土木学会 鋼構造新技術小委員会

最終報告書

(耐久性研究)

平成8年5月31日

登　録	平成 9 年 3 月19 日
番　号	第 44773 号
社団法人	土木学会
附属	土木図書館

耐久性研究WGの構成員

主査	三木 千壽	東京工業大学 工学部 土木工学科
委員	池田 清宏	東北大学 工学部 土木工学科
〃	北原 道弘	東海大学 海洋学部 海洋土木工学科
〃	長井 正嗣	長岡技術科学大学 建設系
〃	廣瀬 壮一	岡山大学 工学部 共通講座
〃	藤井 堅	広島大学 第四類（建設系）
〃	藤野 陽三	東京大学 工学部 土木工学科
〃	増田 陳紀	武蔵工業大学 工学部 土木工学科
〃	森 猛	法政大学 工学部 土木工学科
〃	石原 信幸	東京都 道路建設部 道路橋梁科
〃	小池 光裕	三菱電機 応用機器部
〃	和高 修三	三菱電機 電子システム研究所

委託者側（＊印担当幹事兼務）

委員	＊安波 博道	新日本製鐵(株) 鉄鋼研究所 鋼構造研究開発センター
〃	後藤 信弘	新日本製鐵(株) 鉄鋼研究所 鋼構造研究開発センター
〃	中村 聖三	川崎製鉄(株) ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ事業本部 鋼構造研究所
〃	中村 厚	住友金属工業(株) 厚板技術部
〃	中川 茂	ＮＫＫ 建材センター 建材技術開発部
〃	小川 恒司	(株)神戸製鋼所 溶接事業部 技術部

目次

1.研究目的

2.研究内容と方法

2．1　疲労抵抗向上の研究

2．2　腐食に強い鋼構造物の研究

（ステンレスクラッド鋼を用いた橋梁の設計・施工に関する研究）

2．3　損傷検出評価の研究

3.研究成果

3．1　疲労抵抗向上の研究

3．1.1　軟質溶接材料の開発

（1）はじめに

（2）開発溶接材料の諸性能について

3．1.2　高強度鋼すみ肉溶接継手部の疲労強度の溶接材料依存性

（1）はじめに

（2）試験体

（3）試験方法

（4）溶接止端部の微視的形状と応力集中

（5）溶接残留応力

（6）硬さ測定結果

（7）疲労試験結果

a）疲労亀裂発生点

b）疲労強度

（8）まとめ

3．1.3　高強度鋼溶接継手部の疲労強度向上について

（1）はじめに

（2）試験方法

a）試験体

b）疲労試験の方法

（3）溶接止端形状

（4）疲労試験結果

a）首溶接部

b）垂直スティフナー溶接部

c）ウェブガセット溶接部

d）フランジガセット溶接部

e）重ねガセット溶接部とカバープレート溶接部

（5）まとめ

3．1.4 十字すみ肉溶接継手の疲労強度向上に対する鋼材と
溶接材料の強度レベルの影響
（1）はじめに
（2）試験方法
a）試験体
b）疲労試験方法
c）溶接止端形状の測定方法
（3）試験結果
a）溶接止端形状
b）疲労強度
c）疲労亀裂の発生・進展状況
（4）まとめ
3．2 ステンレスクラッド鋼を用いた橋梁の設計・施工に関する研究
（腐食に強い鋼構造物の研究）
3．2.1 はじめに
3．2.2 ステンレスクラッド鋼の特徴
3．2.3 ステンレスクラッド鋼の材料特性
（1）使用材料
（2）引張試験
a）応力-ひずみ関係
b）材料特性
（3）クラッド鋼の材料特性の評価
（4）板曲げ試験
a）曲げ試験概要
b）中立面
c）弾塑性曲げ挙動
3．2.4 ステンレスクラッド鋼の残留応力
（1）残留応力測定試験
a）逐次除去による板厚方向残留応力測定法
b）試験概要
（2）測定結果および考察
3．2.5 ステンレスクラッド鋼板の座屈特性
（1）ステンレスクラッド鋼板の座屈特性
a）供試体
b）載荷装置および載荷方法
c）測定項目
d）初期たわみ
e）実験結果
イ）崩壊性状
ロ）変位および応力性状

（2）有限要素法によるクラッド鋼板の弾塑性有限変位解析
a）解析法概要
b）解析結果
（3）残留応力の影響
（4）耐荷力曲線
3．2.6 ステンレスクラッド鋼の疲労強度
（1）ステンレスクラッド鋼の疲労亀裂進展速度
a）はじめに
b）試験方法
イ）試験片
ロ）残留応力の測定
ハ）疲労亀裂進展試験方法
c）試験結果
イ）疲労亀裂の進展性状
ロ）各鋼材のda/dN-⊿K関係
d）疲労照査に用いるステンレスクラッド鋼の
疲労亀裂進展速度表示式
イ）各鋼材のda/dN-⊿K関係の比率
ロ）各鋼材のda/dN-⊿K関係と
JSSC指針平均設計疲労曲線との比較
e）まとめ
（2）箱桁曲げ試験
a）試験体および載荷方法
b）発生疲労亀裂
c）JSSC指針の強度等級との比較
d）疲労亀裂破面観察
イ）断面組織観察
ロ）破面観察
e）まとめ
3．2.7 ステンレスクラッド鋼の溶接確性試験
（1）試験の種類と概要
（2）試験結果
（3）溶接材料の希釈
（4）まとめ
3．2.8 パイロットメンバーの試作
（1）パイロットメンバーの概要

（2）パイロットメンバーの製作
a）パイロットメンバーの製作概要
b）罫書・切断
c）製作中の耐食性のと劣化防止
d）工場溶接
e）ひずみ防止
f）製品寸法および非破壊検査結果
g）現場溶接部の目違いおよび開先隙間
h）現場溶接継手の施工性の比較検討
i）表面仕上げの比較検討
（3）まとめ
3．2.9 ステンレスクラッド鋼の暴露試験
（1）暴露試験概要
a）試験水準
b）３０度傾斜日照暴露試験
c）日陰下面暴露試験
（2）暴露架台設置概要
（3）第一回暴露試験片調査
（4）まとめ
3．3 損傷検出評価技術の研究
3．3.1 はじめに
3．3.2 溶接部からの疲労損傷の評価技術の開発
（1）欠陥の画像化と欠陥識別性能の向上
a）超音波回折トモグラフィーの鋼部材深傷への適用
i）実験システム
ii）正規化のための参照波
iii）波数領域へのマッピングの際の補間
iv）再構成における波数領域での積分範囲
v）再構成結果
b）開口合成による超音波深傷の分解性能力向上の試み
i）開口合成の原理
ii）開口合成の精度に対する開口幅・スキャリング・波の数の影響
iii）入射角変化による開口合成システム
iv）実験結果と考察
v）まとめ

（２）端部エコー法の高精度化

a）端部エコーの発生挙動とその特性

ｉ）超音波深傷実験

ii）超音波の数値シミュレーション

iii）端部エコーの発生メカニズムの観察

（ａ）上端部エコー

（ｂ）下端部エコー

（ｃ）上下端部エコーの波形

iv）スリット先端形状による端部エコーの特性の観察

（ａ）位相の遅れ

（ｂ）波形の変化

（ｃ）エコーの高さ変化

v）まとめ

b）ディコンボリューションによる端部エコー法の時間分解能の向上

ｉ）時間分解能の向上

（ａ）ディコンボリューション処理

（ｂ）フーリエ逆変換時の周波数の帯域制限について

（ｃ）最大エントロピー法の導入

ii）ＭＥＭ導入におけるパラメーターの影響

（ａ）予測誤差フィルタの次数の影響

（ｂ）雑音レベルの影響

（ｃ）重畳波形の分離限界

iii）実験

iv）まとめ

3．　3.3　異種材料界面の損傷評価技術の開発

（１）クラッド鋼界面に存在するクラック長の推定

a）界面クラックによる散乱振幅特性

ｉ）問題の設定

ii）自由場の決定

iii）界面クラック開口変位の決定

iv）水中遠方圧力場の表現

v）遠方散乱振幅の特性

b）界面クラック長の推定式

ｉ）高周波近似の導入

ii）遠方散乱振幅の周期特性

iii）界面クラック長の推定式

c）界面クラック長と傾きの推定式

d）推定式の有効周波数帯域の確認

e）波動計測及びクラック長と傾きの推定
i）計測システム
ii）計測と解析による散乱振幅の周期性の対応関係の確認
iii）界面クラック長の推定
iv）界面クラック長と傾きの推定
f）まとめ
（2）板波を利用した界面損傷の推定
a）近距離波動場の解析法
b）遠方散乱場の計算
c）数値シュミレーション例
i）解析モデル
ii）解析結果
d）まとめ
（3）亀裂分布の推定に関する研究
a）亀裂分布推定の逆解析理論
i）逆問題の設定
ii）散乱波の積分表現
iii）逆キルヒホフ近似
b）亀裂分布推定に関するモデル実験
i）実験装置
ii）実験供試体
iii）波形解析
iv）実験結果
c）まとめ
3．3.4 鋼材の強度変動の推定
（1）分岐理論の要約
（2）強度変動推定への適用
（3）まとめ
3．3.5 超音波深傷機の開発動向
（1）現状のデジタル超音波深傷器
a）第1世代
b）第2世代
（2）第3世代のデジタル超音波深傷器
（3）深傷試験例
（4）まとめ
3．3.6 今後の課題
4．まとめと今後の検討課題