

九大タンデムにおける福岡県西方沖地震の被害

前田豊和、御手洗志郎、森川恒安、相良建至

九州大学大学院理学研究院

1. はじめに

福岡は地震が無いと言われていたのであるが、去る2005年3月20日（日）10時53分頃自家製の九大タンデム加速器（横型）は震度6弱の福岡県西方沖地震に襲われた。

（当日は実験中であつた、幸い人的被害は無かつたが、相当な揺れでターゲット室から逃げ出すのがやつとの事だつた。）

地震直後の、タンデム加速器の加速管の真空度には変化は無く、目視では横型のタンデム加速器自体にも被害が無いように判断された。引き続き $6\text{kg}/\text{cm}^2\text{-G}$ の SF_6 ガスが回収された。しかしながら、後日再び、加速器の運転を行おうとした時に、センターターミナル部に設置された機器をコントロール出来ないことが判明した。コントロール出来ない原因はコントロール用の受光部が大気圧において下方に約5mmずれていた。これはセンターターミナル部が約5mm下がっている事に対応している。この事からターミナルを支持しているパイレックス・ガラスで製作されているコラムへの被害が予想された。コラムの点検の結果、破損箇所9ヶ所のガラス割れを見つけた。1ヶ所からだけ20mm*10mmの欠片が2個見いだされたが、他の箇所はひびが入っているものの形状は保たれていた。

タンデム加速器は通常運転の SF_6 圧下においてのターミナル電極部の低下は1mm強程度であり大気圧中での5mmの低下はコラム性能に重大なトラブルの発生が予想される。

ここではコラムの調査の詳細を中心にその被害、対応および復旧作業について報告する。

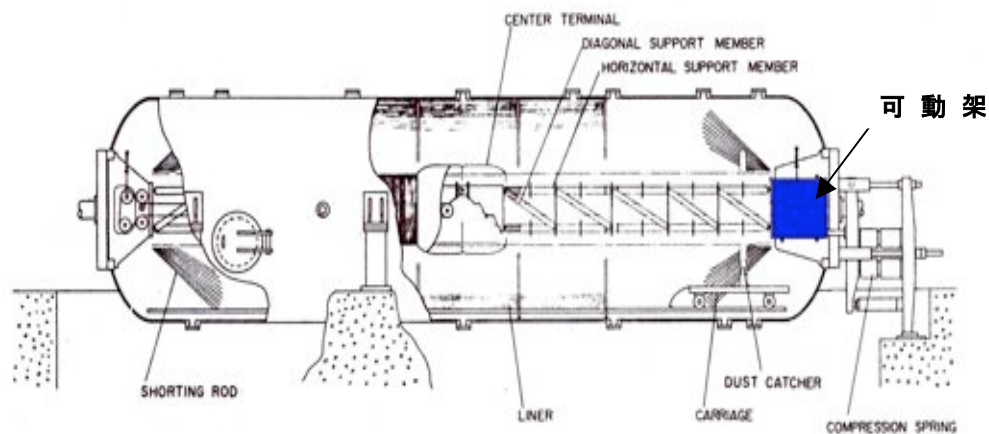


図1: 九大タンデム加速器

(押しバ)

図1が九大タンデム加速器を示すが、そのコラムはHorizontal と Diagonal の2種類のSupport Members から成り立っている。このコラムの一方はCompression Springにより約26トンの力で押されている可動架台に取り付けられており、Center terminalを支点としたブリッジ構造をしている。

2. ガラス柱のひび割れ



写真1. 破損したガラス製のコラム



写真2. 修復途中のコラム

柱の構造はパイレックスガラス（外形114φ厚さ38mm）とTi金属電極を交互に挟み12段エポキシ接着して両側に金属フランジを着けた長さ50cmの柱で1つの単位でありターミナルからベースまで片側全長5mである。

破損箇所はその1つの単位のフランジにはめ込まれた両脇、しかも両ベース（アース電位部）に近い上部箇所となっており、地震による揺れでセンターターミナル部が下降した時ベース側上部が引っ張られて9箇所破損に至ったものと考えられる。破損箇所とコラム構造との関係はまだはっきりとはしていない。

ひび割れたガラスの補強は諦めてひび割れたガラスが外へ飛び出さないようにすると同時に柱が落ちない事を目的とした。アルミのリングを二つ割りにしてガラス部分になるだけ密着するように取り付けた。首のコルセットに似ている。当然その段は電氣的にショートとなっている。

3. タンク圧力変化によるセンターターミナル部高さの履歴

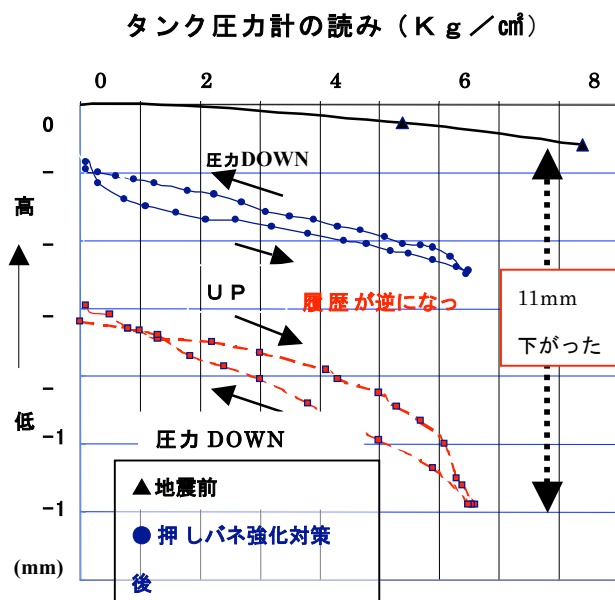


図2. センターターミナル高さのタンク内ガス圧による履歴

破損箇所9箇所のうち、表面の破損のみでない、ガラス柱ひび割れが7本に及んだので、でタンク圧力変化によるセンターターミナル部高さの履歴がどのようなになっているかを測定した。

地震前、地震直後、復旧対策後と観測されたタンクガス圧変化によるターミナル部の低下履歴を 図2 に示す。地震前における、その低下量は0~6kg/cm²の圧力変化に対して、1mm程度であったが、地震直後には5mm強にも達し、タンク圧が高くなると低下量が急激に大きくなる様子(ガス圧 $\geq 6\text{kg/cm}^2\text{-G}$)が観測された。

また同時に測定されたスプリングバネの伸び測定はこのターミナル部の低下の傾向と一致し、ガス圧 $\geq 6\text{kg}/\text{cm}^2\text{-G}$ においてバネの伸びが止まった事を示した。このバネ機能不全の原因は解明されていない。ガラス柱の押しバネを26トンから2トン増強し、同時にセンターターミナルを最高1.2トンの力でジャッキを用いて押し上げた結果、その圧力履歴は約3mmまで回復することが出来たが元には戻らなかった。その図2に示してある対策後の圧力履歴ではタンクガス圧 $\geq 6\text{kg}/\text{cm}^2\text{-G}$ での急激な沈下は消失したように見える。

3mmのセンターターミナル部の低下はなお大きいがターミナル部機器のコントロールはコントロール用レーザー光の口径を大きくし、テレメーターの位置を再調整する事で対応可能であると判断されたのでビームをタンデム加速器へ再び通す事を決断した。

4. ビームの再調整

コラムの補修・調整が終わり、その高さ位置が定まったので、加速管の高さ（ストリッパーの高さ）を $6\text{kg}/\text{cm}^2\text{-G}$ の SF_6 ガス圧のもとで設定されたビームの高さ（基準値）に置くために大気圧において基準値より3mm上に調整された。タンデム加速器のビーム入射系のビーム軸は加速器出口から 90° 分析電磁石間のビーム軸と一致するように設定したが、その軸は入射系を構成する機器（2つの静電triple Q レンズ）の調整が最小に済むように定めた。



写真3. タンデム加速器緊急復旧作業

イオン源室ではその床の大幅な沈下（5～10mm）が観測されたが、最小の手直しでCsスパッタイオン源（SNICS II）からのビームがタンデム入り口まで大幅なロス無く搬送されるように、主としてスリット系の調整を行った。その結果、 90° 出口スリット部において、学生実験を遂行するうえで、十分なビーム量が得られた。

またタンデム加速器の高電圧の発生は加速管を大気へ数日間曝したことによる

真空の悪化による性能劣化が心配された。九大のタンデム加速器は超高真空度の加速管を高電圧発生のためのキィ・ポイントとしており、加速管本体のガス出し、ターミナル部の高真空度の維持が不可欠である。そのために九大で開発された水素アーク放電法 [1]による加速管の加熱処理が行われた。今回その処理はベースとセンターターミナル間の5m長さの両サイド加速管にたいして、0.1torr程度の水素ガス下でガスを流しながらアークガス放電（1000V、10A、10kW）が4時間ずつ続けられた。この処理により、加速管真空は1日後には 10^{-9}Torr 台に達した。

センターターミナルに設置された2台のイオンポンプの回復は重要であるが、ターミナルチェンバー全体が長時間大気に曝されたので、真空の回復に時間が掛かった。しかしながら、限られ

た時間の中で加速管を含む全系の高真空を回復し、学生実験に必要なターミナル電圧 5.5MV を無事、達成できた。

現在 S N I C S II からの負イオン入射系は質量分析電磁石の約 10mm の高さ調整を含め、ビームライン調整はすでに終了した。今後 AMS 専用ビームラインコースの整備を進める予定である。

6. まとめ

タンデム加速器を用いた学生実験は 6 月 15 日に設定されていたので、その大幅な日程変更は困難であり、その時点までに学生実験に必要な陽子ビームをターゲット室まで持ってくることを最優先にして、復旧のスケジュールを進める事とした。

2005 年 3 月 20 日の地震による被害から、測定による定量的な破損の状況の把握には多くの時間が経過した。研究室による自作加速器でありその構造等は熟知していたにもかかわらず、地震による被害は初めてであり、その経験は興味深かった。

地震直後のタンデムコラムへの被害状況の定量的データ測定と 5 月の連休明けより開始した緊急復旧作業を中心にビーム実験に至るまでの経過を報告した。

以下に今回の地震からの回復作業を箇条書にまとめた。

- 1) 地震により、タンデム中央部は 11 mm 低下したが低下の構造的な原因は不明。
- 2) コラムを押すバネを強くし、かつターミナル部の中央部分を 1.2 トン強の力で押した。その結果、0~6kg/cm²-G の SF₆ ガス圧変化で、センターターミナルは 3 mm 低下までに回復し、ガス圧 ≥ 6kg/cm²-G での急激なターミナルの沈下は消失。
- 3) センターターミナル部は度々の余震にもかかわらず、より 1 層の沈下は見られない。
- 4) タンデムとビームラインの全系の再調整には時間が必要。
- 5) S N I C S II からのビームを学生実験と天体核実験に使用した。

参考文献

- [1] A. Isoya et al., KUTL Report -1(1980) 18