

接触面積の大きなコンクリートヒンジを埋め込んだ RC 柱に関する検討

積水化学工業(株) 正会員 ○五島 健斗 京都大学 正会員 植村 佳大
京都大学 正会員 高橋 良和

1. 研究背景・目的

東日本大震災の発生を機に危機耐性の概念が提案された。そうした中、設計基準外事象に対して、RC 柱は基部での軸沈下やせん断ずれが発生することで、挙動の不確実性が高まることが知られている。そのため、RC 柱の危機耐性を向上させるには、設計基準外事象に対して最低限の機能を維持し、挙動の不確実性を低減させる必要がある。そこで、本研究では設計基準外事象に対するヒンジ機能の維持と最低限の耐震性能を担保することを目的として、フーチングとの接触面積の大きなコンクリートヒンジを埋め込んだ RC 柱を提案した。具体的には、RC 柱基部に十分な面積を有する鋼管拘束コンクリート柱を配置し、変形時に鋼管底面における目開きを誘発させ、鋼管内の充填コンクリートによるコンクリートヒンジを形成する。これにより大変形時において全方向へのヒンジ機能の発揮と水平加速度 0.2G 程度に耐えうる耐震性能の担保を狙う。それに加えて、接触面積の大きなコンクリートヒンジと RC 柱の相互作用による荷重低下防止効果にも期待する。

本研究ではヒンジ構造のみを有するコンクリートヒンジ供試体と提案構造供試体を作製し、正負交番載荷実験により性能を検討する。

2. 実験概要

実験供試体は 3 体作成した。図-1, 2 に各供試体の寸法を示す。供試体 CH は、フーチングへの接触面積の

大きなコンクリートヒンジを有する供試体である。この供試体の 1D 区間には軸方向鉄筋とかぶりコンクリートがなく、1D 区間が露出した鋼管と鋼管内の充填コンクリートのみにより構成されている。供試体 UBCH は接触面積の大きなコンクリートヒンジとアンボンド芯材により構成される供試体であり、20kN 程度(本供試体における水平加速度 0.2G に耐えうる耐震性能)の復元力発揮を期待している。アンボンド芯材の径は ϕ 23mm とした。NORMAL-RC は、筆者らの先行研究¹⁾にて実験を行った標準型 RC 柱で本研究の比較供試体として用いる。CH-UBRC は本研究で提案する接触面積の大きなコンクリートヒンジを埋め込んだ RC 柱供試体である。軸方向鉄筋の配筋は、NORMAL-RC と同様であり、鋼管及びアンボンド芯材には、先述の供試体 CH、供試体 UBCH と同様のものを使用している。

載荷は正負交番漸増で行い、基準振幅 5mm とした整数倍の振幅での繰り返し載荷を行った。載荷軸応力は約 1.0MPa とした。

3. 実験結果および考察

(1) 供試体 CH, UBCH の実験結果

a) 荷重-変位関係

供試体 CH では、正最大荷重が約 8.2kN、負最大荷重が約 -9.3kN であった。これは本研究において埋め込むヒンジ構造に要求している 20kN には達していなかった(図-3(a))。一方供試体 UBCH は、アンボンド芯材の

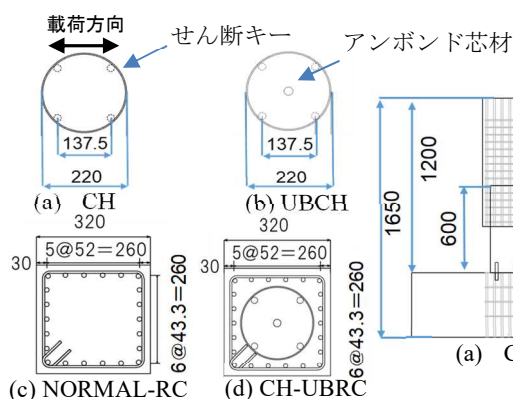


図-1 各供試体の断面図

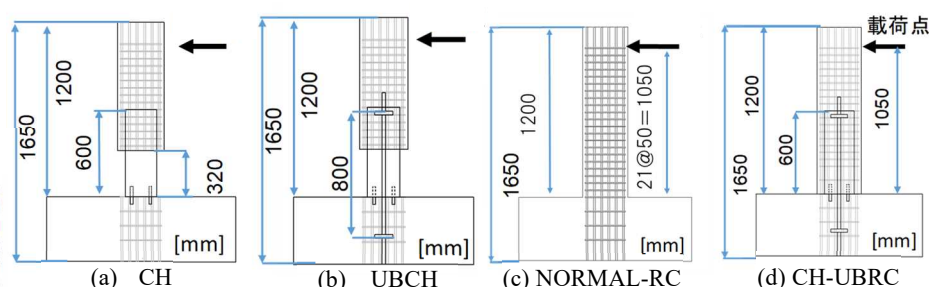


図-2 各供試体の側面図

キーワード RC 柱, 危機耐性, コンクリートヒンジ

連絡先 〒615-8246 京都市西京区京都大学桂 C1-147 TEL : 075-383-3243 FAX : 075-383-3244

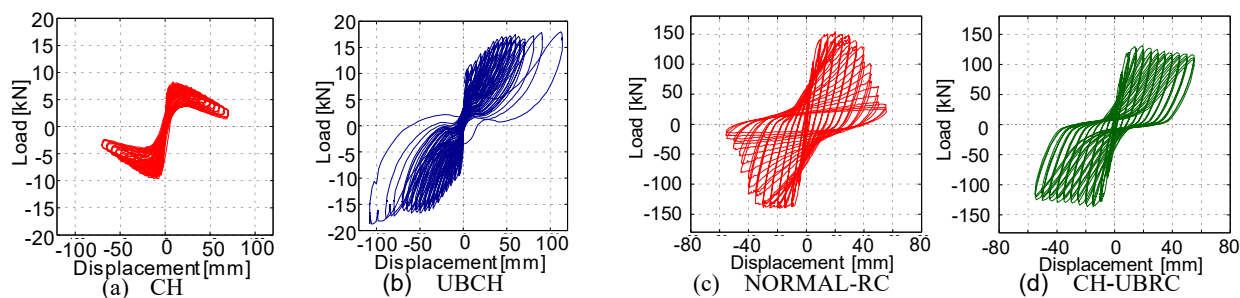


図-3 荷重-変位関係

引張り力発揮により最大荷重が増加し、正負最大荷重はともに約 $\pm 18\text{kN}$ であった。従って供試体 UBCH が 20kN 程度の復元力を有することが確認された(図-3(b))。このときアンボンド芯材は載荷終了まで弾性範囲内で挙動していることが確認された。

b) 変形時の様子

両供試体ともに鋼管底面が目開きを繰り返しながら変形していた。載荷振幅 60mm 時に供試体 UBCH の鋼管底面付近で鋼管のはらみ出しを確認したが、荷重-変位関係等に大きな影響は見られなかった。また両供試体ともに柱基部でのせん断ずれや軸沈下の発生は見られず、コンクリートヒンジによるヒンジ機構の発現が確認された。

(2) NORMAL-RC および CH-UBRC の実験結果

a) 荷重-変位関係および破壊性状

NORMAL-RC では、載荷振幅 25mm までの履歴ループ形状は紡錘型を示しており、典型的な曲げ破壊の特徴がみられた。また、正最大荷重は 154kN であった。そして載荷振幅 30mm , 35mm で軸方向鉄筋の座屈が発生し、急激な荷重低下が見られた(図-3(c))。

CH-UBRC では、正最大荷重が約 130kN であった(図-3(d))。載荷振幅 25mm 以降、柱部のせん断変形が顕著となり、さらに軸方向鉄筋の座屈も見られなかったことから、曲げ破壊とは異なる破壊性状を示したことが確認された(図-4)。これは、鋼管と外側の RC 部分の定着を強化しなかったため、表面の RC 部分と鋼管拘束コンクリート柱が別々に挙動し、RC 部分のせん断耐力が減少したことが原因と考えられる。しかしその一方で、柱表面には多数のせん断ひび割れが発生したものの、柱内部の鋼管拘束コンクリート柱には、せん断ひび割れは貫通しておらず、載荷終了後も大きな損傷なく残存していた(図-5)。さらに、せん断変形発生後も急激な荷重低下は見られず、このせん断ひび割れが



(a) NORMAL-RC (b) CH-UBRC
図-4 載荷側面の様子
(載荷振幅 55mm)

図-5 鋼管拘束コンクリート柱の様子
(載荷終了後)

RC 柱の靱性に致命的な影響を与えてはいないことが示唆された。

b) 荷重低下防止効果について

CH-UBRC では、載荷変位 55mm 時にも最大荷重の 8 割程度の荷重が維持されており、せん断変形の発生にも関わらず、標準型の RC 柱よりも緩やかな荷重低下を示していた。これは、鋼管拘束コンクリート柱が柱基部でのせん断ずれや軸沈下を起こさず残存し、せん断力および圧縮力を伝達したことで、軸方向鉄筋が引張力を発揮したためと推察される。

4. まとめ

供試体 UBCH では、 20kN 程度の復元力を有するヒンジ構造が実現された。

CH-UBRC では、接触面積の大きなコンクリートヒンジを埋め込んだことにより標準型の RC 柱よりも非常に緩やかな荷重低下を示すことが確認された。しかし、せん断ひび割れの柱上部への進展は防止する必要がある。

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(B)18H01522 の助成を受けた。謝意を表します。

参考文献

- 1) 五島健斗, 植村佳大, 高橋良和：設計基準外事象に対する挙動が定性的に予測可能な埋め込みメナーゼヒンジ RC 構造の開発, 土木学会論文集 A1, Vol.75, No.4, pp.I_506-I_519, 2019.