

可搬型小型中性子源用電源の検討

理研 ○関口 芳弘

1 まえがき

わが国の橋梁は、1960年代から70年代に造られたものが多い(図1)これら高度成長期に造られた橋梁は建造後50年を経過し、老朽化している。老朽化し、劣化した橋梁は徐々に落ちるのではなく、大型車が高速で通過するなど大きな動荷重がかかったとき突然落橋してしまう。であるので橋梁の劣化状況の確認は交通インフラの維持のために必須である。

橋梁の劣化状況、特に内部の劣化診断は目視では難しく、ハンマーで橋げたを叩いて音の変化を聞いて調べるなど、非常に手間と時間のかかるものであり、検査精度も作業者の熟練度に大きく左右されてしまう。X線による非破壊検査法もあるが、X線の透過力は十分ではなく、コンクリートや鉄骨の内部、奥深くの状況まで撮像することができない。

2 RANS ; (RIKEN Accelerator-driven compact Neutron Source)

理研では小型中性子源 RANS の開発を行っている。これまで中性子線を利用した実験は原子炉や大型加速器を使ったものだけであり、誰もが気軽に使えるものではなかった。

我々は医療用PET製造陽子線加速器(写真1)を用い、小型でコンパクト、安価で気軽に中性子線利用実験ができる装置を開発し、多くの研究開発に貢献したいと考えている。

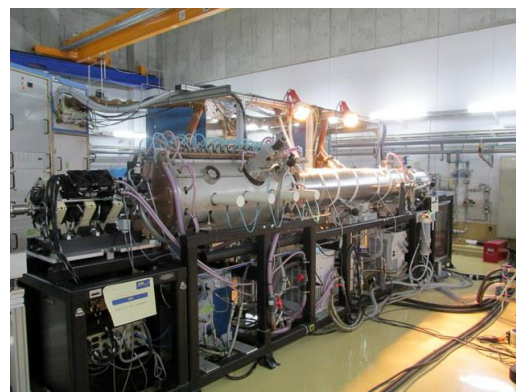


写真1 RANS 加速器部分

中性子は電荷を持たないため、非常に透過力が高い。高速中性子であれば厚さ数十cmのコンクリートでも透過させることができる。すなわち、厚いコンクリートや鉄骨の内部の観察が可能なのである。

ところで放射線障害防止法によると、橋梁等の非破壊検査に用いる直線加速器で4MeV以上のエネルギーを有する放射線を発生しな

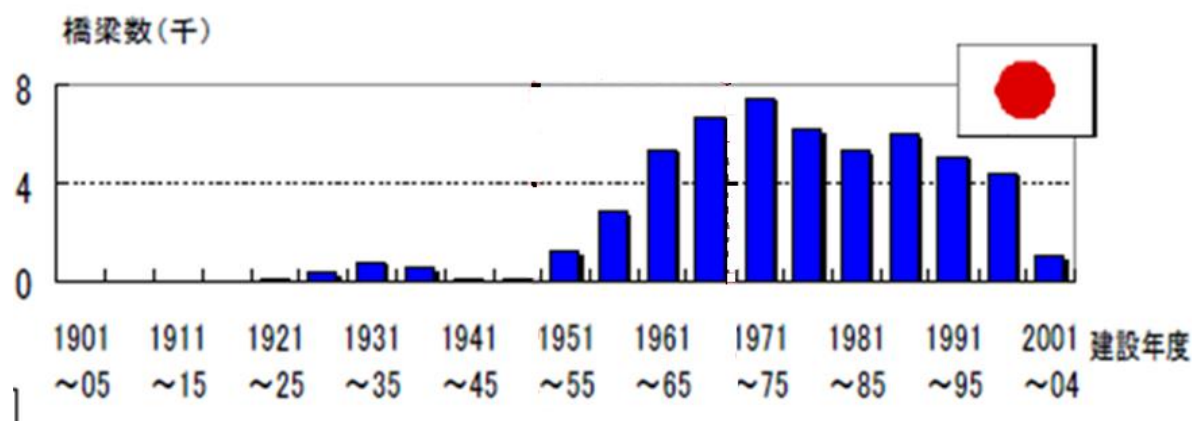


図1 道路施設現況調査(国土交通省)より作成

Examination of Generator for portable accelerator system

Yoshihiro SEKIGUCHI

いものは、放射線発生装置の使用の場所の変更を都度許可を得る必要がなく届出で足りる。ただし、設備については原子力規制委員会原子力規制庁の許可が必要ではあるが、いったん許可を受けた施設であれば、あとは届出だけでどこでも使えるのである。

RANS も小型線形加速器であるので、実際に診断したい橋梁まで持って行き、現地で中性子を発生させて、橋梁内部の診断が行える可能性がある。使用できる陽子線エネルギーは4 MeV に制限されるが、それでも計算によれば橋梁の診断に十分な中性子を発生させることができる。そこで我々は可搬可能な車載型も見据えて、RANS の研究開発を進めているところである(図2)。



図2 車載型 RANS 予想図

3 電源の検討

RANSを可搬型として使うためには、その電源にも可搬性が要求されるのは当然である。RANSは小型とはいえ、20kW以上の電力を消費する。検査対象の橋梁近くでこれだけの電力を、商用電源から供給することは不可能であろう。やはり、車載型の発電機を使用することとなる。

RANSの消費電力が20kWだとしても、20kW容量の発電機で必要十分というわけではない。以下の条件を満たす発電機を選定する必要がある。

- ・電圧変動が少ないこと
- ・高周波電流に耐えること

加速器はコンデンサに電荷を充電し、それを一気に放電することによって粒子を加速するものである。その原理上、コンデンサに十分に充電できなければならない。十分に充電するた

めには、電源電圧が一定以上を保たなくてはならないのだ。加速器はパルス状の電流を消費するため、1秒間に何度も電流がon/offする。電流が流れれば回路のインピーダンスによって需要点での電圧が低下することは不可避である。実験室では容量の大きな商用電源から給電されているので、ケーブル径を大きくすることでこの問題を解決したり。

ところが小容量の発電機の内部インピーダンスは非常に大きく、通常自己容量の25%程度である。これは発電容量分の電流が流れると、端子電圧は25%低下するということである。もちろん発電機にはAVR；自動電圧調整器が附属されており、電圧を定格に保つ機能を持つが、あくまでゆっくりとした変動にしか対応できず、パルス電流にはまったく追従できない。そのため、発電機は加速器による電力消費以上の容量を選定し、電圧低下を一定以下としなくてはならないのである。

さらに、加速器はパルス状の負荷であるため必然的に高調波電流を発生する。加えて加速器を冷却するチラー、中性子を検出する検出器、データを解析するコンピュータなど付帯する設備すべてが直流機器であり、高周波電流を発生する。

発電機の過電流耐量は定格の10%であるから、発生する高調波電流は発電機容量の10%未満とする必要がある。また、パルス負荷から発生する高調波は奇数倍高調波であるため、発電機と逆の位相を持つものも多い。発電機の高調波耐量は定格の15%である。高調波割合を発電機容量の15%以下となる容量の発電機を選定する必要がある。

RANSはパルス数を20~200ppsと可変させることができ、またパルス幅も10~80μsecと変えられる。これらすべてに対応可能な発電機を選定しなければならないのである。

「参考文献」

- 1) 関口芳弘, 実験施設の電圧降下計算法について—理研光量子基盤施設を例に一, 本学術講演会(2014)
- 2) 関口芳弘, 小型中性子源装置 RANS における技術, 技術士業績・研究発表年次大会(2015)
- 3) 関口芳弘, 工学系実験施設における電気設備要件—理研小型中性子源 RANS 棟を例に—, 電気設備学会全国大会(2015)