第 I 部門　　溶接施工試験における拘束材および継手条件が拘束度に及ぼす影響

大阪大学	学生会員	○右藤　碧
大阪大学	正会員	廣畑　幹人
名古屋高速道路公社	正会員	大門　大
名古屋高速道路公社	非会員	大久保　貴晴

1．はじめに

近年，都市部における交通需要の増加を見据え，都心アクセス性の向上を目的とした高速道路網の新規整備が進められている．しかし，用地制約等の厳しい建設条件により，限られた空間で複雑な形状に対応可能な橋脚設計が求められている．特に鋼製橋脚では，運搬や施工上の制約から現場溶接を多用するが，厚板を用いた複雑な構造の施工事例は少なく，品質確保には実施工を想定した溶接施工試験が不可欠である．試験において現場と同等の品質を担保するには，現場施工を想定した条件の設定が必要であり，その一つに溶接時の割れや変形を抑制する「拘束材（図 1)」による拘束条件が挙げられる．しかし，実際の拘束状態は拘束材の配置や継手の板厚等により変化するため，試験による正確な再現は困難である．本研究では，厚板現場溶接における拘束状態を施工試験において適切に再現することを目指し，基礎的検討として，拘束材および継手の各種条件が拘束の程度に与える影響を明らかにする．

2．拘束度の定義

溶接時の拘束の程度を定量的に評価する指標として，「拘束度」が定義されている [1)]．拘束度には引張拘束度と曲げ拘束度があり，それぞれ継手の開先間隙を単位量だけ縮める（回転する）のに要する単位溶接長当りの力（曲げモーメント）と定義されている．引張拘束度，曲げ拘束度はそれぞれ溶接線方向座標の関数として以下の式を用いて算出する．

$$R(x) = \frac{\sigma(x) h_w}{\delta(x)} \quad , R_B(x) = \frac{M(x)}{\theta(x)}$$

ここに，$R(x)$：引張拘束度［N/mm・mm］，$R_B(x)$：曲げ拘束度［kN・mm/rad］，$\sigma(x)$：開先に作用する応力［MPa］，h_w：のど厚［mm］，$\delta(x)$：開先の変位［mm］，$M(x)$：開先に作用する曲げモーメント［kN・mm］，$\theta(x)$：開先の回転角［rad］である．

3．弾性解析モデル

引張拘束度，曲げ拘束度を算出するため，それぞれ引張モデルおよび曲げモデルを作成し，弾性解析を実施した．モデルは対称性を考慮して，図 1 における $0 \leqq x \leqq 500$，$0 \leqq y \leqq 500$ の範囲の 1/4 モデルを作成し，対称面となる xz 面，yz 面には対称条件を付与した．溶接初層を想定し，開先内の高さ 5mm の範囲に対して，引張モデルでは y 軸負方向へ 1 mm の強制変位を与え，開先に作用する反力を出力した．一方，曲げモデルでは x 軸正方向に 1 rad の強制回転変位を与え，開先に作用する反モーメントを出力することで，各拘束度

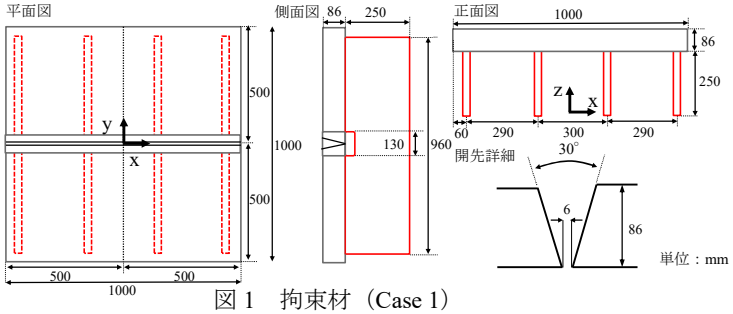


図 1　拘束材（Case 1）

表 1　検討ケースの条件

ケース番号	拘束材の数	一本当たりの拘束材の板厚	継手の板厚	開先形状	開先角度
Case 1	4 本	25mm	86mm	V	30°
Case 2	3 本	37.5mm	86mm	V	30°
Case 3	2 本	50mm	86mm	V	30°
Case 4	4 本	25mm	75mm	V	30°
Case 5	4 本	25mm	84mm	X	45°，60°
Case 6	4 本	25mm	75mm	X	45°，60°

Aoi UTO, Mikihito HIROHATA, Dai DAIMON, Takaharu OKUBO
a-utou@civil.eng.osaka-u.ac.jp

を算出した．

図 1 の基本モデル（Case 1）を基準とし，拘束材数（Case 1, 2, 3），継手板厚と開先形状（Case 1, 4, 5, 6）をパラメータとする 2 つの検討を行った（表 1）．Case 1, 2, 3 では拘束材の高さと総体積を一定とし，本数の減少に応じて拘束材 1 本あたりの板厚を増加させた．なお，各ケースにおいて変更対象以外の寸法は Case 1 と同一である．

4. 結果および考察

4.1 拘束材数による影響

引張および曲げ拘束度の解析結果を図 2 および図 3 に示す．図 2 の点線で示す拘束材配置範囲において，引張拘束度の局所的な増加が見られる．拘束材が多く均等配置された Case 1 は拘束度の変動が最も小さく，拘束材の板厚が最大の Case 3 は最大値が最も大きくなった．これにより，引張拘束度の大きさや分布の均一性には，拘束材の板厚と配置間隔が影響することがわかる．一方，曲げ拘束度は拘束材数の影響をほとんど受けなかった．これは，回転を抑制する拘束材および継手の高さや総断面積が，これら 3 ケースにおいて一定であるためと推察される．

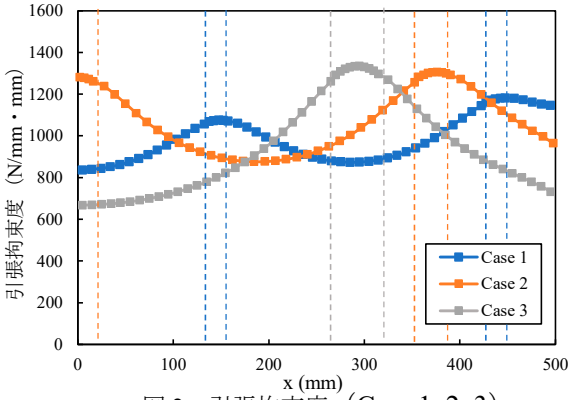


図 2　引張拘束度（Case 1, 2, 3）

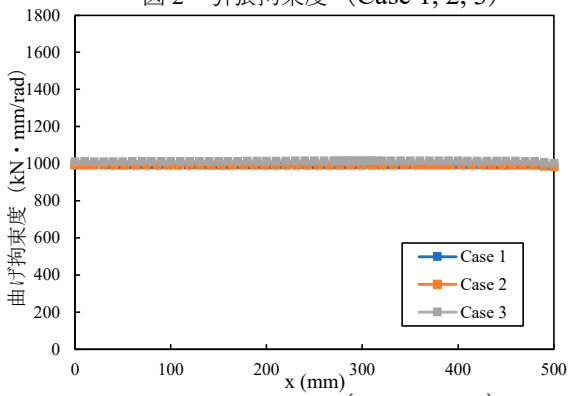


図 3　曲げ拘束度（Case 1, 2, 3）

4.2 継手板厚および開先形状による影響

引張および曲げ拘束度の解析結果を図 4 および図 5 に示す．引張拘束度は継手板厚よりも開先形状の影響を受けることが確認された．これは，溶接初層位置が V 形開先では下端，X 形開先では中央部となり，V 形開先の方が拘束材の影響を強く受けるためと考えられる．一方，曲げ拘束度には継手板厚や開先形状による差異が生じた．曲げ剛性は継手および拘束材の断面 2 次モーメント，断面積，図心高さ，溶接初層の位置に依存する．溶接初層位置の高い X 形開先（Case 5, 6）では曲げ拘束度が大きくなり，V 形開先では断面 2 次モーメントの大きい Case 1 が Case 4 を上回ったと推察される．ただし，本傾向が実構造物の拘束度と必ずしも一致するわけではないため，今後，実構造物の拘束度の算出を目標に検討を継続する．

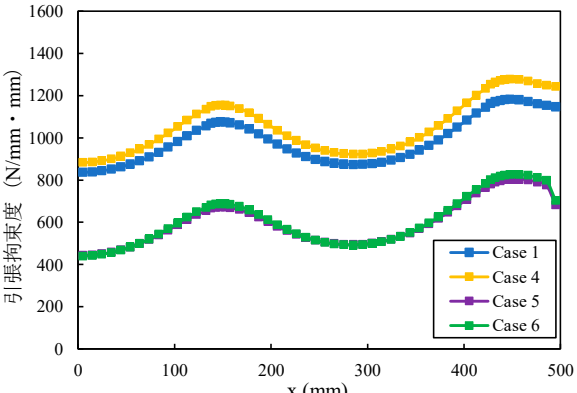


図 4　引張拘束度（Case 1, 4, 5, 6）

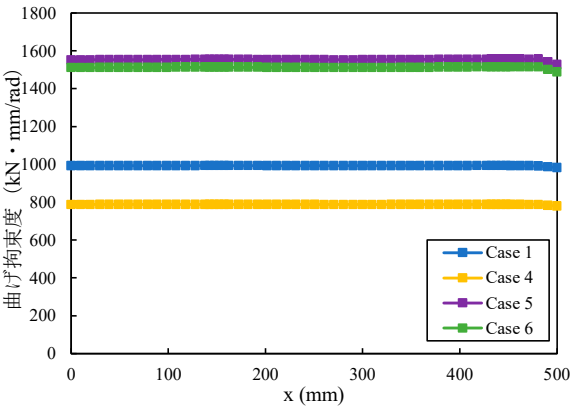


図 5　曲げ拘束度（Case 1, 4, 5, 6）

5. まとめ

(1) 引張拘束度は拘束材の板厚や配置間隔により最大値や均一性が変化する一方で，曲げ拘束度は拘束材の高さ，総断面積が一定であればその本数に依存しないことが明らかになった．

(2) 引張拘束度は主に溶接初層位置の影響を受け，開先形状による差異が生じる一方で，曲げ拘束度はそれに加えて断面 2 次モーメントの影響を受け，継手板厚と開先形状による差異が生じることが明らかになった．

参考文献

1)　溶接学会：第 2 版 溶接接合便覧，丸善出版，2003