

地下駅拡幅工事における 躯体接続部に関する実験的検討

牛田 貴士¹・仲山 貴司²・津野 究³・福留 和人⁴・粥川 幸司⁵

¹正会員 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail: ushida@rtri.or.jp

²正会員 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail: nakayama@rtri.or.jp

³正会員 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail: tsuno@rtri.or.jp

⁴正会員 間組 技術・環境本部 技術研究所 コンクリート (〒305-0822 茨城県つくば市荻間515-1)
E-mail: fk1017@hazama.co.jp

⁵正会員 地域地盤環境研究所 東京事務所 (〒113-0034 東京都文京区湯島1-8-4)
E-mail: kayukawa@gecor.co.jp

近年、都市圏の鉄道では、利便性向上のための増線や通路拡幅等に伴う地下構造物の拡幅工事の事例が増加している。その際、地下構造物では既設躯体の一部開口や新旧躯体の接続が行われるが、現在の設計計算では、その接続部の変形性能やひび割れ幅を評価するための標準的な方法が明示されていないのが現状である。そこで、著者らは実験的手法によってこれらの影響度合いを検証した。そして、基本ケースで試験手法の妥当性を示すとともに、新旧躯体接続部が変形性能に及ぼす影響は限定的であるがアンカー筋の打設位置に影響を受けること、ひび割れ幅は1.1~1.2倍程度となることを確認した。

Key Words :reinforced concrete, joint, degradation, bending crack, deformability

1. はじめに

近年、都市圏の鉄道では、利便性向上のための増線や通路拡幅等に伴う地下構造物の拡幅工事の事例^{1),2)}が増加している(図-1を参照)。その際、地下構造物の全取替は困難であるため、既設躯体を開口して、新設躯体と接続する方法が採用される。しかし、現在の設計計算では、接続部の変形性能やひび割れ幅を評価する標準的な方法が明示されていないのが現状である。そこで、著者らは実験的手法によってこれらの影響度合いを検証した。

本稿では、まず、一連の試験方法を示して、基本的な条件で試験結果と現行の設計法との比較を行い、その妥当性を検証する。そして、接続部の挙動を検討する。

2. 試験方法

(1) 試験ケースおよび供試体概要

本研究では、単鉄筋RC梁供試体を作成して、曲げ載

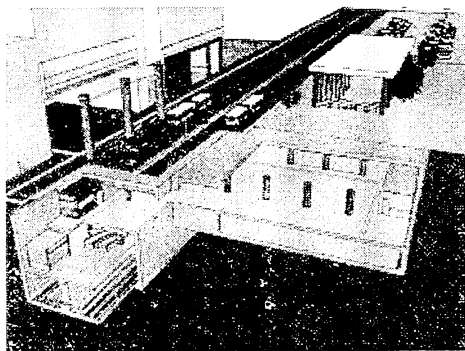


図-1 地下拡幅工事のイメージ

荷試験を行った。試験ケースの一覧を表-1に、供試体概要を図-2に示す。また、接続方式の概要を図-3および図-4に示す。なお、本研究では、鉄筋腐食に起因するコンクリートの劣化を取り扱うこととした。

(2) 供試体作成手順

供試体寸法は幅200 mm、高さ200 mm、長さ1,000 mm

表-1 試験ケース一覧

Case	コンクリート	鉄筋
1	新設	丸鋼
2		異形棒鋼
3	既設	丸鋼
4		異形棒鋼
5	接続（重ね）	異形棒鋼
6	接続（アンカー）	異形棒鋼

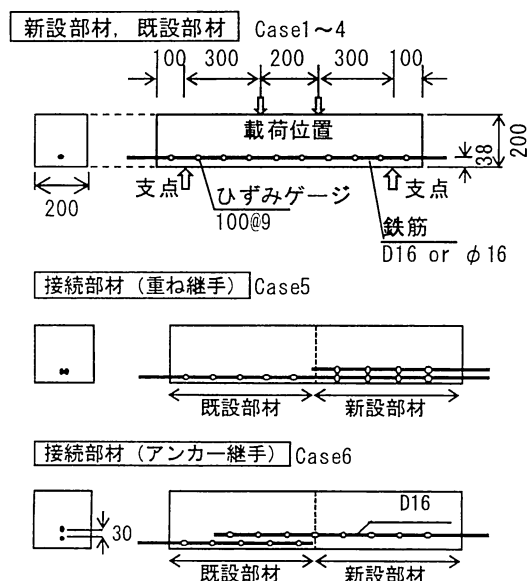


図-2 RC梁供試体概要および荷重条件図

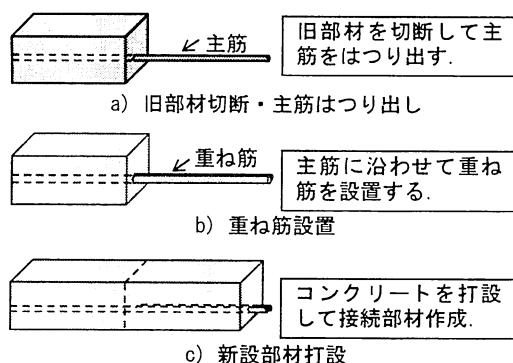


図-3 重ね継手方式概要図

である。打設時には、曲げ荷重試験時の測定用に、予め鉄筋を加工してひずみゲージを設置した。

本研究では、0.3 A定電流条件の電食作業によって劣化促進を行った。なお、電解液は3 %塩化ナトリウム水溶液である。電食作業終了時の供試体表面には、幅0.2～0.3 mmの腐食ひび割れが認められた。最終的な積算電流量は約64 A・hrであり、鉄筋重量の減少率は2.7～3.4 %であった。既往式³⁾によると、これは漏水環境下で35～45年の経年に相当する。その後、接続部材を模擬した供試体は、図-3または図-4に示す手順で打継ぎを行った。以上の手順で作成された供試体を図-5に示す。

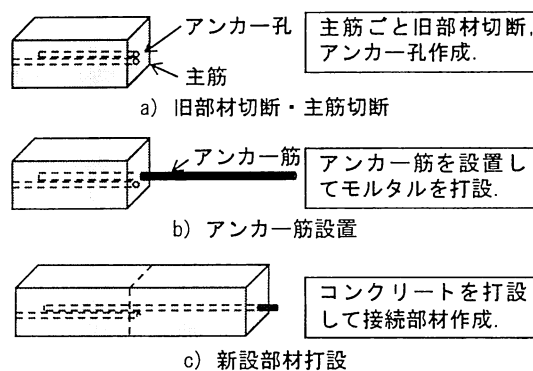


図-4 アンカー継手方式概要図

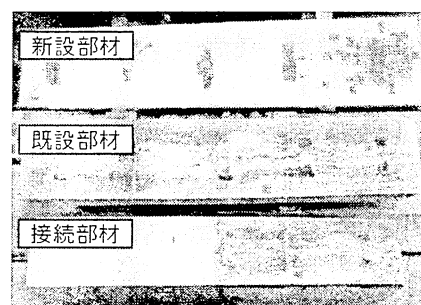


図-5 曲げ荷重試験供試体

(3) 曲げ荷重試験手順

曲げ荷重試験は支点間距離800 mm、荷重幅200 mmで行った（図-2参照）。荷重、スパン中央のたわみを測定した。また、打設時に予め設置したひずみゲージで鉄筋ひずみの測定と、 π 型変位計を設置してスパン中央におけるコンクリート表面のひび割れ幅を測定した。

3. 劣化した既設部材の挙動評価

(1) 変形性能に関する検討

丸鋼供試体、異形棒鋼供試体の荷重と曲げスパン中央のたわみの関係をそれぞれ図-6、図-7に示す。Case1以外ではひび割れ発生、鉄筋降伏する荷重は異なるものの各段階ではほぼ同様の曲げ剛性を有することがわかる。これらについては、健全と劣化とによらず同じ曲げ剛性を使用する現在の設計法⁴⁾と整合する結果が得られた。

(2) 曲げひび割れ幅に関する検討

Case4のひび割れ幅（図-8参照）、鉄筋ひずみ（図-9参照）はそれぞれ荷重の増加とともに増加する傾向が認められた。これらの関係と鉄筋の弾性構成則から、ひび割れ幅と鉄筋応力の関係を整理したのが図-10、図-11である。同図には、設計値として、式(1)に示す鉄筋応力とひび割れ幅の関係式⁵⁾の算定値も示した。

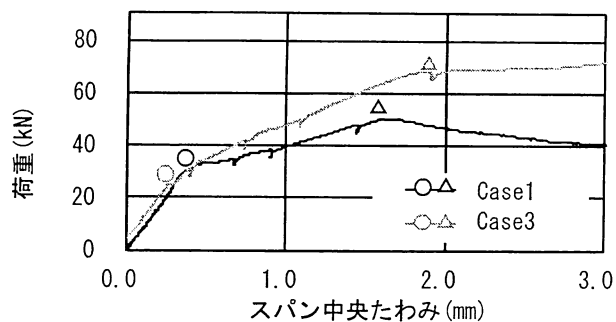


図-6 荷重たわみ曲線（丸鋼）

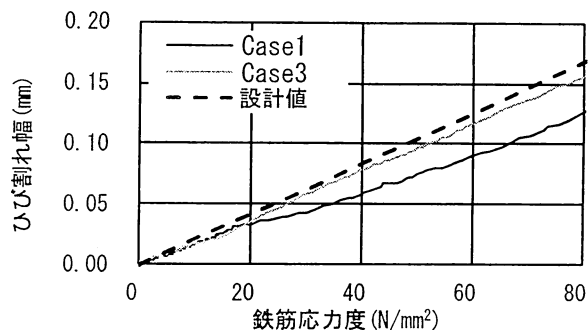


図-10 鉄筋応力度とひび割れ幅関係（丸鋼）

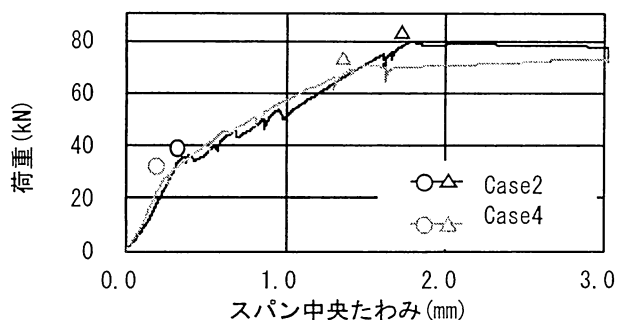


図-7 荷重たわみ曲線（异形棒鋼）

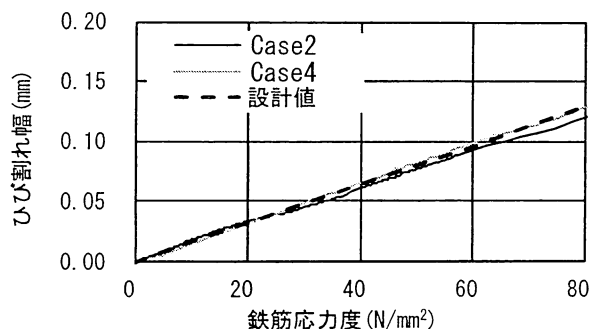


図-11 鉄筋応力度とひび割れ幅関係（异形棒鋼）

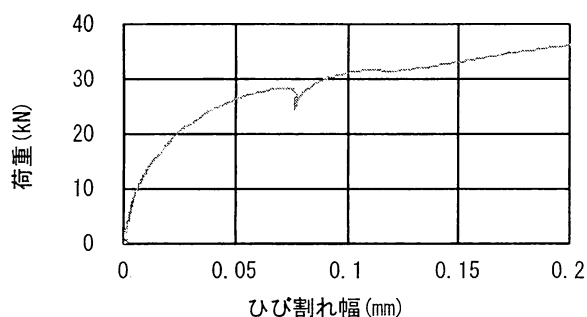


図-8 荷重とひびわれ幅関係（Case4）

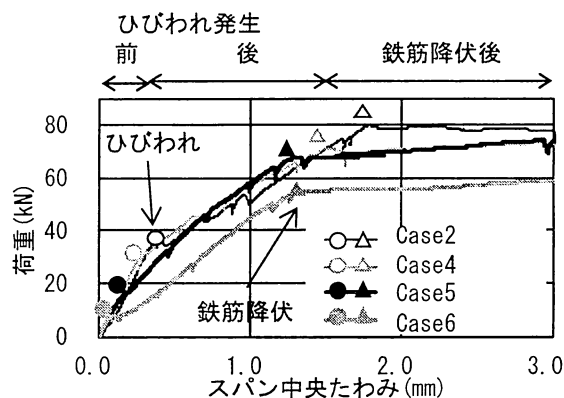


図-12 荷重たわみ曲線（异形棒鋼）

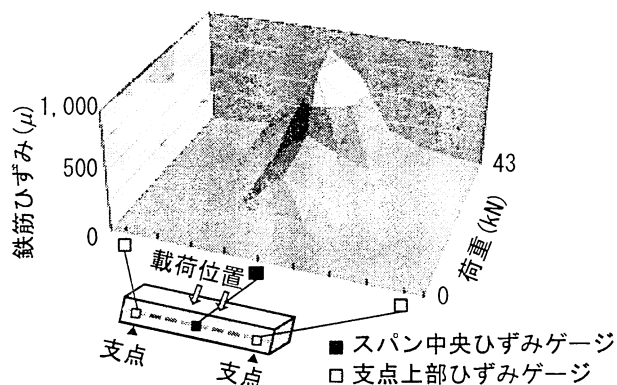


図-9 荷重と鉄筋ひずみ関係（Case4）

$$w = 1.1k_1k_2k_3k_4 \left\{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \right\} \left[\frac{\sigma_{sr}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right] \quad (1)$$

ここで、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 は係数、 c はかぶり、 c_s は鋼材の中心間隔、 ϕ は鋼材径、 σ_{sr} は鉄筋応力度の増加量、 E_s は鋼材のヤング係数、 ε'_{csd} は収縮等を考慮するための数値

測定されたひび割れ幅を鉄筋応力度で整理して、式(1)による設計値と比較すると、Case1は設計値をやや下回り、その他は設計値と同程度であった（同図参照）。

(3) 考察

現在の設計法⁴⁾では、既設部材と新設部材の曲げ剛性が区別されていない。异形棒鋼では、これと整合する結果が得られている。丸鋼で生じた差異は、腐食生成物によって内圧が増加したためと考えられる。また、曲げひび割れ幅についても、劣化の影響は限定的であった。

4. 新旧躯体接続部の挙動評価

(1) 変形性能に関する検討

曲げ载荷試験における RC 梁のスパン中央たわみを図

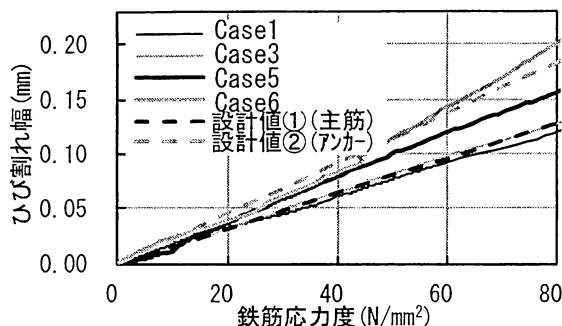


図-13 鉄筋応力度とひび割れ幅関係 (異形棒鋼)

-12に示す。同図の曲線の勾配は曲げ剛性に相当する。曲げひび割れ発生、鉄筋降伏と状態が変化するに従って、曲げ剛性が変化している。全てのケースで、曲げひび割れ発生で曲げ剛性は1/2～1/3に低減し、鉄筋降伏後には、完全塑性の挙動となる。状態が移行したときの曲げ剛性の低減割合に接続部の影響がほとんど認められなかったのは、ひび割れ発生後は鉄筋が引張荷重を分担するためだと考えられる。

Case6のひび割れ発生荷重が顕著に低いのは、アンカー筋の有効高さが影響していると考えられる。そのため、設計で対象とするアンカー筋を中立軸近くに施工する場合には、曲げ剛性を適切に低減した構造計算モデルを用いる必要がある。

(2) 曲げひび割れ幅に関する検討

試験で得られた鉄筋応力度とひび割れ幅の関係を図-13に示す。ここで、設計値①は主筋位置のかぶりを、設計値②はアンカー筋設置位置のかぶりを基準として式(1)で算定したものである。接続部材では、重ね継手で設計値①と比較して約1.2倍、アンカー継手で設計値②と比較して約1.1倍であった。本研究では、チッピング処理を施したが、材令が異なるコンクリートの接続部ではひび割れ幅の増加が認められた。その増加率は小さいが、特に高い水密性が要求される箇所等においては十分な配慮が必要であるものと考えられる。

5. おわりに

RC梁供試体の曲げ載荷試験で得られた測定結果は現行の設計思想と一致するものであり、試験方法の妥当性が示されたものと考えられる。

新旧部材の接続部は、ひび割れ発生前と発生後、鉄筋降伏後の各状態において、RC部材の曲げ剛性にはほとんど影響を及ぼさず、従来の設計法と同様の結果が得られた。ただし、状態が移行する荷重が異なるため、非線形性を考慮しなければならない設計では、対象とする荷重レベルやアンカー筋設置位置などの条件を考慮して、曲げ剛性を設定することも考えられる。

接続部のひび割れ幅は既往式の算定値と比較して1.1倍～1.2倍程度のひび割れ幅増加が認められた。顕著な差異ではないが、特に高い水密性が要求される箇所では十分な配慮が必要であるものと考えられる。

今後は拡幅工事の試設計を通して、接続部のひび割れ幅が設計に与える影響を検討していく予定である。

なお、本研究の一部は、平成23年度国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて行われたものである。

参考文献

- 1) 鎌田雅己, 奥丈朗, 杉山俊彦, 田原幸夫, 鈴木勇, 蓮田常雄: 東京駅丸の内駅舎保存・復原, SED, Vol.29, pp.150, 2007.
- 2) 鈴木章悦, 藤沼愛, 西川祐: 東京メトロ有楽町線・副都心線 小竹向原～千川駅間連絡線設置計画, 地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol.16, pp.73, 2011.
- 3) 飯島亨, 佐々木孝彦, 横田優, 松島学: コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, vol.4, pp.11, 2004.
- 4) 土木学会: コンクリート標準示方書(設計編), 2008.
- 5) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) コンクリート構造物, 2007.

(2012.9.3 受付)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION FOR THE JOINT OF BODYS RECONSTRUCTING THE UNDERGROUND STATION

Takashi USHIDA, Takashi NAKAYAMA, Kiwamu TSUNO,
Kazuto FUKUDOME and Koji KAYUKAWA

In this paper, we worked out the bending tests of the reinforced concrete test pieces, and carried out the influence of the rebar corrosion and the joints between new RC members and old ones. The test results suggest that the deformation capacity is not affected by the type of joints and the crack width grows about 1.2 times than the design value near the joint parts. This results helpful in the design stage of tunnel reconstructions.