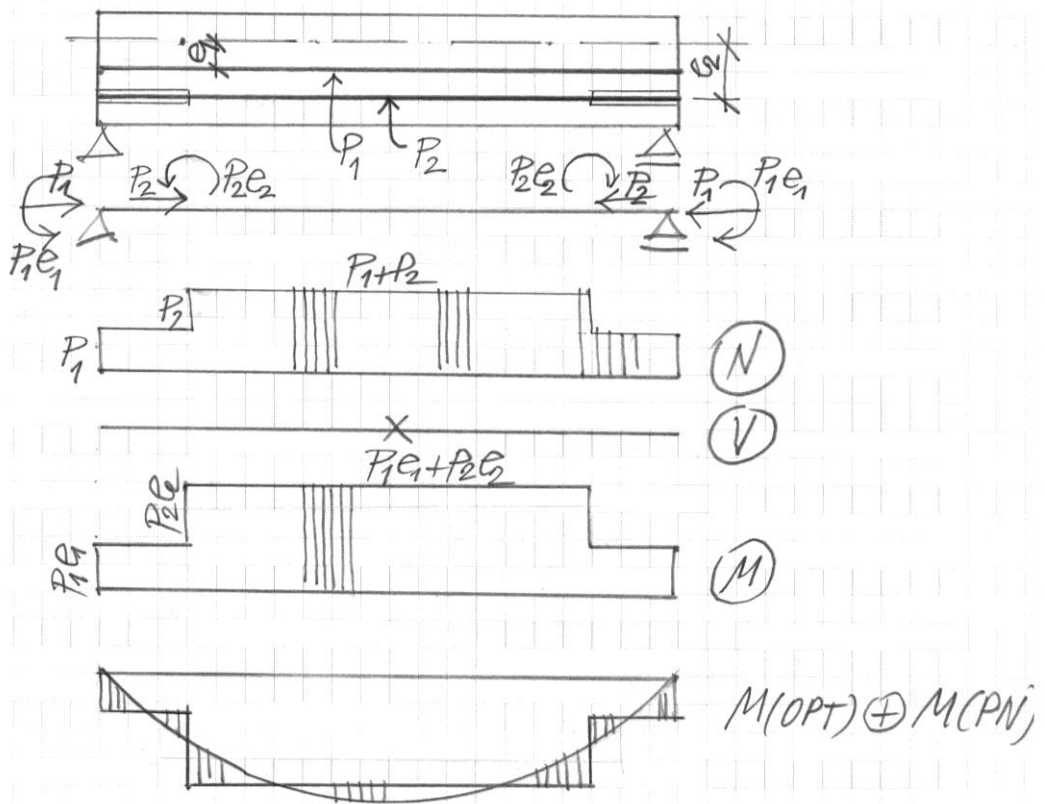
A) PRAVOLINIJSKA TRASA



B) POLIGONALNA TRASA

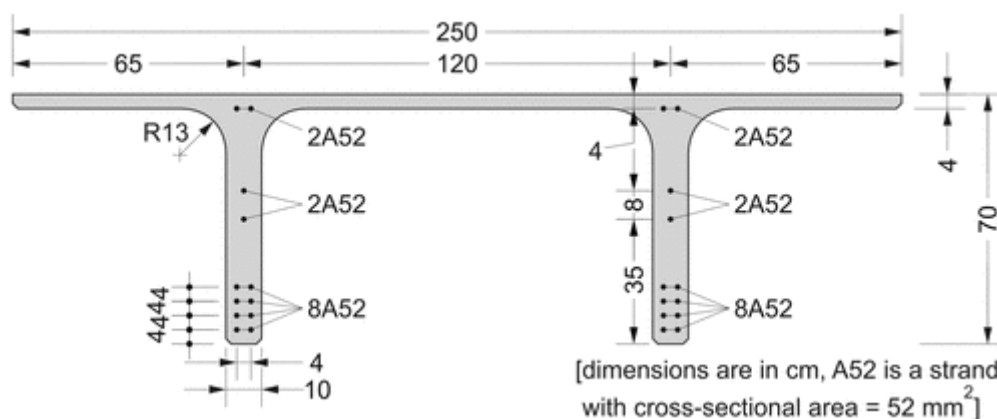


c) PRAVOLINIJSKA TRASA
SA ISKLJUČIVANJEM



Одређивање прикладних димензија попречног пресека

Може се вршити према поступку објашњеном у оквиру курса за носаче који се ПН накнадним утезањем ($W_1 \geq \dots$, $W_2 \geq \dots$). Због ограничења у обликовању трасе пресек не може да буде „кнап“ („А“ захтева највећи пресек). Препоручљиво је да се прорачуном физо зоне што раније провери могућност трасирања за изабрани концепт трасе (А, В или С). При избору облика и димензија пресека и „растера“ ужади косултовати фабрику у којој се планира производња.



Јафтиније је ако се користи „алат“ фабрике (постојеће оплате) и растер према шаблону на опорцима стазе. Фабрике располажу каталогом производног програма (стандардне прилагодљиве оплате).

Прорачун губитака силе ПН

Од почетних губитака ефективно постоји само губитак од еластичног скраћења при преносу силе ПН на елементе. Губитка од трења нема јер се ужад затеже кроз ваздух. Губитак од уклињавања постоји, али је због дужине стазе симболичан. Међутим, и као такав може се у целини компензовати при затезању ужади, па се не узима при прорачуну. Постоји губитак од дела релаксације који се догоди од затезања ужади до преноса силе на елементе, али се прорачун може изоставити, јер је ефекат повољан (умањује силу при трансферу), а за стање експлоатације срачунава се коначан губитак. Губитак од еластичног скраћења при преносу силе ПН на елементе је већи неко код ПН накнадним утезањем. Преостала сила се може одредити према обрасцу:

$$\Delta_{el} = 1 - 1,0 \cdot \frac{E_p}{E_c} \cdot A_p \cdot \left(\frac{1}{A_c} + \frac{z_{cp}^2}{I_c} - \frac{M_{min} \cdot z_{cp}}{N_p^0 \cdot I_c} \right)$$

Образац је исти као и за ПН елементе са накнадним утезањем, али је коефицијент губитака двоструко већи ($0,5 \rightarrow 1,0$). Уместо карактеристика бруто пресека, могу се користити карактеристике трансформисаног пресека, који укључује каблове и, по жељи, арматуру.

Губици током времена срачунавају се на исти начин као и код ПН накнадним утезањем. Овде се може урачунати укупна релаксација, као што је напред напоменуто.

ULS провере – носивост на савијање

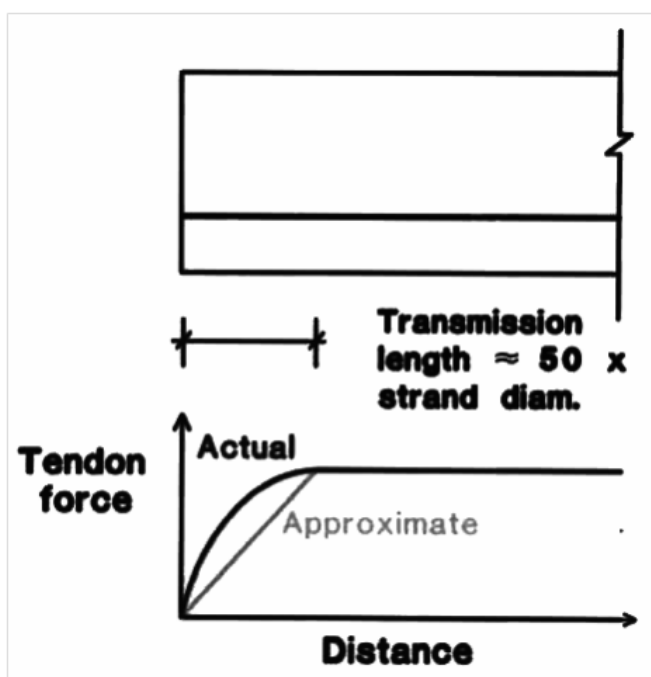
Нема разлика у односу на ПН накнадним утезањем.

ULS провере – носивост на смицање

Формално нема разлика у односу на ПН накнадним утезањем. Међутим има околности које су, у погледу носивости при смицању елемената који се претходно напрежу на стази, мање повољне него што је то случај код ПН накнадним утезањем.

Прво, осим код полигоналне трасе (која се мање примењује), код ПН на стази са праволинијским трасама нема трансверзалне силе од ПН која би деловала повољно и смањивала V_{Ed} од других оптерећења.

Друго, за разлику од ПН накнадним утезањем где је читава сила ПН (уз помоћ котви) уведена већ на самом крају носача, код атхезионог претходног напрезања (ПН на стази) постоји дужина увођења, тако да је у крајњој зони носача (где су највеће трансверзалне силе) присутан само део пропорционалан растојању (аксијални притисак од силе ПН доприноси повећању носивости на смицање елемената и може анулирати потребу за осигурањем арматуром).



Ово је изражено у обрасцу (6.4) за носивост при смицању елемената без прслина и без арматуре за осигурање смицања

$$V_{Rd,c} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \alpha_1 \sigma_{cp} f_{ctd}}$$

где је α_1 коефицијент $\leq 1,0$ којим се смањује допринос ПН носивости на смицање за пресеке који се налазе унутар дужине преношења (transmission length).

SLS провере – проверка напона

Као и код ПН накнадним утезањем остварује се применом приступа ограничавања напона при конципирању носача.

SLS провере – проверка прслина

Није препоручљиво пројектовати атхезионо ПН елементе тако да имају прслине у зони сидрења ужади. Генерално, иако је могуће примењивати парцијално претходно напрезање у распону, као и код ПН накнадним утезањем, уштеде које се остварују су дискутабилне, тако да примена потпуног и ограниченог изгледа као бољи избор. Тиме се остварују потребни критеријуми и у погледу прслина.

SLS провере – проверка угиба

Као и код ПН накнадним утезањем, угиби најчешће нису проблематични. Поступак прорачуна је у свему адекватан прорачуну угиба за ПН накнадним утезањем.