

磁性鉄筋を用いたトカマク核融合炉建屋の電磁的諸問題

Electromagnetic problems of a tokamak reactor building
with magnetized reinforcing bars

御手洗 修¹⁾, 桂井 誠²⁾, 田村 仁³⁾, 後藤拓也³⁾, 柳 長門³⁾, 宮澤順一³⁾,
坂本隆一³⁾, 相良明男³⁾, 中村一男⁴⁾, 筒井広明⁵⁾

先進フュージョン研¹⁾, 東大²⁾, 核融合研³⁾, 九大応力研⁴⁾, 東工大⁵⁾.

O. Mitarai¹⁾, M. Katsurai²⁾, H. Tamura³⁾, T. Goto³⁾, N. Yanagi³⁾, et al.,

1. IAF&PE, 2. Univ. of Tokyo, 3. NIFS, 4. RIAM, 5. Tokyo Inst. Tech.

現在建設中のITERは常識とは異なり建屋に大量の磁性鉄筋を用いているがどのような問題が起きるかについての研究はほとんどない。今までは鉄筋を単純に鉄の塊として解析してきたが、ここではより現実に近い多層の鉄板に置き換えて、トカマク炉の漏れ磁場の影響を ANSYS を用いて調べる。特にブレークダウン領域、ダイバータ x 点に及ぼす影響、PF コイルの磁性床への磁気引力を計算し床の変位と内部応力等を調べる。さらに磁性床に流れる誘導電流を調べ、床鉄筋の絶縁についても議論する。

1. ブレークダウン領域に及ぼす影響

ITER 建屋は壁、天井、床もすべて磁性鉄筋で建設が進められているが、最低天井は非磁性に変更する時間的猶予はあり、また生体遮蔽の側壁も鉄筋数が少ないこと、床はもはや変更が困難なことを踏まえて、床のみ多層の鉄筋と鉄板で製作されていると仮定して解析を行う (multi-layer model)。

鉄筋がない場合のヌル領域を図 1 左に示す。電場が小さい ITER ではブレークダウンには不整磁場が 20 Gauss 以下とされているので、鉄筋がない場合はブレークダウンは可能である。しかしながら鉄筋があると図 1 右に示すようにヌル領域はインボード側にシフトして、ヌル領域はほとんどなくなる。

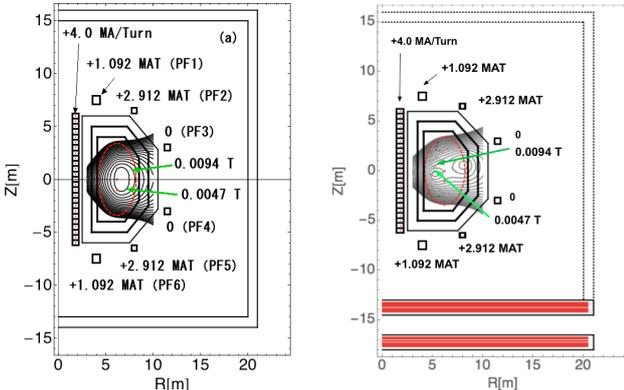


Fig. 1. The null regime for the non-magnetized material with $\mu_r=1$ (left), and the magnetized material with B-H curve for the same PF coil current. Red parts in the right figure show the multi-layer of the iron rebars in the floor and base foundation.

しかし、コイルのイメージ電流から推測できるように、下側のキャンセルコイル (PF5, PF6) 電流を減少させれば鉄筋があっても図 2 に示すようにヌル領域を作ることができる。ここでは床の鉄筋は円盤状になっているので、トロイダル方向には一様である。しかし、実際には床の配筋がトロイダル方向に非一様なので、設定した PF コイル電流に対して、ヌル領域がトロイダル方

向で変化するかどうかのトロイダル一様性を調べる必要がある。

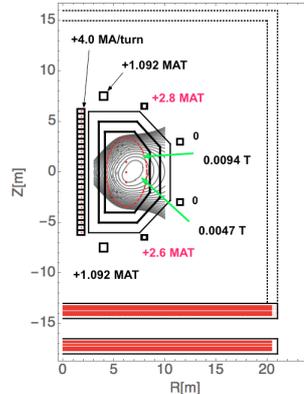


Fig. 2. The null regime for the reduced PF2 and PF5 coil currents in the case of the multi-layer model with B-H curve.

2. x 点に及ぼす影響

自己点火放電中のヌル点である x 点に対する鉄筋床の影響はブレークダウンに比して相対的には小さい。しかし図 3 に示すように、鉄筋がない場合 (赤) に比して内側のストライク点が上に 2 cm 程度、外は 1.5 cm 程度下にずれる。精密な制御が要求される高熱流束が集中するストライク点への影響は全く無視できるような値ではなく、平衡配位の計算には鉄筋の影響を考慮しなければならないことを示している。なおダイバータコイル (PF6)、シェーピングコイル (PF5) 電流を減らすことで鉄筋のないときの x 点に一致させることができる。しかしここでも鉄筋のトロイダル方向の非一様配列によるストライク点の変動の研究が必要である。

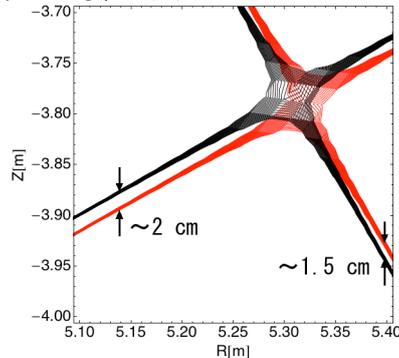


Fig. 3. x and strike points for multi-layer model (black) and non-magnetic material $\mu_r=1$ (red) for $I_p=17$ MA operation.

なお磁性床に流れる誘導電流は小さいので鉄筋の絶縁の必要性はないといえる。PF コイルの磁性床への磁気引力、床の変位と内部応力については講演において示す。