

埋設型枠と水中不分離性モルタルで補修した扁平 RC 梁の静載荷実験

Static loading tests on flat RC beam repaired by permanent form and underwater inseparable mortar

室蘭工業大学
 室蘭工業大学大学院
 室蘭工業大学大学院
 (株)南組
 (株)浦河生コンクリート
 (株)南組

○ 学生員 戸上 卓也 (Takuya Togami)
 正 員 栗橋 祐介 (Yusuke Kurihashi)
 正 員 小室 雅人 (Masato Komuro)
 非会員 南 真樹 (Masaki Minami)
 非会員 西谷内 龍司 (Ryuji Nishiyachi)
 非会員 福地 求 (Motomu Fukuchi)

1. はじめに

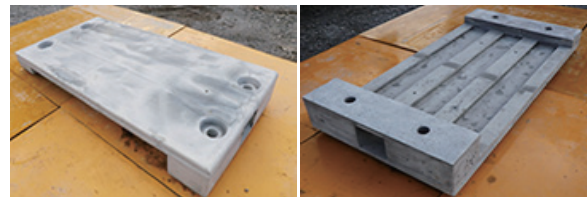
近年、海洋・港湾コンクリート構造物の摩耗、凍結融解、乾湿繰り返し、塩害等による劣化損傷が問題となっている。特に、ケーソン構造物の場合には、劣化が進行して側壁に穴があくと、中詰砂が流出するなど被害が拡大するため、早期に補修対策を講じなければならない。従来は、ケーソン側壁の劣化部を取り壊し、コンクリートで復元する工法が一般的であった。ただし、この工法の場合には、取り壊しやコンクリートの打設が大掛かりであるため、コスト縮減、工期短縮に寄与する工法の開発が望まれていた。

著者らは、劣化部の取り壊しをせずに劣化損傷部のみを補修する新しい工法として、埋設型枠を設置して水中不分離性コンクリートを充填する工法を開発した。これまでの検討において、施工性や耐久性については、十分に検討されており、一部で実用化されている。しかしながら、既設コンクリートと補修部の一体性や埋設型枠設置による増厚効果などは検証されていないのが現状である。また、埋設型枠設置用ボルト孔の削孔時に万一鉄筋が切断された場合の影響についても未検討である。提案工法の信頼性や汎用性を向上させるためには、埋設型枠設置後における剛性の変化や終局限界状態を検証することが重要であるものと考えられる。

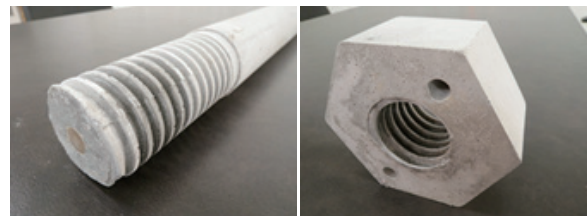
このような観点から、本研究では、劣化損傷したケーソン壁を埋設型枠を設置して補修する場合を想定し、埋設型枠を設置した扁平 RC 梁の静的 3 点曲げ載荷実験を行った。載荷実験は、実ケーソン側壁の 1/2 縮小模型を対象に実施した。

2. 補修工法

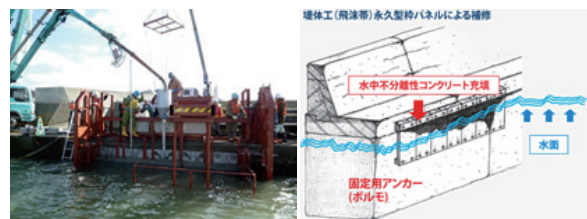
写真-1には、補修工法の概要を示している。本研究に用いた補修工法は、防波堤や岸壁などの港湾漁港コンクリート構造物等の劣化欠損部分を高強度・高耐久性モルタル二次製品(埋設型枠パネル、ボルト・ナット)と形状自在襖枠を使って補修する工法である。埋設型枠パネルおよび取付け用のボルト・ナットは、海水中における耐久性を考慮して、繊維補強モルタルを用いて製作している。また、ボルトには軸力が作用するため AFRP ロッドにより補強している。補修の手順としては、劣化欠損部周辺に埋設型枠パネルを設置するためのコア削孔を行い、ボルトやナットを用いて埋設型枠パネルを取り付けた後に、水中不分離性モルタルを充填することで行う。



埋設型枠パネル



ボルトとナット(ボルトは AFRP ロッド補強)



設置のイメージ(埋設型枠設置後に水中不分離性コンクリートを充填)

写真-1 補修工法の概要

表-1 試験体一覧

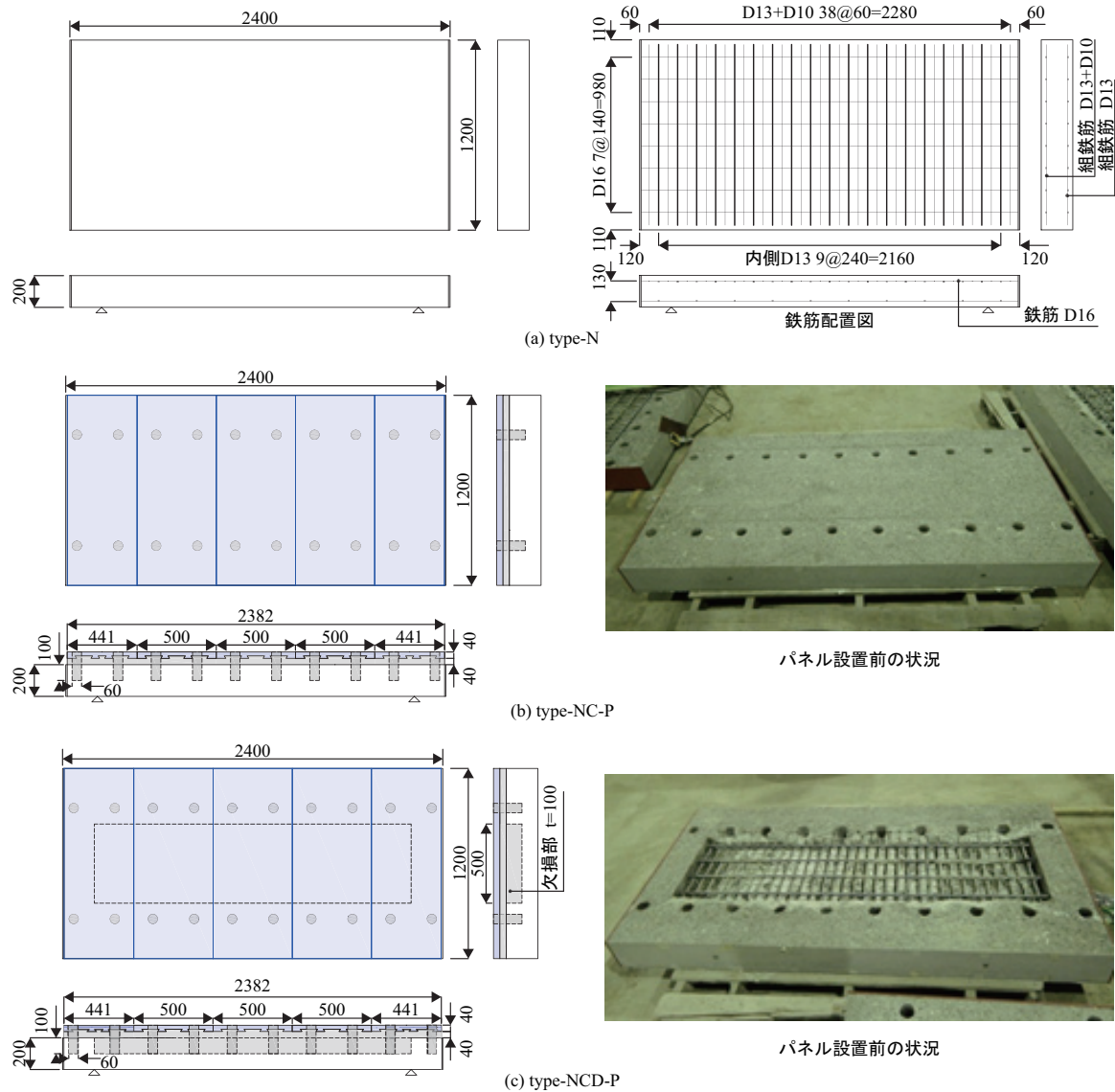
試験体名	コア削孔による鉄筋の破断	断面欠損の有無	埋設型枠パネル設置の有無
N	無	無	無
NC-P	有	無	有
NCD-P-1	有	有	有
NCD-P-2			

3. 実験概要

3.1 試験体概要

表-1には、試験体の一覧を示している。試験体名は、試験体の損傷の有無(N:無補強・無損傷, C:コア削孔, P:埋設型枠パネル設置, D:断面欠損あり)を示している。なお、NCD-P試験体に関しては再現性を考慮するために2つの試験体にて載荷実験を行っている。

図-1には、試験体の形状寸法と配筋を示している。本実験に用いた試験体は、断面寸法(幅×高さ)が1,200 mm×200 mm、純スパン長が2,000 mmの複鉄筋 RC 梁である。上端鉄筋及び下端鉄筋には D16 をそれぞれ 8 本ずつ用



図－１ 試験体図

い、上端の組立筋にはD13を19本、D10を20本用いており、下端の組立筋にはD13を10本用いている。N試験体を除く試験体には、ボルト孔の削孔による鉄筋破断を生じさせ、埋設型枠パネルを設置し、さらに、NCD-P試験体には断面欠損部に水中不分離性モルタルを充填している。なお、水中不分離性モルタルは実施工を模擬して水中で充填した。

表－2には、使用した材料の圧縮強度試験結果から算出した力学特性値を示している。なお、これらの数値は断面分割法による扁平RC梁の耐力計算を行う際に用いている。

3.2 実験方法

実験は、劣化損傷したケーソン壁を埋設型枠を設置して補修する場合を想定し、埋設型枠を設置した扁平RC梁の静的3点曲げ載荷実験を行った。載荷実験は、実ケーソン側壁の1/2縮小模型を対象に実施した。写真－2には、実験状況を示している。

測定項目は載荷荷重および梁底面各位置の変位、支点反力、試験体背面および鉄筋に貼り付けたひずみゲージにより各位置のひずみを測定している。なお、載荷時には梁の

表－2 力学特性

使用材料名	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	降伏応力 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
母材 コンクリート	33.4	2.38	-	43.8
水中不分離性 モルタル	47.5	3.02	-	62.0
埋設型枠パネル	100.3	4.97	-	33.5
鉄筋	-	-	392	200

荷重と支点反力は、ロードセルを用いて計測している。また、載荷点変位に関しては、レーザ式非接触型変位計を用いて計測している。さらに、実験終了後、試験体のひび割れ分布を撮影している。

4. 実験結果

4.1 荷重－変位関係

図－2には、各補修試験体の荷重－変位関係を無補修試験体と比較して示している。なお、計算結果は母材コンク

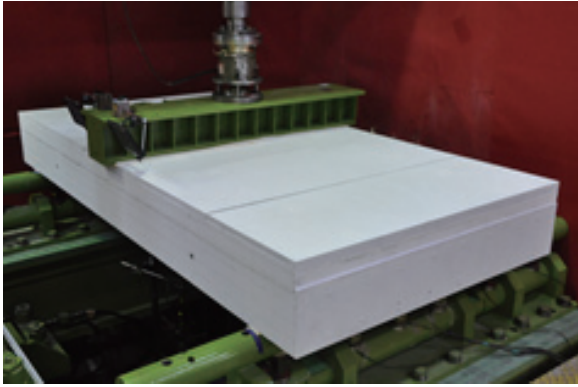


写真-2 実験状況

リート、水中不分離性モルタルと埋設型枠パネルの完全付着を仮定した断面分割法の結果に基づいて算出している。NC-P 試験体は油圧ジャッキの容量限界のため変位が 27 mm の時点で载荷を中止した。

図より、各補修試験体の実験結果と無補修試験体の実験結果を比較すると、無補修試験体は荷重が 200 kN 程度まで増加した後に主鉄筋が降伏し、変位が増加している。一方、NC-P 試験体および NCD-P 試験体の場合は、ひび割れ発生荷重、鉄筋降伏荷重、曲げ剛性が N 試験体よりも大きく、鉄筋が降伏した後も変位と共に荷重が増加していることが分かる。これにより、鉄筋破断や断面欠損がある場合においても埋設型枠パネルで補修することで扁平 RC 梁の曲げ耐荷性能が改善されることが明らかになった。

各補修試験体の計算結果を実験結果と比較すると、NC-P 試験体および NCD-P 試験体の実験結果は主鉄筋が降伏する変位 5 mm 程度まで計算結果と概ね同様の性状を示していることが分かる。なお、計算結果では主鉄筋降伏後荷重が増加しないのに対し、実験結果では変位の増加に伴って荷重も徐々に増加している。これは、実験では载荷点近傍の上縁コンクリートが三軸圧縮状態となっているため、見かけの圧縮強度が大きくなったことなどが原因であるものと推察される。

補修試験体は、いずれも変位の増加に伴って埋設型枠パネルの圧縮破壊や割れおよび部分的な剥離を生じた。NCD-P 試験体においてはともに RC 梁部で斜めひび割れが開いたため载荷を終了した。

4.2 ひび割れ性状

図-3 には、実験終了後における各試験体側面のひび割れ分布性状を示している。図より、いずれの試験体においても、スパン中央部近傍において、曲げひび割れが大きく開口していることが分かる。N 試験体の場合には、上縁コンクリートが圧壊しており、典型的な RC 梁の曲げ破壊に至っていることが分かる。また、NC-P 試験体の場合には、埋設型枠と水中不分離性モルタルの界面にひび割れが発生していることから、部分的な剥離が生じているものと考えられる。

NCD-P 試験体の場合には、NC-P 試験体よりも载荷時の変位が 20 % 程度大きいこと、損傷度が大きい。すなわち、RC 梁部には曲げひび割れその他斜めひび割れが発生し、梁上部においては埋設型枠の剥離のみならず、その継ぎ目における圧縮破壊や水中不分離性モルタル部のひび割れも

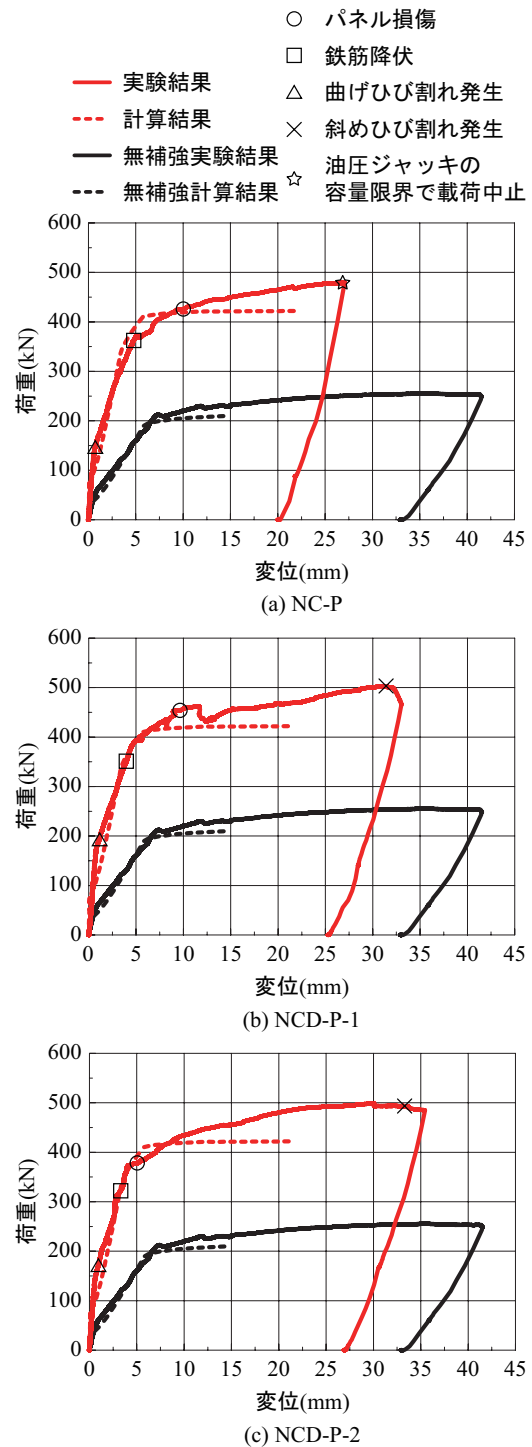


図-2 荷重-変位関係

見られる。ただし、RC 梁部に斜めひび割れが発生するまでは、荷重が増加していたため、鉄筋破断や断面欠損部の補修効果は保持されていたものと判断される。

4.3 ひずみ分布性状

図-4 には、補修試験体の断面高さ方向のひずみ分布性状を示している。ここでは、载荷点変位が 2.5, 5.0 および 10.0 mm における各断面のひずみ分布の実験結果を計算結果と比較して示している。また、図中には実験で計測したひずみゲージの貼り付け位置と各断面の計算曲率も示している。なお、計算結果は、荷重-変位関係の場合と同様に、平面保持を仮定した断面分割法により算出した。

図より、断面ひずみの分布勾配(曲率)は、スパン中央部

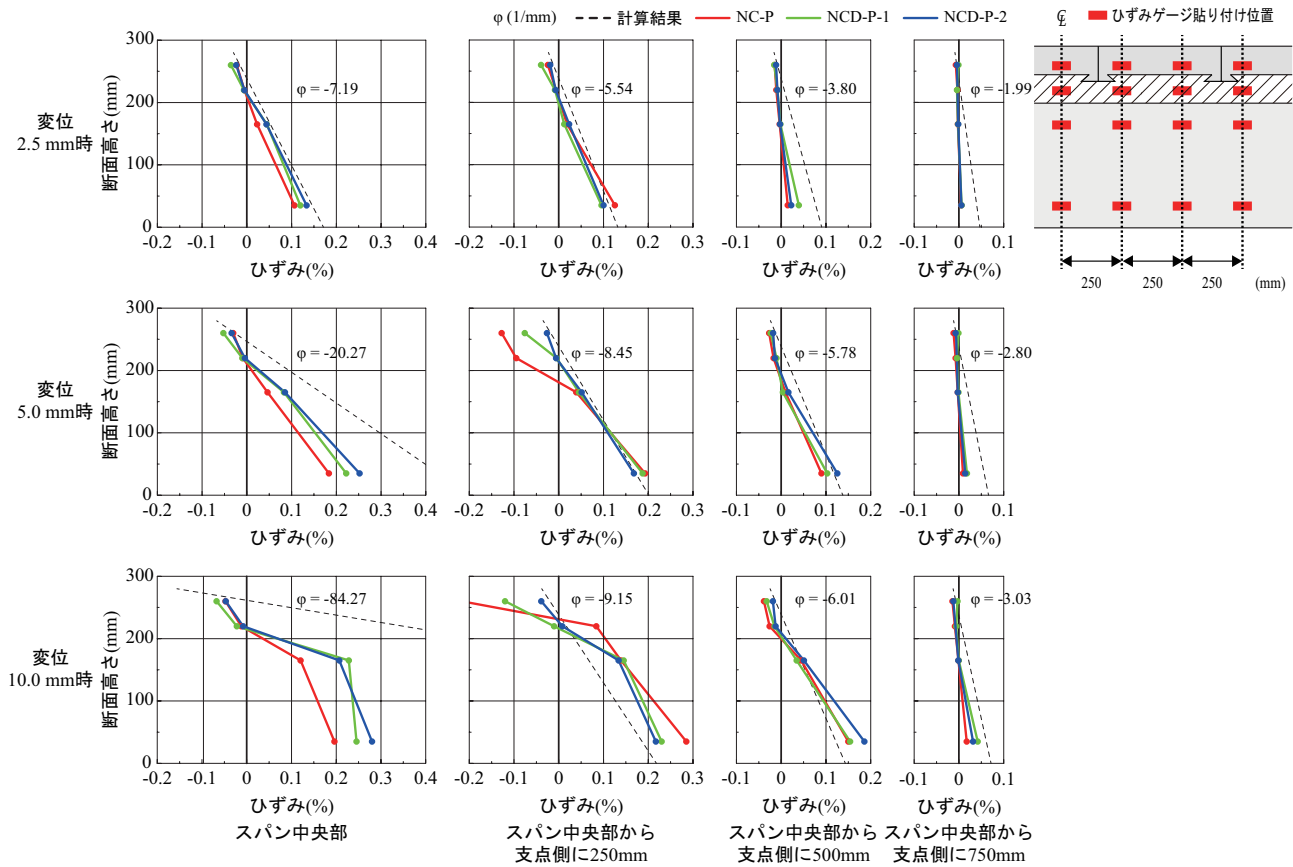


図-4 ひずみ分布性状

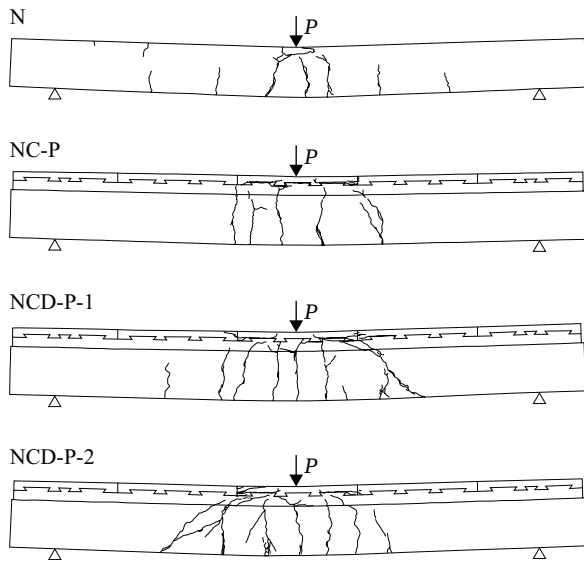


図-3 ひび割れ性状

で最も大きく、変位量の増加にともなって増大する傾向にあることが分かる。また、実験結果と計算結果を比較すると、計算曲率が5～8 (1/mm) において、両者が比較的良好に対応する傾向にあることが分かる。これは、計算による主鉄筋降伏曲率 ϕ_y が7 (1/mm) 程度であるため、主鉄筋降伏時まではRC梁と水中不分離性モルタルおよび埋設型枠の付着がほぼ完全に確保されていることを示しているものと考えられる。

また、変位5および10 mmにおいては、スパン中央部近傍において実験結果と計算結果が対応しない傾向にあるが、

これは、主鉄筋が降伏し上縁の損傷が著しくなり、埋設型枠の部分的な剥離等が発生していることを示しているものと考えられる。

以上のことから、提案の埋設型枠と水中不分離性モルタルによる補修工法は、母材であるRC梁の鉄筋破断やコンクリートの断面欠損がある場合においても、十分な補修効果を発揮することが明らかになった。また、これらの補修材料は主鉄筋降伏時までほぼ完全にRC部材と一体化していることが明らかになった。

5. まとめ

本研究は、既設コンクリートと補修部の一体性、ボルト孔の削孔に伴う鉄筋破断の影響や埋設型枠設置による増厚効果などを検討することを目的に、埋設型枠を設置した扁平RC梁の静的3点曲げ載荷実験を行った。本研究によって得られた知見をまとめると、以下のとおりである。

- 1) 鉄筋破断や断面欠損がある場合においても埋設型枠パネルで補修することで扁平RC梁の曲げ耐力性能が改善される。
- 2) 補修材料は主鉄筋降伏時までほぼ完全にRC梁と一体化している。
- 3) 補修した扁平RC梁は、主鉄筋降伏後埋設型枠パネルの損傷や部分剥離を生じて終局に至る。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [規準編], 土木学会, 2012