

ВРАХУВАННЯ ЗМІНИ ЖОРСТКОСТЕЙ ПЕРЕРІЗІВ В РОЗРАХУНКАХ СТЕРЖНЕВИХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ СИСТЕМ

Узун І.О.

Елементи стержневих статично невизначених систем до утворення тріщин працюють пружно. Після утворення тріщин в бетоні стиснутої зоні починають розвиватися, непружні деформації, жорсткість перерізів елементів починає поступово зменшуватися. Зменшення жорсткостей перерізів викликає перерозподіл внутрішніх зусиль у системі. При цьому зусилля зростають більш інтенсивно в елементах, які не мають тріщин (чи тріщини розвиваються повільно).

При подальшому зростанні навантаження продовжується утворення тріщин, збільшується ширина розкриття і висота тріщин, які утворилися раніше, більш інтенсивно починають проявлятися непружні деформації бетону, змінюється співвідношення жорсткостей перерізів елементів, продовжується перерозподіл внутрішніх зусиль.

Другий етап перерозподілу зусиль починається при появі текучості в арматурі (утворення пластичного шарніру). Моменти зростають швидше в перерізах, в яких невеликі пластичні деформації. При постійній швидкості деформування системи в окремих перерізах (при зростанні навантаження) досягаються максимальні моменти $M = R_s \cdot A_s \cdot z$ вершини діаграми момент-навантаження і починається їх зниження також при зростанні навантаження. Ця стадія роботи відповідає реалізації додільній гілки діаграми момент-навантаження. В інших перерізах максимальні моменти досягаються при максимальному навантаженні. Коли досягнуті усі максимальні значення моментів, починається розвантаження системи, яке забезпечує постійну швидкість деформування. Якщо не знижувати навантаження (не дотримуватися постійної швидкості деформування) виникне передчасне руйнування системи. При звичайному (ступінчастому) навантаженні деформації бетону, арматури, прогини на останніх ступенях навантаження починають швидко зростати, визначити їх достовірно в момент досягнення максимального навантаження R_u майже неможливо. При навантаженні з постійною швидкістю деформування деформації зростають повільно, їх можливо легко визначити, руйнування системи при R_u настає, а після її досягнення починається її зниження. Випробувач контролює не навантаження, а деформації. І для збереження швидкості деформування

(чергового приросту деформації) на певному рівні навантаження ($P=P_u=const$) її потрібно знижувати [1].

Дослідні моменти в окремих перерізах досягають своїх максимальних значень при $P < P_u$ в вершині діаграми момент-навантаження, потім моменти знижуються і при P_u вони нижчі максимальних моментів ($M < M_{max}$), в інших перерізах моменти досягають своїх максимальних значень при максимальному навантаженні, а потім (після досягнення $P_{max} = P_u$) починають знижуватися в усіх перерізах. Процес перерозподілу закінчується в усіх перерізах при максимальному навантаженні. Далі починається зниження усіх моментів, тобто розвантаження (див. рис. 1). Пластичне руйнування характерне для більшості статично невизначених конструкцій. Для його реалізації необхідно, щоб в процесі утворення нових пластичних шарнірів і інтенсивного перерозподілу відносні деформації стиснутого бетону і арматури в першочергово виниклих пластичних шарнірів не досягли граничних значень [2]. Застосування сталей з обмеженими пластичними якостями (у діаграмі $\sigma_s - \epsilon_s$ мала або відсутня площадка текучості) обмежує поворот перерізу. Руйнування системи може статися до того, як реалізуються інші пластичні шарніри. В цьому випадку реалізується крихке руйнування конструкції. Крихке руйнування може статися також від сколу бетону при дії поперечних зусиль. Тому слід виконати розрахунок на поперечні зусилля, щоб запобігти руйнування по похилих перерізах.

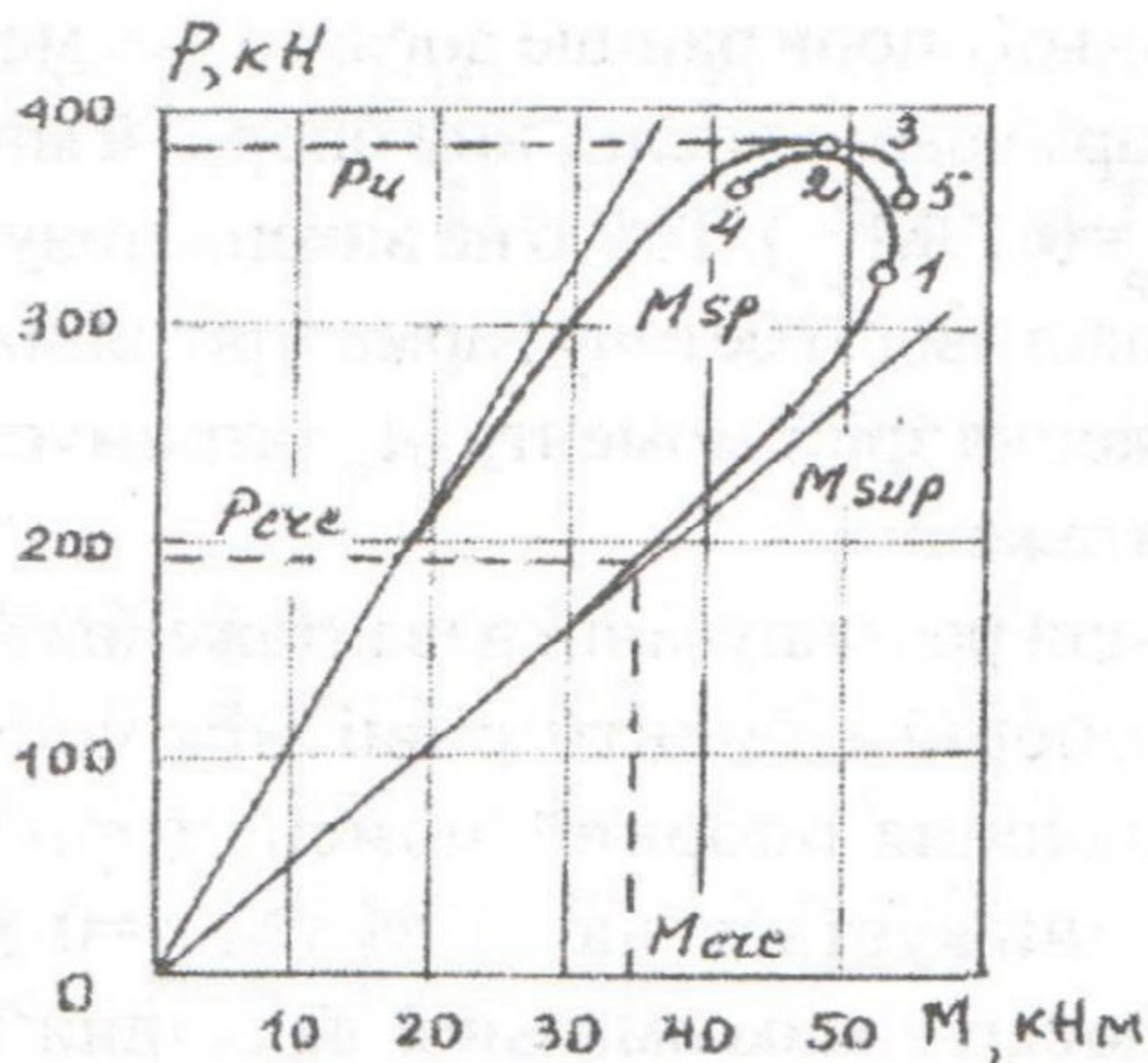


Рис. Діаграми момент-навантаження [1]

- 1 - вершина діаграми $M_{sup} - P$;
- 2 - момент M_{sup} при P_u ;
- 3 - момент M_{sp} при P_u ;
- 4 - момент M_{sup} на додільній гілці;
- 5 - момент M_{sp} на додільній гілці.

Аналіз розрахункових і експериментальних параметрів напружено-деформованого стану двопрольотних статично невизначених балок з прикладенням одного зусилля P в кожному прольоті показав їх задовільну збіжність [4]. Перерозподіл моментів залежить від деформаційної здатності перерізів (коефіцієнту армування, класів бетону, арматури, розташування зусилля P в прольоті, змінюючого співвідношення жорсткостей перерізів після утворення тріщин). При однаковому відсотку армування прольотного і опорного перерізів і розташуванні зусилля P близько до середньої опори прольотні і опорні моменти за величиною близькі. Момент в першому пластичному шарнірі вищий розрахункового на 12,5% за рахунок зміцнення бетону і збільшення плеча Z . При слабкому армуванні опорного перерізу ($\mu=0,67\%$), такому ж розташуванні зусилля P , після досягнення максимального значення опорний момент зменшується, а прольотний збільшується. При цьому опорний момент M_{sup} не досягав своєї максимальної величини ($M_{sup}=0,86M_{sup,u}$). Причина - в зниженні на 20% жорсткості опорного перерізу і зміни співвідношення жорсткостей (B_{sup}/B_{sp}) з 0,63 за розрахунками до 0,45 в експерименті. Дослідний (перерозподілений) момент менший пружного не на 30%, а на 40%. Момент в другому пластичному шарнірі більше розрахункового на 6% (вплив зміцнення бетону незначний) [3].

Співвідношення жорсткостей переармованих перерізів з тріщинами змінюється незначно ($M_{sp}/M_{sp}^{el}=0,9$). В цьому випадку призначати перерозподіл моментів M_{sp} на 30% було б помилковим. При розташуванні навантаження P на 0,171 від крайньої опори раніше досягається максимальне значення $M_{sp,u}$. При однаковому армуванні дослідний опорний момент нижчий на 21% розрахункового ($M_{sup}=0,79M_{sup,u}$). Тобто не використовуються повністю міцність і деформативні властивості бетону і арматури. Ближче до вершини діаграми момент-навантаження зріст моменту M_{sp} затримується, починаються одночасно вітки розвантаження.

В балках тієї ж серії, але при розташуванні навантаження на 0,331 від середньої опори прольотні і опорні моменти рівні між собою. Після досягнення максимального значення опорний момент (при зростанні навантаження на вітки М-Р) знижується на 11% ($M_{sup}=0,89M_{sup,max}$), прольотний момент зростає і досягає максимальної величини $M_{sp,max}$ при максимальному навантаженні P [4]. Якщо систему навантажувати без дотримання постійної швидкості деформування, то в окремих перерізах максимальні моменти досягаються при зростанні навантаження, далі вони незначно знижуються, а в інших перерізах максимальні моменти ближчі до моментів, отриманих із розрахунку за пружною схемою.

Висновки

При навантаженні системи з постійною швидкістю деформування перерозподіл зусиль більш повний, ніж при швидкому навантаженні. Тому окремі перерізи необхідно розраховувати за максимальними моментами, отриманими із розрахунку з врахуванням змінних значень жорсткостей перерізів, а інші перерізи - за моментами, отриманими із розрахунку за пружною схемою.

Література

1. Зайцев Л.Н., Маилян Л.Р. Расчет статически неопределимых балок с учетом нисходящей ветви бетона // Вопросы прочности, трещиностойкости и деформативности железобетона. Ростов н/Д.: РИСИ. -1983. - С. 3-12.
2. Дыховичный А.А. Статически неопределимые железобетонные конструкции. Киев: Будівельник. - 1978. - 108 с.
3. Узун И.А. Напряжения в сжатой зоне бетона // Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1987. - № 3. - С.8-13 с.
4. Узун И.А. Способ оценки перераспределения усилий в неразрезных балках // Известия вузов. Строительство и архитектура. -1991. - № 6. - С.6-12.