

Bolted end-plate joints for crane brackets and beam-to-beam connections

(Csavarozott, homloklemez-es darupályakonzol- és gerenda-gerenda kapcsolatok vizsgálata)

PhD disszertáció

KATULA Levente

témavezetők: Prof. Dunai L., Prof. Pasternak H.

Az értekezés tézisei:

1. tézis

Megterveztem és végrehajtottam egy kísérleti programot acélszerkezetű, homloklemez-es, csavarozott, könnyű darupályakonzolok (nyomott öv nélküli kialakítás) statikus és fárasztó nyomatéki terhelés alkalmazásával történő vizsgálatára, a szerkezeti kialakítás statikus teherbírásának és fáradási viselkedésének meghatározása céljából.

A kísérleti eredmények alapján a következőképpen határoztam meg a kapcsolatok statikus és fáradási viselkedési módját:

- a.) Meghatároztam a vizsgált kapcsolatok statikus teherbírását, és jellemeztem a különböző tönkremeneteli módokat (gerinchorpadás és homloklemez-törés). Az eredményekre támaszkodva leírtam a csavarátmérő és az alkalmazott merevítési kialakítások (gerincmerevítés, övhizlaló lemez) hatását.
- b.) Meghatároztam a fárasztó igénybevételhez tartozó tönkremeneteli módokat, és jellemeztem az ellenállást és a merevséget, illetve az ezek leépülését befolyásoló főbb tényezőket (csavarátmérő, gerincvastagság, kapcsolat merevítettségének módja).
- c.) A terhelés alatti merevségváltozás jellemzésére bevezettem egy másodfokú közelítést, és kísérleti eredményekből meghatároztam a közelítő függvény paramétereit.

2. tézis

Analitikus vizsgálatokat végeztem a könnyű darupályakonzolok vizsgálata során nyert eredmények alapján:

- a.) A konzol innovatív kialakítása következtében (nincs nyomott öv) az Eurocode 3 szabvány nem tartalmaz eljárást a statikus teherbírás és a gerinclemez merevségének számítására. Kifejlesztettem egy analitikus számítási módszert a statikus teherbírás meghatározására, valamint bevezettem egy új merevségi tényezőt a kapcsolat kezdeti merevségének számításához. A kísérleti eredmények felhasználásával ellenőriztem és igazoltam a kifejlesztett számítási módszert.
- b.) Kidolgoztam és ellenőriztem egy nemlineáris végeselemes modellt csavarozott, homloklemez-es, könnyű darupályakonzolok számítására. A kifejlesztett modellt felhasználtam a statikus teherbírás és a várható tönkremeneteli mód kísérleteket megelőző meghatározására. A kísérletek elvégzése után összehasonlítottam a számított és a mért eredményeket, és igazoltam a modell helyességét.

3. tézis

Megterveztem és végrehajtottam egy kísérleti programot acélszerkezetű, homloklemez, csavarozott gerenda-gerenda kapcsolatok statikus teherbírás vizsgálatára, valamint az erő-alakváltozás viszony meghatározására nyomatéki terhelés alkalmazása mellett. A kísérletekben vizsgált kapcsolatok a csavarsorok között kiegészítő merevítővel ellátott, valamint úgynevezett kalapácsfej ("HammerHead") kialakításúak voltak, illetve soronként négy csavart tartalmaztak. Ezek a kapcsolati kialakítások kívül esnek az Eurocode 3 szabvány által lefedett területen.

Kiértékeltem és jellemeztem a statikus terhelés során mért kapcsolati viselkedést, és a mérési eredmények alapján az alábbi megállapításokat tettem:

- a.) A mért csavarerők és homloklemez-alakváltozások alapján kimutattam, hogy a kapcsolaton belüli merevségeloszlás jelentősen befolyásolja a csavarokban ébredő erőket.
- b.) Módszert dolgoztam ki a homloklemez alakváltozásainak mérésére a lemez rugalmas és képlékeny állapotában.
- c.) A mérési eredményeket felhasználva kimutattam, hogy a tönkremenetelhez tartozó homloklemez-deformációk már a rugalmas zónában felismerhetőek.

4. tézis

Mivel az Eurocode 3 nem tesz ajánlást a teherbírás meghatározására kalapácsfej típusú kapcsolatokra, valamint nem tartalmaz explicit eljárást csavarok között elhelyezett merevítőkre, illetve az egy csavarsorban négy csavart tartalmazó kapcsolatokra, kidolgoztam egy analitikus eljárást ilyen kapcsolati kialakításokra a szabvány komponensmódszerét felhasználva. Az analitikus vizsgálatok eredményeit az alábbiakban foglalom össze:

- a.) Kidolgoztam egy méretezési eljárást csavarok között kiegészítő merevítőket tartalmazó kapcsolatok nyomatéki ellenállásának számítására. A mérési eredmények segítségével ellenőriztem és igazoltam a kidolgozott eljárás helyességét.
- b.) Kidolgoztam egy méretezési eljárást kalapácsfej típusú kapcsolatok nyomatéki ellenállásának számítására. A méretezési eljárást a mérési eredmények segítségével igazoltam és megmutattam a modell alkalmazási határait.
- c.) Kifejlesztettem egy Eurocode 3-alapú méretezési eljárást az egy csavarsorban négy csavart tartalmazó homloklemez kapcsolatok számításra. A kidolgozott eljárás alkalmazásával az egy csavarsorban két és/vagy négy csavart tartalmazó homloklemez kapcsolatok nyomatéki ellenállása határozható meg. Az eljárást a mért és a számított csavarerők összehasonlításával ellenőriztem, majd az eredményekre támaszkodva igazoltam a kidolgozott eljárás helyességét.

5. tézis

Az analitikus vizsgálatok és a kísérleti eredmények összehasonlítása alapján tervezési szabályokat határoztam meg, melyek kedvező fáradási és statikus viselkedésű, valamint ellenállású kialakításokat tesznek lehetővé.

- a.) - Kimutattam, hogy a statikusan terhelt csavarozott darupályakonzolok teherbírása és merevsége kiegészítő merevítővel, bizonyos határok között, növelhető. Amennyiben azonban a terhelés fárasztó jellegű, a teherbírás növelésének célszerű útja a befoglaló méretek növelése, semmint kiegészítő merevítők alkalmazása.
 - Rámutattam fárasztó terhelésnek kitett kapcsolatoknál a kapcsolat duktilitásának jelentős szerepére, a merevítések elhagyásának kedvező hatására. A kísérleti eredmények igazolták, hogy a nagyobb merevségű kapcsolatok alacsonyabb ismétlésszámnál mennek tönkre.
 - Fárasztó igénybevételeknek kitett kapcsolatoknál a hirtelen, idő előtt bekövetkező tönkremenetelleket, mint a csavartörés, kerülni kell.
 - A darupályakonzolon végzett kísérletek eredményei alapján megmutattam, hogy az övhizláló lemezes kialakítás fárasztó terhelés esetén előnyösebben viselkedik, mint a behegesztett gerincmerevítéseket tartalmazó megoldás.
- b.) - Kalapácsfej kialakítású kapcsolatoknál kimutattam, hogy a csavarokat, a lehetőségek szerint, a „merev” kapcsolati elemek közelében, azaz a húzott öv közelében kell elhelyezni.
 - Az elvégzett kísérletek eredményei alapján megmutattam, hogy az egy sorban négy csavart tartalmazó kapcsolatok megfelelően megválasztott csavarkiosztás mellett a kapcsolati teherbírás szempontjából versenyképes megoldást nyújtanak például a kapcsolat újratervelésével vagy a gerenda befoglaló méreteinek növelésével szemben. A kísérleti eredményekre támaszkodva a húzott övre szimmetrikus csavarképet javasoltam, mellyel a csavarok előnyös kihasználtsága érhető el.
 - Kísérleti eredményekkel igazolva kimutattam a háromszög alakú merevítők hatékonyságát, melyek alkalmazásával meggátolható a csavarok csoportos tönkremenetele, és növelhető a gerinc húzási ellenállása.