

# コンクリート構造物における断面修復工法の有効性に関する検討

## Study on the Effectiveness of the Cross Sectional Restoration Method for Reinforced Concrete Structures

中部電力(株)土木建築部原子力土建グループ 永山 一朗 Ichiro NAGAYAMA Member  
中部電力(株)浜岡原子力発電所保修部土木課 光川 健 Ken MITSUKAWA Member

The cross sectional restoration method is commonly used as a repair method for reinforced concrete structures that have deteriorated due to chloride induced corrosion, and it is also used to repair water intake/outlet structures of steam power plants.

We have conducted laboratory tests to verify the strength after repair by the cross sectional restoration method and confirmed the effectiveness of the method. The full report is introduced in the following.

**Keywords:** Cross Sectional Restoration Method, Bending Strength, Polymer-Cement Mortar

### 1. 背景と目的

鉄筋コンクリート構造物が塩害劣化した場合の補修方法としては、表面処理、電気防食、電気化学的脱塩、断面修復、増厚等の工法がある。塩害劣化における外観上のグレードと標準的に採用される工法が表-1のように示されている。このうち、塩害劣化が進行した場合、内部の塩化物イオンを除去し、劣化したコンクリートを断面修復材に置き換える、断面修復工法が選定されることが多く、汽力発電所の海水取放水構造物などの補修においても採用されている。

しかし、断面修復工法に関する技術的根拠に基づいた耐力評価等の確認はまだ十分ではないのが現状である。そこで、本検討では、断面修復工法による補修後の耐力について現場条件を模擬した室内試験（曲げ耐力試験）により評価し、断面修復工法の有効性について確認した。以下にこれらの検討内容の概要を報告する。

表-1 塩害劣化における構造物の外観上のグレードと標準的な工法（土木学会(2007) 1）より）

構造物の外観上のグレード	標準的な工法
I-1（潜伏期）	表面処理
I-2（進展期）	表面処理、断面修復、電気防食、電気化学的脱塩
II-1（加速期前期）	表面処理、断面修復、電気防食、電気化学的脱塩
II-2（加速期後期）	断面修復
III（劣化期）	FRP 接着、断面修復、外ケーブル、巻立て、増厚

### 2. 曲げ耐力試験の概要

#### 2.1 試験体概要

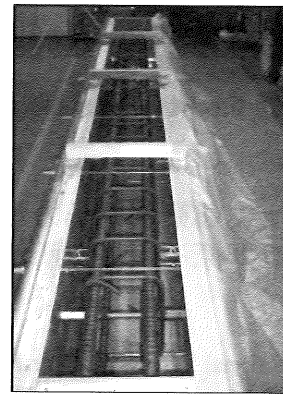
断面修復工法が曲げ耐力に及ぼす影響を把握することを目的とし、断面修復箇所を模擬した梁試験体と、健全な状態である無補修の梁試験体を作製した。試験体の母材コンクリートは、普通ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度を  $24\text{N/mm}^2$  とした（W/C54%、s/a46%、材齢 28 日における圧縮強度  $35.5\text{N/mm}^2$ 、弾性係数  $34.3\text{kN/mm}^2$ ）。断面修復材は、一般的によく使用されている湿式吹付け用のスチレンブタジエンゴム系（SBR系）ポリマーセメントモルタルを使用した（材齢 28 日における圧縮強度  $43.5\text{N/mm}^2$ 、弾性係数  $20.5\text{kN/mm}^2$ ）。試験体の形状は、海水取放水構造物等の実構造

連絡先:永山一朗、〒461-8680 名古屋市東区東新町 1 番地、中部電力(株)土木建築部原子力土建グループ、電話: 052-973-2253、e-mail:Nagayama.Ichirou@chuden.co.jp  
光川健、〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉 5561、中部電力(株)浜岡原子力発電所保修部土木課、電話: 0537-85-2512、e-mail:Mitsukawa.Ken@chuden.co.jp

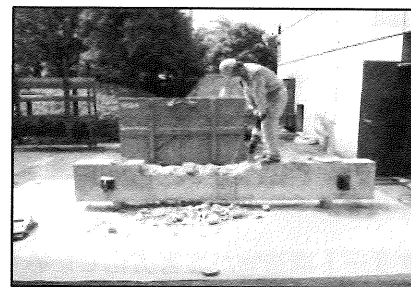
物の配筋条件を模擬し、主筋を D25×150 ピッチとして 2 本配置し、幅 300 mm、高さ 500 mm とした。また、曲げ破壊させるため、せん断スパンを有効高さの 3 倍の 1,200 mm および等曲げ区間を 400 mm とし、支間長を 2,800 mm とした。

断面修復を行う範囲は、実構造物における補修範囲を想定し深さ 140 mm 程度、長さ 2,000 mm とし、壁面の補修を模擬して横向きの吹付けとした。試験体の概要図を図-1 に示す。

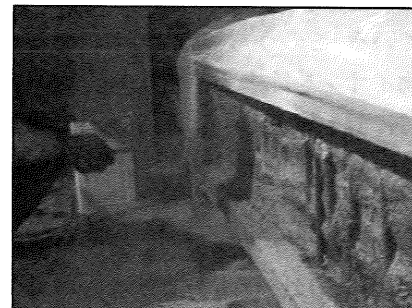
試験体の作製は、①型枠・鉄筋の組立て、②母材コンクリート打設、③はつり作業、④断面修復工の順に実施した。なお、はつり作業は実際の施工を想定して、衝撃型の手ばつりで行った。試験体の作製状況を写真-1 に示す。



(型枠・鉄筋の組立て)

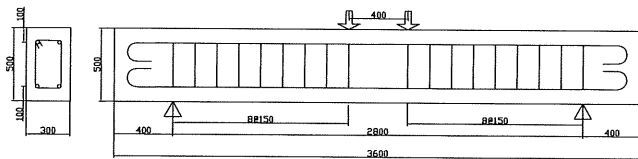


(はつり作業)

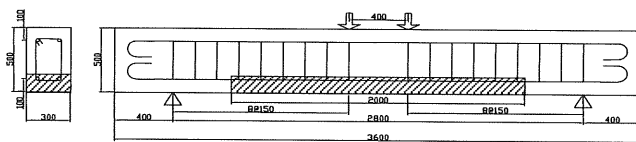


(断面修復工)

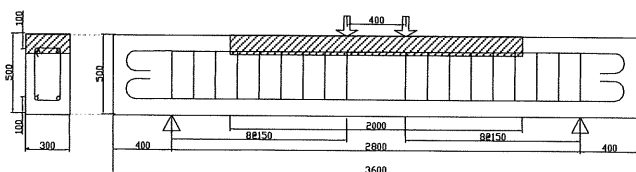
写真-1 試験体作製状況



(無補修試験体No.1)



(引張側補修試験体No.2)



(圧縮側補修試験体No.3)

▨ : 断面修復箇所  
単位 (mm)

図-1 試験体の概要図

## 2.2 試験ケース

試験ケースは、海水取放水構造物等の壁面に正負の曲げ荷重が作用する場合を想定し、補修面がそれぞれ引張側および圧縮側となるよう断面修復を施した場合の試験を各 1 ケースとした。また、比較として無補修の場合の試験を 1 ケースとした。

## 3. 曲げ耐力試験の結果

### 3.1 载荷要領

载荷は、5,000kN アムスラー型载荷試験機を用いて 2 点静的载荷とし、試験体が破壊するまで行った。ここで、ひび割れ発生時、鉄筋ひずみがひび割れ発生時と降伏時の中間値(1,000 $\mu$ 程度)に達した時点および鉄筋ひずみが降伏ひずみに達する直前(1,800 $\mu$ 程度)の各時点において、5 kN まで除荷し再载荷した。

### 3.2 曲げ耐力

各試験体の荷重と中央変位の関係を図-2に、最終破壊状況を写真-2に示す。また、ひび割れ発生時、引張鉄筋降伏時および最大荷重時の各段階における荷重および変位の値を表-2に示す。

いずれの試験体も引張鉄筋が降伏後、試験体の変形が進み、最終的に圧縮側コンクリートの圧縮破壊により荷重が低下する挙動を示した。また、引張側補修試験体および圧縮側補修試験体の最大荷重は、無補修試験体と同程度であり、断面修復を実施しても曲げ耐力が低下しないことを確認した。

荷重と中央変位との関係においては、引張側補修試験体は無補修試験体と同様の関係を示すのに対し、圧縮側補修試験体では引張鉄筋降伏後の中央変位が無補修試験体の1.7倍程度となり、じん性が高くなることを確認した。これは、母材コンクリートよりも弾性係数の小さい断面修復材が圧縮側にあることで、同じ圧縮応力が作用した場合の圧縮側のひずみが大きくなり、断面の曲率が大きくなったためと考えられる。

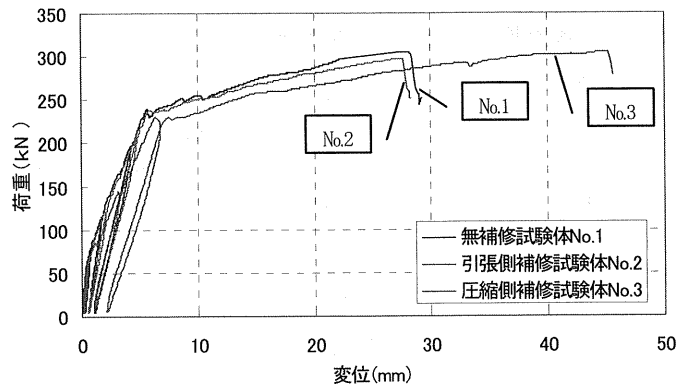
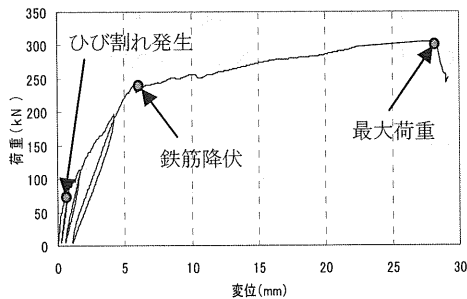


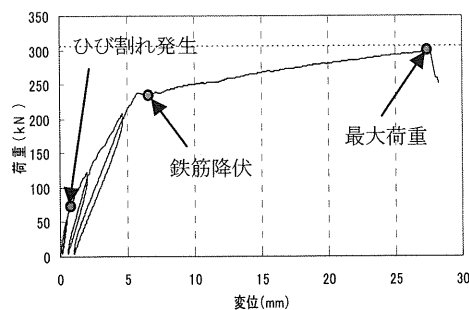
図-2 各試験体の荷重と中央変位の関係

表-2 各段階における荷重および変位

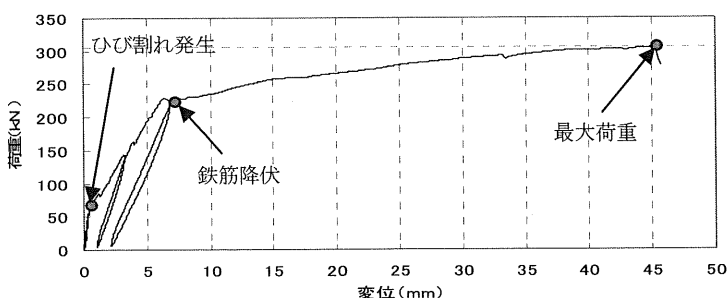
試験体名	項目	ひび割れ発生時	引張鉄筋降伏時	最大荷重時
無補修試験体 No.1	荷重 (kN)	78.5	232.9	305.3
	変位 (mm)	0.9	5.4	27.4
引張側補修試験体 No.2	荷重 (kN)	75.3	238.2	297.7
	変位 (mm)	0.8	5.8	27.5
圧縮側補修試験体 No.3	荷重 (kN)	55.1	228.0	305.1
	変位 (mm)	0.3	6.6	45.1



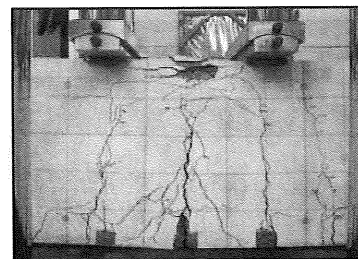
(無補修試験体No.1の荷重と中央変位の関係)



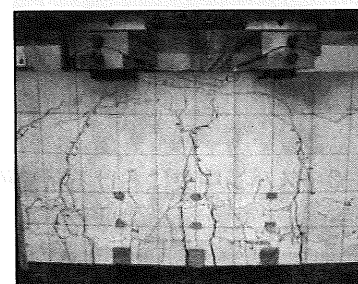
(引張側補修試験体No.2の荷重と中央変位の関係)



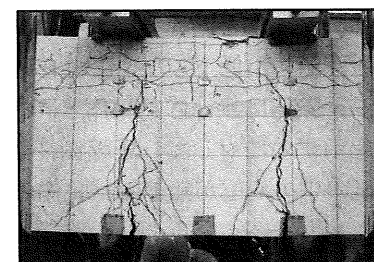
(圧縮側補修試験体No.3の荷重と中央変位の関係)



(無補修試験体No.1)



(引張側補修試験体No.2)

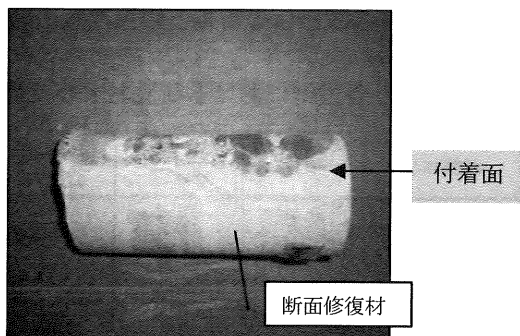


(圧縮側補修試験体No.3)

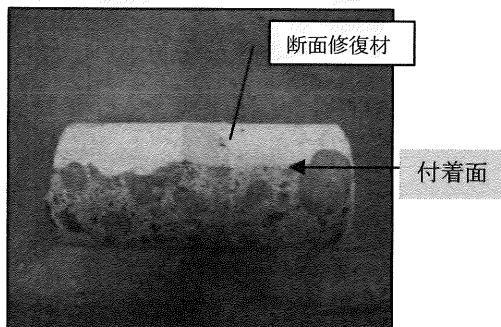
写真-2 各試験体の最終破壊状況

### 3.3 各試験体における付着面の状況

曲げ載荷終了後、引張側補修試験体および圧縮側補修試験体で、変位量が最も大きいスパン中央部において、母材コンクリートと断面修復材との付着面からコアを採取し、付着面の状況を確認した。その結果、両試験体とも写真-3 に示すとおり剥離等は認められず、母材コンクリートと断面修復材は一体として挙動した。



(引張側補修試験体No.2)



(圧縮側補修試験体No.3)

写真-3 スパン中央における付着面の状況

## 4. 結論

- 1) 引張側補修試験体および圧縮側補修試験体の最大荷重は、無補修試験体と同程度であり、断面修復を実施しても曲げ耐力が低下しないことを確認した。
- 2) 引張側補修試験体は無補修試験体と同様の荷重と変位の関係を示すのに対して、圧縮側補修試験体では鉄筋降伏後の中央変位が無補修試験体の 1.7 倍程度となり、じん性が高くなることを確認した。

- 3) 引張側補修試験体および圧縮側補修試験体とも付着面の剥離等は認められず、母材コンクリートと断面修復材は一体として挙動した。

今回の検討では、断面修復工法の有効性を曲げ耐力試験により確認することができ、鉄筋コンクリート構造物の保守管理に資する成果が得られた。今後は、せん断破壊先行型の破壊形態を示す構造物に対しても、断面修復後の耐力を確認するため、断面修復後のせん断耐力について検討していく予定である。

## 参考文献

- [1] 土木学会. コンクリート標準示方書[維持管理編]. 2007, p.119.
- [2] 土木学会. コンクリートライブラリー123. 吹付けコンクリート指針(案)[補修・補強編]. 2005, p.279.
- [3] 加藤絵万、堤 知明、岩波光保、山内 浩、山路徹、横田 浩. 港湾空港技術資料. 海洋環境下の鉄筋コンクリート構造物に対する補修効果の定量評価手法の構築に関する検討. No.1133,2006, p.1-12.