

# 耐震用高機能鋼材とハイダクティリティー構造

平成 12 年 4 月

(社)土木学会鋼構造委員会  
鋼構造物の耐震検討小委員会

# 目 次

まえがき	1
1 脆性破壊の事例および発生メカニズム	2
1.1 脆性破壊の事例	2
1.1.1 門型ラーメン橋脚隅角部の脆性破壊	2
1.1.2 円筒橋脚における脆性破壊	3
1.2 脆性破壊の発生メカニズム	5
2 鋼材の低サイクル疲労	9
2.1 低サイクル疲労の事例	9
2.2 模型試験体による低サイクル疲労亀裂の発生・進展挙動	9
2.3 鋼材の低サイクル疲労強度	9
2.3.1 低サイクル疲労に関する研究の現状	10
2.3.2 鋼材の低サイクル疲労強度	10
2.4 低サイクル疲労に対する照査の方法	13
3 脆性破壊と鋼材の破壊靱性値および所要靱性値	17
3.1 繰返し塑性ひずみによる鋼材の破壊靱性低下	17
3.2 吸収エネルギー低下と塑性ひずみの繰返し回数との関係	17
3.3 吸収エネルギー低下と塑性スケルトンひずみの関係	19
3.4 等価塑性ひずみ	21
3.5 単調塑性ひずみを受けた鋼材の破壊靱性低下と応力上昇の関係	21
3.6 繰返し塑性ひずみを受けた鋼材の破壊靱性の推定法	24
3.7 鋼材の所要靱性値	25
4 ラーメン隅角部の変形特性	29
4.1 はじめに	29
4.2 解析条件	29
4.2.1 解析モデル	29
4.2.2 戴荷方法	31
4.3 解析結果および考察	31
4.3.1 荷重—変位関係	31
4.3.2 変形性状	34
4.3.3 隅角部のひずみ集中	36
4.3.4 隅角部ウェブパネルのせん断変形	38

4.4	まとめ	39
5.	耐震性を考慮した高機能鋼	42
5.1	高機能鋼の種類と特性	42
5.1.1	強度に関する高機能鋼	42
5.1.2	靱性に関する高機能鋼	43
5.1.3	耐食性を考慮したその他の高機能鋼	43
5.1.4	耐震デバイスとして活躍が期待される高機能鋼	43
5.2	高機能鋼の耐震デバイスへの利用方法	48
5.2.1	せん断変形	48
5.2.2	曲げ変形	52
5.2.3	ねじり変形	53
5.2.4	軸方向変形	55
5.2.5	塑性変形による衝撃吸収	57
5.3	活躍が期待される高機能鋼	60
5.3.1	耐震部材への活用の可能性	60
5.3.2	高機能鋼の材料構成則	60

## ま え が き

兵庫県南部地震では、様々な構造物が大きな被害を受けた。鋼構造物も例外ではなく、倒壊に至ったものから軽微な損傷、あるいは無損傷ですんだものまで、構造物が保有している耐力の大きさや地盤条件などによって様々な被害が生じた。その中で、鋼橋脚の一部には、板厚変化部、橋脚下端部、隅角部などに脆性破壊あるいは低サイクル疲労と考えられる損傷の発生が見られた。このような損傷は、鋼構造物特有のものであるが、それ以前の地震で発生した例は無く、また設計でもこのような損傷が発生することを想定しておらず、それゆえに耐震設計上俄然注目された損傷でもある。この種の損傷は構造物の崩壊に繋がるため、新しい耐震設計法を構築していく上で、その防止は極めて重要である。

「鋼構造物の耐震検討小委員会 第2分科会」では、この問題を中心に調査・研究を行ってきた。すなわち、兵庫県南部地震で見られた脆性的破壊、低サイクル疲労を防止し、ダクタリティの高い鋼構造物の設計を可能にするためには、どのような鋼材が必要か、またどのような構造にすべきかについて検討を行った。特に、材料面から脆性破壊を防止するには、耐震性能上クリティカルとなる部材に対して、脆性破壊に抵抗する性能（破壊靱性値）の高い鋼材を使用することが考えられる。本分科会では、将来このような鋼材を耐震性能鋼材として規格化を図ることを念頭において、構造物に発生するひずみ履歴を想定し、破壊靱性値との関係について検討を行った。

また、最近低降伏点鋼等の様々な高機能鋼が開発され、それらを耐震デバイス等への活用が検討されているが、どのような高性能鋼がどのような耐震デバイスに利用されているか、高性能鋼の免震・制震構造への応用の可能性についても検討を行った。

なお、本分科会で検討した内容は、研究が緒についたばかりで、研究例もデータもそれ程多くない。したがって、今後行われる様々な研究の成果を逐一取り入れ、よりよいものにしていくことが極めて必要である。

土木学会鋼構造委員会 鋼構造物の耐震検討小委員会  
第2分科会主査 三木千壽