

## 欧州における維持規格基準の動向

長谷川 邦夫 Kunio Hasegawa  
株式会社日立製作所  
日立事業所

# 解説 記事

### 1. はじめに

軽水炉の健全性維持に関係するなじみの深い規格に ASME (American Society of Mechanical Engineers; 米国機械学会) Boiler and Pressure Vessel Code, Section XIがある<sup>[1]</sup>。ASMEは1880年に創設された歴史ある学会である。ASMEの供用期間中の検査規格であるSection XIは1971年に発行され、その後、検査規定に加えて欠陥を許容する評価法が加わり、以来3年ごとに全面改訂されてきた。2001年の編集版と2003年までの追補版が新しいが、2004年の最新版がまもなく発行される。

ASME Code Section XIの規格会議は年4回開催され、1回の会議は4日間で、Section XIには検査、補修、欠陥評価などの多くの会議がある。日本から十名近くの人達がSection XIの中にある多くの会議に分散して出席しているので最新の情報が入手できる状態にある。

一方、欧州内においても維持規格に関連したプロジェクトが活発に動いている。欧州産業の技術力向上や域内の技術格差を是正するために、EU政府が資金を提供して構造健全性に関するプロジェクトが多数続けられている。また、欧州ではそれぞれの国で軽水炉や産業構造物の独自の維持規格基準がある。それぞれの規格基準は横の繋がりが薄く、保守性に大きな違いがみられるなどがあって、統一した維持規格を制定する動きにある。

欧州の維持規格の活動は欧州内の国に限られており、情報は入手しにくい状態である。ここでは、欧州における構造物の健全性に関連したプロジェクトの概要を紹介するとともに、維持規格に関連したプロジェクトの動向について述べる。

### 2. 維持規格に関連する欧州プロジェクト

EU政府の資金のもとで最近終了した維持規格に関連したプロジェクトや現在実施中のプロジェクトがあ

る。これらのうちのいくつかを紹介する。

ADIMEW：軽水炉配管の異材溶接継手の健全性評価のベンチマーク試験ADIMEW (Assessment of Aged Piping Dissimilar Metal Weld Integrity) プロジェクトがある。2000年に開始され、2003年に終了した。取りまとめは仏国のEdFで、FRAMATOM (仏)、TWI (英)、VVT (フィンランド) など6カ国10機関が参加した。異材部に欠陥を設けた規模の大きな配管4点曲げ試験を実施し、試験結果は欧州で用いる規格基準の定式化にもっていきたいとしている。

VOCALIST：VOCALIST (Validation of Constraint Based Assessment Methodology in Structural Integrity)<sup>[2]</sup> はNESC (Network for Evaluating Steel Components) プロジェクトの一環として2000年に開始され2003年に終了したプロジェクトである。英国のSerco Assurance社 (AEA Technology から分離) が取りまとめで、BNFL (英)、FRAMATOM (独)、EdF (仏) など6カ国11機関が参加している。高経年化軽水炉の耐圧バウンダリーの健全性を確保するために、材料試験から得られる破壊靱性と機器の試験から得られる破壊靱性を比較し、き裂の駆動力を調べて評価手法の有効性を開発しようとするプロジェクトである。実験はOak Ridge National Laboratory (米) で行われた。なお、NESCは、原子力機器の構造健全性に関連した欧州の大きなプロジェクトで、VOCALISTとともに、上述のADIMEWもNESCのプロジェクトである。

HIDA：HIDA (Validation, Expansion and Standardisation of Procedures for High Temperature Defect Assessment) は1996年に開始され、1999年12月に終了したが、現在もワークショップなどを開催して実質的な活動が続けられている。英国ERA社が中心になり、Saclay研究所 (仏)、インペリアル大学 (英)、SQA (スウェーデン)、ENEA (伊)、MPA (独) など13機関が参加している。高温機器の精度の高い余寿命評価法を規格化するために活動が現在も続けられている。

CRETE：EUのプロジェクトにCRETE (Development and Harmonisation of Creep Crack Growth Testing for Industrial Specimens - a Route to a European Code of Practice) がある。2001年から2004年の3年間の予定で活動している。イタリアのCISE研究所がとりまとめ、British Energy (英)、インペリアル大学 (英)、GKSS (独)、ダルムシュタット大学 (独)、VTT (フィンランド)、Center Technique des Industries Mechanics (仏) の7研究機関が参加している。高温機器のクリープき裂進展速度を測定する試験法の欧州規格を開発している。

RIMAP：リスクベースによる検査と保守の手法を開発するためにRIMAP (Risk Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry) プロジェクトが2001年に開始され、2005年に終了予定である。コーディネータはノールウェイのDet Norske Veritasで、MPA (独)、VVT (フィンランド) など8カ国38機関が参加している。プラントのコストの最適化、信頼の高い運転、寿命延伸、競争力強化を目的に検査と保守の統一的な手法の開発をめざしている。

その他：溶接残留応力場の欠陥の評価法の開発と補修溶接の残留応力を数値解析と中性子回折による計測から明らかにしようとするENPOWERプロジェクトがある。British EnergyとEC Nuclear Fission Safety Programが資金提供し、フランス溶接研究所 (IdS) が参画している。また、円筒内表面に360°の全周欠陥を設け、内圧をかけた状態で290°Cから室温に急冷する大規模実験が行われ、破壊に及ぼす予荷重の効果を明らかにするSMILEプロジェクトがある。特に、欠陥評価法のR6法<sup>[3]</sup>のなかでWPS (Warm Pre-stressing) を明らかにしようとするプロジェクトである。SMILEはEdF、British Energy、Serco Assuranceらによって運営され、NESCプロジェクトの一環として実施された。

上記したように欧州では多くのプロジェクトがあるが、維持規格基準に直接関連するプロジェクトとしてはSINTAPとFITNETがあり、これらについて以下に記す。

### 3. 欧州の維持規格プロジェクト

欧州には表-1に示すように、R6法<sup>[3]</sup>、RSE-M法<sup>[4]</sup>、A16法<sup>[5]</sup>、SKIFS法<sup>[6]</sup>、KTA3201.4<sup>[7]</sup>、BS 7910<sup>[8]</sup>、R5法<sup>[9]</sup>など、種々な欠陥評価の維持規格がある。

表-1 欧州の欠陥評価に関する維持規格

| 規格         | 対象      | 国      | 発行機関  |
|------------|---------|--------|---|
| R6         | ガス炉、軽水炉 | 英国     | Central Electricity Generating Board  |
| RSE-M      | 軽水炉     | 仏国     | French Society for Design, Construction and In-Service Inspection Rules for Nuclear Island Components |
| A16        | 軽水炉、高速炉 | 仏国     | Commissariat a L' Energie Atomique  |
| SKIFS      | 軽水炉     | スウェーデン | Swedish Nuclear Power Inspectorate  |
| KTA 3201.4 | 軽水炉     | 独国     | Nuclear Safety Standards Commission   |
| BS 7910    | 溶接鋼構造物  | 英国     | British Standards Institution   |
| R5         | 高温機器    | 英国     | Nuclear Electric  |

しかしながら、いずれの手法も全ての解を用意しているわけではない。それぞれの規格は、不必要な検査の実施、あるいは過度に保守的であったりしている。また、評価手法が異なっているものもある。1例として、非破壊検査で複数の欠陥が検出された場合の欠陥の扱い方について、日本機械学会の維持規格、日本溶接協会のWES規格やASME Code Section XIと比較して表-2に示す<sup>[10]</sup>。複数の欠陥が近接して存在する場合、これを個々の独立した欠陥として扱うか、もしくは合体して1つの欠陥として扱うかを判断する合体クライテリアが各規格で異なっている。複数欠陥を合体して評価するか否かはその後の機器の余寿命結果に大きな影響を与える。このようなことから欧州では各国の維持規格を比較し、大きな差が生じないように整合性を図るプロジェクトが発足されるとともに、新たな統一的な評価手法を確立するためのプロジェクトが発足している。

#### 3-1) SINTAPプロジェクト

SINTAP (Structural Integrity Assessment Procedure for European Industry) は、欠陥評価に関する欧州の規格の整合性を図ることを目的に、データ知識を共有し、各機関へ解析手法を提供する欧州プロジェクトである<sup>[11]</sup>。1996年4月から開始し1999年3月に終了した。参加は9カ国、17研究機関であった。予算は3.3百万ユーロ、全体取り纏めは英国のCorus社 (元British Steel) である。プロジェクトはタスクに分かれており、取りまとめと参加機関を表-3に示す。英国の研究機関の参加が多く、原子力発電プラントメーカー、鉄鋼メーカー、石油メーカー、研究所、大学などの種々の機

表-2 各国の維持規格における複数欠陥の合体クライテリアの違い

| Codes and Standards  |   |                                     |  |  |
|--|---|-------------------------------------|--|--|
| ASME (2003)  | $S \leq 0.5 \max(d_1, d_2)$   | $S \leq \max(d_1, d_2)$             | $S \leq \max(d_1, d_2)$  | $S \leq \max(d_1, 0.5d_2)$                           |
| Note: $S = 0$ for SCC and Fatigue Crack Growth   |   |                                     |  |  |
| JSME (2002)  | $S \leq \max(d_1, d_2)$   | $S \leq \max(2d_1, 2d_2)$           | $S \leq \max(2d_1, 2d_2)$  | $S \leq \max(2d_1, d_2)$                             |
| Note: $S = 0$ for SCC and Fatigue Crack Growth   |   |                                     |  |  |
| WES 2805 (1997)  | $S \leq \eta \times \min(l_1, l_2)$   | $S \leq \eta \times \min(d_1, d_2)$ | $S \leq \eta \times \min(l_1, l_2)$  | $S \leq \eta \times \min(d_1, d_2)$                  |
| Note: For Fatigue crack growth evaluation, $\eta = 0.25$ . For brittle fracture evaluation, $\eta = 1.0$   |   |                                     |  |  |
| BS 7910 (1999)   | $S \leq \min(l_1, l_2)$<br>for $d_1/0.5l_1$ or $d_2/0.5l_2 > 1$<br>$S = 0$<br>for $d_1/0.5l_1$ or $d_2/0.5l_2 < 1$                            | $S \leq (d_1 + d_2)$                | $S \leq \min(l_1, l_2)$<br>for $d_1/0.5l_1$ or $d_2/0.5l_2 > 1$<br>$S = 0$<br>for $d_1/0.5l_1$ or $d_2/0.5l_2 < 1$ | $S \leq (d_1 + d_2)$                                 |
| Note: 1) If multiple flaws exist, each flaw should be checked for interaction with each of its neighbors. It is not normally necessary to consider further interaction of effective flaws.<br>2) It is not necessary to apply interaction criteria in a fatigue assessment |   |                                     |  |  |
| A16 (1995)   | $S \leq (l_1 + l_2) / 2$  | $S \leq (d_1 + d_2)$                | $S \leq (l_1 + l_2) / 2$   | $S \leq (2l_1 + l_2) / 2$                            |
| RSE-M (1997)   | <p>Building interaction rectangles EFGH</p>   |                                     |  | <p>Interaction rectangles with a common surface</p>  |
|  | <p><math>d = Z \cdot h^*</math></p> <p><math>Z = 1.1</math> Vessel</p> <p><math>Z = 1.4</math> Class 2 pipe</p> <p><math>Z = \dots</math></p> |                                     |  | <p>Interaction rectangles with no common surface</p> |

表-3 欧州維持規格SINTAPに参加した機関

| SINTAP参加機関                    | 国      | SINTAP参加機関              | 国      |
|-------------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Corus社                        | 英国     | Fraunhofer IWM          | 独国     |
| British Energy社               | 英国     | GKSS Research Center    | 独国     |
| AEA Technology                | 英国     | Shell                   | オランダ   |
| TWI                           | 英国     | JRC                     | オランダ   |
| Exxon Chemical                | 英国     | VVT Manufacturing Tech. | フィンランド |
| Integrity Management Services | 英国     | SQA Kontroll            | スウェーデン |
| Health & Safety Executive     | 英国     | Gent大学                  | ベルギー   |
| MCS International             | アイルランド | Cantabria大学             | スペイン   |
| Institute de Soudure          | 仏国     | -                       | -      |

関が参加していた。

SINTAPの手法は、基本的には既存の手法に基づいており、広範なレベルの解析と解説を含み、代替法が示されている。SINTAPの手法は原子力発電機器、化学プラント機器や一般鋼構造物に適用されるものである。

SINTAPは、表-4に示すように、5つのタスクに分かれている。タスク1は溶接ミスマッチの問題に取り組み、異材溶接継手や多層盛溶接継手のミスマッチのサブタスクがある。溶接ミスマッチの挙動を定量化し、評価法を開発した。タスク2はき裂を有する機器の破壊を扱っており、応力の拘束効果、予荷重、応力拡大係数解、極限荷重評価、LBB（破断前漏洩）のサブタスクがある。タスク3は、破壊靱性、シャルピー衝撃値、NDE（Non-Destructive Examination）ガイダンスのサブタスクがあり、信頼性をもとにした欠陥評価の工学的有用な手法を開発した。タスク4は、残留応力分

表-4 SINTAPのタスクとタスクの取り纏め

| タスク         |           | とりまとめ                   |        |
|-------------|-----------|-------------------------|--------|
| 全体コーディネーション |           | Corus社                  | 英国     |
| タスク1        | 溶接ミスマッチ   | GKSS Research Center    | 独国     |
| タスク2        | き裂付き機器の破壊 | British Energy社         | 英国     |
| タスク3        | データの最適化   | VVT Manufacturing Tech. | フィンランド |
| タスク4        | 二次応力      | Institute de Soudure    | 仏国     |
| タスク5        | 手法開発      | Corus社                  | 英国     |

布の整備、残留応力のプロファイルのライブラリ化のサブタスクがあり、残留応力の評価法はBS 7910規格へ反映された。タスク5は、ソフトウェアの開発、文書化のサブタスクがあり、手法の有効性を開発した。

SINTAPの最終報告書は、4章からなる。第1章は解説と手法の章で、適用範囲、解析レベルの解説と選択が、第2章は入力と計算の章で、材料の引張特性、破壊靱性、欠陥のモデル化、一次及び二次応力の規定が纏められている。第3章は詳細手法と概要の章で、破壊評価線図、応力拡大係数解、限界荷重解が、第4章では標準手法の代替と追加事項の章で、延性進展解析法、拘束効果、LBB評価法、予荷重効果などが纏められている。これらの研究成果は各国の規格に反映された。さらにPost-SINTAPとして引き続きFITNETプロジェクトが発足した。

### 3.2) FITNETプロジェクト

SINTAPプロジェクトが終了後、4年間の予定で欧州維持規格プロジェクトEuropean Fitness for Service Network "FITNET"が発足した<sup>[12]</sup>。これはFitness-for-Service (維持規格) Networkの略称である。

FITNETの目的は、欧州の規格CENへ持って行くために、欠陥評価法の統一にある。FITNETの目的は、"Developing and extending the use of fitness-for-service guidelines for fracture, fatigue, creep and environmental assisted cracking throughout Europe"と記されている。また、目標として、"Agreed European procedure, which could be ultimately become a European (CEN) standards"と書かれている。

FITNETは17カ国、39機関が参加しており、参加規模はSINTAPより大きい。参加機関を表-5に示す。メンバーは英国の参加が多く、次いで独国の参加が多い。Participantsとしての参加もあり、11機関が参加

表-5 FITNETプロジェクトに参加している研究機関

| No | 参加機関           | 国  | No | 参加機関            | 国      |
|----|----------------|----|----|-----------------|--------|
| 1  | GKSS           | 独国 | 21 | CR Fiat         | 伊国     |
| 2  | IWT            | 独国 | 22 | IIS             | 伊国     |
| 3  | FhG/IWM        | 独国 | 23 | JRC             | オランダ   |
| 4  | TU Darmstadt   | 独国 | 24 | Shell           | オランダ   |
| 5  | DLR            | 独国 | 25 | Univ. Cantabria | スペイン   |
| 6  | MPA-Stuttgart  | 独国 | 26 | CEIT            | スペイン   |
| 7  | TWI            | 英国 | 27 | VTT             | フィンランド |
| 8  | Corus          | 英国 | 28 | BZF             | ハンガリー  |
| 9  | British Energy | 英国 | 29 | UMFS            | スロベニア  |
| 10 | HSE            | 英国 | 30 | SCK             | ベルギー   |
| 11 | ALSTOM         | 英国 | 31 | RUG             | ベルギー   |
| 12 | Advantica      | 英国 | 32 | FORCE           | デンマーク  |
| 13 | Rollus Royce   | 英国 | 33 | Innospexion     | デンマーク  |
| 14 | NPL            | 英国 | 34 | KUT             | ポーランド  |
| 15 | Caterpillar    | 仏国 | 35 | DNV             | スウェーデン |
| 16 | CETIM          | 仏国 | 36 | Uni. Averio     | ポーランド  |
| 17 | IS             | 仏国 | 37 | SKODA           | チェコ    |
| 18 | Bureau Veritas | 仏国 | 38 | EMPA            | スイス    |
| 19 | CESI           | 伊国 | 39 | EPFL            | スイス    |
| 20 | CSM            | 伊国 | -  | -               | -      |

表-6 ParticipantsとしてFITNETに参加している機関 (No EU-Funding)

| No | 参加機関      | 国     | No | 参加機関          | 国    |
|----|-----------|-------|----|---------------|------|
| 1  | EdF       | 仏国    | 7  | Sea Flex      | オランダ |
| 2  | PECHINEY  | 仏国    | 8  | SAFE          | 韓国   |
| 3  | Amey      | 英国    | 9  | Hitachi       | 日本   |
| 4  | INASMET   | スペイン  | 10 | Orgenerfoneft | ロシア  |
| 5  | Technatom | スペイン  | 11 | Battelle Col. | 米国   |
| 6  | IMT       | スロベニア | -  | -             | -    |

している。Participantsとして参加している機関を表-6に示す。

FITNETプロジェクトの研究期間は2002年2月から2006年2月までの4年間である。資金はEU政府が提供し、1.6百万ユーロである。年に2回の全体会議を開催しており、会議は非公開で、ASME Code会議のようにオブザーバの参加はない。

FITNETの全体纏めはドイツのGKSSであり、幹事役の普及担当が英国の溶接研究所のTWIである。FITNETの中にそれぞれWG (Working Group) があり、下記のように担当が定められている。



WG1 破壊評価 (Fracture) (Corus, 英国)  
 WG2 疲労評価 (Fatigue) (Caterpillar, 仏国)  
 WG3 クリープ評価 (Creep) (British Energy, 英国)  
 WG4 腐食評価 (Corrosion) (Shell, オランダ)  
 また、WGの横の繋がりとWP (Work Package)  
 が設けられており、それぞれのWPの役割は次の  
 ようになっている。

- WP1 コーディネーション (Network Management)  
(GKSS, 独国)
- WP2 到達水準、戦略 (State-of-the-Art and Strategy)  
(JRC, オランダ)
- WP3 手法の開発 (Procedure Development)  
(GKSS, 独国)
- WP4 手法の実行と事例研究 (Procedure Implementation  
& Case Studies) (VTT, フィンランド)
- WP5 宣伝、普及、知的所有権 (Dissemination & IPR)  
(TWI, 英国)
- WP6 トレーニングと教育 (Training and Education)  
(Cantabria大, スペイン)
- WP7 規格基準化 (Standardization) (CESI, 伊国)

WGの成果をそれぞれのWPへ反映するように組織  
 されている。これを図-1に示す。

FITNETの全体会議は半年に1回、欧州内の場所を  
 変えて開催される。参加者は約50名である。会議は2  
 日間である。第1日目の午前中は全体会議、午後は各  
 WG、WPに分かれて会議が行われる。第2日目の午  
 前中は、EU政府の担当官が出席して、各WG及びWP  
 のリーダーにより経過報告が行われる。2日目の午後は  
 再び各WG及びWPで会合を開いて審議が行われる

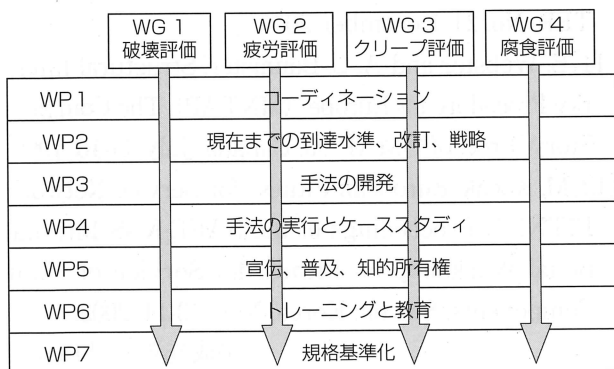


図-1 FITNETプロジェクトのWGとWPの関係

が、WGやWPはそれぞれのリーダーの判断で適時行わ  
 れている。ASME Code会議のように、議案がタスク  
 グループ、ワーキンググループ、サブグループ、サブ  
 コミッティ、メインコミッティと上部委員会で審議、  
 承認を経ていく構造ではない。

会議の参加は制限されており、ビジターとして聴講  
 することはできないし、EUからの資金のもとに参加  
 しているので参加者はボランティアの参加ではない。  
 審議の決定は話し合いで、投票はなく、WG及びWP  
 のリーダーが話をまとめている。FITNETの特徴は、規  
 格作成のみならず、WPにあるように教育訓練、規格  
 の普及や知的所有権の仕事も含まれている。随時、欧  
 州内でFITNETの講習会が計画され数十名の受講参加  
 者を得ている。FITNETプロジェクトにはアカデミア  
 (大学等)の参加が多い。教育訓練と技術レベルアッ  
 プが背景にあり、これが欧州プロジェクト推進の1つ  
 の大きな要素となっている。

WG1の破壊評価 (Fracture) では、英国British Energy  
 のR6法の改良、特に、破壊評価線図のKrとLrにおい  
 てモードI, II, IIIの扱いと降伏応力 $\sigma_y$ と引張強さ $\sigma_u$   
 の使用が検討されている。また、高靱性と低靱性材料  
 の破壊評価線図の開発が行われている。R6法における  
 き裂の停留問題、動的荷重の問題、J-R曲線、サブサ  
 イズのシャルピー衝撃試験の値と破壊靱性や遷移温度  
 の関係、複数欠陥の合体クライテリアの改良等が検討  
 されている。

WG4の腐食評価 (Corrosion) においては、Shellから  
 出ているハンドブックの見直し、靱性を考慮した局部減  
 肉の制限、SCC評価等が検討されている。減肉評価は  
 BS規格や米国石油協会のAPI 579を参考にしている。

FITNETの最終報告は、荷重入力パラメータ、欠陥  
 のモデル化、材料の変形特性、材料の破壊特性、破壊  
 解析、今後の情報と特別なオプション、付録という構  
 成で纏められようとしている。

## 5. まとめ

欧州では欧州政府のスポンサーシップのもとに、原  
 子力発電機器、火力発電機器、化学プラント機器の構  
 造健全性維持を目的にしたプロジェクトが活発に動い  
 ている。今後、欧州内の各国のプロジェクトは減り、ま  
 すますEU政府主導のプロジェクトの比重が増えよう。

欧州統一の維持規格基準CENの制定のためにSINTAP

が終了し、引き続きFITNETプロジェクトが実施中である。欧州の維持規格プロジェクトは参加メンバーの多い英国の動きが活発で、英国の維持規格をCENへもって行こうとしているように感じられる。欧州の統一維持規格にもっていくためには容易ではないと想像するが、FITNETの終了後も引き続き同様のプロジェクトが計画されよう。欧州で規格が統一されたあかつきには、ASME Codeにとって、また、わが国の規格においてもインパクトが大きい。このようなためにも、欧州の規格化の動向を見守ることは大切である。

最後に、欧州規格の項目にあって、あるいは、欧州規格の中に導入を図っている課題で、日本機械学会の維持規格にない項目があり、これを表-7に示す。これらの項目の必要性は今後検討していかなければならない。

表-7 欧州維持規格にあって日本機械学会維持規格にない項目

| 規 格    | 概 要  |
|--------|--|
| BS7910 | 溶接継手の破壊挙動における溶接強度ミスマッチの扱い                      |
|        | シャルピー衝撃エネルギーJと破壊靱性 $K_{mat}$                   |
|        | 溶接継手の溶接残留応力                                    |
| SKIFS  | 水中疲労き裂進展速度の下限界応力拡大係数範囲 $\Delta K_{th}$         |
| RSE-M  | 荷重のモード $K_I$ 、 $K_{II}$ 、 $K_{III}$ とこれらの組み合わせ |
| A16    | クリープ疲労のき裂発生、進展評価                               |

## 参考文献

- [1] ASME P&B Code Section XI; Rules for In-Service Inspection of Nuclear Power Plant Components, 2003 Addenda.
- [2] D. Lidbury, et. al.; A Programme for the Validation of Constraint Based Methodology in Structural Integrity, Trans. SMiRT 16, Washington DC, August 2001.
- [3] Central Electricity Generating Board; Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects, R/H/R6, 1988.
- [4] AFCEN; In-Service Inspection Rules for the Mechanical Components of PWR Nuclear Islands, RSE-M, 1997.
- [5] Commissariat A L'Energie Atomique; Guide for Defect Assessment and Leak Before Break Analysis, 1995.
- [6] Swedish Nuclear Power Inspectorate; The Swedish Nuclear Power Inspectorate's Regulations Concerning Structural Components in Nuclear Installations, SKIFS 1994, August 1996.
- [7] Kerntechnischer Ausschuss; Components of the Reactor Coolant Pressure Boundary of Light Water Reactors; Part 4: In-service Inspections and Operational Monitoring, KTA 3201.4, June 1999.
- [8] British Standards Institution; Guide on Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Fusion Welded Structures, BS 7910, 1999.
- [9] Nuclear Electric plc.; An Assessment Procedure for the High Temperature Response of Structures, R5, July 1995.
- [10] British Energy Generation Ltd; R5/R6 NEWSLETTER, No. 24, December 2001.
- [11] E. Webster and A. C. Bannister, Structural Integrity Procedure for Europe (SINTAP), The Complete Story, Proc. of OMAE 99, Canada, July 11-16, 1999.
- [12] M. Kocak; European Fitness for Service Network FITNET, Proceedings of the SAFE-KGS International Workshop on Fitness-for-Service of Plant Components, Suwon, Korea, Nov. 13-14, 2003.

(平成16年5月18日)