

SCB 試験によるひび割れ抵抗性評価への 直径100mm の試験体の適用性に関する検討

近畿大学理工学部 麓 隆行

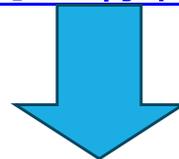
研究背景

・表層の平坦性, すべり抵抗など



改質アスファルトなど繊維や高分子の混入による変形抵抗性の向上

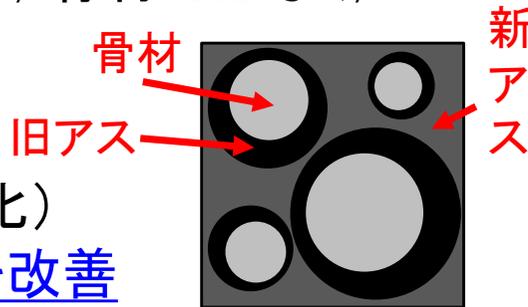
・CO₂削減を目的に, 再生骨材の混合率が
増加する傾向



付着するアスファルトは, 骨材ではなく,
アスファルトとして活用



紫外線などで劣化(硬化)
再生添加剤で流動性を改善



変形抵抗性の向上や不均一性

⇒ ひび割れ抵抗性の変化

⇒ 早期の劣化や破損に繋がる?



再生骨材は多様なので, ひび割れ抵抗性を簡易的に実施する方法が必要



曲げ疲労試験 = 長時間が必要

圧裂試験 = 破壊挙動の違い

Semi-circular bending Beam Test(SCB試験)

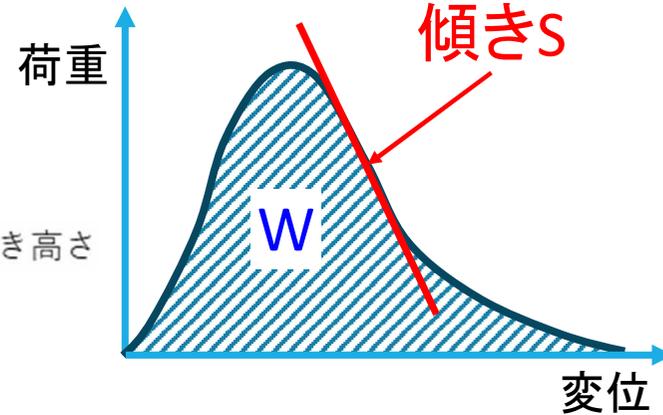
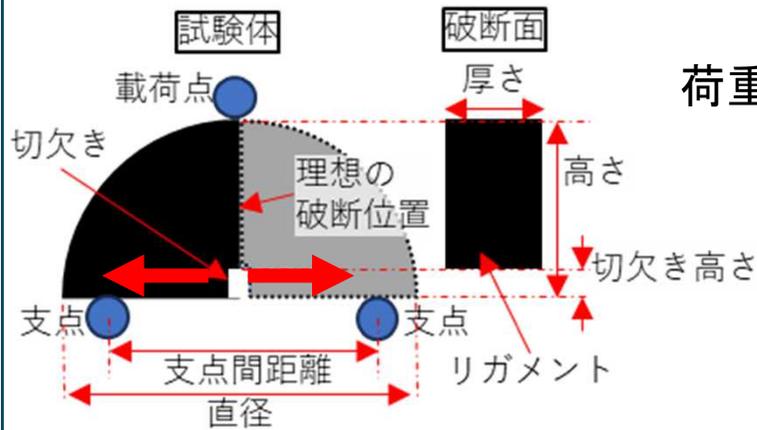
= 試験体に汎用性がない



簡易評価は難しい

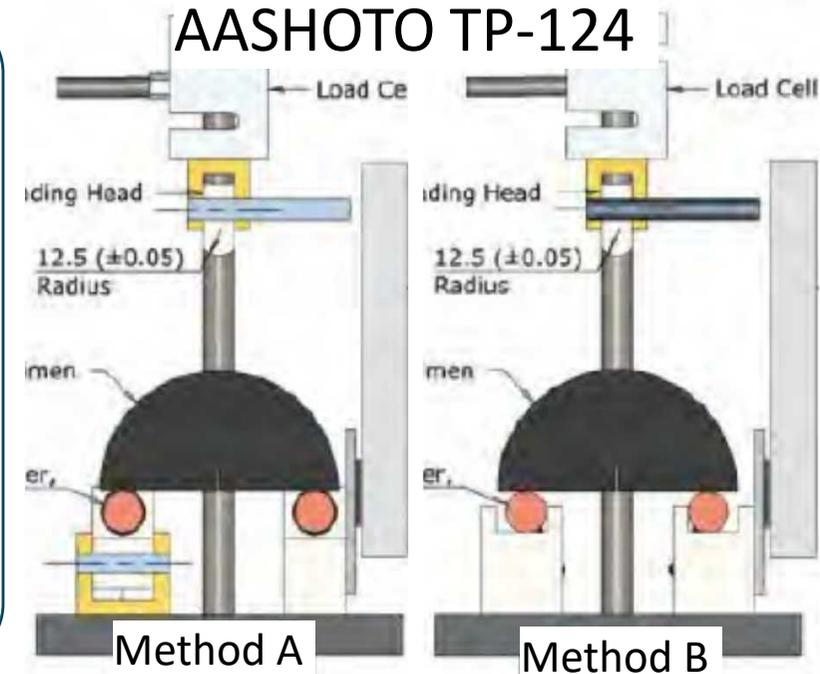
SCB試験とは

SCB試験



AASHTO TP 105-13
AASHTO TP 124-18

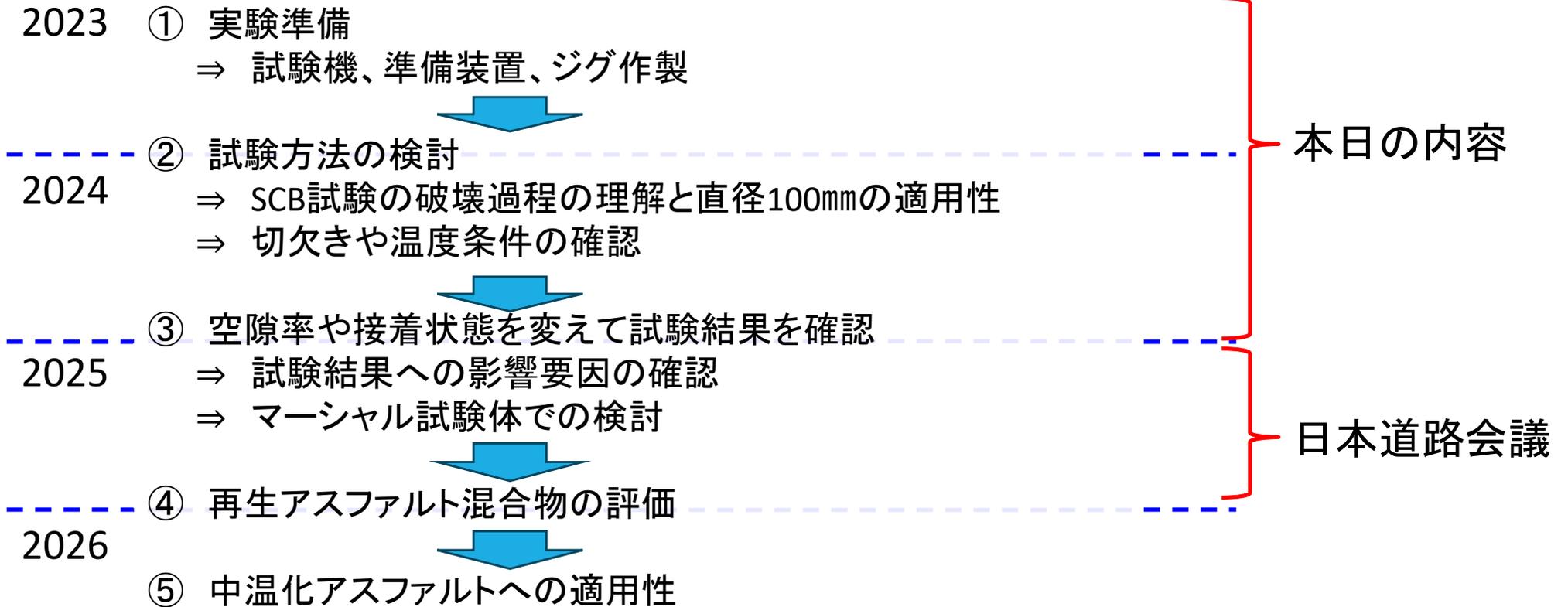
- ◆ 直径150mm, 厚さ50mmの半円試験体
- ◆ 切欠きは高さ15mm, 幅1.5mm
- ◆ 支点間距離120mm, 支点は固定と可動
- ◆ 破壊エネルギー $Gf = W/A$
- ◆ 柔軟性指数 $FI = Gf/S$



SCB試験をもとに汎用的なひび割れ抵抗性の試験法を提案することを目的
⇒ 直径100mmの試験体の適用

研究スケジュール

アスファルト混合物のひび割れ抵抗性の評価方法の開発(SCB試験の活用)



本発表での試験体作製方法

密粒度アスファルト混合物 (13)

＝中央粒度の骨材とフィラー, ストレートアスファルト60/80(最適アスファルト量5.5%)を使用



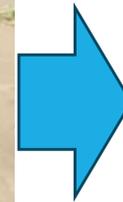
製造



詰め込み



締め固め



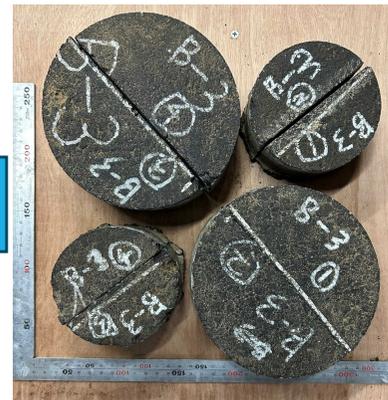
平板の恒温室保存



恒温槽保存



切欠き作製



試験体



切断



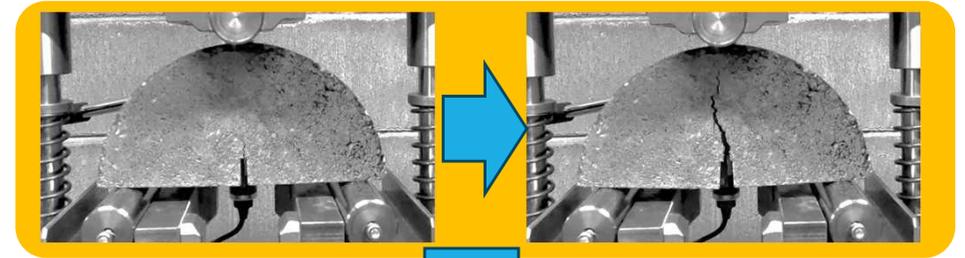
コア採取

試験方法と計測の概要

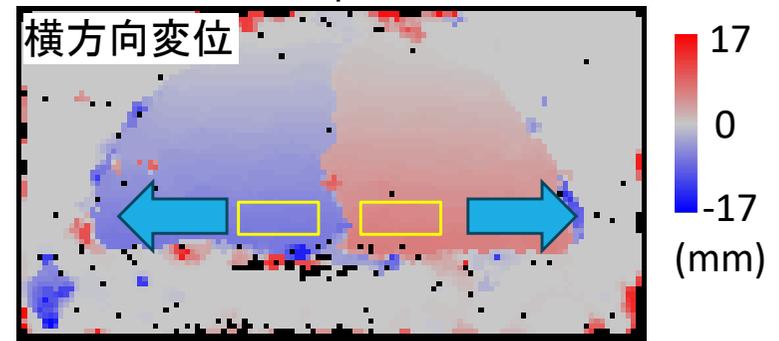


図-1 載荷試験全体の様子

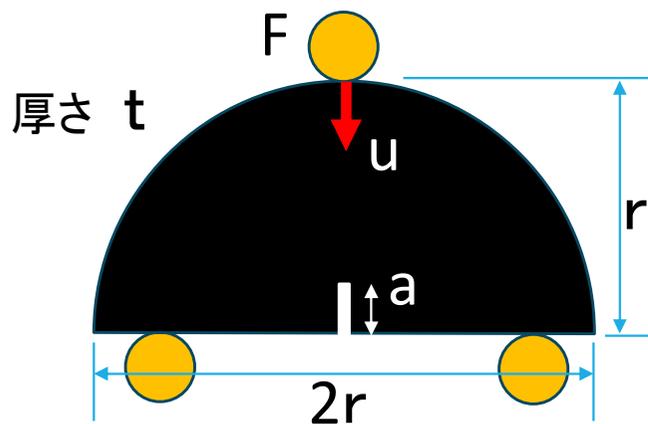
載荷速度	50mm/min
支点間距離	120mm(150mm), 80mm(100mm)
実験項目	荷重 : ロードセル
	変位 : クロスヘッド変位
	動画 : アクションカメラ(60fps)
	⇒10f/sごとに画像計測



画像計測結果例: TomoWarp2 (右方向への移動を+)



全仕事量と破壊エネルギーの算出方法



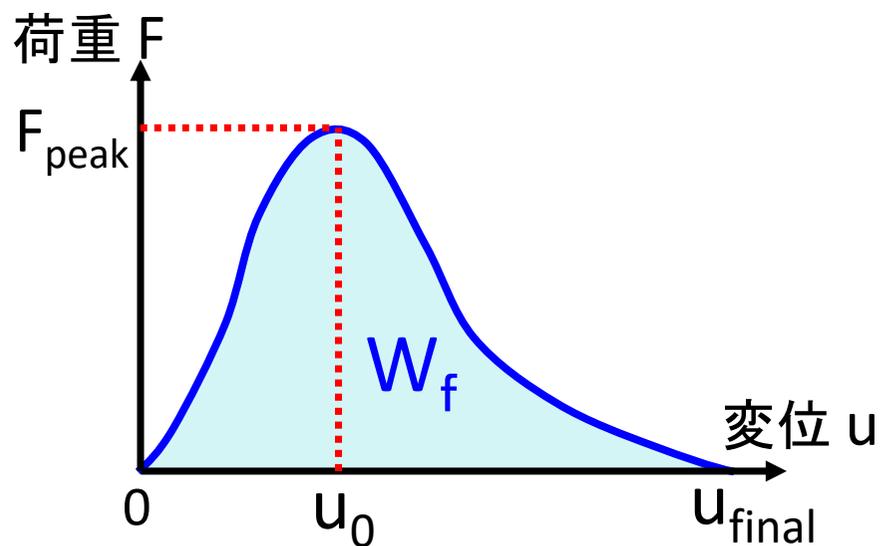
$$W_f = \int_0^{u_{final}} F u \, du$$

W_f : 全仕事量 (J)

u : 載荷方向の変位 (mm)

F : 載荷変位による荷重 (kN)

u_{final} : 再び荷重計0kNとなった変位



$$G_f = \frac{W_f}{A_{lig}}$$

G_f : 破壊エネルギー (J/m^2)

A_{lig} : リガメント面積 = $(r - a) \times t$ (mm^2)

r : 試験体の半径 (mm)

a : 試験体の切欠き深さ (mm)

t : 試験体の厚さ (mm)

寸法と支点の影響

表-1 寸法と支点の影響を調べるための試験体の条件

比較	記号	直径(mm)	切欠き(mm)	温度(°C)	支点	試験体数
大きさ	m10+20c	100	15	20	可動	4
	m15+20c	150			可動	
	s10+20c	100			固定	
	s15+20c	150			固定	

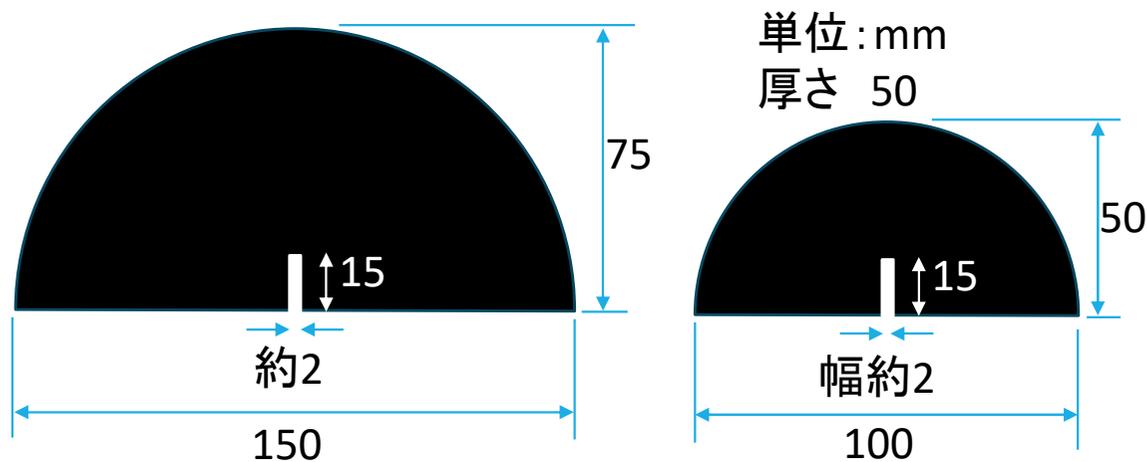


図-2 試験体のイメージ

試験方法と計測の概要

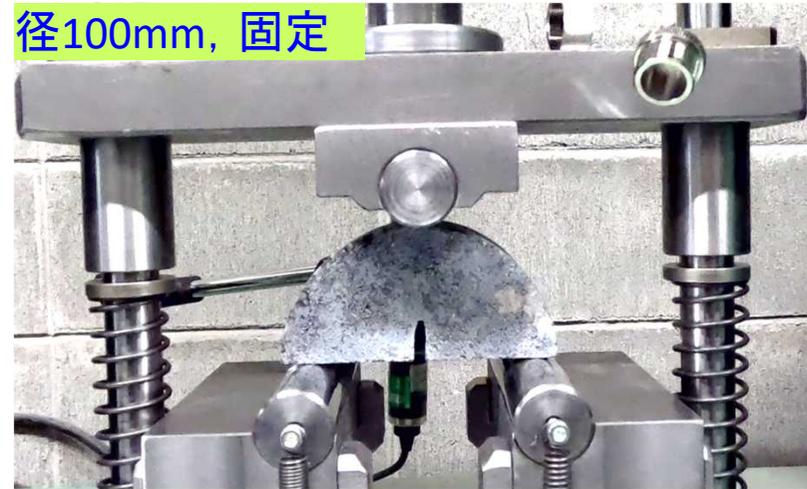
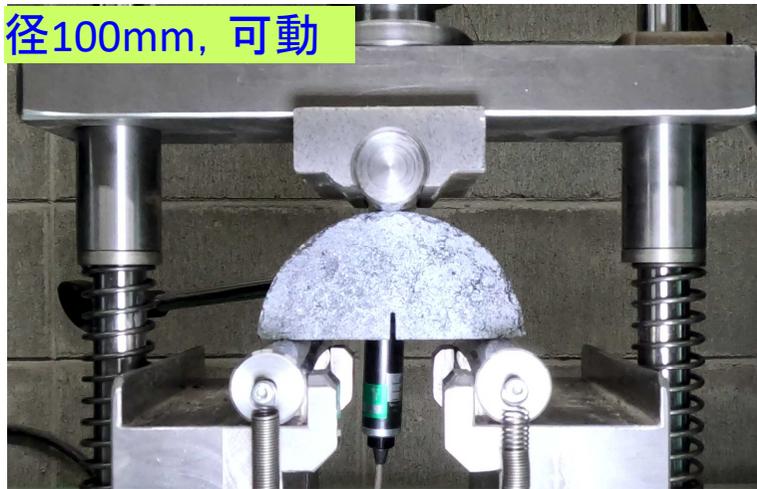
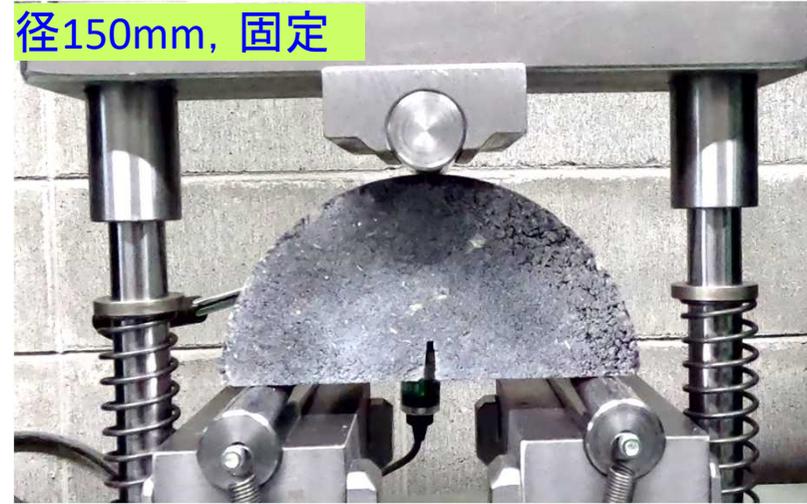
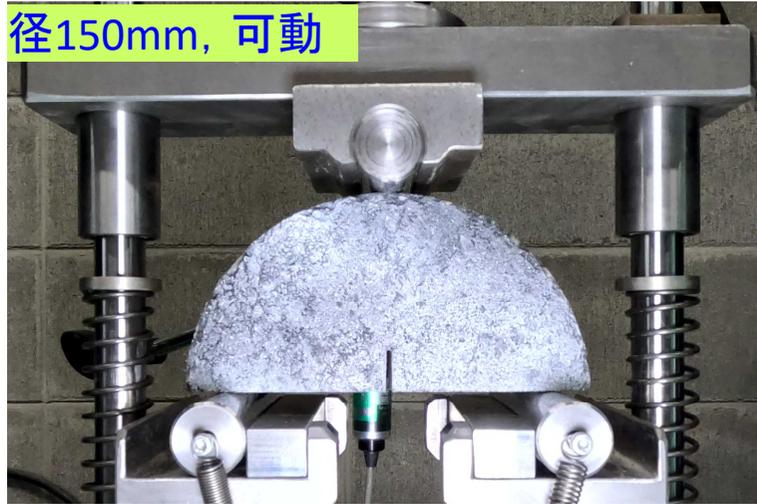


図-3 載荷部の種類

試験体ごとの荷重変位(支点条件の影響)

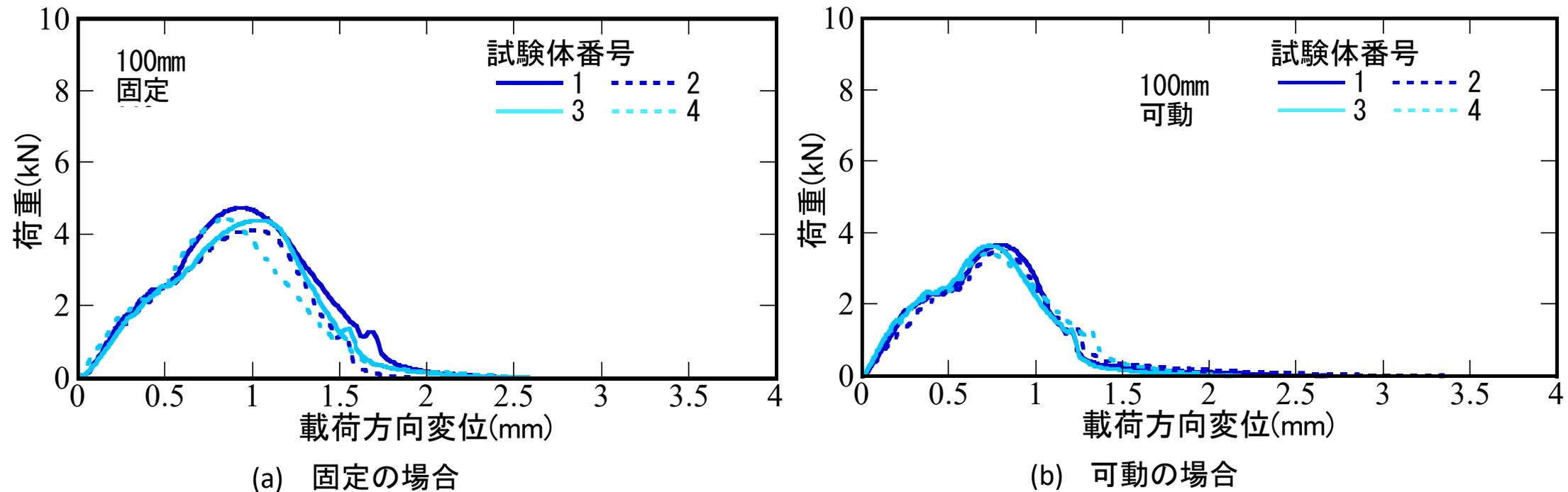


図-4 試験体ごとの荷重変位(支点条件の影響)

固定: 荷重初期はほぼ同じ. 荷重が最大値以降, 荷重変位関係のばらつき
可動: 変位0.75 mm程度で最大. 一方で最大荷重後のばらつきは小さい

試験体ごとの荷重変位（直径の影響）

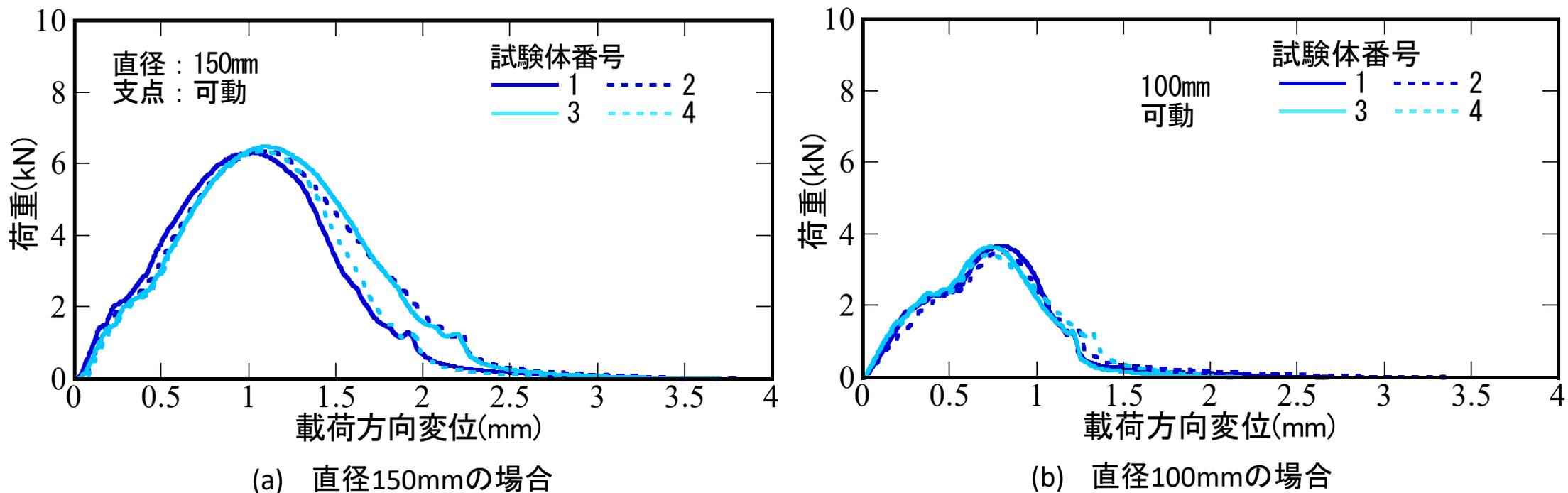


図-5 試験体ごとの荷重変位（直径の影響）

直径150 mm: 荷重初期はほぼ同じ. 荷重が最大値以降, 荷重変位関係のばらつき
直径100 mm: 変位0.75 mm程度で最大. 一方で最大荷重後のばらつきは小さい

試験体の寸法と支点条件のまとめ

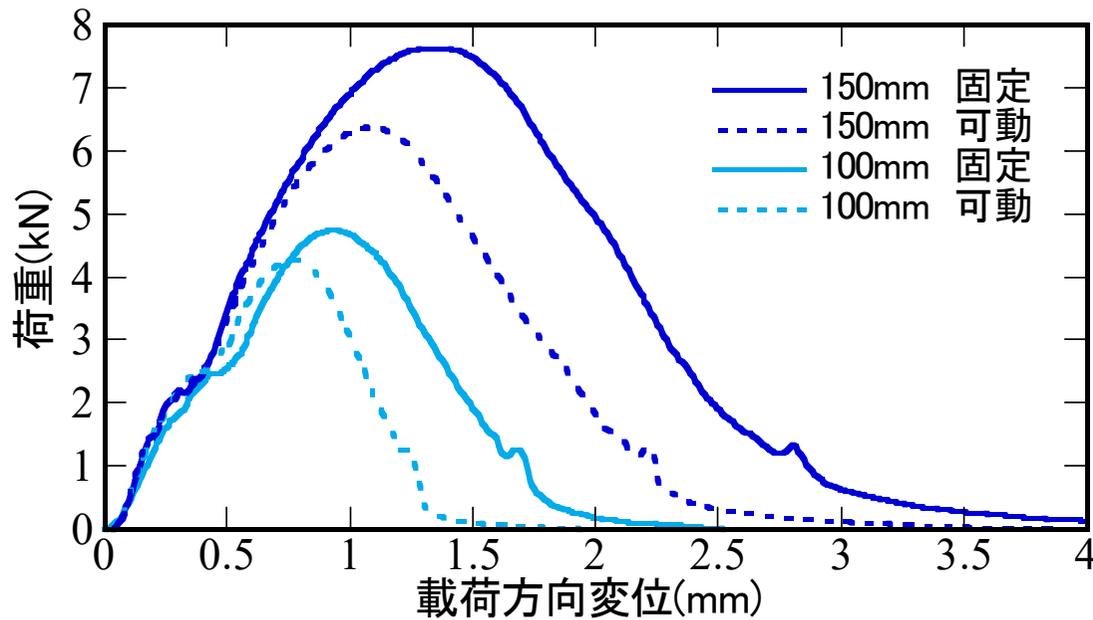


図-6 荷重と変位の関係

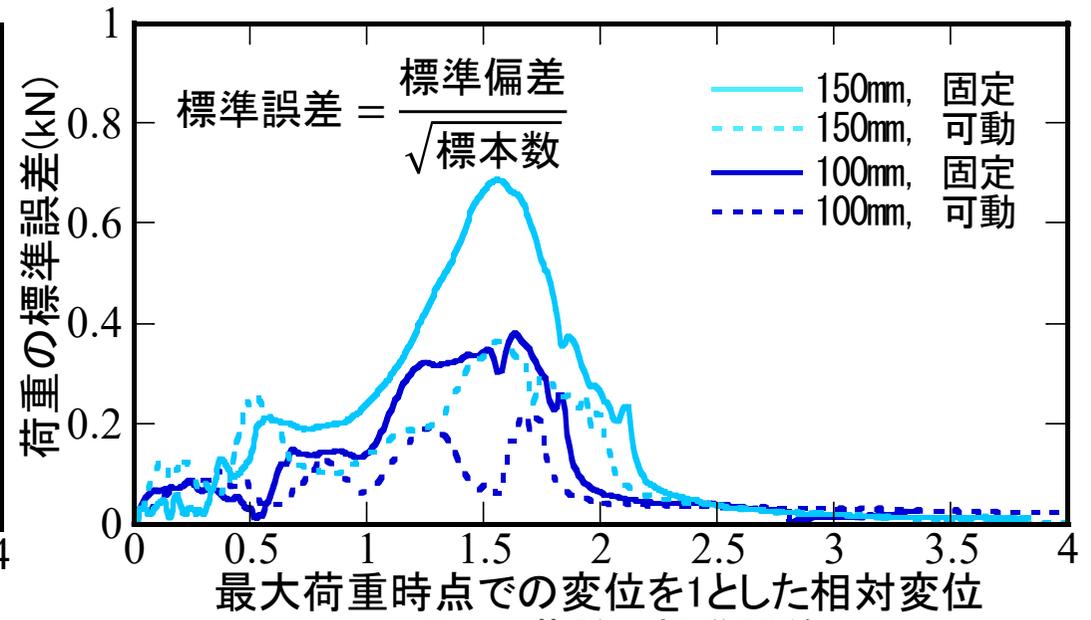


図-7 荷重の標準誤差

注) 標準誤差: 標本から得られる推定量そのもののバラつき

- ◆ 最大荷重や収束する変位は固定支点到比べて可動支点の方が小さくなった。
- ◆ 直径100mmでは初期から傾きが異なり、最大荷重や収束する変位は150mmの結果と同様であった。
 - ⇒ 試験体の切欠き上部のリガメント面積の影響
 - ⇒ ひび割れの開き方が影響
- ◆ 直径が小さいほど、固定よりも可動の場合に、最大荷重後の標準誤差が小さい

荷重変位関係と切欠きの開きとの比較

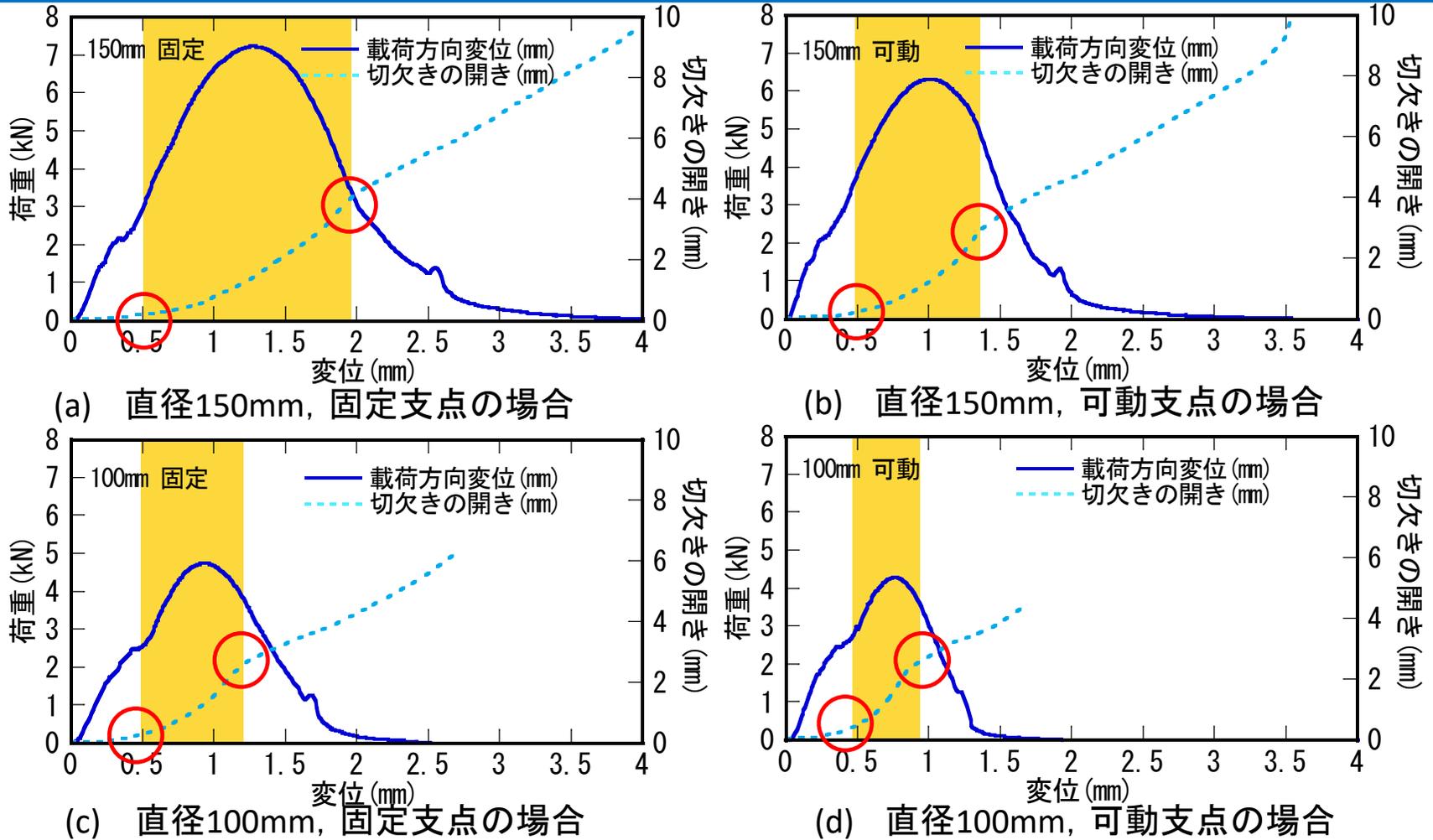
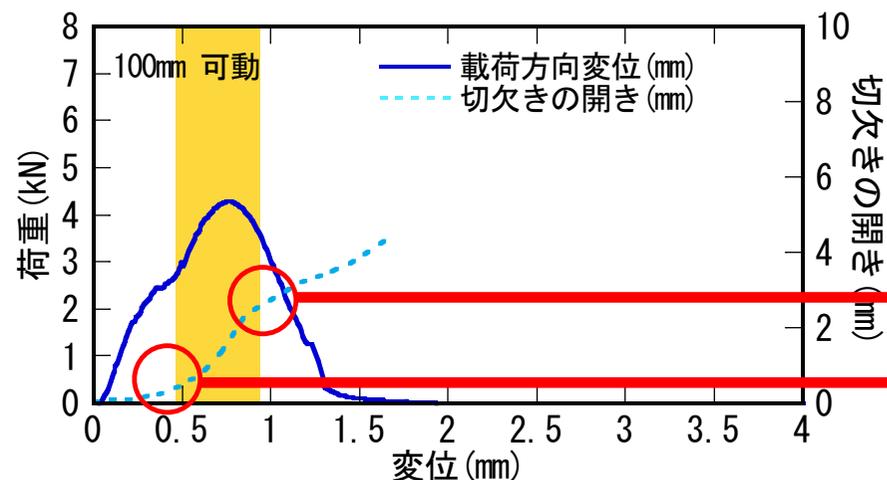


図-8 荷重変位関係と切欠きの開きとの比較

得られたSCB試験の特徴と直径100mmの適用性



(d) 直径100mm, 可動支点の場合

SCB試験での破壊過程

- ①ひび割れ開始から進展
 - ②左右への分離(開き)の進展
- ただし, 明確な境界はない

黄色の区間では, 荷重点に向けてひび割れが進展

その後, 試験体が左右に分離

直径100mmの試験体は, 直径150mmの試験体の場合に比べて

- 荷重変位曲線は小さくなるが,
- ひび割れの発生や進展,
- ひび割れの開き過程は同様の傾向だと考えられる。

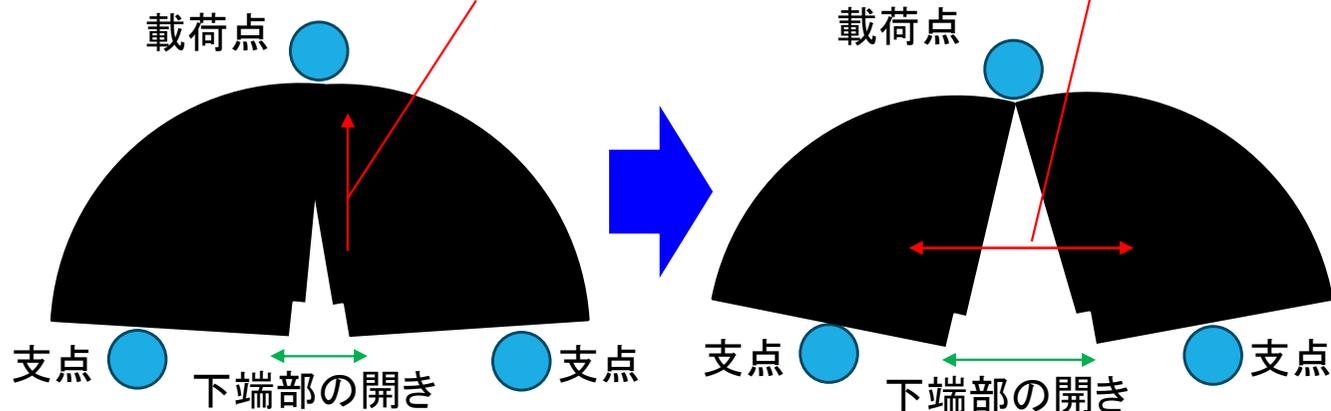


図-9 SCB試験の破壊過程のイメージ

切欠き深さの影響

表-2 切欠き深さの影響を調べるための試験体条件

比較	記号	直径(mm)	切欠き(mm)	温度(°C)	支点	試験体数
切欠き深さ	m10-20c-15	100	15	20	可動	4
	m10-20c-10		10			
	m10-20c-5		5			
	m10-20c-0		0			

単位: mm
厚さ 50

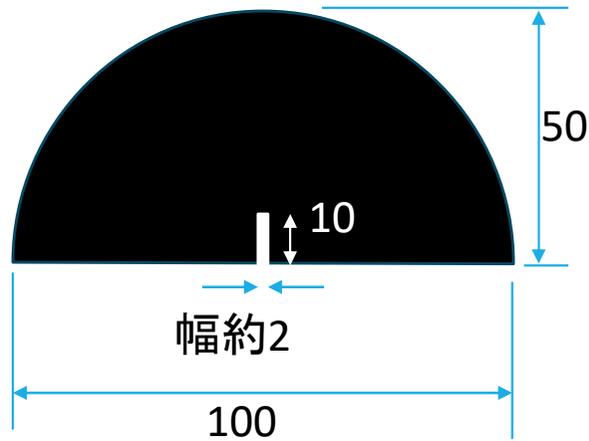


図-10 試験体のイメージ

切欠き深さの影響

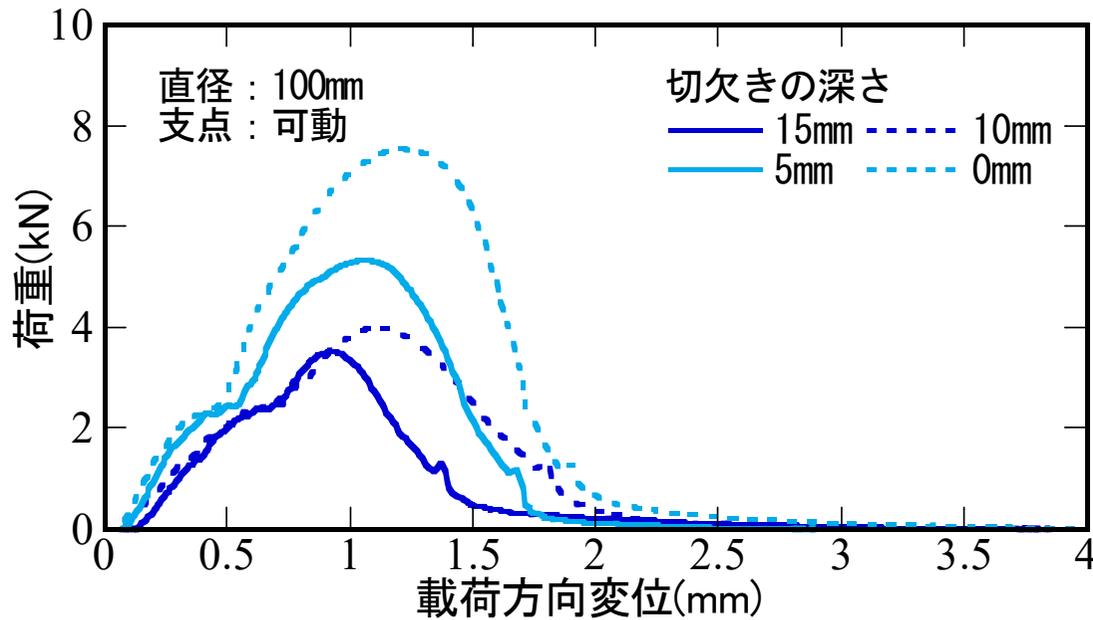


図-11 切欠きの深さの異なる試験体の荷重変位関係

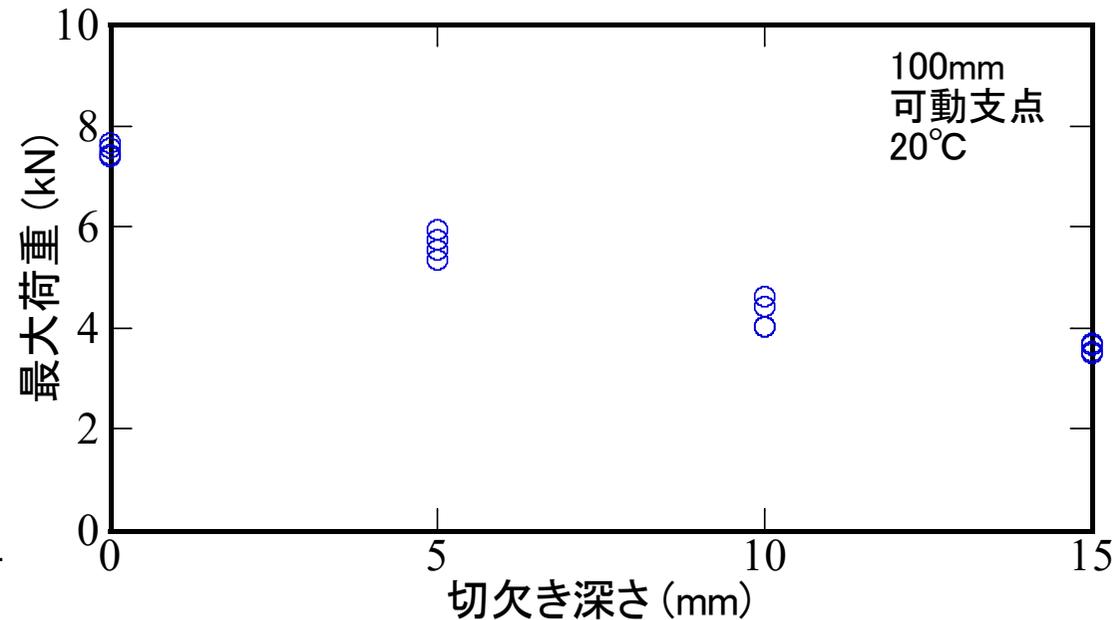


図-12 切欠きの深さと最大荷重の関係

- ◆ 切欠き深さが大きくなるほど、荷重が低下した。また、切欠き深さが大きくなるほど載荷方向変位も大きくなり、荷重変位関係の面積も大きくなった。なお、切欠き深さが0 mmの場合はひび割れ開始箇所がばらつく。
- ◆ 切欠き深さの増加に伴い、最大荷重が曲線的に低下した。これは、リガメント面積が増大したことに加えて、切欠き深さ0 mmではひび割れ開始箇所での抵抗が高いことや、切欠きが深くなると載荷初期の切欠き部の開き方が異なることが影響。

保存温度の影響

表-3 保存温度の影響を調べるための試験体条件

比較	記号	直径(mm)	切欠き(mm)	温度(°C)	支点	試験体数
切欠き深さ	m10-20c	100	10	20	可動	4
	m10-15c			15		
	m10-10c			10		
	m10-5c			5		

単位: mm
厚さ 50

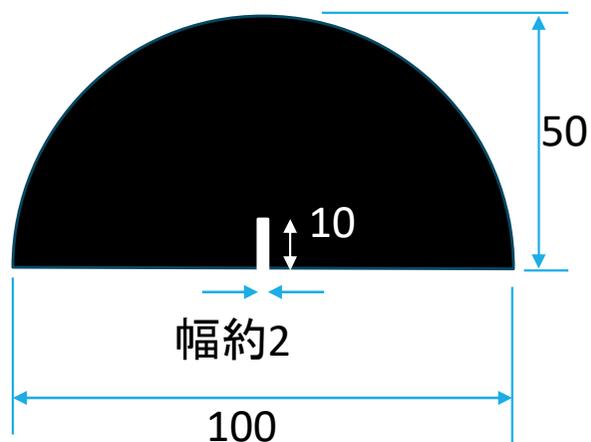


図-10 試験体のイメージ

保存温度の影響

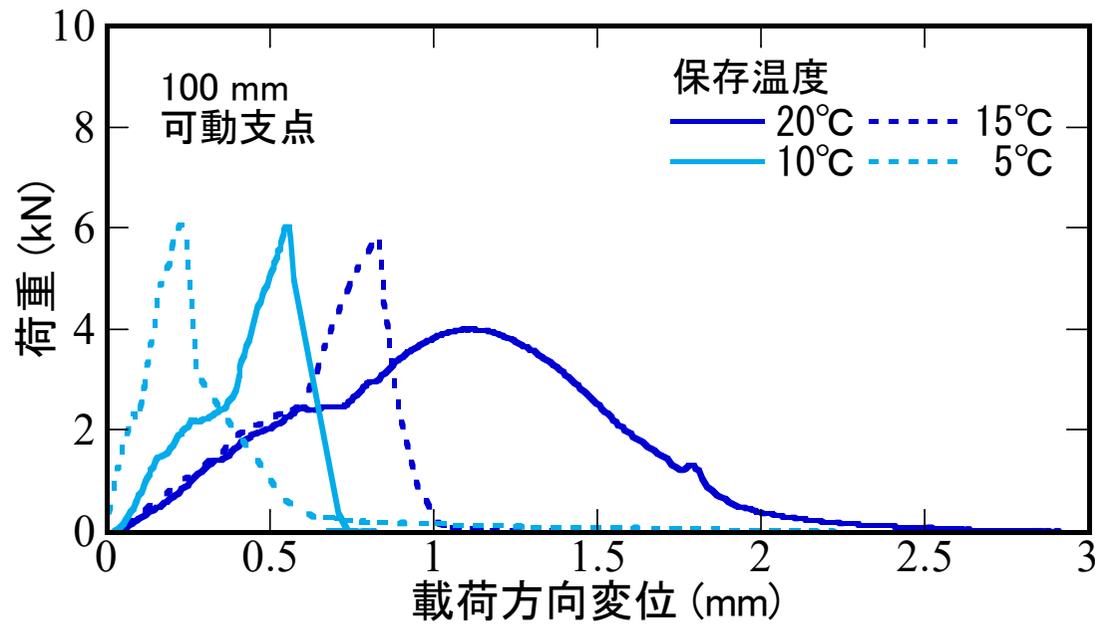


図-13 異なる温度の試験体の荷重変位関係

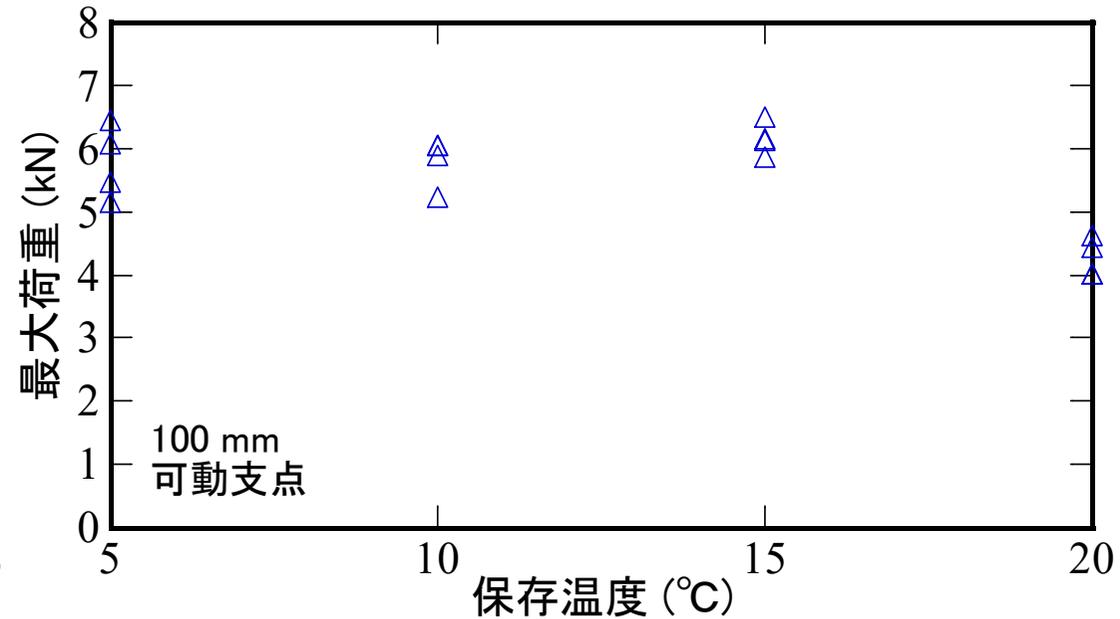


図-14 保存温度と最大荷重の関係

- ◆ 温度が低いほど、下端部の開きに対する抵抗性が低く、ひび割れ開始時の荷重変位が小さくなった。
- ◆ 温度が低いほど、最大荷重を迎えた後、試験体の左右への分離に対する抵抗性も低いため、急激な低下が生じた。今回、その変化は20°Cから15°Cに変化する際に顕著であった。
- ◆ 今回の荷重速度で実施した場合、各温度の靱性の低下は、ひび割れ開始変位に大きく影響し、その後の最大荷重や荷重低下時の変化は形状の影響が大きい

まとめ

- 1) 直径100 mmの試験体の荷重変位関係は、直径150 mmの場合よりも小さいが、破壊過程は同様であった。舗装のひび割れ過程を考えると、可動支点での実施がより適切だと考えられる。
- 2) 切欠き深さは、大きいほどひび割れ進展距離が短くなり、最大荷重や荷重変位関係の面積が小さくなるため、TP 124-18を参考に10 mmとすると良い。
- 3) 試験温度は20°Cから15°Cになると荷重変位関係が大きく変化し、それより低い温度では脆性的な性質が顕著となる。これを考慮して試験温度を検討すべきである。

以上から、SCB試験の試験方法として、直径100 mmで切欠き深さを5 ~ 10 mm程度としても評価できる可能性があることがわかった。

日本道路建設業協会関西支部技術振興委員会との共同研究で実施している。
また、昭瀝記念財団から研究助成を頂いた。ここに謝意を表する。

ご清聴ありがとうございました