

既設鋼製橋脚の耐震補強に使用される充填材料の検討

井野勝彦¹・植木 博¹・小林 茂¹・小林幸雄¹・太田精一²

¹正会員 首都高速道路公団 東京第一保全部 設計課 (〒104 東京都中央区新富 1-1-3)

²正会員 八千代コンクリート 耐震保全部 耐震技術課 (〒153 東京都目黒区中目黒 1-10-21)

1. まえがき

現在、既設鋼製橋脚の耐震補強を鋭意進めているところであるが、その補強方法は基本的2種類である。1つは鋼断面を増す方法、もう1つは中詰めコンクリートを充填する方法である。

このうち、中詰めコンクリートを充填する場合は、通常、普通コンクリートを充填材料として用いているが、この方法は充填材料による付加荷重が大きくなり、基礎に悪影響を及ぼすことが懸念される。また、コンクリートの強度が大きくなることにより、柱部の耐力がアンカー部の耐力を上回ってしまうことも懸念される。

そこで、この付加荷重の軽減を図ることとともに、充填材料の発生強度を低くすることを目的とし、軽量グラウトあるいは軽量コンクリートを充填材料に用いた場合の耐震補強効果について模型交番載荷試験により検討を行った。

なお、既往の実験結果と比較できるように、従来、土木研究所等で行われている方法と同様の実験方法で行った。

2. 実験に用いる充填材料

軽量な軽量充填材料としては、非常に軽い軽量グラウト(単位体積重量1.2)と通常使用されている軽量コンクリート(単位体積重量1.8)を対象とする。この軽量コンクリートは一般的に使用頻度が高く経済的なもの(I種)とした。これらの軽量充填材料の圧縮変形特性は普通コンクリートと異なり、 $\delta \sim \varepsilon$ 関係が直線的になりヤング係数も低下する傾向にある。この他に比較として普通コンクリートについても行った。

これらの充填材料の圧縮強度は従来充填材料として使用されている普通コンクリートの強度と同程度のものを目標としたが、このための特別な配合は行なわない。これは実際の現場での施工性、経済性等を考慮し、市場で一般的に使用されている材料を用いることとしたためである。この一般の配合では目標値以上の強度になる場合が多く、結果的に充填材料の強度が実験ケースによって異なることになった。このため、材料強度の違いが実験結果に影響を及ぼすこととなるが、この点については後で解析的に検討することとし、ここでは実際に使用される材料での評価を優先している。

なお、模型交番載荷試験は表2-1に示すような5ケースで実施した。ケース1は、補強前の現況を対象としたものである。また、ケース3とケース4は充填材料の乾燥収縮を膨

張剤で調整し、鋼材との密着度を高め、より合成度の高い構造としている。

表2-1 実験ケース

| ケース | 中詰めコンクリートの種類 | 中詰めコンクリートの種類 | 乾燥収縮 | 中詰め材料物性値 | | | |
|------|------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| | | | | ρ (t/m ³) | σ_{ck} (kgf/cm ²) | E (kgf/cm ²) | |
| ケース1 | 無し | 無し | 無し | - | - | - | |
| ケース2 | 普通コンクリート | 88 | 無し | 有り | 2.1 | 187 | 3.23×10^4 |
| ケース3 | 軽量コンクリート (CI:0%) | - | 無し | 補償 ¹⁾ | 1.3 | 155 | 6.22×10^4 |
| ケース4 | 軽量コンクリート (CI:1%) | - | 1% (void) | 補償 ¹⁾ | 1.2 | 127 | 4.63×10^4 |
| ケース5 | 軽量コンクリート | 8 | 無し | 有り | 1.3 | 351 | 1.94×10^4 |

注: 1) 1-4'コンクリート-2入8(2割出) 2) 83:高圧セメント8割、N:高圧ポリアクリレート 3) 8割高圧セメント8割

3. 供試体及び載荷方法

供試体の構造を図3-1に示す。

また、載荷方法は、従来土木研究所等で行われている方法と同様、一定鉛直荷重での水平変位 $\pm n\delta_y$ ($n=1, 2, \dots$)の正負繰り返し荷重載荷としている。

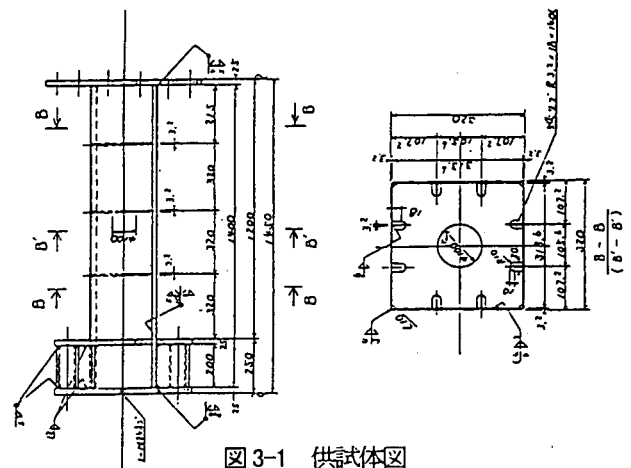


図3-1 供試体図

4. 実験結果

この実験で得られた荷重と変位の関係について図4-1に示す。この結果から、

- 1) ケース1とケース2~5を比較することにより、
 - ①充填材料により、最大荷重が増加する。
 - ②また、最大荷重以後も耐力低下がある程度維持されており、その低下も小さくなる。

- 2) ケース2, 5とケース3, 4を比較することにより、
- ③ 充填材料としてコンクリートを用いた場合よりも軽量グラウトを用いたほうが、最大荷重が小さく、最大荷重以後の水平耐力低下勾配が大きい。
 - ④ 最大荷重の違いについては、充填材料の強度の違いが顕著に現れたものと考えられる。
 - ⑤ また、最大荷重以後の水平耐力低下傾向の違いは、充填材料の鋼角柱内での破壊性状の違いと考えられる。コンクリート材は、骨材が含まれておりブロック状に破壊するため、周辺の鋼板で拘束され圧縮抵抗能力は保持される。しかし、グラウト材は発泡スチロールが混入されており、早い段階で粒状に破壊するため、圧縮抵抗能力が低下してしまうものと思われる。
- 3) ケース2とケース5を比較することにより、
- ⑥ 普通コンクリートと軽量コンクリートの差は、明確に表れていないが、軽量コンクリートのほうが水平耐力の低下勾配が若干大きくなっている。
- 4) ケース3とケース4を比較することにより、
- ⑦ 炭素繊維を含む軽量グラウトのほうが、最大荷重以後の水平耐力の低下が大きい。

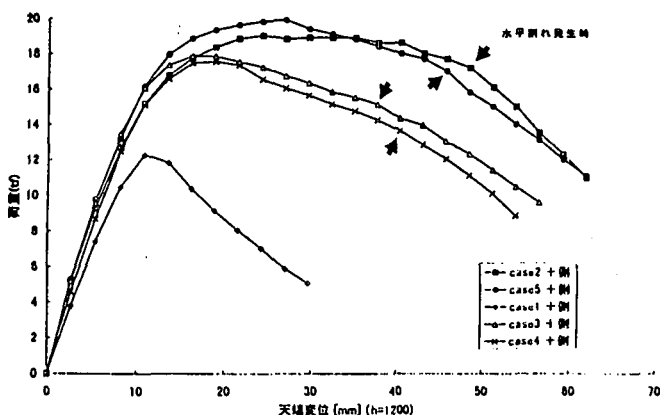


図4-1 荷重変位の包絡線

5. 実験値の検証

ケース2試験体（普通コンクリート）及びケース3試験体（軽量グラウト）について解析した。解析方法は、道路橋示方書耐震設計編のコンクリートを充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力の計算方法に基づいて行う。しかし、充填材料の最大応力以後の応力度とひずみの関係式は、図5-1に示すものとした。これは、普通コンクリートでは鋼板の拘束効果を考慮し最大応力以後でも強度が維持されるものとし、軽量コンクリートについては鋼板の拘束効果が期待できないため最大応力以後では強度が低下するものと考えたためである。

その結果、実験結果と計算結果を比較すると図5-2のようになる。この図が示すように、充填材料の応力度とひずみの関係式によって試験体の荷重～変位曲線が異なり、普通コンクリートは鋼板の拘束効果を考慮したモ

デルが、また軽量グラウトは拘束効果を期待しないモデルが実験値に近い値になっている。

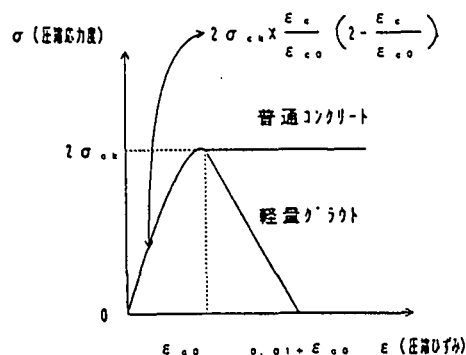


図5-1 充填材料の応力度・ひずみ関係のモデル

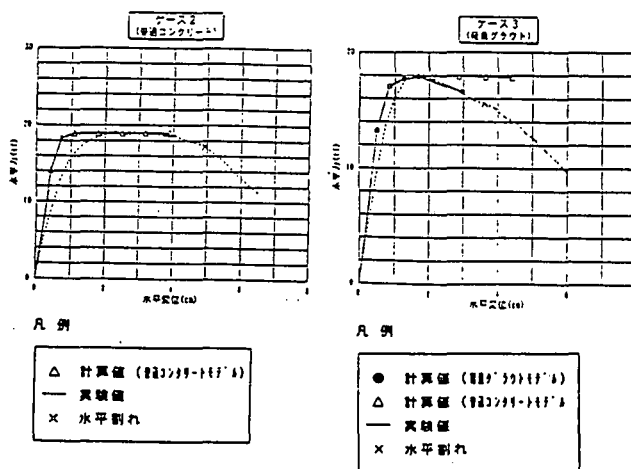


図5-2 実験値と解析値の比較

6. まとめ

今回の実験結果及び解析結果から、

- ① 軽量グラウトを用いた場合は普通コンクリート及び軽量コンクリートに比べ、靱性が劣る。これはコンクリート材の場合は破壊後も鋼板に拘束され、圧縮強度が保持されるのに対し、軽量グラウトは拘束効果が十分発揮されないためと考えられる。
- ② 上記については充填材料の応力度とひずみの関係式で表すことができる。コンクリート材の場合は圧縮強度以後のひずみ領域でも応力度の低下しないモデルで、軽量グラウト材では最大強度以後の応力度が低下するモデルで実験結果を示すことが可能である。
- ③ 軽量コンクリートは普通コンクリートに比べ靱性が若干劣るが、大きな差は見られない。
- ④ 軽量グラウトに炭素繊維を混入すると、靱性が若干低下する。これは炭素繊維周辺が弱点となっているためと考えられる。

以上のような検討結果が今回得られた。この結果をもとに既設の鋼製橋脚に対し、充填材料の必要高さを検討のうえ、その付加される重量と現場状況、施工性等を踏まえ充填材料を慎重に選択していきたい。