

KÍSÉRLETTEL SEGÍTETT TERVEZÉS

1. Alkalmazási terület

A tervezés alapulhat kísérletek és számítások kombinációján. Kísérleteket pl. a következő körülmények esetén lehet végezni:

- ha megfelelő számítási modellek nem állnak rendelkezésre;
- ha nagyszámú, hasonló szerkezeti elemet alkalmaznak;
- a tervezés során tett feltételezések teljesülésének ellenőrzése céljából.

A kísérlettel segített tervezés során az adott tervezési állapotban szükséges megbízhatósági szintet biztosítani kell. A kísérleti elemek korlátozott számát a statisztikai értékelés során figyelembe kell venni. Az EN 1991-EN 1999 szabványok szerinti parciális tényezőkkel összehasonlítható parciális tényezőket kell alkalmazni.

2. A kísérletek típusai

Különbséget kell tenni a kísérletek alábbi típusai között:

a) Olyan kísérletek, melyek adott terhelési körülmények esetén közvetlenül megadják a tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem teherbírási, vagy használhatósági jellemzőit. Ilyen kísérletek pl. fárasztó terheléssel, vagy ütközési teherrel végezhetők.

b) Előírt kísérleti eljárás alkalmazásával egy adott anyagjellemző meghatározására irányuló kísérletek; mint pl. talajvizsgálat a helyszínen, vagy laboratóriumban, vagy új anyagok vizsgálata.

c) A tehermodell, vagy az igénybevételek számításához alkalmazott modell paramétereiben lévő bizonytalanság csökkentésére irányuló kísérletek; mint pl. szélcsatorna-kísérletek, vagy hullámzásból ill. áramlásból származó hatások azonosítása.

d) Az ellenállás számításához alkalmazott modell paramétereiben lévő bizonytalanság csökkentésére irányuló kísérletek; mint pl. tartószerkezet-részek, vagy tartószerkezeti elemeken végzett vizsgálatok (pl. tető- vagy födém szerkezetek esetén)

Az (a), (b), (c) és (d) típusú kísérletek esetén, ahol csak lehetséges, a tervezési értékeket a kísérleti eredményekből, elfogadott statisztikai módszerek alkalmazásával kell meghatározni.

e) a leszállított termékek azonosításhoz, vagy minőségellenőrzéséhez, ill. a gyártási jellemzők egyenletességének vizsgálatához alkalmazott ellenőrző kísérletek; mint pl. hidak kábeleinek vizsgálata, vagy betonkocka-vizsgálatok.

f) a megvalósítás során, a megépült tartószerkezeti részokről szükséges adatok megszerzése céljából végzett kísérletek; mint pl. cölöpteherbírás vizsgálata, kábelerők ellenőrzése a megvalósítás során.

g) a megépült tartószerkezet, vagy tartószerkezeti elem viselkedésének ellenőrzése céljából végzett kísérletek, mint pl. a rugalmas lehajlás mérése, rezgési frekvencia, vagy csillapítás mérése.

Az (e), (f) és (g) típusú kísérleteket minősítő vizsgálatoknak lehet tekinteni, mivel ez estekben a tervezés során még nem áll rendelkezésre kísérleti eredmény. Tervezési értéként olyan biztonsággal felvett értékeket kell alkalmazni, melyek esetén elvárható, hogy azok egy későbbi időpontban teljesítik az ((e), (f) és (g) kísérletekre meghatározott) minősítési feltételeket.

3. A kísérletek megtervezése

A kísérletek végrehajtása előtt a kísérleti tervet jóvá kell hagynia a kísérletet végző szervezetnek. Ennek a kísérleti tervnek tartalmaznia a kísérlet tárgyát és minden olyan előírást, mely a kísérleti elemek legyártásához és kiválasztásához, a kísérlet megvalósításához és annak értékeléséhez szükséges. A **kísérleti tervnek** a következőkkel kell foglalkoznia:

- **a kísérlet tárgya és az alkalmazási feltételek;**
- **a kísérleti eredmények előrebecslése;**
- **a kísérleti elemekre és a mintavételre vonatkozó előírások;**
- **terhelési előírások;**
- **kísérleti elrendezés;**
- **mérések;**
- **a kísérlet értékelése és a kísérleti beszámoló.**

A kísérlet tárgya és az alkalmazási feltételek: A kísérlet tárgyát világosan meg kell határozni, pl. a szükséges jellemzők, bizonyos tervezési paraméterek kísérlet során történő változásának hatása és az érvényesség tartománya. Meg kell adni a kísérlet korlátozó körülményeit és a szükséges átszámításokat (pl. léptékhatás).

A kísérleti eredmények előrebecslése: A kísérleti eredmények előrebecslését befolyásoló minden jellemzőt és körülményt figyelembe kell venni, beleértve:

- a geometriai méreteket és azok változékonyságát;
- a geometriai imperfekciókat;
- az anyagjellemzőket;
- a gyártás és a megvalósítás módszere által befolyásolt paramétereket;
- a környezeti feltételek léptékhatásait, és ahol ez előfordul, tekintettel mindenfajta sorrendiségre.

A várható tönkremeneteli módot és/vagy a számítási modelleket, valamint az ehhez tartozó változókat rögzíteni kell. Ha bármiféle kétség van afelől, hogy melyik tönkremeneteli mód fog bekövetkezni, akkor a kísérleti tervet ehhez kapcsolódó előkísérletek alapján kell összeállítani. Megjegyzés: Figyelemmel kell lenni arra a tényre, hogy egy tartószerkezeti elem esetén alapjaiban különböző tönkremeneteli módok fordulhatnak elő.

A kísérleti elemekre és a mintavételre vonatkozó előírások: A kísérleti elemek jellemzőit elő kell írni, vagy olyan mintavételi eljárással kell előállítani, mely a valódi tartószerkezet működési körülményeit modellezi. A következő tényezőket kell figyelembe venni:

- méretek és mérettűrések;
- a mintadarabok anyaga és gyártási módja;
- a kísérleti elemek száma;
- mintavételi eljárás;
- korlátozások.

Olyan mintavételi eljárást kell előírni, hogy annak eredményeként statisztikai értelemben reprezentatív minta adódjon. Figyelmet kell fordítani a kísérleti elemek és a termékcsoportok közötti azon különbségekre, melyek befolyásolhatják a kísérleti eredményeket.

Terhelési előírások: A kísérlet tervezése során elő kell írni a következő terhelési és környezeti feltételeket:

- terhelési pontok;
- terhelési történet;
- megtámasztások;
- hőmérsékletek;
- relatív nedvességtartalom;
- elmozdulással vagy erővel vezérelt terhelések, stb.

A terhelés sorrendjét úgy kell megválasztani, hogy az a tartószerkezeti elem várható használati körülményeinek feleljen meg mind szokásos, mind szélsőséges használati feltételek esetén. Ahol ez előfordul, ott a szerkezeti válasz és a terhelés működtetéséhez alkalmazott berendezés kölcsönhatását figyelembe kell venni. Ha a szerkezeti viselkedés olyan hatás(ok)tól függ, melyek nem szisztematikusan változnak, akkor ezeket a hatásokat a reprezentatív értékekkel kell figyelembe venni.

Kísérleti elrendezés: A kísérleti felszerelést a kísérletek típusa és a várható méréshatárok figyelembevételével kell megválasztani. Különös figyelmet kell fordítani a terhelő és a megtámasztó berendezések megfelelő szilárdságát és merevségét, a lehajlások kialakulásához rendelkezésre álló teret, stb. biztosító intézkedésekre.

Mérések: A kísérlet előtt minden mérni kívánt jellemzőt kísérleti elemenként fel kell sorolni. Ezen túlmenően listákat kell készíteni

- a) a mérési helyekről;
- b) a mérési eredmények rögzítéséről, ha szükséges beleértve:
 - az eltolódások kialakulásának időbeli történetét;
 - a sebességeket;
 - a gyorsulásokat;
 - az alakváltozásokat;
 - az erőket és a nyomásokat;
 - a szükséges gyakoriságot;
 - a mérések pontosságát, és
 - a megfelelő mérőeszközöket.

A kísérlet értékelése és a kísérleti beszámoló: Különleges irányelvek az MSZ EN 1990 Eurocode szabvány megfelelő fejezeteiben található. A kísérletekkel kapcsolatos minden szabványt fel kell sorolni.

1.4. A tervezési értékek származtatása

Egy anyagjellemző, egy modell paraméter, vagy egy ellenállási jellemző tervezési értékének kísérleti meghatározását a következő módok valamelyike szerint kell végrehajtani:

- a) egy karakterisztikus érték meghatározása, melyet ezután el kell osztani egy parciális tényezővel, és esetenként, ha szükséges, szorozni kell egy explicit módon kifejezett átszámítási tényezővel.
- b) a tervezési érték közvetlen meghatározása, implicit, vagy explicit módon figyelembe véve az eredmények átszámítását és a szükséges teljes megbízhatóságot.

Megjegyzés: Általában az a) módszert kell előnyben részesíteni, feltéve, hogy a szokásos tervezési eljárásból a parciális tényező értéke már ismert. A karakterisztikus érték kísérleti meghatározása [(a) módszer] esetén a következőket kell figyelembe venni:

- a kísérleti eredmények szórása;
- az elvégzett kísérletek számából származó statisztikai bizonytalanság;
- előzetes statisztikai ismeretek.

A karakterisztikus értékre vonatkozó parciális tényezőt a megfelelő Eurocode-ból kell kivenni, feltéve, hogy a kísérletek, és a számszerű igazolásokban alkalmazott parciális tényező szokásos alkalmazási területe között megfelelő hasonlóság van.

Ha a tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem szerkezeti válasza, vagy az anyag ellenállása olyan befolyásoló hatásoktól függ, melyeket a kísérlet nem megfelelő módon vesz figyelembe, akkor ezeket a hatásokat a számítási modellben megfelelő módon figyelembe kell venni. Ilyen hatások pl.:

- időtől függő és tartóssági hatások;
- lépték- és mérethatások;
- különböző környezeti és terhelési körülmények, különböző peremfeltételek;
- ellenállási hatások,

5. A statisztikai értékelés általános elvei

A kísérleti eredmények értékelése során a kísérleti elemek viselkedését és a tönkremeneteli módot össze kell hasonlítani az előzetes elméleti vizsgálatok eredményeivel. Ha jelentős eltérés adódik, akkor arra magyarázatot kell keresni: ez további, - esetleg különböző körülmények között végrehajtott - kísérleteket tehet szükségessé, vagy az elméleti modell módosítását eredményezheti.

A kísérleti eredmények értékelését statisztikai eljárással kell végezni, az alkalmazandó eloszlásról és annak paramétereiről rendelkezésre álló (statisztikai) adatok felhasználásával. A szokásos statisztikai kiértékelés csak a következő feltételek teljesülése esetén alkalmazható:

- a statisztikai adatok (a megelőző ismereteket is beleértve) megfelelő mértékben homogén, azonosított csoportból származnak;
- elegendő mennyiségű adat áll rendelkezésre.

Megjegyzés: A kísérleti eredmények értékelésének három szintjét kell megkülönböztetni:

- ha csak egy (vagy nagyon kevés számú) kísérletet hajtottak végre, akkor szokásos statisztikai értékelést nem lehet készíteni. Csak jelentős mennyiségű előzetes adat, valamint ezen adatok és a kísérleti eredmények jelentőségének viszonylagos mértékére vonatkozó feltevések alkalmazása esetén lehetséges egy statisztikai jellegű értékelés készítése (Bayesian-eljárások, lásd az ISO 12491-et);
- ha egy paraméter kiértékelése céljából nagyobb mennyiségű kísérletsorozatot hajtottak végre, akkor elképzelhető, hogy szokásos statisztikai értékelést lehet készíteni. Az általános esetekre vonatkozóan ennek kidolgozott rendszere van. Ezen értékelés során még szükség van néhány, a vizsgált paraméterrel kapcsolatos előzetes adat felhasználására, de általában kisebb mennyiségben, mint az előző esetben.
- ha egy modell, vagy néhány hozzá kapcsolódó paraméter kalibrálása céljából szükséges mennyiségű kísérletsorozatot hajtottak végre, akkor szokásos statisztikai értékelést lehet készíteni.

Egy kísérlet értékelésének eredményét csak a kísérlet során alkalmazott előírások és terhelési jellemzők esetén szabad érvényesnek tekinteni. Ha az eredményeket más tervezési paraméterek és más terhelési feltételek esetére extrapolálni kell, akkor megelőző kísérletekből és elméleti vizsgálatokból származó további adatokat kell felhasználni.